

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES



Impactos de las actividades antropogénicas sobre la calidad del agua
del río Charanal, provincia de Morropón – Piura, 2021

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

AUTOR

Robert Steven Alcocer Calle

ASESORA

Janet Del Milagro Zúñiga Trelles

Morropón, Perú

2023

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos del autor

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

Datos del asesor

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

Datos del Jurado

Datos del presidente del jurado

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

Datos del segundo miembro

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

Datos del 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 (Normal ISO 639-3)	
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 tesoro).



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 004 - 2024/UCSS/FIA/DI

Siendo las 9:00 a.m. del viernes 16 de febrero de 2024 a través de la plataforma virtual zoom de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis integrado por:

- | | |
|-------------------------------------|-----------------|
| 1. Claudia Daniela Ramos Delgado | presidente |
| 2. Mario Antonio Anaya Raymundo | primer miembro |
| 3. Julián Alberto Álvarez Paredes | segundo miembro |
| 4. Janet del Milagro Zúñiga Trelles | asesor(a) |

Se reunieron para la sustentación virtual de la tesis titulada **Impactos de las actividades antropogénicas sobre la calidad del agua del río Charanal, provincia de Morropón – Piura, 2021**, que presenta el bachiller en Ciencias Ambientales, **Robert Steven Alcocer Calle**, 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

DESAPROBAR

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

Lima, 16 de febrero del 2024.

Claudia Daniela Ramos Delgado
Presidente

Mario Antonio Anaya Raymundo
1° miembro

Julián Alberto Álvarez Paredes
2° miembro

Janet del Milagro Zúñiga Trelles
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

Piura, 03 de junio del 2024


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

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que **la tesis**, bajo mi asesoría, con título: Impactos de las actividades antropogénicas sobre la calidad del agua del río Charanal, provincia de Morropón – Piura, 2021, presentado por Robert Steven Alcocer Calle con código de estudiante 2014101392 y **DNI 76259982** para optar **el título profesional** 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 %**. Por tanto, en mi condición de asesora, 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,



Firma del Asesor (a)
Janet del Milagro Zúñiga Trelles
DNI N°: 42748740
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8566-8605>
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

Esta tesis se dedica en primer lugar a Dios, ya que le atribuyo el logro de culminar esta etapa significativa en mi vida. También la dedico a mi padre, Robert Alcocer Arellano, quien, a pesar de no estar físicamente presente, me respaldó en la ejecución de mi tesis; sé que desde el cielo vela por mí constantemente; y a mi madre, Elena Calle Cruz, cuyo esfuerzo, paciencia y dedicación me proporcionaron la motivación y el impulso necesarios para superar los desafíos. Nada de esto sería posible sin su influencia en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Quiero dedicar un agradecimiento especial a mi madre, cuyo amor, paciencia y dedicación diaria se reflejaron en su incansable apoyo durante el desarrollo de esta tesis.

A cada maestro de primaria, secundaria y superior universitaria, cuyos conocimientos y guía hicieron posible que este sueño se materializara.

Al profesor Benjamín Velásquez Gutiérrez, quien ha brindado de manera excepcional sus vastos conocimientos, su invaluable tiempo y su compromiso profesional para respaldar el proceso de mi tesis.

A mi novia, Leslie Rosas Rivera, por ser mi roca, mi inspiración y mi "pepe grillo" durante todo este proceso. Su inquebrantable apoyo y sus palabras de aliento fueron mi luz en los momentos más oscuros.

A mis hermanos Jeferson, Rogeer y Helen, a mi familia, a mis amigos Saúl Calle e Ingrid Coello, por su apoyo incondicional. Asimismo, no puedo pasar por alto la colaboración del honorable alcalde Octavio García Peña y su equipo de trabajo, y de los Ing. Juan Gavelan Huaman y Claudia Ramos Delgado, su contribución fue esencial y esta tesis será un legado para las futuras generaciones.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE APÉNDICES	xvi
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	4
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	5
1.1. Antecedentes	5
1.1.1. Internacionales	5
1.1.2. Nacionales	6
1.1.3. Regionales	11
1.2. Bases teóricas especializadas	12
1.2.1. El agua	12
1.2.2. Estándares de calidad ambiental para agua	13
1.2.3. Factores que afectan la calidad de las aguas superficiales	16
1.2.4. Parámetros que influyen en la calidad del agua	19
1.2.5. Monitoreo ambiental de la calidad del agua	21
1.2.6. Índice de calidad del agua (ICA)	22
1.2.7. Valoración de impactos ambientales	24
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS	26
2.1. Diseño de la investigación	26
2.2. Lugar y fecha	26
2.3. Población y muestra	27
2.3.1. Población	27
2.3.2. Muestra	27
2.4. Técnicas e instrumentos	27
2.5. Descripción de la investigación	29
2.5.1. Fase de gabinete	29
2.5.2. Fase de campo	35

2.5.3. Etapa final de gabinete	38
2.6. Análisis de datos	41
2.7. Materiales y equipos	42
CAPÍTULO III. RESULTADOS	44
3.1. Presentación de los resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua del río Charanal	44
3.1.1. Resultados de los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03	44
3.1.2. Resultados de los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06	47
3.2. Comparación de resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos con los valores permitidos por la normativa peruana ECA para agua (D.S. N° 004-2017-MINAM)	50
3.2.1. Resultados de temperatura	51
3.2.2. Resultados de conductividad eléctrica	52
3.2.3. Resultados de potencial de hidrógeno (pH)	54
3.2.4. Resultados de oxígeno disuelto	56
3.2.5. Resultados de sólidos totales disueltos (STD)	58
3.2.6. Resultados de turbiedad	59
3.2.7. Resultados de nitritos	60
3.2.8. Resultados de nitratos	62
3.2.9. Resultados de aluminio (Al)	63
3.2.10. Resultados de arsénico (As)	66
3.2.11. Resultados de boro (B)	68
3.2.12. Resultados de cadmio (Cd)	69
3.2.13. Resultados de cobre (Cu)	71
3.2.14. Resultados de hierro (Fe)	73
3.2.15. Resultados de manganeso (Mn)	75
3.2.16. Resultados de mercurio (Hg)	77
3.2.17. Resultados de plomo (Pb)	79
3.2.18. Resultados de selenio (Se)	81
3.2.19. Resultados de zinc (Zn)	82
3.2.20. Resultados de coliformes termotolerantes	84
3.2.21. Resultados de <i>Escherichia coli</i>	85
3.3. Cálculo el Índice de Calidad del Agua siguiendo la metodología establecida en la R.J. N°068-2018-ANA	86
3.3.1. Cálculo del ICA-PE para los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03	86

3.3.2. Cálculo del ICA-PE para los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06	90
3.4. Identificación y valorización de impactos generados por las actividades domésticas y agrícolas en la calidad del agua del río Charanal	93
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN	98
4.1. Presentación de los resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua del río Charanal	98
4.2. Comparación de resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos con los valores permitidos por la normativa peruana ECA para agua (D.S. N° 004-2017-MINAM)	101
4.3. Cálculo del ICA siguiendo la metodología establecida en la R.J. N°068-2018-ANA	104
4.4. Identificación y valorización de impactos generados por las actividades domésticas y agrícolas en la calidad del agua del río Charanal	105
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	107
CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES	109
REFERENCIAS	110
TERMINOLOGÍA	119
APÉNDICES	122

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Resumen de los estándares de calidad ambiental para agua (ECA-Agua)</i>	15
Tabla 2. <i>Calificación del ICA-PE</i>	22
Tabla 3. <i>Clasificación de impactos</i>	25
Tabla 4. <i>Valoración de impactos ambientales</i>	25
Tabla 5. <i>Ubicación de los puntos de monitoreo del río Charanal</i>	32
Tabla 6. <i>Parámetros que se consideraron para el monitoreo</i>	34
Tabla 7. <i>Preservación, condiciones y tiempo de almacenamiento de las muestras</i>	37
Tabla 8. <i>Grado de valoración de la magnitud e importancia</i>	41
Tabla 9. <i>Materiales y equipos</i>	42
Tabla 10. <i>Resultados de parámetros de campo de los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	44
Tabla 11. <i>Resultados fisicoquímicos de los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	45
Tabla 12. <i>Resultados microbiológicos de los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	47
Tabla 13. <i>Resultados de parámetros de campo de los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06</i>	48
Tabla 14. <i>Resultados fisicoquímicos de los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06</i>	49
Tabla 15. <i>Valores de temperatura en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal</i>	51
Tabla 16. <i>Valores de temperatura en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal</i>	52
Tabla 17. <i>Valores de conductividad en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal</i>	53
Tabla 18. <i>Valores de conductividad en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal</i>	54
Tabla 19. <i>Valores de pH en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal</i>	55
Tabla 20. <i>Valores de pH en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal</i>	56
Tabla 21. <i>Valores de oxígeno disuelto en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal</i>	57

Tabla 22.	<i>Valores de oxígeno disuelto en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal</i>	58
Tabla 23.	<i>Valores de STD en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal</i>	59
Tabla 24.	<i>Valores de turbiedad en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 en el río Charanal</i>	60
Tabla 25.	<i>Valores de nitritos en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal</i>	61
Tabla 26.	<i>Valores de nitritos en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal</i>	62
Tabla 27.	<i>Valores de nitratos en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal</i>	63
Tabla 28.	<i>Valores de aluminio en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal</i>	64
Tabla 29.	<i>Valores de aluminio en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal</i>	65
Tabla 30.	<i>Valores de arsénico en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal</i>	66
Tabla 31.	<i>Valores de arsénico en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal</i>	67
Tabla 32.	<i>Valores de boro en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal</i>	68
Tabla 33.	<i>Valores de cadmio en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal</i>	69
Tabla 34.	<i>Valores de cadmio en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal</i>	70
Tabla 35.	<i>Valores de cobre en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal</i>	71
Tabla 36.	<i>Valores de cobre en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal</i>	72
Tabla 37.	<i>Valores de hierro en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal</i>	73

Tabla 38.	<i>Valores de hierro en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal</i>	74
Tabla 39.	<i>Valores de manganeso en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal</i>	75
Tabla 40.	<i>Valores de manganeso en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal</i>	76
Tabla 41.	<i>Valores de mercurio en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal</i>	77
Tabla 42.	<i>Valores de mercurio en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal</i>	78
Tabla 43.	<i>Valores de plomo en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal</i>	79
Tabla 44.	<i>Valores de plomo en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal</i>	80
Tabla 45.	<i>Valores de selenio en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal</i>	81
Tabla 46.	<i>Valores de zinc en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal</i>	82
Tabla 47.	<i>Valores de zinc en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal</i>	83
Tabla 48.	<i>Valores de coliformes termotolerantes en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal</i>	84
Tabla 49.	<i>Valores de E. coli en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal</i>	85
Tabla 50.	<i>Resultados obtenidos de las estaciones PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	88
Tabla 51.	<i>Cálculo de los factores y calificación ICA-PE</i>	89
Tabla 52.	<i>Interpretación de la calificación ICA-PE</i>	89
Tabla 53.	<i>Resultados obtenidos de las estaciones PMA-04, PMA-05 y PMA-06</i>	91
Tabla 54.	<i>Cálculo de los factores y calificación ICA-PE</i>	92
Tabla 55.	<i>Escala de valoración de impactos</i>	93
Tabla 56.	<i>Matriz de Leopold</i>	94

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. <i>Esquema de data base para determinar el ICA</i>	24
Figura 2. <i>Mapa de los puntos de monitoreo del río Charanal, departamento Piura</i>	32
Figura 3. <i>Ejemplo de la construcción de celdas de la matriz de Leopold</i>	40
Figura 4. <i>Equipo multiparámetro de uso para la investigación</i>	43
Figura 5. <i>Niveles de temperatura en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	51
Figura 6. <i>Niveles de temperatura en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06</i>	52
Figura 7. <i>Niveles de conductividad en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	53
Figura 8. <i>Niveles de conductividad en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06</i>	54
Figura 9. <i>Niveles de pH en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	55
Figura 10. <i>Niveles de pH en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06</i>	56
Figura 11. <i>Niveles de oxígeno disuelto en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	57
Figura 12. <i>Niveles de oxígeno disuelto en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06</i>	58
Figura 13. <i>Niveles de STD en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	59
Figura 14. <i>Niveles de turbiedad en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	60
Figura 15. <i>Niveles de nitritos en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	61
Figura 16. <i>Niveles de nitritos en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06</i>	62
Figura 17. <i>Niveles de nitratos en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	63
Figura 18. <i>Concentraciones de aluminio en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	64
Figura 19. <i>Concentraciones de aluminio en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06</i>	65
Figura 20. <i>Concentraciones de arsénico en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	66
Figura 21. <i>Concentraciones de arsénico en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06</i>	67
Figura 22. <i>Concentraciones de boro en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06</i>	68
Figura 23. <i>Concentraciones de cadmio en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	69
Figura 24. <i>Concentraciones de cadmio en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06</i>	70
Figura 25. <i>Concentraciones de cobre en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	71
Figura 26. <i>Concentraciones de cobre en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06</i>	72
Figura 27. <i>Concentraciones de hierro en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	73
Figura 28. <i>Concentraciones de hierro en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06</i>	74
Figura 29. <i>Concentraciones de aluminio en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	75

Figura 30.	<i>Concentraciones de manganeso en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06</i>	76
Figura 31.	<i>Concentraciones de mercurio en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	77
Figura 32.	<i>Concentraciones de mercurio en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06</i>	78
Figura 33.	<i>Concentraciones de plomo en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	79
Figura 34.	<i>Concentraciones de plomo en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06</i>	80
Figura 35.	<i>Concentraciones de selenio en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	81
Figura 36.	<i>Concentraciones de zinc en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	82
Figura 37.	<i>Concentraciones de zinc en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06</i>	83
Figura 38.	<i>Niveles de coliformes termotolerantes en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	85
Figura 39.	<i>Concentraciones de E. coli en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03</i>	86
Figura 40.	<i>Nivel cuantitativo por acciones antropogénicas</i>	97
Figura 41.	<i>Valoración de impactos</i>	97

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1 Mapa de ubicación del área de estudio	122
Apéndice 2 Cuaderno de campo	123
Apéndice 3 Tomas fotográficas de la investigación	125
Apéndice 4 Registro de datos en campo	129
Apéndice 5 Mapa de la ubicación de la zona de mezcla de aguas residuales domésticas	130
Apéndice 6 Mapa de la ubicación del area de captación de agua para consumo humano de los caseríos San Pedro, Hualtacal, El Checo, Virgen de la Puerta, Mercedes, Talandracas, Pueblo, Calores, La Unión, Pueblo Nuevo de Talandracas, Balcones, El Progreso y Charanal Bajo.	131
Apéndice 7 Mapa de la ubicación de la zona de mezcla de aguas residuales agrícolas	132
Apéndice 8 Certificados de acreditación del laboratorio Analytical Laboratory – ALAB E.I.R.L	133
Apéndice 9 Certificado de calibración de equipo multiparámetro	135
Apéndice 10 Etiquetas para la rotulación de las muestras proporcionados por el laboratorio ALAB	137
Apéndice 11 Llenado de cadena de custodia	138
Apéndice 12 Evidencias fotográficas de acciones antrópicas	139
Apéndice 13 Matriz de identificación de actividades antrópicas	143
Apéndice 14 Acta de validación de matriz de Leopold	144
Apéndice 15 Informes de ensayo emitidos por Analytical Laboratory – ALAB	146
Apéndice 16 ECA-agua categoría 1 – subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	166
Apéndice 17 ECA-agua categoría 3 – subcategoría D1: Riego de vegetales	168

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal identificar los impactos de las actividades agrícolas y domésticas sobre la calidad del agua del río Charanal. El estudio fue de diseño no experimental, longitudinal y descriptivo. La población la constituyó el agua del río Charanal, estableciéndose 06 estaciones de monitoreo, recolectándose 12 muestras en mayo y agosto. La técnica fue la observación en campo y se usó el equipo multiparámetro HACH sension156. Los datos obtenidos de los parámetros fueron analizados utilizando medidas estadísticas de tendencia central; utilizando el programa Microsoft Excel. Los resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA), determinaron regularidad en los puntos de muestreo PMA-03 y PMA-05 con puntajes de 72 y 65 respectivamente; asimismo, en los mismos puntos de muestreo, los resultados del ECA-agua según D.S. N°004-2017-MINAM, determinaron niveles altos de arsénico, plomo, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, altamente perjudiciales para la salud humana, cercanos a la captación de agua para uso poblacional y agrícola de los centros poblados: San Pedro, Charanal, Talandracas y caseríos anexos. Además, se utilizó la matriz de Leopold para evaluar el impacto ambiental, revelando un nivel moderado de impacto ambiental del agua del río Charanal, con un valor cuantitativo de -46. En conclusión, se evidenció que las descargas de aguas residuales domésticas y agrícolas, la eliminación de residuos sólidos, el uso de productos químicos domésticos, la deforestación y la pérdida de vegetación ribereña, así como el cambio de uso de suelo, han tenido un impacto negativo en los componentes ambientales y en la calidad del agua del río Charanal, haciéndola no apta para el consumo humano y el riego de vegetales, a menos que se realice un tratamiento avanzado para eliminar los contaminantes presentes.

Palabras clave: Acciones antrópicas, impacto ambiental, valorización.

ABSTRACT

The main objective of this research was to identify the impacts of agricultural and domestic activities on the water quality of the Charanal River. The study had a non-experimental, longitudinal and descriptive design. The population was made up of the water of the Charanal River, establishing 06 monitoring stations, collecting 12 samples in May and August. The technique was field observation and the HACH sension156 multiparameter equipment was used. The data obtained from the parameters were analyzed using statistical measures of central tendency; using the Microsoft Excel program. The results of the Water Quality Index (WQI) determined regularity in the PMA-03 and PMA-05 sampling points with scores of 72 and 65 respectively; Likewise, at the same sampling points, the results of the ECA-water according to S.D. N°004-2017-MINAM, determined high levels of arsenic, lead, thermotolerant coliforms and Escherichia coli, highly harmful to human health, close to the water intake for population and agricultural use in the populated centers: San Pedro, Charanal, Talandracas and attached farmhouses. Additionally, the Leopold matrix was used to evaluate the environmental impact, revealing a moderate level of environmental impact of the Charanal River water, with a quantitative value of -46. In conclusion, it was evident that domestic and agricultural wastewater discharges, the elimination of solid waste, the use of household chemicals, deforestation and the loss of riparian vegetation, as well as the change in land use, have had an impact negative in the environmental components and in the quality of the water of the Charanal River, making it unsuitable for human consumption and irrigation of vegetables, unless advanced treatment is carried out to eliminate the contaminants present.

Keywords: Anthropic actions, environmental impact, assessment.

INTRODUCCIÓN

La relación que tiene el hombre con el ambiente y sus recursos naturales es un poco contradictoria, puesto que, por una parte destruye para subsistir, y por otra, garantiza la reproducción y protección del medio biótico con la intención de asegurar su supervivencia. (Tommasino *et al.*, 2005). Es así como, estos recursos son contaminados a un ritmo mayor a la capacidad de absorción que tiene la naturaleza para recuperarse, y entre ellos está el agua.

El agua es uno de los recursos naturales más importantes del planeta y el hombre con el transcurso del tiempo ha modificado su calidad fisicoquímica y microbiológica, y esto se debe al resultado de su uso en el desarrollo de actividades antrópicas como la agricultura (descargas de aguas con contenido de agroquímicos), la doméstica (vertidos tanto de aguas residuales domésticas o municipales, y de residuos sólidos), la ganadería, el turismo, la minería y la industria; que ponen en riesgo la salud humana y del ambiente (Kirschbaum, 2020). Entonces, los distintos usos que le otorga el hombre al agua son los que definirán su impacto, siempre y cuando se realice un previo tratamiento para evitar su contaminación y la del ambiente.

En el Perú, las aguas residuales municipales terminan en los ríos y en el mar, a causa de la actividad doméstica (Loayza y Cano, 2015), siendo muchas veces aguas no tratadas, lo cual pone en riesgo a la tercera parte de la población porque depende del recurso hídrico para satisfacer sus necesidades (Meoño *et al.*, 2016). De la misma manera, se presenta la problemática de la inadecuada gestión de residuos sólidos provenientes de la agricultura en zonas rurales. En estas áreas, las personas suelen llevar a cabo actividades en las proximidades de fuentes de agua sin implementar un adecuado sistema de disposición, lo que resulta que los lixiviados de estos residuos contaminen los cauces de los ríos. (Romero, 2019). Como respuesta a esta problemática la Autoridad Nacional del Agua (ANA), busca salvaguardar la calidad del agua y prevenir su contaminación, y, de esta manera, da la iniciativa de invertir en tecnologías y utilizar buenas prácticas, métodos o procesos que

contribuyan a la protección de las fuentes de agua superficiales (Ley de recursos hídricos, 2009).

El agua de la cuenca del río Piura exhibe un nivel significativo de contaminación. Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2019), se han identificado 12 fuentes de contaminación, principalmente provenientes de aguas residuales domésticas o municipales, que representan el 85,71 % del total, así como 2 fuentes de residuos sólidos del mismo origen, con un 14,29 %. Un afluente clave de esta cuenca es el río Charanal, que desempeña un papel crucial en el suministro de agua para la provincia de Morropón (Hendriks, 2009). El río Charanal se origina en el distrito de Frías, provincia de Ayabaca, y atraviesa varios territorios, incluyendo San Jorge, San Pedro, Talandracas y Charanal. En estas áreas, sus aguas se utilizan principalmente para el riego de cultivos y el abastecimiento de la población (López y Gallo, 2001).

La agricultura, al igual que otras actividades humanas, implica aprovechar los recursos naturales, y en este caso, el agua es esencial para la producción de alimentos. En las comunidades de San Pedro, Talandracas y Charanal, la agricultura es fundamental, pues aprovechan la fertilidad de sus tierras y la fuente de agua que les provee el río Charanal para cultivar diversos alimentos como: maíz, arroz, yuca, plátano, limón, palta, mango, cacao, etc. (López y Gallo, 2001). Sin embargo, los agricultores en la zona media del río están liberando sus aguas residuales directamente al río después de utilizarlas en sus cultivos, sin someterlas a un tratamiento previo. Esto tiene un impacto negativo en la calidad del agua debido a la presencia de agroquímicos y otros compuestos utilizados en la agricultura. Además, estos agricultores no están gestionando adecuadamente sus residuos peligrosos, lo que perjudica a los agricultores que forman parte de la Comisión de Usuarios del Subsector Hidráulico Charanal en el valle.

Por otro lado, las descargas de aguas residuales y la mala disposición de residuos sólidos generan un gran impacto sobre el ambiente y el recurso hídrico (Ramos y Montoya, 2016). La disposición inadecuada de residuos sólidos, como plásticos, envases y otros desechos, puede provocar la acumulación de basura en el río y estos residuos, pueden causar la muerte

de animales que los ingieren o quedar atrapados en ellos (Salas y Quesada, 2006). La disposición inapropiada de residuos sólidos, incluyendo plásticos, envases y otros desechos, puede resultar en la acumulación de basura en el río. Estos residuos representan una amenaza para la vida silvestre, ya que los animales pueden ingerirlos o quedar atrapados en ellos, lo que puede llevar a su muerte (Salas y Quesada, 2006). En la parte alta del río Charanal, la población de San Jorge vierte sus aguas residuales diarias en una planta de tratamiento que utiliza lagunas de oxidación para tratar las aguas antes de verterlas al río. Sin embargo, también se depositan residuos sólidos en el río, lo que afecta negativamente la calidad del agua y, perjudica a las comunidades ubicadas en la parte media y baja del río que se abastecen para el consumo humano y el riego de vegetales

El río Charanal es vital para usos poblacionales y agrícolas, por lo que su calidad debe ser una prioridad. La calidad del agua del río Charanal se ve afectada por diversas actividades humanas, la falta de políticas institucionales a nivel local y la débil planificación en las entidades públicas encargadas del recurso hídrico agravan esta problemática. Por eso, es crucial establecer estaciones de monitoreo y analizar los parámetros del agua para proponer medidas que protejan tanto a la población como al ambiente. Este análisis también ayuda a comprender los impactos de las actividades humanas, especialmente la agricultura y la gestión doméstica de desechos, y proporciona herramientas para una mejor gestión ambiental y del agua en la provincia de Morropón, en el departamento de Piura.

A fin de abordar y analizar el presente estudio, el documento se organizó de la siguiente manera: en el Capítulo I se expone el marco teórico que sustenta los trabajos de investigación en los ámbitos regional, nacional e internacional, así mismo dentro de las bases teóricas se abordan temas recopilados que son fundamentales para la investigación. En el Capítulo II, se describen los materiales y el método para efecto de la investigación, método no experimental, transversal y descriptivo, y, además, se explica la metodología de estudio. En el Capítulo III se presenta el análisis de los resultados obtenidos, y en el Capítulo IV se exponen las discusiones de los resultados obtenidos en otras investigaciones. En el Capítulo V se muestra las conclusiones que se obtuvieron de la investigación. En el Capítulo VI se da a conocer las recomendaciones, por último, se menciona las referencias bibliográficas, terminología y apéndices.

OBJETIVOS

Objetivo general

Identificar los impactos de las actividades agrícolas y domésticas sobre la calidad del agua del río Charanal, provincia Morropón, departamento Piura, 2021.

Objetivos específicos

- Presentar los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua del río Charanal.
- Comparar los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos con los valores permitidos por la normativa peruana ECA para agua (D.S. N° 004-2017-MINAM).
- Calcular el índice de calidad del agua siguiendo la metodología establecida en la R.J. N°068-2018-ANA.
- Identificar y valorizar los impactos generados por las actividades domésticas y agrícolas en la calidad del agua del río Charanal.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

1.1.1. Internacionales

Yáñez (2018) en el estudio “Evaluación de la contaminación del agua mediante parámetros físico-químicos en las desembocaduras de los principales afluentes y efluente del lago San Pablo”, provincia de Imbabura, Ecuador; tuvo el objetivo de cuantificar las concentraciones de los contaminantes presentes en los afluentes río Itambi, vertiente Preñadilla y efluente Desaguadero del lago San Pablo. El estudio fue no experimental, transversal y observacional. La muestra poblacional estuvo conformada por las aguas de Itambi, Preñadilla y Desaguadero. En el análisis de los parámetros físico-químicos, recurrió a las metodologías propuestas por la Asociación Americana de Salud Pública (APHA) y los procedimientos detallados en el manual del equipo HACH. En cuanto al análisis estadístico, empleó técnicas de estadística descriptiva básica para calcular el coeficiente de correlación de Pearson (r) entre los parámetros físico-químicos. La información fue procesada utilizando el software Minitab versión 18. Además, optó por evaluar tanto la tendencia central de los resultados como la variabilidad, logrando un nivel de confianza del 95 %. Basándose en los resultados obtenidos, pudo confirmar la existencia de fuentes de contaminación puntual que ingresan a las aguas de la vertiente Preñadilla y el río Itambi, corrientes que desembocan en el lago San Pablo, afectando directamente la calidad de dicho cuerpo de agua. En el efluente Desaguadero, aguas provenientes del lago San Pablo, evidenció que la contaminación presente podría incidir en la calidad del agua en el punto de su desembocadura, es decir, en el río Jatunyaku. Al comparar los resultados obtenidos con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, concluyó que el agua del río Itambi exhibe un nivel de calidad “mala” y, en el caso de la vertiente Preñadilla y Desaguadero corresponden a un nivel de calidad “media”.

Herrera (2012) en la investigación “Determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua de pozo para el consumo humano en las comunidades La Arenera, San José y El Progreso del Municipio de Concepción Batres”, Usulután, El Salvador; tuvo como objetivo determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos presentes en 10 pozos correspondientes a las comunidades La Arenera, San José y El Progreso. El estudio fue de tipo experimental, transversal y prospectivo. La muestra comprendió 10 pozos seleccionados al azar en cada comunidad de estudio, incluyendo un pozo de control. Analizó los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, y aplicó métodos normalizados de análisis de aguas potables y residuales (APHA) y los Métodos Oficiales de Análisis de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC), los resultados obtenidos fueron contrastados con los límites establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08. Los resultados de la muestra revelaron que el 40 % de los pozos carecía de revestimiento interno de concreto, cercano a fosas sépticas, liberando sustancias contaminantes hacia los mantos acuíferos; además, la entrada de animales contribuía a la contaminación. Adicionalmente, detectó niveles elevados de mercurio y de *Escherichia coli*, en las muestras de agua de los pozos como en el pozo de control (pozo 10). Concluyó que el alto contenido de mercurio estuvo relacionado con el uso de agroquímicos en las tierras y de la explotación minera; mientras que la presencia de *E. coli*, estuvo asociada principalmente con la vertiente de aguas residuales, haciendo que el agua, no fuera adecuada para el consumo humano.

1.1.2. Nacionales

Chancasanampa y Ramos (2020) en el estudio “Impacto de las actividades antrópicas sobre la calidad del agua en la subcuenca del río Chanchas”, Huancayo; tuvieron como objetivo determinar el impacto de las actividades antropogénicas sobre la calidad del agua de la subcuenca del río Chanchas. El estudio fue no experimental, de corte longitudinal y de alcance descriptivo. La población estuvo conformada por el caudal del río Chanchas. El muestreo consistió en establecer nueve puntos de monitoreo distribuidos en los sectores alto, medio y bajo de la subcuenca de acuerdo con el protocolo de monitoreo de agua superficial de la Autoridad Nacional del Agua – ANA. El Índice de Calidad del Agua - ICA fue calculado con la metodología CCME WQI (Índice Canadiense de calidad de aguas). Los parámetros fisicoquímicos evaluados fueron: pH, temperatura, conductividad, sólidos totales, STD, STS, oxígeno disuelto, turbidez, dureza total, DBO, alcalinidad, sulfatos y cloruros; y los parámetros microbiológicos evaluados fueron: coliformes totales, coliformes

termotolerantes y *Escherichia coli*. Para el análisis estadístico, emplearon el método Duncan para dar tratamiento a los datos recopilados, permitiéndoles evaluar las relaciones y diferencias significativas entre los parámetros analizados; utilizando el software SPSS 25. Los resultados de los valores de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, estuvieron dentro de los límites estipulados por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para las categorías de agua 1 y 3. No obstante, identificaron una excepción notable en la muestra recolectada en el punto de monitoreo 09 dentro del río Mantaro, presentando un pH de 9,5 unidades, superando el valor límite del ECA; asimismo, los resultados del ICA mostraron una clasificación PÉSIMA, destacando un total de 27 fuentes de impacto. En conclusión, determinaron que la subcuenca del río Chanchas presenta una alta vulnerabilidad por las actividades de descarga de aguas residuales y vertidos de residuos sólidos.

Romero (2019), en la investigación “Evaluación de la calidad fisico-química en las aguas de la quebrada La Collpa, distrito de Yantaló, influenciada por la actividad humana”, San Martín; tuvo como objetivo determinar la calidad fisicoquímica del agua de la quebrada La Collpa, mediante cálculos con valores de parámetros de calidad, a fin de determinar el predominio de la actividad humana sobre estas aguas. El muestreo fue durante los meses de setiembre, octubre, noviembre y diciembre; en los puntos: P01, P02, P03 y P04, designados en función a las actividades antrópicas desarrolladas en los alrededores de la quebrada La Collpa. Las técnicas empleadas para evaluar los parámetros fisicoquímicos incluyeron el método potenciométrico para medir el pH, el uso de un multiparámetro para los sólidos totales disueltos (STD), oxígeno disuelto y conductividad, tiras reactivas para medir la alcalinidad, métodos colorimétricos para nitratos y fosfatos, un colorímetro de campo para medir el color y el método de refracción de luz para evaluar la turbidez. Los resultados fueron: color 149,375 UPC, turbidez 30,975 UNT, pH 6,89 unidades, STD 65,66 ppm, nitratos 3,13 mg/l, fosfatos 23,17 mg/l, oxígeno disuelto 4,13 mg/l y alcalinidad 39,71 ppm. Los valores demostraron estar por encima de los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, según categoría 3 - subcategoría de riego de vegetales y bebida para animales. El estudio concluyó que la ganadería, la crianza de peces y la agricultura afecta gradualmente la calidad del agua de la quebrada La Collpa.

Díaz (2018) en la investigación “Determinación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de la quebrada Chupishiña, distrito de Rumisapa, provincia de Lamas”, San Martín; tuvo como objetivo determinar la calidad físico-química y microbiológica del agua en la quebrada Chupishiña, basándose en las categorías 1 y 3 establecidas por el D.S. N°004-2017-MINAM. El diseño de la investigación fue no experimental, longitudinal y descriptivo. La muestra comprendió tres estaciones de monitoreo, identificadas como QChup1, QChup2 y QChup3, y abarcó las épocas de avenida y estiaje. La metodología estuvo basada en el Protocolo Nacional para el monitoreo del agua superficial de la ANA. Aplicó un muestreo simple para los parámetros microbiológicos (coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y huevos helmintos) y un muestreo compuesto para los parámetros fisicoquímicos (aluminio, arsénico, bario, berilio, bromo, cobre, cobalto, cromo total, hierro, litio, magnesio, manganeso, mercurio, níquel, plomo, selenio y zinc). Para los datos obtenidos de los parámetros utilizó medidas estadísticas de tendencia central, tales como la media y el programa Microsoft Excel. Los resultados de pH, temperatura y conductividad estuvieron dentro de los límites establecidos por el ECA para agua en las categorías 1 y 3; el oxígeno disuelto (OD), no cumplió con los estándares de la categoría D1 (riego de vegetales) en las tres estaciones durante la época de avenida. En cuanto a los valores de todos los metales pesados, estuvieron dentro de los límites del ECA; también mostraron que las concentraciones de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* superaron los límites permitidos. En conclusión, determinó que las posibles fuentes de contaminación, derivadas de desechos orgánicos e inorgánicos provenientes de las industrias, estaban afectando la calidad del agua en la quebrada Chupishiña.

Rojas (2016) en el estudio “Evaluación de la calidad fisicoquímica de las fuentes de agua vertidos con lixiviados del botadero de residuos sólidos y sus efectos en la salud pública de la población de la zona periférica del botadero de Cancharani”, Puno; tuvo como objetivo evaluar la calidad fisicoquímica de fuentes de agua vertidas con lixiviados del botadero de residuos sólidos de Cancharani. El estudio fue de tipo experimental. Para el muestreo seleccionó cinco estaciones de monitoreo: MA1 (colocada en el botadero de Cancharani), MA2 (punto ubicado a 6 metros de la carretera); MA3 (situada a unos 120 metros), MA4 (intersección con el río Itupallani), MA5 (río Itupallani) y el punto de control denominado R-REF. La metodología empleada involucró la evaluación fisicoquímica del agua, tales como la temperatura mediante el método electrométrico, los sólidos totales disueltos (STD)

mediante el método de la conductimetría, el pH mediante el método potenciométrico, el nitrógeno amoniacal y el fósforo total mediante el método colorimétrico, y la demanda biológica y química de oxígeno mediante la digestión cerrada. El diseño experimental fue completamente al azar. El análisis estadístico incluyó pruebas de análisis de varianza y Duncan para comparar los puntos de muestreo. Realizó evaluaciones descriptivas, como el cálculo de promedios, y evaluó la dispersión utilizando la desviación estándar y el coeficiente de variabilidad. Los resultados indicaron que las fuentes de agua cercanas al botadero de Cancharani fueron encontradas contaminadas por los lixiviados derivados de los residuos sólidos. Los niveles de STD, fósforo total, nitrógeno amoniacal, DBO5 y DQO superaron los límites máximos establecido por los ECA para agua en la categoría 4. El estudio concluyó que la disposición inadecuada de los residuos sólidos en el botadero de Cancharani tuvo un impacto negativo en la calidad fisicoquímica del agua y en la salud de las personas que habitan cerca de la zona.

Loayza y Cano (2015) en el estudio “Impacto de las actividades antrópicas sobre la calidad del agua de la subcuenca del río Shullcas – Huancayo”, Junín; tuvieron como objetivo evaluar el efecto de las actividades antrópicas sobre la calidad del agua de la subcuenca del río Shullcas en función a las actividades realizadas en el sector alto, medio y bajo del mismo. El estudio fue de diseño no experimental, de corte transversal y de alcance descriptivo. La muestra constó de 08 estaciones de monitoreo, distribuidas a lo largo de la subcuenca del río Shullcas: en el sector alto fueron ubicados PM01 y PM02; en el sector medio PM03 y PM04; finalmente, en el sector bajo PM05, PM06, PM07 y PM08; donde evaluaron parámetros físico-químicos y microbiológicos. Para la medición de parámetros físicos in situ emplearon: el método de Winkler, para medir el oxígeno disuelto; el potenciómetro para el pH y, el termómetro para la temperatura. Los datos obtenidos fueron analizados utilizando medidas estadísticas de tendencia central y calcularon el promedio de los valores en el programa Microsoft Excel. Los resultados de los parámetros fisicoquímicos estuvieron dentro de los límites aceptables según los ECA para el agua. En el sector alto del río Shullcas, los valores de coliformes fecales y *Escherichia coli* fueron inferiores a 1 NMP/100 ml lo que indicó que el agua en esa zona era segura para el consumo humano, sin influencia de la ganadería. En el sector medio, los niveles de *Escherichia coli* fueron menores a 1 NMP/100 ml, cumpliendo con los límites de las categorías 1 – A2 y 3 establecidos por el ECA, a pesar de la actividad piscícola. Sin embargo, en el sector bajo, los valores microbiológicos excedieron

los límites de la categoría 3, debido a la contaminación acumulada de la ganadería y las aguas residuales sin tratamiento, afectando la calidad del agua en esta parte de la subcuenca. El estudio concluyó que el agua de la subcuenca del río Shullcas no es apta para el consumo humano.

Custodio y Pantoja (2012) en el estudio “Impactos antropogénicos en la calidad del agua del río Cunas”, Junín; el objetivo fue evaluar la calidad del agua del río Cunas utilizando índices fisicoquímicos y biológicos a fin de identificar las áreas con buen estado de conservación. La investigación fue de tipo no experimental, de enfoque observacional y de alcance descriptivo. Para la recolección de muestras establecieron 03 estaciones de monitoreo: la estación 1 en Angasmayo, la estación 2 en Antacusi y la estación 3 en La Perla. En cada estación tomaron dos muestras (una para análisis fisicoquímicos y otra para coliformes termotolerantes). Los parámetros medidos *in situ* fueron: oxígeno disuelto, pH, temperatura, conductividad eléctrica, turbidez y sólidos totales disueltos (STD). En las mediciones utilizaron equipos portátiles; para los análisis de nitratos y fosfatos utilizó un fotómetro. La identificación y valoración cualitativa efectuó previa identificación de las acciones de las actividades antrópicas que impactaban en el área cercana al río Cunas. En la interpretación de resultados de calidad del agua, usaron la escala de clasificación índice NSF. Las puntuaciones obtenidas fueron 65,83 para la estación de Angasmayo, 61,08 para Antacusi y 57,18 para La Perla. En consecuencia, la calidad del agua del río Cunas fue categorizada en el rango de 51 a 90, denotando una calidad media. Esto significa que la mayoría de los usos es posible, pues las condiciones fueron cercanas a las naturales. El estudio llegó a la conclusión que las actividades antropogénicas, tales como la agricultura, ganadería, piscicultura, matanza de ganado y uso doméstico, impactan negativamente en la calidad del agua del río Cunas.

García *et al.* (2011) en la investigación “Calidad ecológica del agua del río Utcubamba en relación con los parámetros fisicoquímicos y biológicos”, Amazonas; tuvieron como objetivo evaluar la calidad ecológica del agua del río Utcubamba siguiendo los criterios para la valoración de importancia ecológica. El estudio fue no experimental; constituido por 21 muestras de agua del río Utcubamba recolectada en tres periodos (mayo, agosto y noviembre), en siete estaciones de monitoreo, abarcando las provincias de Chachapoyas,

Luya, Bongará, Utcubamba y Bagua. Realizaron la medición de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos; además, determinaron las especies de microflora y macroflora mediante el uso de catálogos y claves taxonómicas, como también fotografías. Los resultados mostraron que el pH varió entre 8,2 y 9,9 unidades; el oxígeno disuelto entre 3 y 11 mg/l; el DBO5 de <2 mg/l para todas las estaciones; en fosfatos hubo un exceso para todas las estaciones de 0,4 a 2,1 mg/l, nitratos 0,2 a 0,5 mg/l y nitritos <0,1 mg/l; los cuales excedieron los límites permisibles para parámetros químicos. Sin embargo, en las siete estaciones, tuvo presencia de valores elevados de bacterias coliformes totales, los cuales superaron los límites permitidos, poniendo en evidencia una posible contaminación microbiológica en el agua. Concluyeron, que la calidad ecológica del agua del río Utcubamba se encuentra gravemente afectada por causa de las descargas de aguas residuales sin tratamiento, lo cual está impactando negativamente en la biodiversidad de las especies que habitan en el río.

1.1.3. Regionales

Celi (2021) en la tesis “Impacto de las actividades antrópicas sobre la calidad del agua del manantial El Buitre, Chirinos, distrito de Suyo -Ayabaca, 2020”, Piura; tuvo como objetivo evaluar el impacto de las actividades antropogénicas sobre la calidad del agua del manantial El Buitre. El estudio fue de tipo no experimental, de enfoque transversal y de alcance descriptivo. La población de estudio estuvo conformada por el agua del manantial El Buitre. La muestra estuvo distribuida en 03 puntos de muestreo y se analizaron tanto parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura, STD, conductividad, turbidez y dureza total) como microbiológicos (coliformes totales y termotolerantes). Los métodos empleados para el análisis incluyeron técnicas electrométricas para medir el pH, conductividad eléctrica, temperatura y sólidos totales disueltos, titulación para la dureza total, nefelometría para la turbidez y la matriz de Leopold para la evaluación del impacto ambiental. Para el procesamiento de datos recopilados utilizó medidas de tendencia central, como la media, y Microsoft Excel 2016. Los resultados mostraron que los valores de turbidez, coliformes termotolerantes y coliformes totales exceden los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua en la categoría 1, subcategoría A, que corresponde a aguas superficiales destinadas para la producción de agua potable. Los resultados de la valoración impactos antrópicos, indicaron que las actividades que generan mayor impacto ambiental fueron: la tala de árboles (-557), el control de plagas agrícolas (-318) y el control químico de malezas (-285). El

estudio concluyó que, el desarrollo de las diferentes actividades antrópicas, ejerce un impacto significativo en la calidad del agua del manantial El Buitre.

1.2. Bases teóricas especializadas

1.2.1. El agua

Definición e importancia

El agua está compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (Fernández, 2012). Se considera un solvente universal, porque disuelve la mayoría de sustancias debido a sus propiedades fisicoquímicas y compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en ella. Entonces se le puede definir como el líquido fundamental para la vida de todos los organismos vivos (Chulluncuy, 2011).

El agua es importante porque posee propiedades que son básicas para el sustento de la vida en el planeta, y más del 70 % está envuelta por ella. Sólo el 2,5 % es agua dulce que se distribuye en agua superficial (lagos, ríos, etc.), subterránea y agua en estado sólido; y sólo el 1 % es accesible para el consumo humano (Fernández, 2012). Sin embargo, el consumo de agua ha venido aumentando a creces a partir del año 1980 en un 1 % en todo el mundo, y la razón principal es el crecimiento poblacional, haciendo que este recurso sea el más demandado en el mundo (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2006), y su escasez traería problemas para las generaciones futuras.

Calidad del agua

La calidad del agua se define como el conglomerado de características físicas, químicas y biológicas del agua (Mendoza, 1996). Es decir, es una medida del estado del agua en relación con las necesidades de una o más especies bióticas o cualquier necesidad humana, y se emplea con mayor frecuencia a un conjunto de normas por los cuales puede evaluarse su cumplimiento (Bidault, 2016).

1.2.2. Estándares de calidad ambiental para agua

Definición de calidad ambiental

Se define a la calidad ambiental como el conjunto de propiedades y características propias del ambiente que ayudan hacer valiosa y agradable la vida que por acciones naturales y antrópicas preservan sus condiciones óptimas, por lo que, amerita su conservación para la vida humana (Benavides, 2011).

Estándar de calidad ambiental (ECA)

El Ministerio del ambiente (MINAM, 2017) establece la definición del estándar de calidad ambiental (ECA) como aquel instrumento de gestión ambiental que permite medir el estado de la calidad del ambiente en el territorio nacional. El ECA fija los niveles de concentración de sustancias o elementos presentes en el ambiente, que no representan un riesgo para la salud y el ambiente. Se miden en el ambiente y son consecuencias de los efluentes y/o emisiones provocadas por las distintas actividades antropogénicas, más las acciones propias de la naturaleza que es capaz de auto depurarse de dichas emisiones o efluentes (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2008).

Los ECA se evalúan, más no se fiscalizan dado que es un indicador global. En el Perú los ECA miden 05 componentes: agua, suelo, aire, ruido y radiaciones no ionizantes, y cada componente contiene diversos parámetros (MINAM, 2017).

- El “ECA para agua” regula 104 parámetros, entre los que se encuentran elementos físico-químicos y microbiológicos.
- El “ECA para aire” regula 10 parámetros.
- El “ECA para suelo” regula 21 parámetros que permite medir el nivel de concentración de sustancias químicas en el suelo.

- El “ECA para ruido” regula 01 parámetro que determina los niveles de ruido para los horarios diurno y nocturno, y se expresa en decibeles.
- El “ECA para radiaciones no ionizantes” regula 04 parámetros que son generados por rayos infrarrojos, radiación ultravioleta, líneas de corriente eléctrica, entre otros.

Estándares de calidad ambiental para agua

Por siete décadas, cuyos orígenes se encumbran al siglo XIX, el Perú utilizó un código de agua. Este documento fue un instrumento que permitió a los hacendados consolidar el control de la agricultura; es poco después que esta situación daría un giro en julio del año 1969 mediante la Ley General de Aguas, a través del D.L. N° 17752. Esta normativa experimentó algunas innovaciones respecto a la regulación del uso y aprovechamiento de los recursos hídricos, teniendo una duración de 39 años hasta la creación del Ministerio del Ambiente – MINAM en el año 2008 y su ulterior aprobación de los estándares de calidad ambiental para agua (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2018).

Los ECA para agua fueron creados con el objetivo de establecer la medida de la concentración de sustancias y/o parámetros físicos, químicos y microbiológicos presentes en los cuerpos de agua, que no representa un riesgo significativo para la salud humana y del ambiente (MINAM, 2008). Después de muchas modificaciones, en el año 2017, el MINAM a través del D.S. N° 004-2017-MINAM, aprueba los estándares de calidad ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias.

El objeto de esta norma es reunir las disposiciones aprobadas en el D.S. N° 002-2008-MINAM, D.S. N° 023-2009-MINAM y el D.S. N° 015-2015-MINAM que aprueban los ECA-Agua, y eliminar algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA-Agua y manteniendo a otros (MINAM, 2017). El actual ECA-Agua aprobado en el año 2017 cuenta con 4 categorías y 17 subcategorías, en la Tabla 1 se muestran las categorías y subcategorías establecidas en el ECA-Agua.

Tabla 1*Resumen de los estándares de calidad ambiental para agua (ECA-Agua)*

Categoría	Clasificación	Sub Clasificación	
Categoría 1	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	A1	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección
		A2	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional
		A3	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
	Aguas superficiales destinadas al uso recreacional	B1	Contacto primario
		B2	Contacto secundario
		C1	Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras
Categoría 2	Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales	C2	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras
		C3	Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras
		C4	Extracción y cultivos de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
Categoría 3	Riego de vegetales y bebida de animales	D1	Riego de vegetales
		D2	Bebida de animales
Categoría 4	Conservación del ambiente acuático	E1	Lagunas y lagos
		E2	Ríos (costa, sierra y selva)
		E3	Ecosistemas costeros y marinos (estuarios y marinos)

Nota. Elaboración propia partir de MINAM (2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y establecen disposiciones complementarias.

1.2.3. Factores que afectan la calidad de las aguas superficiales

Los factores que influyen en la calidad del agua se dividen en naturales y antropogénicos. Los factores naturales incluyen la climatología, el cambio climático, fenómenos naturales y la hidrogeología. La retención de agua y sedimentos afecta la calidad del agua, reduciendo la capacidad de autodepuración de los ríos. Por ejemplo, las represas pueden liberar aguas carentes de oxígeno, disminuyendo la capacidad de los ríos para procesar residuos hasta distancias de 100 kilómetros de las cuencas bajas (Escobar, 2002).

En otros aspectos, Rachel (2010) indica que “el hombre ha olvidado sus orígenes y está ciego respecto a sus necesidades más esenciales para la supervivencia, el agua, a la par de otros recursos, se ha convertido en la víctima de su indiferencia” (p. 49). Las aguas superficiales son afectadas por factores antropogénicos, como actividades de agricultura, ganadería, la urbanización y la industria que, en efecto, modifican las condiciones físicoquímicas y microbiológicas del agua (Seeboonruang, 2012) y causan un gran impacto en los ecosistemas acuáticos e incluso perjudican la salud de los seres humanos producto de los riesgos del uso de aguas contaminadas (ANA, 2016).

Actividad agrícola

La agricultura es una de las actividades antrópicas que más afecta a la calidad y cantidad del agua, ya que hace uso excesivo de este recurso para los riegos de las plantas, haciendo que se pierda, en el caso de la cantidad, mientras que, en la calidad se ve afectada por el uso de abonos y plaguicidas que son filtrados al suelo o enviados a los cursos de los ríos, causando deterioro en el medio acuático y haciendo que los costos de purificación sean más costosos y complejos para conseguir eliminar los contaminantes (Scarlet, 2017).

a) Plaguicidas. Rachel (2010), revela que “desde que los químicos empezaron a fabricar sustancias que la naturaleza no inventó nunca, el problema de la purificación del agua se ha hecho complejo y el peligro de los usuarios del agua ha aumentado” (p. 29). Se utilizan para el control y destrucción de plagas y enfermedades que la planta tiene. El problema de la contaminación del agua por plaguicidas es que este químico se acumula en el ambiente, ya

sea en organismos vivos como plantas y animales como en microorganismos, integrándose incluso en la cadena trófica. Por ejemplo, un cuerpo de agua que alimentaba los campos de algodón pulverizados con plaguicidas continuaba siendo mortal para los peces, siendo estos el sustento para el hombre (Rachel, 2010).

b) Abonos. Llamas *et al.* (2001), agrega que “la contaminación surge debido al uso excesivo e inapropiado de fertilizantes, junto con prácticas de riego ineficientes, que contribuyen a la acumulación de nitratos en los cuerpos de agua” (p. 329). Los nitratos se presentan de forma natural en forma de minerales u orgánicos y son la causa inicial de la contaminación (Díaz, 2014).

Actividad doméstica

Esta actividad describe una forma de contaminación que abarca aspectos orgánicos, biológicos y minerales, originada por diversas fuentes como pozos negros, fosas sépticas, fugas en sistemas de alcantarillado y vertido indiscriminado de aguas residuales (Díaz, 2014). Este problema, causado por el rápido crecimiento poblacional y la expansión territorial, afecta directamente la calidad del agua y ha aumentado la demanda de sistemas de tratamiento más eficientes (Calla, 2019). Las aguas contaminadas, provenientes principalmente de áreas urbanas, contienen una variedad de sustancias como restos de alimentos, desechos y productos de limpieza, que finalmente desembocan en cuerpos de agua como ríos, arroyos y lagos.

Vertimiento de aguas residuales

Las aguas residuales son aquellas aguas cuyas características únicas han sido alteradas por el hombre; y por eso, necesitan un tratamiento previo en una Planta Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), antes de ser vertidas al sistema de alcantarillado o a un curso de agua natural (Romero, 2005). Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2015) las aguas residuales se clasifican en:

- **Aguas residuales domésticas:** Son aquellas de origen comercial y residencial que contienen residuos o sustancias químicas provenientes de la actividad humana, y requieren un previo tratamiento.

- **Aguas residuales industriales:** Son aquellas de origen agrícola, energético, agroindustrial, minero y otros.
- **Aguas residuales municipales:** Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar compuestas por aguas de drenaje pluvial o por aguas residuales industriales anteriormente tratadas, y que terminan en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

Las aguas superficiales suelen albergar diversos microorganismos que mantienen un equilibrio en el ecosistema. Sin embargo, este equilibrio puede perturbarse por la introducción de contaminantes, como aguas residuales domésticas e industriales. Los ecosistemas acuáticos pueden tolerar estas alteraciones siempre y cuando la cantidad y calidad de los residuos no excedan su capacidad de autodepuración (Suárez y Giraldo, 2008). En general, los ríos que han estado menos expuestos a la contaminación son más capaces de tolerar mayores cantidades de aguas residuales. Por el contrario, un exceso de estas aguas puede provocar un deterioro en el sistema acuático. Parte de estos residuos se depositan en el fondo de los ríos debido a su alta densidad, lo que impide que sean arrastrados por la corriente (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2009).

Residuos sólidos

En un estudio sobre el impacto de residuos sobre la calidad del agua, Solano (2011), expone que el crecimiento poblacional exponencial en los últimos años ha ocasionado una alta presión sobre los recursos hídricos, y esto se debe, a la mala gestión de residuos sólidos y a su inconveniente manejo y disposición final, pues muchas personas arrojan sus residuos a áreas colindantes a cuerpos de agua naturales; y este problema amenaza la salud pública y de los seres vivos.

1.2.4. Parámetros que influyen en la calidad del agua

Parámetros físicos

a. Conductividad eléctrica. Es la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica y depende mucho de la concentración total de la presencia de iones, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura (Romero, 2002). El instrumento para medir este parámetro se llama conductímetro y se expresa en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Organización Mundial de la Salud, 2006).

b. Oxígeno disuelto. Se entiende como la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Es considerado un importante indicador de la calidad de agua. No obstante, cuando el OD es bajo las condiciones aeróbicas, se tornan inapropiadas y esto revela una contaminación orgánica e imposibilita la capacidad de albergar vida (Ocasio, 2008). No hay un valor establecido en efectos sobre la salud humana (OMS, 2006).

c. Potencial de hidrógeno. Según Acosta (2008), define el pH como una medida que indica el grado de acidez y alcalinidad de una sustancia, en una escala desde 0 (muy ácido) al 14 (muy alcalino), siendo 7 el neutro, asimismo, se ha comprobado que este parámetro influye en el sabor y en la eficiencia de la cloración del agua. Aunque, el pH no afecta directamente al ser humano en su salud, es considerado un importante indicador de calidad de agua con un valor óptimo de 6,5 a 9,5 (OMS, 2006).

d. Temperatura. La temperatura es una magnitud física referida a la cantidad de calor de las partículas en una sustancia (Ocasio, 2008).

e. Turbiedad. Es la propiedad óptica en la cual el agua pierde su transparencia debido a las partículas en suspensión que impiden el paso de la luz a través de una muestra de agua (Romero, 2002). Según la Organización Mundial de la Salud (2006) el valor de la turbidez en el agua debe ser menor a 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez).

f. Sólidos totales, suspendidos y disueltos. También llamado residuo filtrable (Romero, 2002), es la suma de sales, minerales y residuos que se encuentran disueltos en una muestra

de agua (Casilla, 2014), y que provienen de procesos naturales, escorrentía urbana y aguas residuales (OMS, 2006).

Parámetros químicos

a. Dureza total. Las aguas duras son las que proceden de fuentes de carbonatos de calcio y de magnesio, y su exceso en el agua puede ser no apto para consumo humano. Tienen la propiedad de inhibir la capacidad del jabón para hacer espuma y de acumular sedimentos en las cañerías (Guix, 2014).

b. Nitratos y nitritos. Son iones de procedencia natural que constituyen el ciclo del nitrógeno. Se usan en fertilizantes y como conservantes en alimentos. En el agua, pueden aumentar por escorrentía agrícola o aguas residuales, siendo difíciles de eliminar y peligrosos para la salud humana (OMS, 2006).

c. Metales tóxicos. La ANA (2018) por medio de la Resolución Jefatural N° 068-2018-ANA, menciona los siguientes metales tóxicos para la salud humana:

- **Arsénico.** Es un metal muy tóxico y venenoso para el hombre, debido a que, en la naturaleza se muestra como arseniato (AsO_4^{3-}) y arsenito (AsO_2^+), producto de los vertidos de aguas industriales o uso de insecticidas en la agricultura.

- **Cadmio.** En el ambiente se halla en forma de sulfuro conjuntamente con otros minerales como zinc y plomo; y su aparición se debe a las actividades de fundición y minería.

- **Hierro.** Es el elemento más abundante en el suelo y se encuentra en mínimas concentraciones en los cuerpos de agua.

Parámetros microbiológicos

Coliformes termotolerantes (fecales). Es un indicador de contaminación fecal y constituye un indicador del deterioro de las aguas superficiales (Mazzucchelli, 2016), por consecuencia, de las descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento a los cursos de agua (ríos,

quebradas, etc.), y a la inadecuada disposición de residuos sólidos que se sitúan en los cauces de los ríos, así lo indica la ANA (2018) mediante la Resolución Jefatural N° 068-2018-ANA.

Escherichia coli: Es una bacteria Gram negativa aerobia y anaerobia facultativa que alberga en el intestino del ser humano y de los animales de sangre caliente, pero también en otros ambientes como suelo, agua, plantas, etc., logrando ocasionar infecciones gastrointestinales (American Public Health Association [APHA], 1992). Es importante destacar que la bacteria *E. coli* es ampliamente utilizada como indicador de contaminación fecal en el agua, ya que se encuentra comúnmente en las heces de animales y en las aguas contaminadas por actividades domésticas (Larrea *et al.*, 2013).

1.2.5. Monitoreo ambiental de la calidad del agua

Concepto y metodología

El monitoreo de la calidad del agua implica la recopilación de información en varios puntos a intervalos regulares (Chapman, 2021). Su objetivo es determinar los contaminantes presentes mediante la evaluación de indicadores físico-químicos y microbiológicos obtenidos mediante observaciones sistemáticas y mediciones. Al recolectar muestras de un cuerpo de agua, como un río o una quebrada, es crucial obtener una muestra representativa, que puede ser simple, compuesta o integrada (ANA, 2016). Es importante evitar recolectar muestras cerca de la orilla, lejos del punto de captación, cerca del fondo o en zonas con agua estancada (ANA, 2018).

Para recolectar una muestra de agua de un río, se deben definir las estaciones de monitoreo y el personal debe usar equipos de protección. Se selecciona un punto medio donde la corriente sea homogénea, y se sumerge un balde limpio sin remover sedimentos (ANA, 2016). El agua se almacena en envases limpios con preservantes, se rotulan y acondicionan para su envío al laboratorio según la Resolución Directoral N° 160-2015/DIGESA/S.A. (Dirección General de Salud Ambiental [DIGESA], 2015).

1.2.6. Índice de calidad del agua (ICA)

Según Lozada, *et al.* (2009), el índice de calidad del agua (ICA) es un valor numérico que expresa el nivel de la calidad del agua por medio de la composición de mediciones de parámetros y su uso permite observar la tendencia evolutiva en los cambios que se producen en la calidad del agua. Esto refleja cambios ambientales y climáticos que afectan a los ecosistemas al transcurso de los años, dependiendo de las condiciones espacio-temporales (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL] y Unión Europea [UE], 2017). La evaluación de la calidad del agua en Perú (ICA-PE) se efectúa a través de la comparación de un conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos con valores señalados en el ECA – Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM). El ICA-PE define 5 categorías de calidad del agua: excelente, buena, regular, mala o pésima (Tabla 2).

Tabla 2

Calificación del ICA-PE

ICA-PE	Calificación	Interpretación
90 – 100	EXCELENTE	La calidad del agua está protegida con ausencia de daños o amenazas, pues las condiciones son muy próximas a niveles naturales o deseables.
75 – 89	BUENO	La calidad del agua se aparta un poco de la calidad natural del agua. No obstante, las condiciones deseables pueden estar con algunos daños o amenazas de corta magnitud.
45 – 74	REGULAR	La calidad natural del agua esporádicamente es dañada o amenazada, y a menudo se aleja de los valores deseables, pues varios de los usos requieren tratamiento.
30 – 44	MALO	La calidad del agua es frecuentemente dañada o amenazada, pues no cumple con los objetivos de calidad, y varios de los usos requieren tratamiento.
0 – 29	PÉSIMO	La calidad del agua casi siempre está amenazada o dañada, y no cumple con los requerimientos de calidad. Todos los usos necesitan tratamiento previo.

Nota. Elaboración propia partir de ANA (2018). Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales. <https://www.ana.gov.pe/publicaciones/metodologia-para-la-determinacion-del-indice-de-calidad-de-agua-ica-pe-aplicado-los>

Cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA-PE)

La ANA (2018) menciona que para determinar el ICA se usa la fórmula canadiense, la cual tiene tres factores (alcance, frecuencia y amplitud), derivando del cálculo matemático un valor único entre [0 - 100], que va a simbolizar y describir el estado situacional de la calidad del recurso hídrico de un punto de monitoreo. A continuación, se muestra el cálculo matemático para determinar el ICA-PE:

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

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

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

$$F_2 = \frac{\text{Número de parámetros que NO cumplen los ECA-Agua de los Datos Evaluados}}{(\text{Número Total de Datos Evaluados})}$$

- **F₃: Amplitud:** es una medida de la desviación que existe en los datos, determinada por la suma normalizada de excedentes.

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

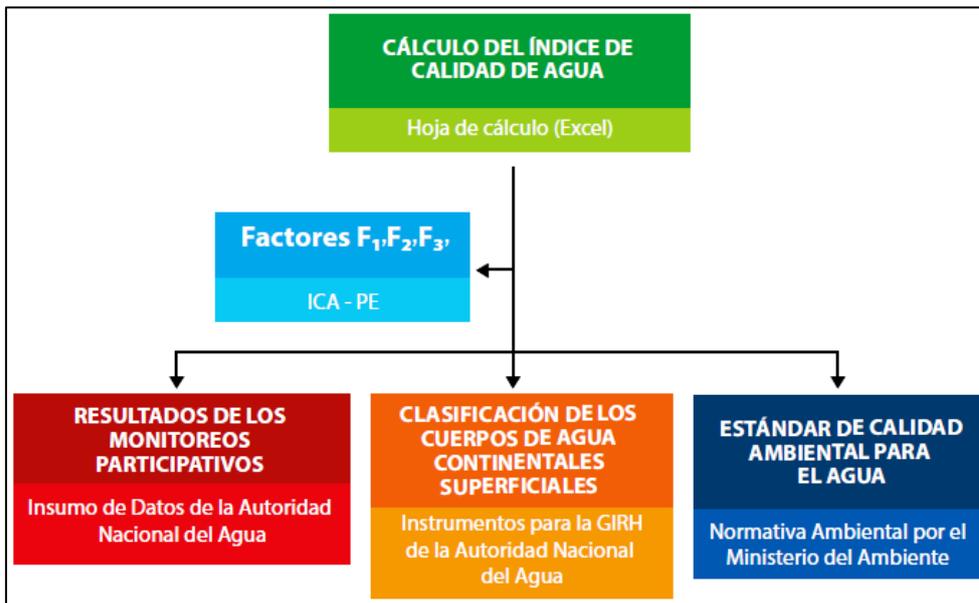
Una vez obtenido el valor de los factores (F₁, F₂ y F₃) se procede a realizar el cálculo del Índice de Calidad de Agua:

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

En resumen, para determinar el ICA de uno o varios puntos de monitoreo en un río o cuenca, es ineludible tener a la mano la data base (Figura 1).

Figura 1

Esquema de data base para determinar el ICA



Nota. Esquema tomado de ANA, 2018. Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales (p. 33). <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/metodologia-para-la-determinacion-del-indice-de-calidad-de-agua-ica-pe-aplicado-los>

1.2.7. Valoración de impactos ambientales

Según Espinoza (2007) el impacto ambiental es una alteración significativa sobre los diversos componentes del ambiente (físico/químicos, biológico y humano) por causas antropogénicas, cuya afectación puede modificar su calidad, ya sea en forma directa o indirecta. También se le conoce como aquel efecto que produce un determinado factor antrópica sobre el ambiente en sus distintos aspectos (Aldana, 2016).

$$\text{Impacto total} = C \times (P + I + O + E + D + R)$$

La información para la clasificación de impactos y la valorización de impactos se presentan en las Tablas 3 y 4.

Tabla 3*Clasificación de impactos*

Tipo de impactos ambientales	Calificación		
Carácter (C)	Negativo (-1)	Neutro (0)	Positivo (1)
Perturbación (P)	Importante (3)	Regular (2)	Escasa (1)
Importancia (I)	Alta (3)	Media (2)	Baja (1)
Ocurrencia (O)	Muy probable (3)	Probable (2)	Poco probable (1)
Extensión (E)	Regional (3)	Local (2)	Puntual (1)
Duración (D)	Permanente (3)	Media (2)	Corta (1)
Reversible (R)	Irreversible (3)	Parcial (2)	Reversible (1)
Total	18	12	6

Nota. Elaboración propia partir de Espinoza (2007). Gestión y fundamentos de evaluación de impacto ambiental.

Tabla 4*Valoración de impactos ambientales*

Impacto negativo	Impacto positivo
Severo: $\geq (-) 15$	Alto: $\geq (+) 15$
Moderado: $(-) 15 \geq (-) 9$	Mediano: $(+) 15 \geq (+) 9$
Compatible: $\leq (-) 9$	Bajo: $\leq (+) 9$

Nota. Elaboración propia partir de Espinoza (2007). Gestión y fundamentos de evaluación de impacto ambiental.

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño de la investigación

La investigación fue de tipo no experimental, porque no se manipularon variables, se limitó a observar los sucesos sin intervenir (Álvarez, 2020), de corte transversal, ya que se recopiló cierta información en el transcurso de un periodo entre días, meses o temporadas que permitió la evaluación que se dio durante un momento determinado (Grajales, 2000), y de alcance descriptivo, pues se midió las variables con el fin de analizar los datos de los parámetros o fenómenos, en base a estudios de encuestas que aporten la credibilidad de los hechos (Grajales, 2000).

2.2. Lugar y fecha

La presente investigación, se llevó a cabo en el río Charanal, entre los centros poblados San Jorge y San Pedro ubicados geográficamente en los distritos de Frías (provincia de Ayabaca) y de Chulucanas (provincia de Morropón), departamento de Piura. El río Charanal tiene un recorrido de 35 kilómetros aproximadamente (Rojas y Ibáñez, 2003); el Gobierno Regional de Piura (2014) añade que éste nace en los cerros Peña Negra y Huaylinja ubicados territorialmente en el distrito de Frías, a una altitud de 2 600 m s.n.m y 2 800 m s.n.m. El trabajo de investigación dio su marcha en los meses de agosto y mayo del año 2021. En el Apéndice 1 se muestra un mapa detallado de la ubicación del área de estudio.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

La población estuvo constituida por la fuente natural de agua del río Charanal.

2.3.2. Muestra

La muestra fue de tipo simple o puntual. Este proceso involucró la extracción de una fracción de agua en un punto o zona específica para su posterior análisis individual (ANA, 2016). Se establecieron 06 estaciones de monitoreo, de las cuales se recolectaron 12 muestras durante las temporadas de avenida y estiaje (mayo y agosto). Estas fechas fueron seleccionadas debido a un fenómeno atípico ocurrido ese año, ya que mayo no es considerado periodo de avenida. Según Castro *et al.* (2022), entre septiembre de 2020 y abril de 2021, se registraron anomalías de precipitación por debajo de lo normal en los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad, influenciadas por la constante presencia de aguas frías del mar (La Niña Costera). La toma de muestras siguió lo establecido en la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, que aprueba el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de Recursos Hídricos Superficiales.

2.4. Técnicas e instrumentos

Para efecto de la investigación se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos:

- **Observación de campo.** Esta técnica consistió en recolectar toda la información necesaria que aporte a la investigación, revisando bibliografías de investigaciones pasadas, usando el GPS para sacar las coordenadas del lugar y el software ArcGIS para georreferenciar los puntos de monitoreo y crear un mapa temático con ello (Díaz, 2018). Además, esta técnica fue ideal para identificar las posibles fuentes de contaminación y valorar los impactos.
- **Monitoreo.** Consiste en la recolección sistemática de datos en intervalos regulares a lo largo del tiempo, con el objetivo de identificar patrones, cambios estacionales o tendencias a largo plazo (ANA, 2016). Esta técnica resultó fundamental para recopilar datos de

parámetros fisicoquímicos y microbiológicos mediante la toma de muestras de aguas del río Charanal, abarcando tanto el período de precipitación y estiaje.

- **Historias orales.** Esta técnica cualitativa consiste en recopilar relatos y experiencias personales a través de entrevistas o conversaciones informales a la población (Daza, 2018). Se utilizó con el propósito de obtener información relevante de las actividades antrópicas (domésticas y agrícolas) efectuadas cerca al río Charanal, de los cultivos sembrados y los agroquímicos empleados en la agricultura.
- **Cuaderno de campo.** Es una herramienta de investigación básica y fundamental en investigaciones que involucran actividades de campo. Su diseño está orientado a registrar observaciones y datos de forma directa en el lugar de estudio (Jørgensen *et al.*, 2015). Este instrumento facilitó la anotación detallada de condiciones ambientales, eventos relevantes, notas contextuales, detalles de muestreo y datos preliminares (ver Apéndice 2).
- **Cámara fotográfica.** Se utilizó como instrumento para capturar imágenes visuales, documentar cambios a lo largo del tiempo, proporcionar evidencia visual de impactos antrópicos, apoyar observaciones de campo (aspectos relevantes del entorno, actividades agrícolas y posibles fuentes de contaminación) y enriquecer la presentación de resultados de la investigación (Bisbal, 2016). Las tomas fotográficas están disponibles en el Apéndice 3.
- **Registro de datos en campo.** Se refiere a la recopilación sistemática de información en el lugar donde ocurrieron los eventos (ANA, 2016). Se utilizó para registrar las mediciones de los parámetros de campo (pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad) del agua del río Charanal (ver Apéndice 4).

2.5. Descripción de la investigación

El monitoreo ambiental de la calidad del agua en el río Charanal, se llevó a cabo siguiendo rigurosamente los procedimientos establecidos en el Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, especificado en la R.J. N°010 (ANA, 2016). Este documento, sirvió como guía para todas las fases del monitoreo, asegurando una ejecución coherente y precisa en línea con los estándares establecidos por la normativa peruana para aguas superficiales. A continuación, se describen las fases de la investigación.

2.5.1. Fase de gabinete

a. Planificación de monitoreo

La planificación se llevó a cabo en un entorno de oficina, donde se diseñó minuciosamente el plan de monitoreo. Esto incluyó la delimitación de los puntos de monitoreo, la identificación de las áreas de acceso y la ubicación estratégica de las estaciones de monitoreo. Para la georreferenciación precisa de los puntos de muestreo, se utilizó Google Earth Pro y ArcGis como herramienta. Los parámetros sometidos a evaluación en cada estación de monitoreo, la preparación de materiales, preservantes y cadenas de custodia, fueron considerados en esta fase. Además, se contemplaron aspectos como la utilización del equipo multiparámetro, la elaboración de los formatos de campo, el procedimiento de transporte y análisis de las muestras en el laboratorio. Todo este conjunto de elementos estuvo integrado dentro del proceso de planificación.

Esta planificación garantizó la eficacia del proceso de monitoreo, asegurando que cada etapa, desde la toma de muestras hasta el análisis en el laboratorio, se llevara a cabo de manera estandarizada.

b. Establecimiento de la red de puntos de monitoreo

Para establecer una red de puntos de monitoreo en las aguas superficiales del río Charanal, se realizó un recorrido a lo largo del cuerpo de agua, en colaboración con un representante local y un guía. El objetivo era identificar las posibles fuentes de contaminación derivadas

de las actividades agrícolas y domésticas. Durante este proceso, se utilizó un dispositivo GPS para registrar con precisión las coordenadas geográficas de los puntos de monitoreo, empleando el sistema de referencia UTM WGS84 17S.

Durante el recorrido a lo largo del río Charanal, se identificaron varios vertimientos derivados de la actividad doméstica y agrícola. Uno de ellos provenía de las lagunas de oxidación del centro poblado San Jorge, ubicada en la parte alta del cuerpo de agua. También, se identificaron tres puntos de vertimiento de aguas residuales de origen agrícola en la parte baja del río, siendo el más notable el dren Cosapi.

Una vez identificados estos vertimientos, se instauraron puntos de control, situados fuera de la zona de mezcla, con la finalidad de establecer una referencia inicial o “línea base” de la calidad del agua en ausencia y presencia de eventos de contaminación. Estos incluyeron un punto aguas arriba, a una distancia de 50 metros del vertimiento, otro punto aguas abajo, a 200 metros de la orilla donde se realizaba el vertimiento, y un tercer punto de control adicional aguas arriba, cercano al área de captación destinada tanto para el uso poblacional como para el riego de vegetales.

c. Codificación de los puntos de monitoreo

Para la identificación de los puntos de monitoreo se escogió las letras “PMA”, que significan punto de monitoreo de agua y se enumeró del uno al seis.

d. Ubicación de los puntos de monitoreo

Se establecieron seis puntos de control a lo largo del río Charanal, cada uno con ubicaciones específicas que se detallan a continuación:

- **PMA-01:** Este punto se sitúa aproximadamente a 1,1 kilómetros del centro poblado San Jorge. Se localiza a 50 metros aguas arriba de la zona de mezcla con aguas residuales domésticas tratadas provenientes del mismo centro poblado (ver Apéndice

5). Es importante destacar que en este punto no se registran descargas de aguas residuales domésticas.

- **PMA-02:** Situado a 200 metros aguas abajo de la zona de mezcla, este punto marca el inicio de una descarga de aguas residuales domésticas provenientes de una pequeña planta de tratamiento del centro poblado San Jorge, la cual utiliza el método de lagunas de oxidación. Se incluye un mapa detallado de su ubicación en el Apéndice 5.
- **PMA-03:** Este punto de control se encuentra a una distancia de aproximadamente 11 kilómetros del punto 2, en el caserío Sábila del centro poblado San Jorge. Está situado a 10 metros aguas arriba del área de captación para uso poblacional de los centros poblados San Pedro, Talandracas, Charanal Bajo y sus caseríos anexos (ver Apéndice 6).
- **PMA-04:** Se encuentra ubicado a unos 3,3 kilómetros del punto 3, en el caserío Virgen de la Puerta del centro poblado San Pedro. Está a 50 metros de la zona de mezcla de aguas residuales agrícolas, donde confluyen tres vertimientos de aguas residuales agrícolas, incluyendo el dren Cosapi (ver mapa del Apéndice 7).
- **PMA-05:** Está situado a 100 metros aguas abajo de la zona de mezcla y a 25 metros aguas arriba de la entrada al canal de riego administrado por la Comisión de Usuarios del Sub Sector Hidráulico Charanal. Geográficamente, se encuentra en el centro poblado San Pedro (ver Apéndice 7).
- **PMA-06:** Este punto se encuentra a una distancia de 800 metros del punto 5 y fue establecido con el propósito de evaluar la calidad del agua en relación con su uso para el riego de vegetales (ver Apéndice 7).

Toda esta información se presenta de manera más detallada en la Tabla 5 / Figura 2, incluyendo las coordenadas geográficas en UTM y la categoría ECA para evaluar el agua destinada a diferentes usos (poblacional y riego de vegetales).

Tabla 5

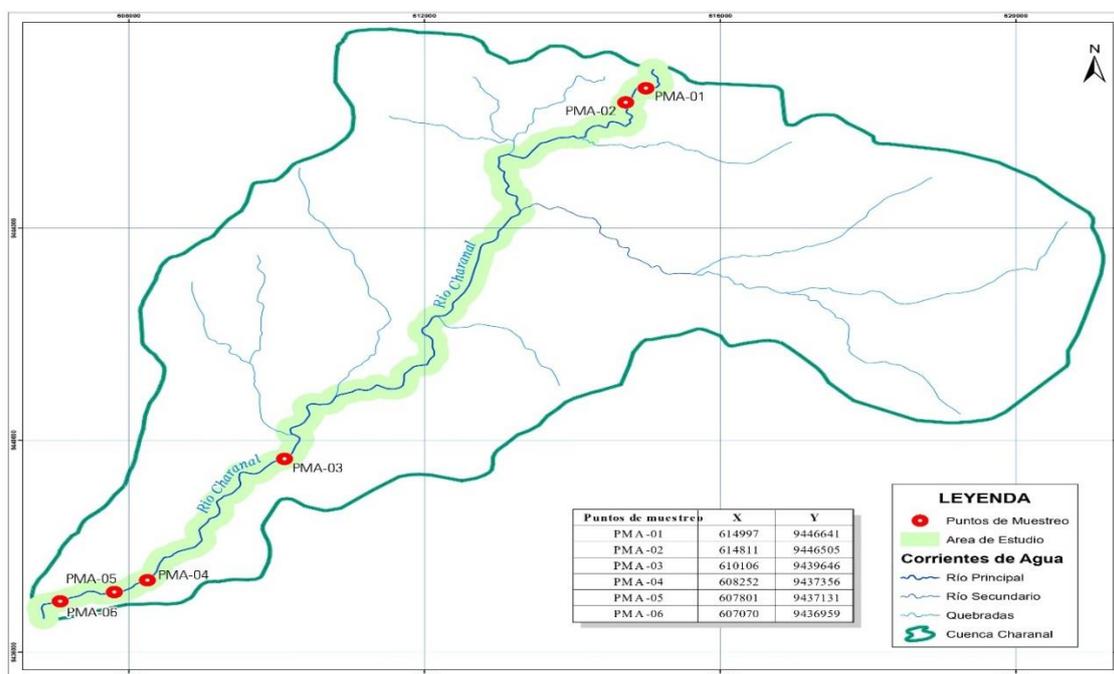
Ubicación de los puntos de monitoreo del río Charanal

Puntos de monitoreo	Categoría ECA-Agua	Coordenadas UTM WGS 84 17 M		Ubicación geográfica
		Este	Norte	
PMA-01	Cat. 1: Poblacional y Recreacional Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	614997	9446641	CP. San Jorge, distrito Frías, provincia Ayabaca
PMA-02		614811	9446505	
PMA-03		610106	9439646	
PMA-04	Cat. 3: Riego de vegetales y bebida de animales Subcategoría D1: Riego de vegetales	608246	9437384	Caserío Virgen de la Puerta, CP. San Pedro.
PMA-05		607801	9437131	
PMA-06		607070	9436959	

Nota. Las siglas “CP” significan centro poblado, las muestras fueron tomadas en los meses de mayo y agosto.

Figura 2

Mapa de los puntos de monitoreo del río Charanal, departamento Piura



Nota. La ubicación de los puntos de monitoreo está entre dos centros poblados: San Jorge y San Pedro pertenecientes a los distritos de Frías y Chulucanas, abarcando dos provincias: Ayabaca y Morropón pertenecientes al departamento de Piura.

e. Frecuencia del monitoreo

La frecuencia de monitoreo se estableció para medir los cambios sustanciales en la calidad del recurso hídrico Charanal que ocurren en determinados periodos:

- La recolección de muestras en las estaciones PMA-01, PMA-02 y PMA-03, se llevaron a cabo en dos momentos diferentes: durante la temporada de avenida (en mayo) y la temporada de estiaje (en agosto). Esto se hizo con el propósito de comparar los resultados con los estándares de calidad ambiental para agua (ECA-agua), específicamente con la Categoría 1: Poblacional y Recreacional - Subcategoría A, que se aplica a las aguas superficiales destinadas al abastecimiento de agua potable.
- En las estaciones PMA-04, PMA-05 y PMA-06, se consideraron dos momentos específicos: la época de siembra (en mayo) y la temporada de cosecha (en agosto). Esta distinción se hizo para evaluar los resultados en relación con el ECA-agua de la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales - Subcategoría D1, que se aplica a las aguas utilizadas para el riego de vegetales.

f. Parámetros empleados en el monitoreo

Se utilizaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las estaciones de monitoreo PMA-01, PMA-02 y PMA-03. En las estaciones PMA-04, PMA-05 y PMA-06 se utilizaron únicamente parámetros fisicoquímicos. En la Tabla 6 se detalla los parámetros considerados en el monitoreo de la calidad del agua del río Charanal.

Tabla 6*Parámetros que se consideraron para el monitoreo*

Puntos de muestreo	Parámetros	Indicadores	Análisis de muestras
PMA-01 al PMA-06	De campo	pH, temperatura (T), conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD)	Equipo Multiparámetro Hach sension156
PMA-01 al PMA-06	Fisicoquímicos	Turbiedad, sólidos totales disueltos (STD), nitritos, nitratos	Laboratorio ambiental ALAB E.I.R.L.
PMA-01, PMA-02 PMA-03	Inorgánicos	aluminio, arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, mercurio, plomo, selenio y zinc	Laboratorio ambiental ALAB E.I.R.L.
PMA-04, PMA-05 PMA-06	Inorgánicos	Aluminio, arsénico, boro, cadmio, cobre, hierro, manganeso, mercurio, plomo y zinc	Laboratorio ambiental ALAB E.I.R.L.
PMA-01, PMA-02 PMA-03	Microbiológicos	Coliformes termotolerantes <i>Escherichia coli</i>	Laboratorio ambiental ALAB E.I.R.L.

Nota. Elaboración propia a partir de MINAM (2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y establecen disposiciones complementarias.

g. Coordinación con el laboratorio para la preparación de materiales

La coordinación se realizó con el área comercial de Analytical Laboratory E.I.R.L – ALAB, un laboratorio acreditado por el INACAL con la acreditación DA-acr-06P-21F, especializado en el análisis de muestras de agua tanto a nivel fisicoquímico como microbiológico (ver Apéndice 8); se generó una orden de servicio para la adquisición de materiales, preservantes, refrigerantes y cadenas de custodia relacionados con la matriz de agua superficial. Esta gestión tuvo lugar en la sede ubicada en Piura.

h. Preparación de equipos e indumentaria de protección

Antes de llevar a cabo el proceso de monitoreo, se procedió a alquilar un equipo multiparámetro, identificado con el código ICO-MP-01 (el certificado de calibración está disponible en el Apéndice 9) y, el GPS a través de la empresa ICOSERGE E.I.R.L. Además, se preparó la indumentaria de protección (zapatos de seguridad, mascarilla, pantalón, camisa manga larga, chaleco, casco de seguridad y guantes) para llevar a cabo el monitoreo ambiental para agua superficial.

2.5.2. Fase de campo

a. Reconocimiento del entorno

El objetivo fue identificar cualquier particularidad inusual en el área, tales como la presencia de vertimientos de aguas residuales, presencia de algas, cambios anormales en el color del agua o vegetación acuática destacada. También se prestó atención a la presencia de residuos sólidos en las proximidades del río Charanal, y la presencia de fauna. Asimismo, se tomaron en cuenta otros factores abióticos que podrían influir en las características naturales del cuerpo de agua y alterar su estado.

b. Rotulado y etiquetado

Las muestras se etiquetaron con información detallada, incluyendo códigos de muestreo, tipo de agua, fecha y hora de recolección, análisis a realizar, preservantes o reactivos, y el nombre del encargado. Las etiquetas utilizadas se muestran en el Apéndice 10.

c. Medición de parámetros de campo

Los parámetros medidos en campo fueron: pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica. Para la medición se utilizó una jarra limpia y transparente. La lectura de los valores fue realizada de manera inmediata, luego de la toma de la muestra de agua. Al finalizar, se procedió limpiar el equipo multiparámetro inmediatamente después de su uso con suficiente agua desionizada y, adicionalmente entre muestreo y muestreo, a fin de evitar

posibles deterioros y contaminación. Los valores obtenidos fueron anotados en el registro de datos en campo.

d. Procedimiento para la toma de muestras

Antes de realizar el muestreo, se usó guantes descartables y mascarilla, el proceso de toma de muestras comprende los siguientes pasos:

- **Preparación y protección:** Se usó indumentaria de protección para evitar cualquier alteración en las muestras.
 - **Ubicación del punto de muestreo:** La recolección de muestras se realizó en el punto medio del río, donde la corriente es uniforme.
 - **Preparación de envases:** Los envases destinados a las muestras fueron enjuagados al menos tres veces, excepto los utilizados para análisis microbiológicos, que ya estaban esterilizados de antemano.
 - **Recolección de la muestra:** Se sumergió un balde limpio en el agua, se enjuagó tres veces y luego se procedió a la recolección de la muestra.
 - **Almacenamiento hermético:** El agua recolectada se guardó en envases de plástico herméticos, los cuales estaban limpios y esterilizados. En este punto, se añadió una cantidad precisa de gotas de preservante necesario para los parámetros a analizar.
- e. Preservación, llenado de cadena de custodia, almacenamiento, conservación y transporte de las muestras**
- **Preservación:** Una vez tomada la muestra se procedió inmediatamente a adicionarle el preservante para los parámetros requeridos. En la Tabla 7, se muestra la preservación, condiciones y el tiempo de almacenamiento de las muestras. Cabe mencionar, que el tipo de envase es determinado por el laboratorio acreditado bajo la

ISO 17025:2017, avalada por la certificadora internacional IAS (International Accreditation Service), señalado en el Apéndice 8.

Tabla 7

Preservación, condiciones y tiempo de almacenamiento de las muestras

Indicadores	Tipo de envase	Tamaño de muestra	Preservación y condiciones de almacenamiento	Tiempo de almacenamiento
Fisicoquímica				
Sólidos totales disueltos	Plástico o vidrio	500 ml	Refrigeración $\leq 6\text{ }^{\circ}\text{C}$	7 días
Turbiedad	Plástico o vidrio color ámbar	100 ml	Refrigeración $\leq 6\text{ }^{\circ}\text{C}$	7 días
Nitratos Nitritos	Plástico	100 ml 250 ml	Refrigeración $\leq 6\text{ }^{\circ}\text{C}$	48 horas
Inorgánico				
Metales totales	Plástico	500 ml	Adicionar 10 gotas de HNO_3	30 días
Microbiología				
Coliformes termotolerantes	Plástico o vidrio esterilizado	250 ml (para cada ensayo)	Refrigerar $< 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ sin congelar. No complete el frasco con la muestra, dejar menos 2,5 cm de espacio.	24 horas

Nota. Elaboración propia a partir de ANA (2016). Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.

- **Seguridad de la calidad de los resultados:** Para asegurar la integridad de los resultados, las muestras se resguardaron en un cooler en posición vertical, previniendo cualquier derrame y evitando la exposición a la luz solar. Durante el transporte, se incorporaron 04 gel pack en el cooler para distribuir el enfriamiento dentro de un rango de 5 a 3 $^{\circ}\text{C}$.

- **Llenado de cadena de custodia:** Se llevó a cabo el proceso de llenado de las cadenas de custodia de acuerdo con el formato proporcionado por el laboratorio (consultar Apéndice 11). La exactitud del registro fue verificada y sellada por el encargado del área de recepción de muestras. Al finalizar, se procedió a la firma en la cadena de custodia.
- **Transporte de muestras:** Las muestras fueron transportadas de manera inmediata al laboratorio ALAB sede Piura, a través de medios terrestres y luego enviadas a la ciudad de Lima. El período de recepción en la ciudad de Lima nunca superó las 24 horas, tanto en los meses de mayo como de agosto.
- **Recepción de muestras:** En Lima, el laboratorio acreditado por INACAL, Analytical Laboratory E.I.R.L., recibió las muestras y verificó su estabilidad para el análisis correspondiente. Se aseguró que cumplieran con los requisitos mínimos para la calidad de los resultados y que la cadena de custodia estuviera debidamente completada.

g. Identificación de impactos

Se identificaron los impactos antrópicos que amenazan la calidad del agua del río Charanal (ver Apéndice 12), y se procedió a elegir los sitios de muestreo representativos a lo largo del área de estudio, abarcando los centros poblados San Jorge y San Pedro. Tanto las zonas directamente afectadas por las actividades humanas como las áreas de referencia que permanecían sin intervención fueron consideradas en este proceso. Esta selección proporcionó una base de comparación fundamental para la evaluación de los impactos.

2.5.3. Etapa final de gabinete

a. Procesamiento y revisión de resultados

Todos los resultados obtenidos de los parámetros analizados por el laboratorio, recopilados de los informes de ensayo y de los distintos momentos de monitoreo (mayo y agosto), fueron ingresados al programa Excel para su procesamiento y análisis.

b. Presentación de resultados

- Los resultados del monitoreo de la calidad del agua en el río Charanal fueron presentados de manera clara. Se llevaron a cabo comparaciones con los estándares ambientales actuales establecidos en el ECA para agua (MINAM, 2017). Estos análisis se plasmaron en tablas y gráficos, mostrando los valores correspondientes a las categorías 1 (uso poblacional) y 3 (riego de vegetales).
- Adicionalmente, utilizando los resultados obtenidos, se realizó un cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA-PE) conforme a la normativa peruana vigente en la R.J. N°068 (ANA, 2018).

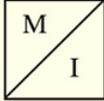
c. Evaluación de Impactos

A través de una minuciosa comparación de los datos recabados en los sitios afectados y de referencia, se identificaron cambios significativos en las condiciones ambientales. Estos impactos fueron evaluados exhaustivamente considerando su amplitud, magnitud y duración, utilizando una matriz de Leopold. Esta matriz representa la interacción entre causas y efectos, con magnitudes que pueden ser positivas (+) o negativas (-), cuantificadas en una escala del 1 al 10 (Leopold, 1971).

Esta metodología, diseñada para anticipar y valorar los impactos ambientales de actividades antrópicas, permite identificar variables y procesos susceptibles de modificaciones significativas, como aspectos físicos, químicos, microbiológicos, socioeconómicos, culturales y paisajísticos (Garmendia et al., 2005). La Figura 3 muestra un ejemplo de cómo se construyen las celdas de la matriz de Leopold.

Figura 3

Ejemplo de la construcción de celdas de la matriz de Leopold

	Acciones que afectan
Elementos ambientales	

Nota. Gráfica tomada de Garmendia *et al.* (2005). Evaluación de impacto ambiental (p. 220). https://scholar.google.es/scholar?cluster=16314862175407790696&hl=es&as_sdt=0,5#d=gs_qabs&t=1684005110853&u=%23p%3DMo7wW6fIu8wJ

Por consiguiente, se llevó a cabo una calificación meticulosa de todas las celdas, otorgándoles un valor particular. Una vez completada esta calificación, se procedió a multiplicar la magnitud (M) por la importancia (I) correspondiente. Finalmente, se realizó una suma algebraica de cada fila y columna, lo que dio como resultado el factor ambiental del impacto originado (fila) y la acción que desencadenó dicho impacto (columna). La matriz es presentada en el Apéndice 13.

d. Valoración de impactos ambientales

Se delimitó el área de estudio a una distancia de 100 metros a cada lado del cauce del río Charanal para identificar los impactos de las actividades domésticas y agrícolas. Se seleccionaron acciones con efectos positivos y negativos en el medio ambiente y la salud humana, los cuales se ingresaron en una matriz de causa y efecto en Microsoft Excel (Espinoza, 2007). La evaluación de estos impactos fue validada por la empresa JG INGENIEROS ASESORES Y CONSULTORES HSE E.I.R.L., como se muestra en el Apéndice 14. La Tabla 8 muestra el grado de valoración de la magnitud e importancia de los impactos.

Tabla 8*Grado de valoración de la magnitud e importancia*

Intensidad	Magnitud		Influencia	Importancia	
	Alteración	Calificación		Duración	Calificación
Baja	Baja	1	Puntual	Temporal	1
	Media	2		Media	2
	Baja	3		Permanente	3
Media	Baja	4	Local	Temporal	4
	Media	5		Media	5
	Alta	6		Permanente	6
Alta	Baja	7	Regional	Temporal	7
	Media	8		Media	8
	Alta	9		Permanente	9
Muy Alta	Alta	10	Nacional	Permanente	10

Nota. Elaboración propia a partir de Leopold (1971). Un procedimiento par evaluación el impacto ambiental.

2.6. Análisis de datos

Dado que se trató de una investigación de tipo descriptiva, los datos recopilados se analizaron utilizando medidas estadísticas de tendencia central. En este sentido, se utilizaron exclusivamente los valores promedio, los cuales se calcularon mediante el empleo del programa Microsoft Excel.

2.7. Materiales y equipos

Los materiales y equipos que se utilizaron en la investigación se presentan en la Tabla 10.

Tabla 9

Materiales y equipos

Item	Descripción
Materiales	Cooler grande, frascos de plástico, baldes (10 litros) y jarras de plástico de primer uso y limpios (1 litro), guantes descartables, mascarillas, gel pack refrigerante.
Soluciones y reactivos	Agua desionizada, preservantes y soluciones estándar (pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica).
Equipos	GPS, multiparámetro y cámara fotográfica.
Otros	Etiqueta para rotulado de muestras, registro de datos de campo y cadena de custodia., plumones indelebles, lápices, cinta adhesiva, papel secante, libreta de campo, tablilla, sog, pizarra acrílica.

Nota. Elaboración propia a partir de ANA (2016). Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.

- **Equipo multiparámetro**

Es un equipo que cuenta con uno o más sensores que se sumerge en el agua y seguidamente proyecta una serie de resultados en su pantalla. Los multiparámetros simples miden conductividad, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, mientras que, los más sofisticados miden lo mismo y adicionalmente el pH, sólidos totales disueltos, resistividad, potencial de reducción de oxigenación, etc., e incluso hay los que miden metales pesados, pero estos son más caros (Schoemaker, 2017). El multiparámetro es importante porque permitió indicar el grado de contaminación que presenta el agua analizada y el grado de afectación en el ambiente (Alania, 2018). En la Figura 4, se presenta una imagen del equipo multiparámetro utilizado en la investigación.

Figura 4

Equipo multiparámetro de uso para la investigación



Nota. Equipo multiparámetro de marca HACH SENSION156 usado en la medición in situ para el muestreo de agua del río Charanal. Equipo adquirido en alquiler de la empresa ICOSERGE E.I.R.L. debidamente calibrado.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Presentación de los resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua del río Charanal

3.1.1. Resultados de los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03

Los datos presentados en las Tablas 10, 11 y 12 muestran los valores de parámetros de campo, fisicoquímicos y microbiológicos para los puntos: PMA-01, PMA-02 y PMA-03, tomados en el periodo de avenida (mayo) y estiaje (agosto).

Tabla 10

Resultados de parámetros de campo de los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03

Variables	Unidad	Frecuencia del monitoreo					
		Avenida (14/05/2021)			Estiaje (04/08/2021)		
		PMA-01	PMA-02	PMA-03	PMA-01	PMA-02	PMA-03
Temperatura	°C	19,1	19,3	19,3	19,7	20,2	22,3
Conductividad eléctrica	µS/cm	314	351	603	811	828	1025
Potencial de hidrógeno	Unidad de pH	7,06	8,45	7,42	7,12	9,16	7,73
Oxígeno disuelto	mg/l	9,82	4,82	7,64	9,27	4,12	7,3

En la Tabla 11 se observan los resultados obtenidos de los parámetros de campo, delineando las variaciones notables en las características ambientales bajo diferentes circunstancias (época de avenida y de estiaje). Durante el periodo de avenida, los niveles de temperatura experimentaron una fluctuación de 19,1 a 19,3 °C, registrando una diferencia de 0,2 °C; sin embargo, en el periodo de estiaje, estos niveles presentaron un rango más amplio, oscilando entre 19,7 y 22,3 °C, con una variación de 2,6 °C.

En la conductividad eléctrica, los valores durante la avenida fluctuaron entre 314 y 603 $\mu\text{S/cm}$, indicando un cambio de 289 $\mu\text{S/cm}$, y en el periodo de estiaje los valores estuvieron en un rango de 811 a 1025 $\mu\text{S/cm}$, señalando una variación de 214 $\mu\text{S/cm}$. Los valores de pH, durante el periodo de avenida variaron entre 7,06 y 8,45, presentando una diferencia de 1,39 unidades; mientras que, en estiaje, fluctuaron de 7,12 a 9,16, con una variación de 2,04 unidades. En lo que respecta al oxígeno disuelto, en el periodo de avenida, los niveles variaron de 4,82 a 9,82 mg/l, presentando un cambio de 5 mg/l, y en estiaje la oscilación fue de 4,12 a 9,27 mg/l, señalando una variación de 5,15 mg/l.

Tabla 11

Resultados fisicoquímicos de los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03

Variables	Unidad	Frecuencia del monitoreo					
		Avenida (14/05/2021)			Estiaje (04/08/2021)		
		PMA-01	PMA-02	PMA-03	PMA-01	PMA-02	PMA-03
Turbiedad	UNT	3	128	6	0,9	3,9	2,6
Nitratos	mg/l	0,529	0,504	1,815	1,124	1,014	0,564
Nitritos	mg/l	<0,066	0,095	0,094	0,098	0,101	0,098
STD	mg/l	56	124	92	29	58	35
Aluminio	mg/l	0,008	0,086	0,208	<0,003	<0,003	<0,003
Arsénico	mg/l	<0,0010	<0,0010	0,0145	<0,001	<0,001	<0,001
Cadmio	mg/l	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Cobre	mg/l	0,0055	0,0120	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Hierro	mg/l	0,068	0,089	0,117	<0,002	0,106	<0,002
Manganeso	mg/l	<0,00005	<0,00005	0,01433	<0,00005	<0,00098	<0,0009
Mercurio	mg/l	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Plomo	mg/l	<0,0025	<0,0025	0,1241	<0,0025	<0,0025	<0,0025
Selenio	mg/l	<0,002	<0,002	0,003	<0,002	<0,002	<0,002
Zinc	mg/l	<0,0002	0,0065	0,0373	<0,0002	<0,0002	<0,0002

Nota. Valores extraídos de los informes de ensayo: N° IE-21-4811, N° IE-21-5264, N° IE-21-9270. Las siglas STD significan Sólidos Totales Disueltos y UNT simboliza Unidad Nefelométrica de Turbiedad.

Los resultados fisicoquímicos presentados en la Tabla 11, muestran que los niveles de turbidez variaron ampliamente durante el periodo de avenida, desde 3 hasta 128 UNT, con una diferencia de 125 UNT; en contraste, en la época de estiaje la variación fue mucho

menor, presentando valores de 0,9 a 3,9 UNT (3 UNT de diferencia). Los valores de nitratos en avenida fluctuaron entre 0,504 y 1,815 mg/l (1,311 mg/l de variación); y en estiaje la variación fue de 0,564 a 1,124 mg/l, con una diferencia de 0,56 mg/l. En cuanto a los nitritos, durante el periodo de avenida los resultados oscilaron entre <0,066 y 0,095 mg/l; mientras que, en estiaje, la variación fue de 0,098 a 0,101 mg/l (0,003 mg/l de diferencia). Por otro lado, los sólidos totales disueltos presentaron variaciones notables durante el periodo de avenida, cuyos valores variaron desde 56 hasta 124 mg/l, con una diferencia de 68 mg/l; sin embargo, en el periodo de estiaje, la variación fue de 29 a 58 mg/l (29 mg/l de variación).

En relación con los resultados de los niveles de metales pesados, se observaron variaciones notables en las concentraciones de aluminio durante la época de avenida, fluctuando en un rango de 0,008 a 0,208 mg/l (0,2 mg/l), en cambio, en la temporada de estiaje, los niveles estuvieron por debajo de los 0,003 mg/l. Con respecto a los niveles de arsénico, mostraron diferencias significativas en avenida, cuyos valores oscilaron entre <0,001 y 0,0145 mg/l; mientras que, en estiaje, los niveles se mantuvieron por debajo de los 0,001 mg/l. En cuanto al cadmio, se observó que las concentraciones fueron bajas tanto en época de avenida como en estiaje, siempre por debajo de los 0,0002 mg/l. Los registros de cobre durante la avenida mostraron variaciones en el rango de <0,0002 a 0,0120 mg/l, y en estiaje se mantuvieron constantes, siempre por debajo de los 0,0002 mg/l.

Por otra parte, las concentraciones de hierro en la época de avenida variaron entre 0,068 y 0,117 mg/l (0,049 mg/l de diferencia), y en estiaje, oscilaron entre <0,002 y 0,106 mg/l. Los niveles de manganeso durante la avenida fluctuaron en el rango de <0,00005 a 0,01433 mg/l, por el contrario, en estiaje se mantuvieron entre <0,00005 y <0,00098 mg/l. En cuanto al mercurio, se mantuvieron constantemente bajos en ambas épocas, con valores siempre por debajo de <0,00005 mg/l; mientras que el plomo varió de <0,0025 a 0,1241 mg/l, respectivamente. Las concentraciones de selenio se mantuvieron estables en <0,002 mg/l, a excepción del resultado del punto PMA-03 tomado en la época de avenida, donde los niveles fueron de 0,003 mg/l. Por último, los niveles de zinc en la época de avenida fueron de <0,0002 y 0,0373 mg/l, y en estiaje se mantuvieron por debajo de 0,0002 mg/l.

Tabla 12*Resultados microbiológicos de los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03*

Variables	Unidad	Frecuencia del monitoreo					
		Avenida (14/05/2021)			Estiaje (04/08/2021)		
		PMA-01	PMA-02	PMA-03	PMA-01	PMA-02	PMA-03
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	79	7900	140	33	490	70
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	33	4900	110	23	490	49

Nota. Resultados sacados de los informes de ensayo: N° IE-21-4811, N° IE-21-5264 y N° IE-21-9270. Las siglas NMP/100 ml significa Número más probable en 100 mililitros.

Los resultados microbiológicos presentados en la Tabla 12, indican que las concentraciones de coliformes termotolerantes durante el período de avenida variaron significativamente, oscilando entre 79 y 7900 NMP/100 ml, con una variación de 7821 NMP/100 ml, y en la época de estiaje los valores descendieron entre 33 y 490 NMP/100 ml, con una variación de 457 NMP/100 ml. En cuanto a las concentraciones de *E. coli*, durante el período de avenida, los valores variaron entre 33 y 4900 NMP/100 ml (4867 NMP/100 ml de variación), y durante el período de estiaje, estas concentraciones mostraron una variación menos amplia, oscilando entre 23 y 490 NMP/100 ml (467 NMP/100 ml de diferencia).

3.1.2. Resultados de los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06

Los resultados de las muestras tomadas para los parámetros de campo y fisicoquímicos en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 se encuentran detallados en las Tablas 13 y 14. Estas tablas proporcionan información sobre los valores registrados tanto en la época de siembra (mayo) como en la época de cosecha (agosto).

Tabla 13*Resultados de parámetros de campo de los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06*

Variables	Unidad	Frecuencia del monitoreo					
		Siembra (24/05/2021)			Cosecha (02/08/2021)		
		PMA-04	PMA-05	PMA-06	PMA-04	PMA-05	PMA-06
Temperatura	°C	24,2	25,3	25,7	19,7	20,2	27,3
Conductividad eléctrica	µS/cm	81,4	85,1	130,3	311	228	325
Potencial de Hidrógeno	Unidad de pH	7,46	5,78	8,09	7,74	9,16	8,53
Oxígeno disuelto	mg/L	5,33	4,43	5,45	7,27	8,82	8,3

En la Tabla 13, se presentaron los resultados para los parámetros medidos en campo. Los valores de temperatura en el período de siembra registraron una leve variación, con un rango de 24,2 a 25,7 °C, representando una diferencia de apenas 1,5 °C; en contraste, en el período de cosecha, los valores oscilaron entre 19,7 y 27,3 °C, reflejando una amplia diferencia de 7,6 °C. Los valores de conductividad eléctrica en el período de siembra variaron de 81,4 a 130,3 µS/cm, con un rango de cambio de 48,9 µS/cm y en cosecha, fluctuaron entre 228 y 325 µS/cm (97 µS/cm de variación).

Los valores de pH durante la siembra se situaron entre 5,78 y 8,09, con una diferencia de 2,31 unidades, por el contrario, en la temporada de cosecha, oscilaron entre 7,74 y 9,16 (1,42 unidades de diferencia). Respecto al oxígeno disuelto, los niveles variaron en la siembra, de 4,43 a 5,45 mg/l, con un cambio de 1,02 mg/l; mientras que, en cosecha, la variación fue de 7,27 a 8,82 mg/l, con una diferencia de 1,55 mg/l.

Tabla 14*Resultados físicoquímicos de los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06*

Variables	Unidad	Frecuencia del monitoreo					
		Siembra (24/05/2021)			Cosecha (02/08/2021)		
		PMA-04	PMA-05	PMA-06	PMA-04	PMA-05	PMA-06
Turbidez	UNT	7,5	7,65	5,50	2	2,30	2,90
Nitratos	mg/l	1,615	1,234	1,084	0,712	0,519	1,021
Nitritos	mg/l	0,097	0,102	0,097	0,097	0,103	0,097
STD	mg/l	94	96	96	29	26	24
Aluminio	mg/l	0,018	0,155	0,219	<0,003	<0,003	<0,003
Arsénico	mg/l	<0,0010	<0,0156	0,0151	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Cadmio	mg/l	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Boro	mg/l	<0,0010	0,0062	0,0109	0,0279	0,0290	0,0233
Cobre	mg/l	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Hierro	mg/l	0,144	0,059	0,181	0,285	0,574	0,554
Manganeso	mg/l	0,00020	0,01032	0,02382	0,00042	0,00199	0,00157
Mercurio	mg/l	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Plomo	mg/l	<0,0025	0,2655	0,0039	<0,0025	<0,0025	<0,0025
Zinc	mg/l	0,0005	0,0670	0,0562	<0,0002	<0,0002	<0,0002

Nota. Valores extraídos de los informes de ensayo: N° IE-21-5264 y N° IE-21-9147. Las siglas STD significan Sólidos Totales Disueltos y UNT simboliza Unidad Nefelométrica de Turbiedad.

En la Tabla 14, se presentaron los resultados físicoquímicos en los puntos de monitoreo PMA-04, PMA-05 y PMA-06. Los niveles de turbidez en el periodo de siembra fueron de 5,50 a 7,65 UNT, con una diferencia de 2,15 UNT; en la temporada de cosecha la variación fue menor, oscilando entre 2 a 2,9 UNT, con una variación de 0,9 UNT. Los valores de nitratos en siembra variaron entre 1,084 y 1,615 mg/l, con una diferencia de 0,531 mg/l; mientras que, en cosecha, la variación fue de 0,519 a 1,021 mg/l (0,502 mg/l). Los nitritos también mostraron diferencias, con resultados entre 0,097 y 0,102 mg/l en siembra, y de 0,097 a 0,103 mg/l en cosecha. Los sólidos totales disueltos tuvieron una ligera variación, desde 94 hasta 96 mg/l durante la siembra, con una diferencia de 2 mg/l, en cambio, en cosecha, la variación fue de 24 a 29 mg/l (5 mg/l).

Las concentraciones de aluminio variaron ampliamente durante la siembra, desde 0,018 hasta 0,219 mg/l, con una fluctuación de 0,201 mg/l; mientras que, en la temporada de cosecha, los valores fueron menores a 0,003 mg/l. Los niveles de arsénico en siembra oscilaron entre <0,001 y 0,0156 mg/l; sin embargo, en cosecha los valores fueron menores a 0,001 mg/l. Tanto el cadmio como el cobre se mantuvieron por debajo de 0,0002 mg/l, en tanto, el mercurio fue de 0,0001 mg/l, en ambos periodos. El boro durante el periodo de siembra varió de <0,001 a 0,0109 mg/l, y en cosecha de 0,0233 a 0,290 mg/l. El hierro también presentó diferencias notables, con valores entre 0,059 y 0,181 mg/l, con una variación de 0,122 mg/l en siembra, y en cosecha con oscilaciones entre 0,285 y 0,574 mg/l (0,289 mg/l). Los niveles de manganeso durante la siembra fluctuaron entre <0,0002 y 0,02382 mg/l, siendo aún más bajos en la cosecha, con valores de 0,00042 a 0,00199 mg/l.

Los valores de plomo fueron menores a 0,0025 mg/l en la cosecha, en la siembra variaron de <0,0025 a 0,2655 mg/l. El zinc mostró una variación significativa de 0,0665 mg/l, con valores de 0,0005 a 0,0670 mg/l durante la siembra, y menores a 0,0002 mg/l en la cosecha.

Los resultados fisicoquímicos y microbiológicos fueron extraídos de los informes de ensayo: N° IE-21-4811, N° IE-21-5264, N° IE-21-9147 y N° IE-21-9270, y se encuentran en el apartado del Apéndice 15.

3.2. Comparación de resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos con los valores permitidos por la normativa peruana ECA para agua (D.S. N° 004-2017-MINAM)

Se compararon los resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico de las muestras tomadas en tres puntos de monitoreo (PMA-01, PMA-02 y PMA-03) con los estándares establecidos en el ECA, que corresponde a la categoría 1 - subcategoría A: aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable (ver Apéndice 16). Para el análisis fisicoquímico de las muestras en las tres estaciones (PMA-04, PMA-05 y PMA-06), se realizaron comparaciones similares utilizando los valores indicados en el Apéndice 17, que corresponde a la categoría 3 - subcategoría D1 para el riego de vegetales.

3.2.1. Resultados de temperatura

Los datos de la Tabla 15 revelan que los niveles de temperatura del agua en el río Charanal, tomados de los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03, son consistentemente similares a lo largo de los meses de estudio, variando entre 19,1 y 22,3 °C. El valor más alto registrado se observó en el punto PMA-03 durante el mes de agosto.

Tabla 15

Valores de temperatura en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal

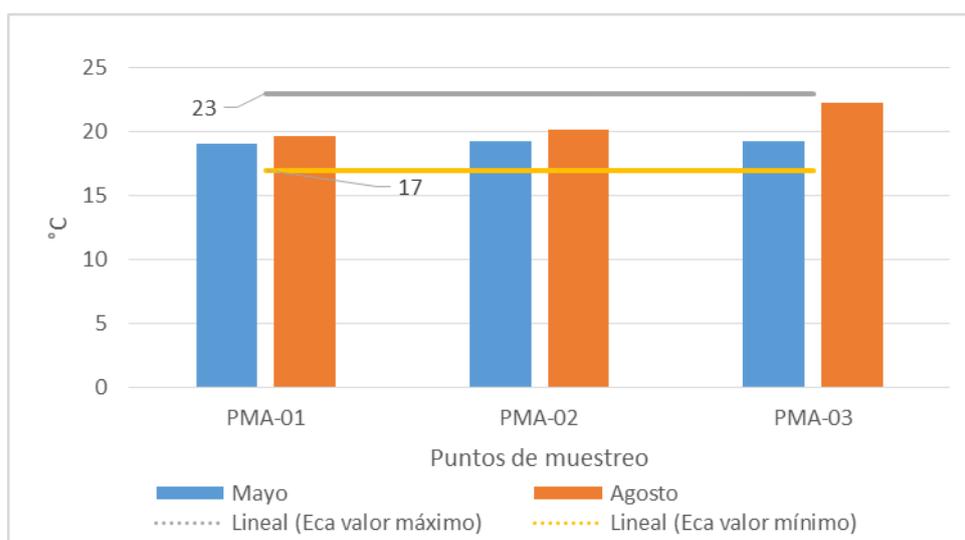
Frecuencia	Unidad	PMA-01	PMA-02	PMA-03	ECA - cat. 1
Mayo		19,1	19,3	19,3	
Agosto	°C	19,7	20,2	22,3	Δ 3
Media		19,4	19,7	20,8	

Nota. El símbolo Δ3 expresa la variación de 3 grados Celsius respecto al promedio multianual del espacio evaluado.

La Figura 5 ilustra que los valores de temperatura se mantienen dentro de los límites establecidos por los estándares de calidad ambiental para agua (ECA-agua).

Figura 5

Niveles de temperatura en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03



Los datos de la Tabla 16, muestran que los valores de temperatura de los puntos de muestreo (PMA-04, PMA-05 y PMA-06) son muy similares y varían entre 19,7 y 27,3 °C, siendo este el valor máximo registrado en el mes de agosto en el punto PMA-06.

Tabla 16

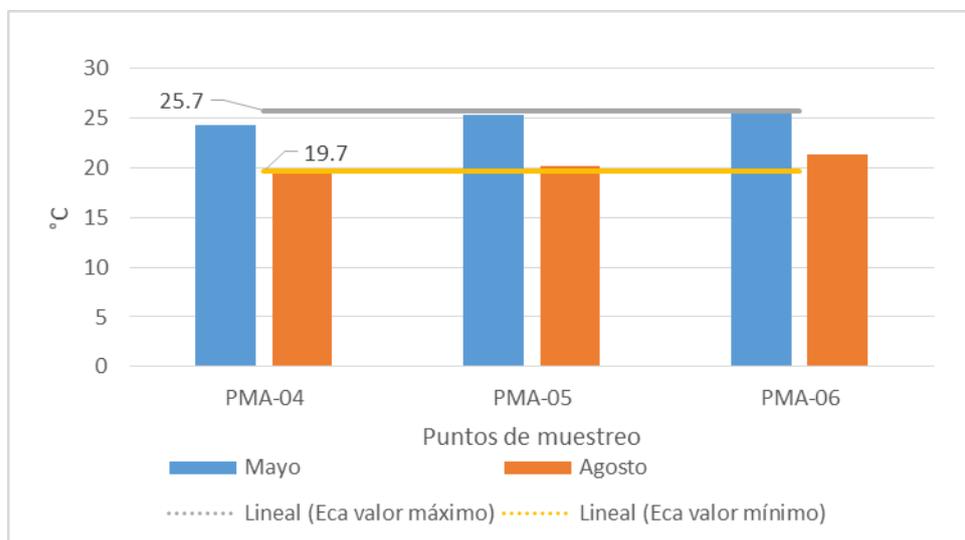
Valores de temperatura en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-04	PMA-05	PMA-06	ECA - cat. 3
Mayo		24,2	25,3	25,7	
Agosto	°C	19,7	20,2	27,3	Δ 3
Media		22	22,8	26,5	

La Figura 6 muestra la gráfica de los niveles de temperatura, y se observa que cumplen con el valor límite establecido por el ECA para agua.

Figura 6

Niveles de temperatura en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06



3.2.2. Resultados de conductividad eléctrica

Los datos de conductividad eléctrica presentados en la Tabla 17 revelan que el punto PMA-03 presenta una media alta de 814 μS/cm en comparación con los otros puntos muestreados. El mes de agosto registró el valor máximo de 1025 μS/cm en este punto. En contraste, en el

mes de mayo se reportó el valor mínimo de 314 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que se encontró en el punto PMA-01 con una media baja de 562,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Tabla 17

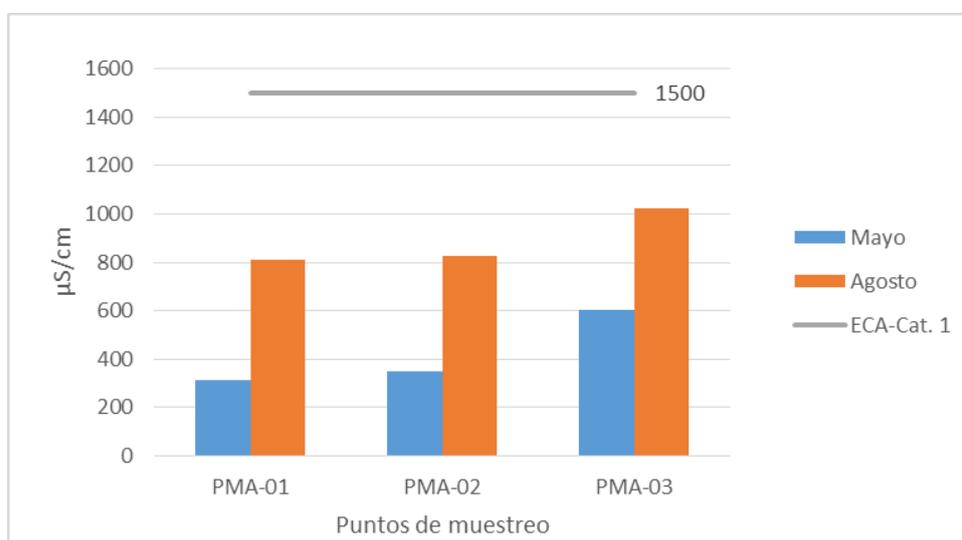
Valores de conductividad en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-01	PMA-02	PMA-03	ECA - cat. 1
Mayo		314	351	603	
Agosto	$\mu\text{S}/\text{cm}$	811	828	1025	1500
Media		562,5	589,5	814	

La Figura 7 muestra gráficamente los resultados de conductividad eléctrica y su comparación con los valores establecidos en el ECA para agua. Se observa que los valores se mantienen por debajo del límite de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cumpliendo así con lo establecido en la subcategoría A.

Figura 7

Niveles de conductividad en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03

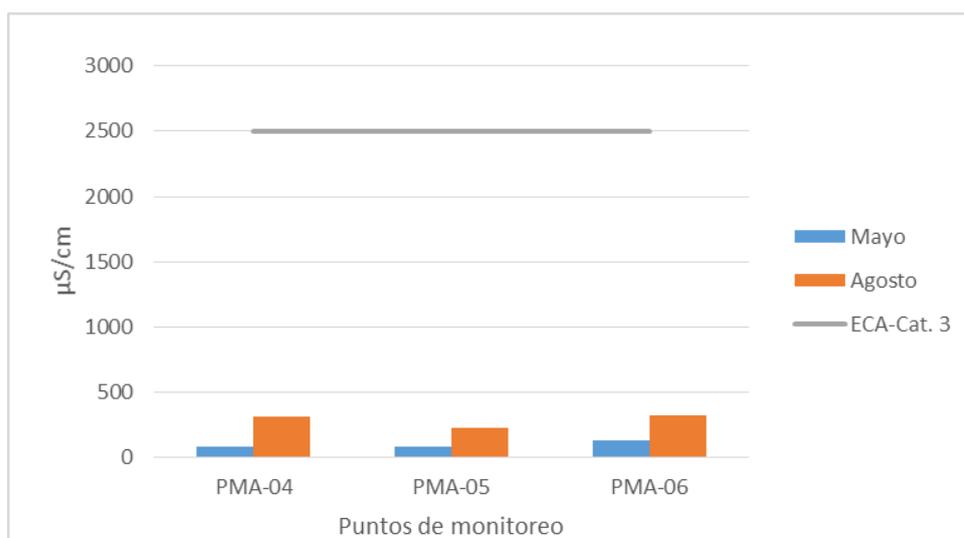


Los datos de la Tabla 18 muestran que los valores de conductividad experimentan variaciones entre los meses de mayo y agosto. En mayo, se registra el valor mínimo de 81,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que se encuentra en el punto PMA-04, mientras que en agosto se alcanza el valor máximo de 325 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto PMA-06.

Tabla 18*Valores de conductividad en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal*

Frecuencia	Unidad	PMA-04	PMA-05	PMA-06	ECA - cat. 3
Mayo		81,4	85,1	130,3	
Agosto	μS/cm	311	228	325	2500
Media		196,2	156,6	227,7	

Como se puede apreciar en la Figura 8, los valores de conductividad en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06, se hallan por debajo del valor estándar de 2500 μS/cm estipulado en el ECA-agua, categoría 3 – subcategoría D1: riego de vegetales.

Figura 8*Niveles de conductividad en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06*

3.2.3. Resultados de potencial de hidrógeno (pH)

Los resultados de pH, como se muestran en la Tabla 19, reflejan alcalinidad en el punto PMA-02 durante el mes de agosto, con un valor máximo de 9,16 unidades de pH y un mínimo de 8,45 unidades de pH en mayo. Por otro lado, los valores de los puntos PMA-01 y PMA-03 se mantuvieron en un rango de pH neutro, con promedios de 7,09 y 7,58 unidades de pH, respectivamente.

Tabla 19

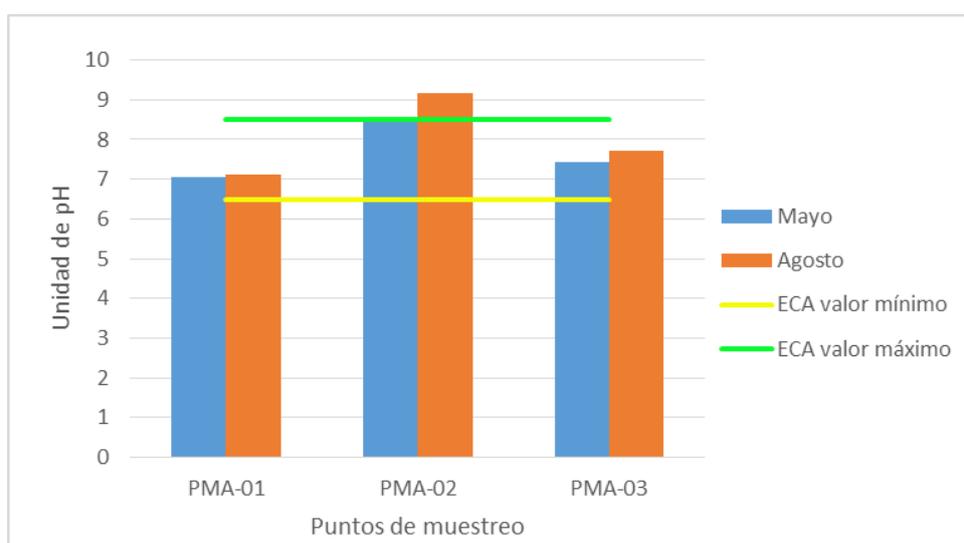
Valores de pH en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-01	PMA-02	PMA-03	ECA - cat. 1
Mayo	Unidad de pH	7,06	8,45	7,42	6,5 – 8,5
Agosto		7,12	9,16	7,73	
Media		7,09	8,81	7,58	

En la Figura 9, se puede apreciar claramente que el nivel de concentración de pH en el punto PMA-02 durante el mes de agosto está por encima del valor establecido en el ECA para agua, categoría 1, subcategoría A1, donde el rango permitido va desde un mínimo de 6,5 unidades de pH hasta un máximo de 8,5 unidades de pH.

Figura 9

Niveles de pH en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03

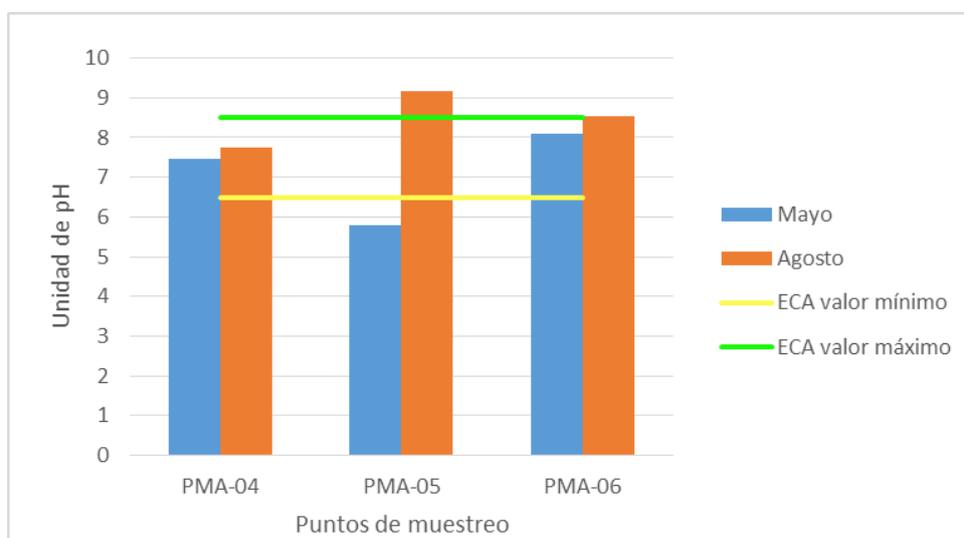


Los datos de pH presentados en la Tabla 20 indican un rango de valores que oscila entre 5,78 y 9,16 unidades de pH. En el punto PMA-04, se registró un promedio de 7,6 unidades de pH, mientras que en el punto PMA-05 se obtuvo un promedio de 7,47 unidades de pH y en el punto PMA-06, el promedio más alto fue de 8,31 unidades de pH. El punto PMA-05 mostró el valor mínimo de 5,78 unidades de pH en el mes de mayo, mientras que el valor máximo de 9,16 unidades de pH se observó en el mes de agosto.

Tabla 20*Valores de pH en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal*

Frecuencia	Unidad	PMA-04	PMA-05	PMA-06	ECA - cat. 3
Mayo	Unidad de pH	7,46	5,78	8,09	6,5 – 8,5
Agosto		7,74	9,16	8,53	
Media		7,6	7,47	8,31	

En la Figura 10, se representan gráficamente las comparaciones de los resultados de pH con el ECA-agua, categoría 1 - subcategoría A, lo que evidencia la alcalinidad en los valores de los puntos PMA-05 y PMA-06 durante el mes de agosto, superando el límite máximo de 8,5 unidades de pH. Además, se observa que el valor del punto PMA-05 está muy por debajo de las 6,5 unidades de pH, indicando una acidez inusualmente baja.

Figura 10*Niveles de pH en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06*

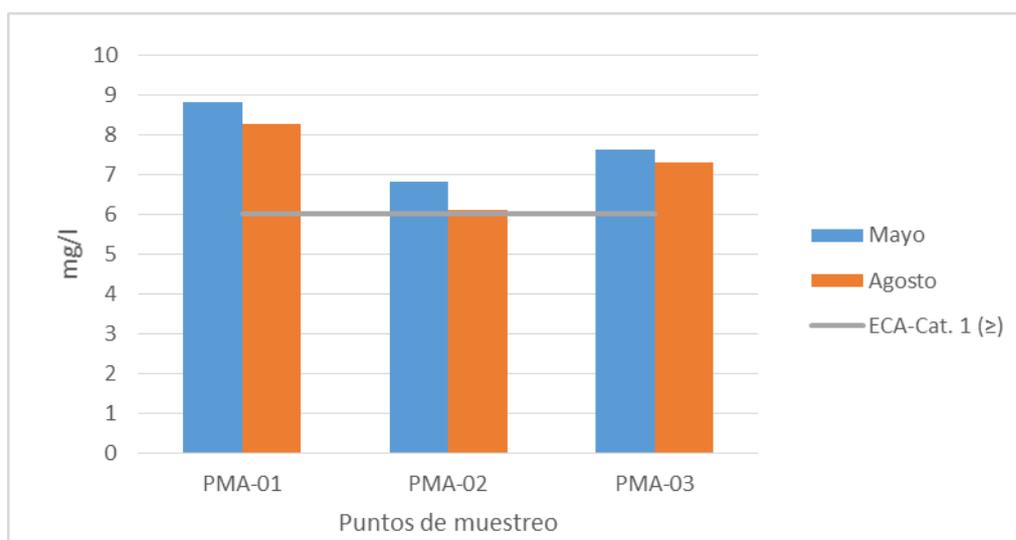
3.2.4. Resultados de oxígeno disuelto

Los datos de la Tabla 21 revelan los valores de oxígeno disuelto en los puntos de muestreo (PMA-01, PMA-02 y PMA-03) del río Charanal. Estos valores son consistentemente similares en los meses de estudio (mayo y agosto), manteniéndose en un rango de concentraciones que oscilan entre 6,12 y 8,82 mg/l.

Tabla 21*Valores de oxígeno disuelto en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal*

Frecuencia	Unidad	PMA-01	PMA-02	PMA-03	ECA - cat. 1
Mayo		8,82	6,82	7,64	
Agosto	mg/l	8,27	6,12	7,3	≥ 6
Media		8,55	6,47	7,47	

En la Figura 11, de acuerdo con el ECA para agua, el valor estándar de oxígeno disuelto en el agua debe ser mayor o igual a 6, y, por lo tanto, se puede afirmar que todos los puntos muestreados cumplen con lo establecido por el ECA en cuanto a los niveles mínimos de oxígeno disuelto en el agua.

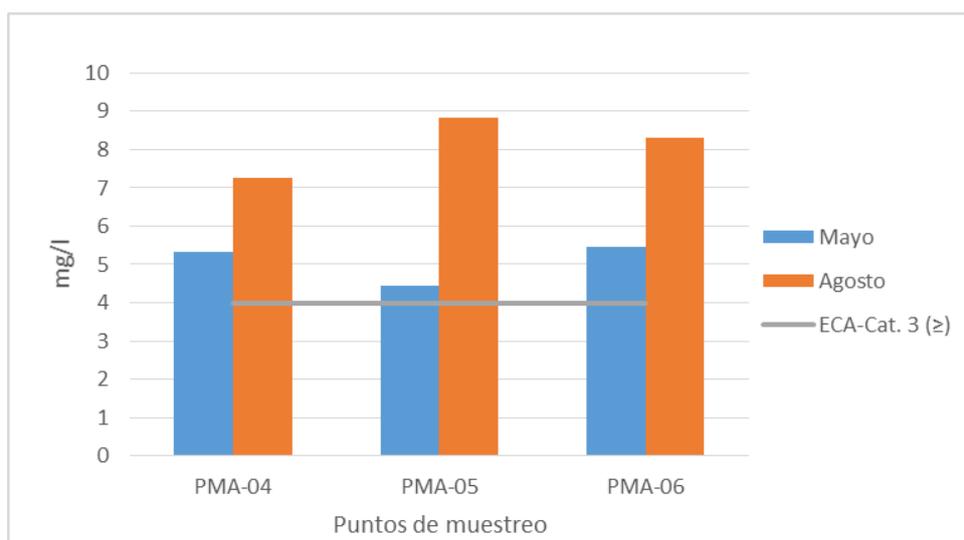
Figura 11*Niveles de oxígeno disuelto en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03*

Los datos de la Tabla 22 reflejan que los valores de oxígeno disuelto en los puntos de muestreo (PMA-04, PMA-05 y PMA-06) son notablemente similares en los meses de estudio y fluctúan en un rango que va desde 4,43 hasta 8,82 mg/l, siendo el punto PMA-05 el que muestra tanto el valor máximo como el mínimo.

Tabla 22*Valores de oxígeno disuelto en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal*

Frecuencia	Unidad	PMA-04	PMA-05	PMA-06	ECA - cat. 3
Mayo		5,33	4,43	5,45	
Agosto	mg/l	7,27	8,82	8,3	≥ 4
Media		6,3	6,63	6,88	

Como se evidencia en la Figura 12, el valor estándar para el oxígeno disuelto debe ser mayor o igual a 4 mg/l, por lo tanto, sí cumple con el valor mínimo establecido en el ECA-agua, categoría 3 - subcategoría D1.

Figura 12*Niveles de oxígeno disuelto en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06*

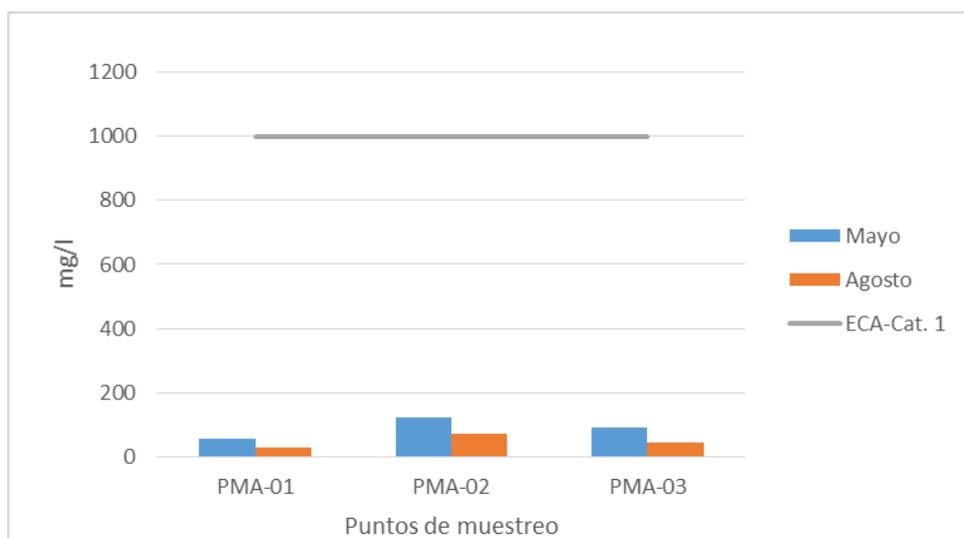
3.2.5. Resultados de sólidos totales disueltos (STD)

Los datos de la Tabla 23 revelan los resultados de sólidos totales disueltos en el monitoreo de la calidad del agua del río Charanal en los meses de mayo y agosto. Se observa que la concentración mínima es de 29 mg/l, registrada en el punto PMA-01 en el mes de agosto, mientras que la concentración máxima es de 124 mg/l, encontrada en el punto PMA-02 en el mes de mayo.

Tabla 23*Valores de STD en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal*

Frecuencia	Unidad	PMA-01	PMA-02	PMA-03	ECA - cat. 1
Mayo		56	124	92	
Agosto	mg/l	29	58	35	1000
Media		42,5	91	63,5	

La Figura 13, como se puede apreciar, ilustra que los resultados de sólidos totales disueltos en los puntos de muestreo (PMA-01, PMA-02 y PMA-03) cumplen con los estándares establecidos en el ECA para agua, categoría 1 - subcategoría A. Estos valores se mantienen muy por debajo del límite estándar de 1000 mg/l.

Figura 13*Niveles de STD en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03*

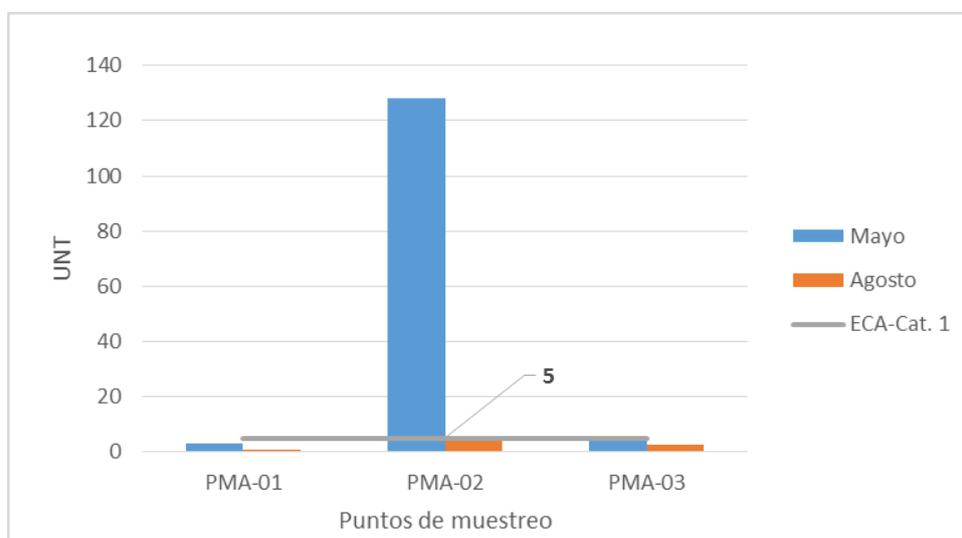
3.2.6. Resultados de turbiedad

Los resultados del análisis de turbiedad, como se presentan en la Tabla 24, indican niveles elevados en el mes de mayo, con un valor de 128 UNT en el punto PMA-02 y 6 UNT en el punto PMA-03. Estos valores, en comparación con el ECA-agua, superan el límite establecido.

Tabla 24*Valores de turbiedad en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 en el río Charanal*

Frecuencia	Unidad	PMA-01	PMA-02	PMA-03	ECA - cat. 1
Mayo		3	128	6	
Agosto	UNT	0,9	3,9	2,6	5
Media		1,95	65,95	4.3	

Los datos presentados en la Figura 14 muestran una comparación de los resultados obtenidos en el estudio con el ECA para agua, categoría 1. Se puede observar que los valores del mes de agosto de los puntos de muestreo PMA-01, PMA-02 y PMA-03, así como los del mes de mayo del punto PMA-01, están por debajo del valor estándar de 5 UNT, cumpliendo así con lo establecido por el ECA.

Figura 14*Niveles de turbiedad en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03*

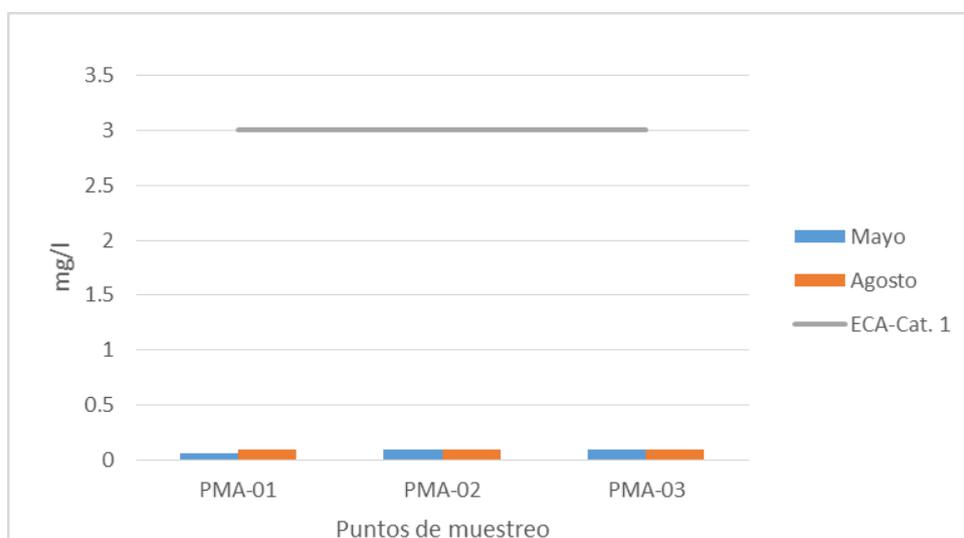
3.2.7. Resultados de nitritos

Las muestras de agua tomadas en el río Charanal para nitritos en los puntos de muestreo PMA-01, PMA-02 y PMA-03 presentaron valores que fluctuaron en un rango de 0,066 a 0,101 mg/l, como se detallan en la Tabla 25.

Tabla 25*Valores de nitritos en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal*

Frecuencia	Unidad	PMA-01	PMA-02	PMA-03	ECA - cat. 1
Mayo		0,066	0,095	0,094	
Agosto	mg/l	0,098	0,101	0,098	3
Media		0,082	0,098	0,096	

La Figura 15 muestra gráficamente los resultados obtenidos en los meses de mayo y agosto, y todos los valores se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa peruana por decreto supremo N° 004-2017-MINAM, que establece un valor máximo de 3 mg/l para los nitritos en el agua. Esto indica que los niveles de nitritos en las muestras cumplen con los estándares reguladores.

Figura 15*Niveles de nitritos en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03*

Los datos presentados en la Tabla 26 muestran que los valores de nitritos en el punto PMA-04 tienen una media de 1,261 mg/l. Además, se observa una concentración de 1,712 mg/l en el mes de mayo en este punto, en comparación con los demás puntos de muestreo donde se encontraron promedios de 0,979 mg/l y 1,15 mg/l en los puntos PMA-05 y PMA-06, respectivamente.

Tabla 26

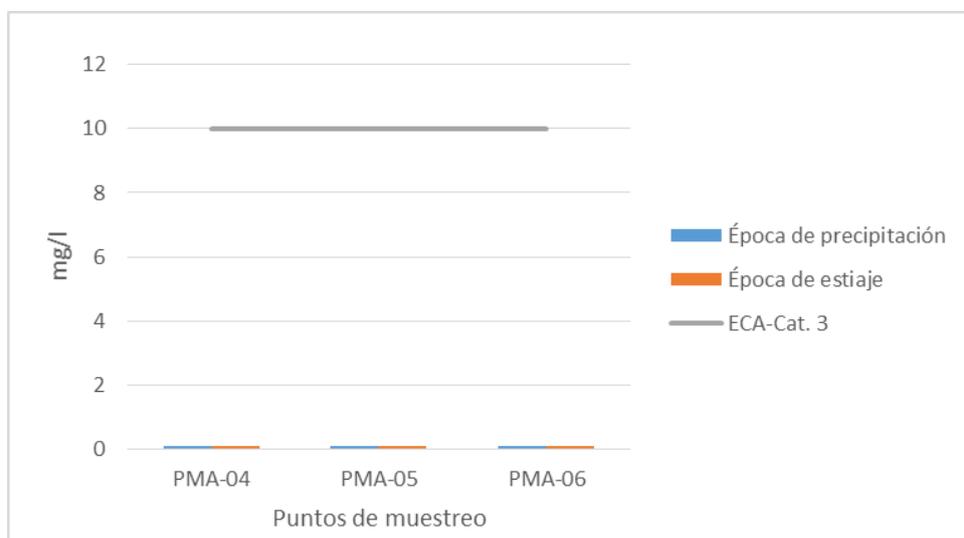
Valores de nitritos en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-04	PMA-05	PMA-06	ECA - cat. 3
Mayo		1,712	1,336	1,181	
Agosto	mg/l	0,809	0,622	1,118	10
Media		1,261	0,979	1,15	

Los datos presentados en la Figura 16 muestran que los valores de nitritos encontrados en los puntos de muestreo de agua (PMA-04, PMA-05 y PMA-06) ubicados en el río Charanal se encuentran por debajo del valor límite de 10 mg/l establecido en el ECA para agua, categoría 3 - subcategoría D1, que se refiere al riego de vegetales. Esto demuestra que los niveles de nitritos cumplen con los estándares regulatorios.

Figura 16

Niveles de nitritos en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06



3.2.8. Resultados de nitratos

Los datos en la Tabla 27, presentan las concentraciones de nitratos en el agua, donde el punto PMA-01 muestra un promedio de 0,827 mg/l, siendo en el mes de agosto el valor máximo

de 1,124 mg/l; el punto PMA-02 presenta una media de 0,759 mg/l, siendo en mayo el valor mínimo de 1,014 mg/l; y, el punto PMA-03 muestra la media de 1,190 mg/l.

Tabla 27

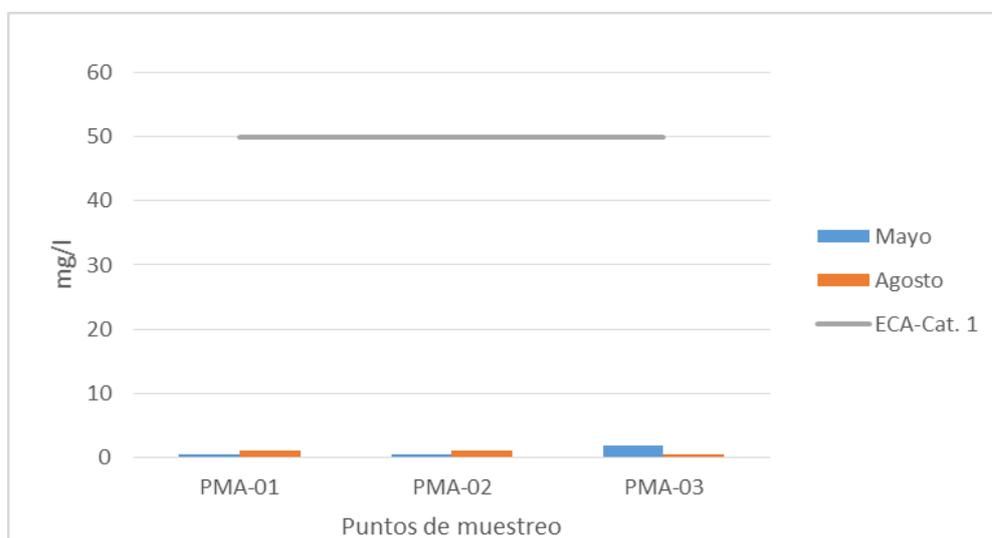
Valores de nitratos en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-01	PMA-02	PMA-03	ECA - cat. 1
Mayo		0,529	0,504	1,815	
Agosto	mg/l	1,124	1,014	0,564	50
Media		0,827	0,759	1,190	

A pesar de eso, es importante destacar que los valores obtenidos del muestreo no superan el límite señalado en el D.S. N°004-2017-MINAM, que establece un valor estándar de 50 mg/l para los nitratos en el agua. Esto se muestra claramente en la Figura 17.

Figura 17

Niveles de nitratos en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03



3.2.9. Resultados de aluminio (Al)

Los resultados de aluminio presentados en la Tabla 28 indican que los valores se encuentran por debajo del límite establecido por el ECA para agua en los puntos de muestreo (PMA-01,

PMA-02 y PMA-03). Estos valores oscilan en un rango de 0,003 a 0,208 mg/l, con el valor máximo registrado en mayo y el mínimo en agosto. Esto demuestra que los niveles de aluminio en el agua cumplen con los estándares regulatorios.

Tabla 28

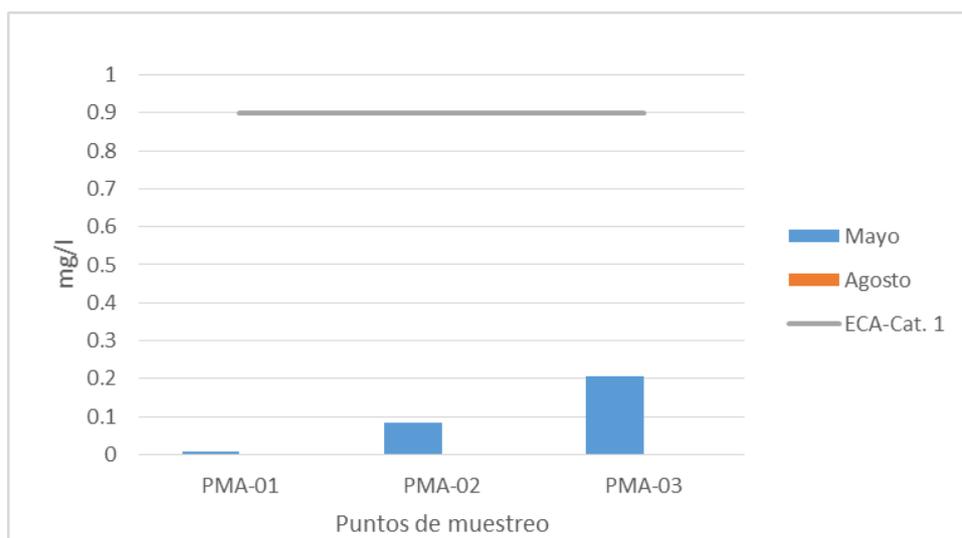
Valores de aluminio en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-01	PMA-02	PMA-03	ECA - cat. 1
Mayo		0,008	0,086	0,208	
Agosto	mg/l	0,003	0,003	0,003	0,9
Media		0,0055	0,0445	0,1055	

La Figura 18 presenta las concentraciones de aluminio en el agua del río Charanal y las compara con el valor límite de 0,9 mg/l establecido en la subcategoría A del ECA para agua. Los resultados en los puntos de muestreo están claramente por debajo de este límite, lo que indica que los niveles de aluminio cumplen con los estándares reguladores.

Figura 18

Concentraciones de aluminio en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03



Los datos presentados en la Tabla 29 muestran los resultados de aluminio en el agua del río Charanal. En los tres puntos de muestreo, en el mes de agosto, se presenta una concentración

de 0,003 mg/l, mientras que, en mayo, los valores varían en un rango que va desde 0,018 hasta 0,219 mg/l, encontrándose los valores más altos en los puntos PMA-04 y PMA-06 en comparación.

Tabla 29

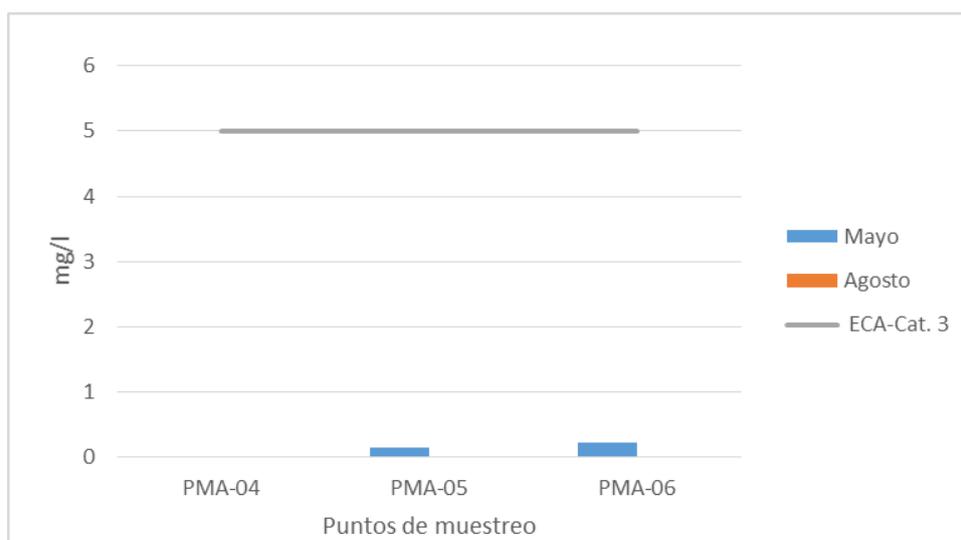
Valores de aluminio en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-04	PMA-05	PMA-06	ECA - cat. 3
Mayo		0,018	0,155	0,219	
Agosto	mg/l	0,003	0,003	0,003	5
Media		0,0105	0,079	0,111	

En la Figura 19, se representan gráficamente las concentraciones de aluminio encontradas en las muestras tomadas del río Charanal en sus respectivos periodos, lo que demuestra que los valores se encuentran por debajo del límite establecido según el valor del ECA para agua, categoría 3 - subcategoría D1, en comparación. Esto confirma que los niveles de aluminio cumplen con los estándares regulatorios.

Figura 19

Concentraciones de aluminio en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06



3.2.10. Resultados de arsénico (As)

Los resultados muestran que las concentraciones de arsénico se encuentran por encima de lo señalado en la subcategoría A. Sin embargo, se detectó que este valor en el punto PMA-03 es ligeramente superior, alcanzando los 0,0145 mg/l, excediendo por poco el límite de 0,01 mg/l, como se detalla en la Tabla 30.

Tabla 30

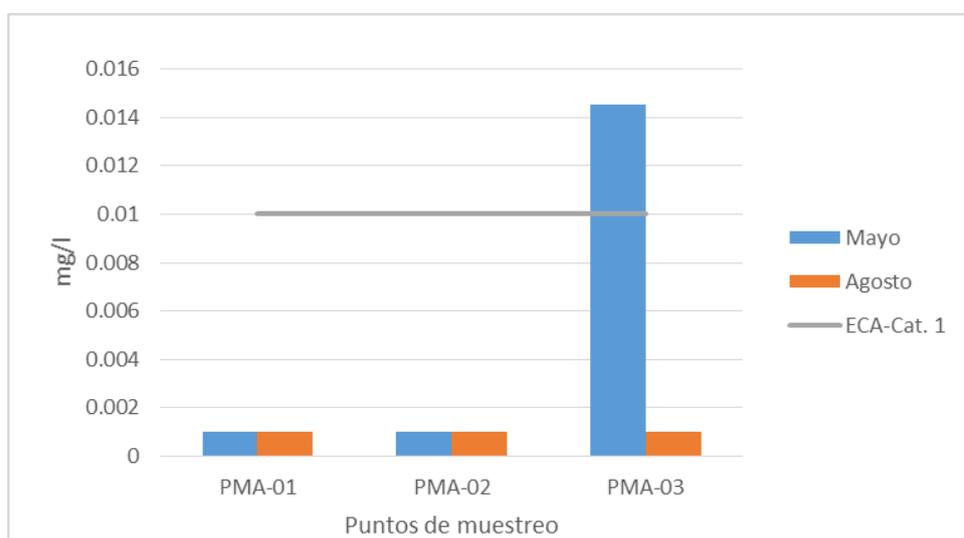
Valores de arsénico en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-01	PMA-02	PMA-03	ECA - cat. 1
Mayo		0,001	0,001	0,0145	
Agosto	mg/l	0,001	0,001	0,001	0,01
Media		0,001	0,001	0,0078	

Como se puede apreciar en la Figura 20, los niveles de arsénico en el agua se mantienen constantes en los meses de muestreo (mayo y agosto), a excepción del valor del punto PMA-03 en el mes de mayo, donde se observa una ligera variación que supera por poco el valor estándar de 0,01 mg/l establecido por el ECA en la subcategoría A.

Figura 20

Concentraciones de arsénico en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03



Los resultados de arsénico presentados en la Tabla 31 indican que los valores en el punto PMA-04 son consistentes en los meses de mayo y agosto, manteniéndose en 0,001 mg/l. En cuanto a los tres puntos de muestreo, los valores varían en un rango que va desde 0,001 a 0,0156 mg/l, siendo el valor máximo encontrado en el punto PMA-05 durante el mes de mayo.

Tabla 31

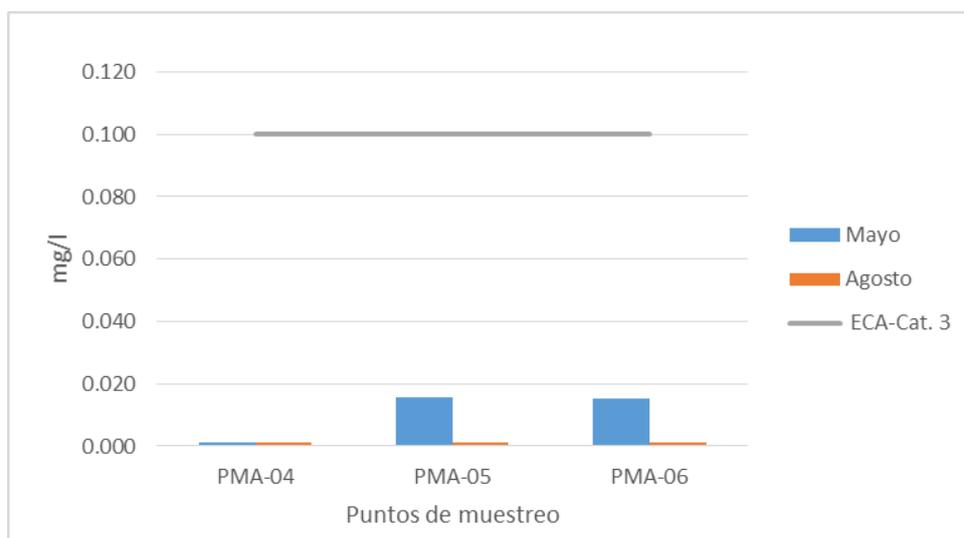
Valores de arsénico en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-04	PMA-05	PMA-06	ECA - cat. 3
Mayo		0,001	0,0156	0,0151	
Agosto	mg/l	0,001	0,001	0,001	0,1
Media		0,001	0,0083	0,00805	

Las concentraciones de arsénico en el agua del río Charanal, como se muestra en la Figura 21, son bajas en comparación con el valor estándar de 0,1 mg/l. Por lo tanto, cumplen con los requisitos del ECA-agua, categoría 3 - subcategoría D1, que se refiere al riego de vegetales.

Figura 21

Concentraciones de arsénico en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06



3.2.11. Resultados de boro (B)

Las concentraciones de boro en las muestras de agua recolectadas en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 son muy bajas, con valores que varían entre 0,001 y 0,029 mg/l. Estos valores, en comparación con el ECA, se encuentran dentro de los niveles establecidos en la categoría 3 - subcategoría D1, donde el valor estándar es de 1 mg/l, como se muestra en la Tabla 32.

Tabla 32

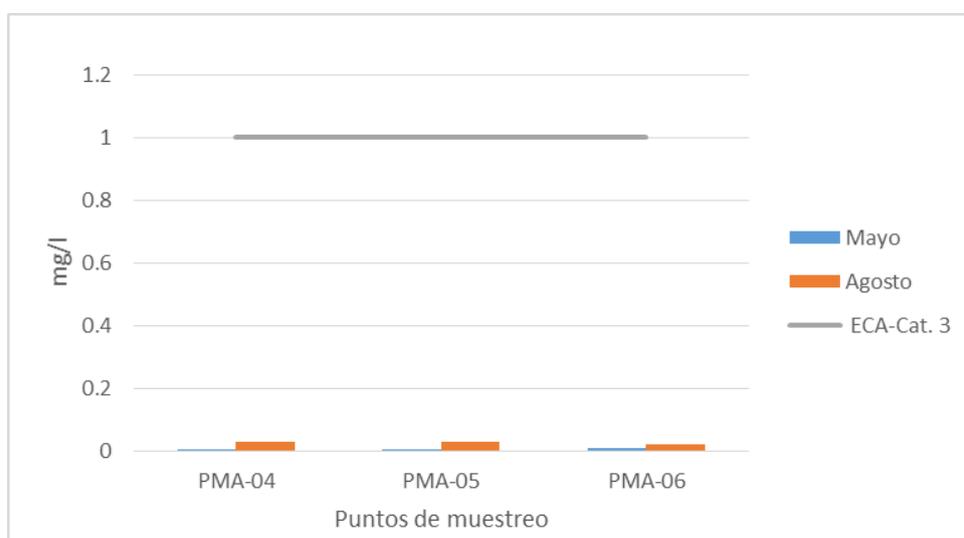
Valores de boro en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-04	PMA-05	PMA-06	ECA - cat. 3
Mayo		0,001	0,001	0,0062	
Agosto	mg/l	0,001	0,0279	0,029	1
Media		0,001	0,0145	0,0176	

Los datos graficados en la Figura 22 confirman que los niveles de boro se encuentran dentro de los límites establecidos en la regulación, cumpliendo con los estándares establecidos para el riego de vegetales.

Figura 22

Concentraciones de boro en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06



3.2.12. Resultados de cadmio (Cd)

Los valores de cadmio en los puntos de muestreo (PMA-01, PMA-02 y PMA-03), como se muestran en la Tabla 33, son inferiores a 0,0002 mg/l. Estos valores están por debajo del límite establecido en el ECA para agua, ya que el valor establecido para cadmio en aguas con fines de uso poblacional, subcategoría A, es de 0,003 mg/l.

Tabla 33

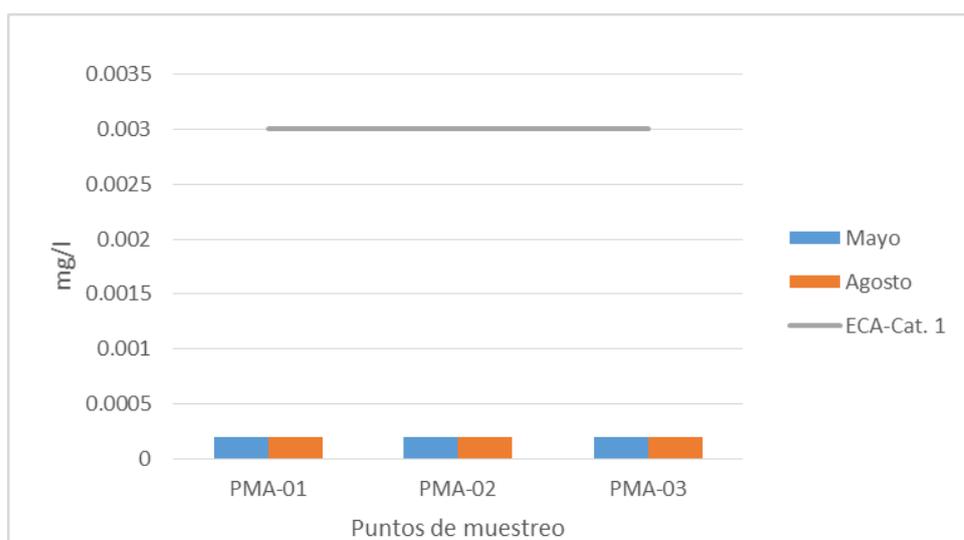
Valores de cadmio en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-01	PMA-02	PMA-03	ECA - cat. 1
Mayo		0,0002	0,0002	0,0002	
Agosto	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002	0,003
Media		0,0002	0,0002	0,0002	

Los valores de cadmio del agua del río Charanal, como se muestran en la Figura 23, no exceden el valor estándar establecido por el ECA para agua.

Figura 23

Concentraciones de cadmio en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03



Los valores de cadmio presentes en el agua del río Charanal, como se indican en la Tabla 34, son de 0,0002 mg/l en el mes de mayo y 0,003 mg/l en agosto para los puntos de muestreo (PMA-04, PMA-05 y PMA-06).

Tabla 34

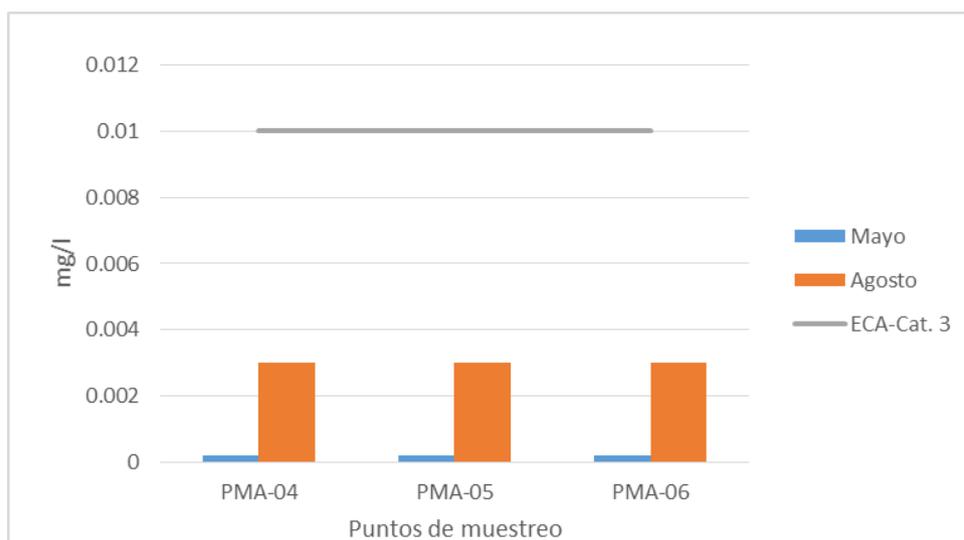
Valores de cadmio en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-04	PMA-05	PMA-06	ECA - cat. 3
Mayo		0,0002	0,0002	0,0002	
Agosto	mg/l	0,003	0,003	0,003	0,01
Media		0,0016	0,0016	0,0016	

Los valores de cadmio presentados en la Figura 24, indican que las muestras de agua del río Charanal se encuentran dentro del límite máximo de 0,01 mg/l establecido en el ECA para agua, categoría 3 - subcategoría D1 (riego de vegetales).

Figura 24

Concentraciones de cadmio en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06



3.2.13. Resultados de cobre (Cu)

Los datos mostrados en la Tabla 35, revelan que las concentraciones de cobre en las muestras de agua del río Charanal oscilan entre un valor máximo de 0,0120 mg/l, registrado en el punto PMA-02 durante el mes de mayo, y un valor mínimo de 0,0002 mg/l, observado en los puntos de muestreo (PMA-01, PMA-02 y PMA-03) en el mes de agosto.

Tabla 35

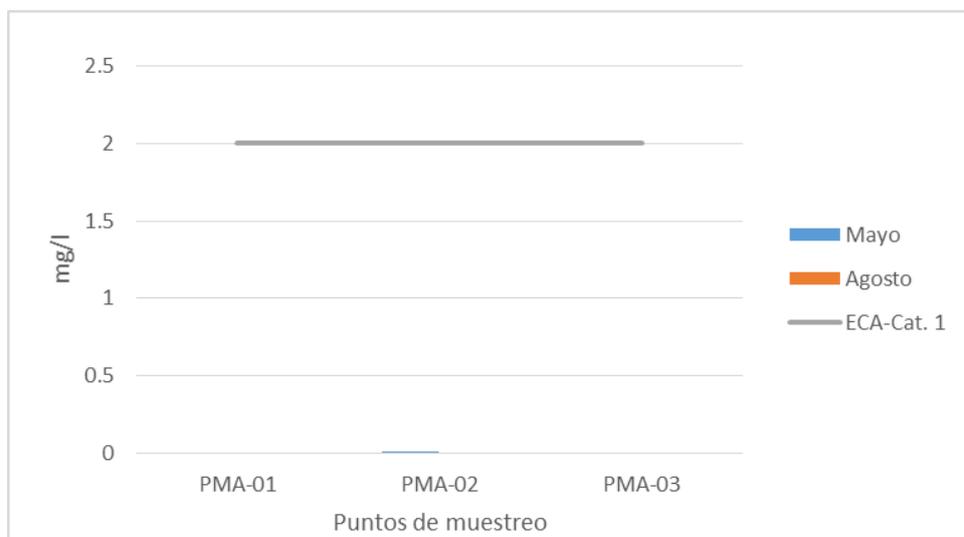
Valores de cobre en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-01	PMA-02	PMA-03	ECA - cat. 1
Mayo		0,0055	0,0120	0,0002	
Agosto	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002	2
Media		0,00285	0,0061	0,0002	

Los valores de cobre presentados en la Figura 25 no exceden el valor estándar de 2 mg/l establecido por el ECA para agua, categoría 1 – subcategoría A. Esto confirma que los niveles de cobre en el agua del río Charanal cumplen con los estándares regulados.

Figura 25

Concentraciones de cobre en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03



Los datos presentados en la Tabla 36 indican que los valores de cobre hallados en las muestras de agua del río Charanal son iguales en los puntos de muestreo (PMA-04, PMA-05 y PMA-06), con un valor promedio de 0,0002 mg/l. Estos valores se mantienen por debajo de los límites permitidos por la regulación.

Tabla 36

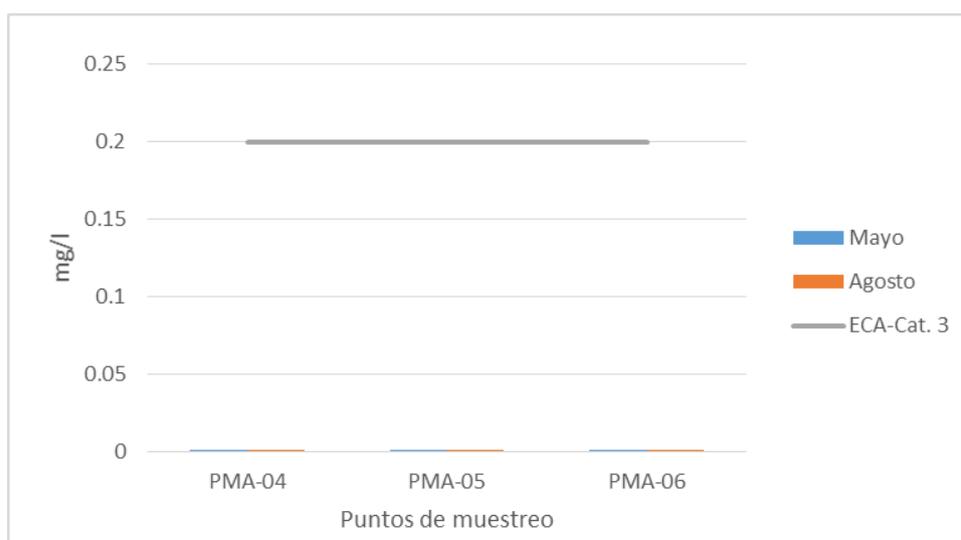
Valores de cobre en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-04	PMA-05	PMA-06	ECA - cat. 3
Mayo		0,0002	0,0002	0,0002	
Agosto	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002	0,2
Media		0,0002	0,0002	0,0002	

La Figura 26 ilustra que los valores de cobre en los meses de estudio no exceden el valor estándar de 0,2 mg/l de la subcategoría D1 (riego de vegetales) establecido por el ECA-agua. Esto confirma que los niveles de cobre en el agua del río Charanal cumplen con los estándares regulados para el riego de vegetales.

Figura 26

Concentraciones de cobre en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06



3.2.14. Resultados de hierro (Fe)

Los resultados de hierro en las muestras de agua tomadas del río Charanal (Tabla 37), indican que en el mes de mayo los valores fueron de 0,068; 0,089 y 0,117 mg/l, con la concentración más alta registrada en el punto PMA-03. En agosto, los valores fueron de 0,002 mg/l en los puntos PMA-01 y PMA-03, mientras que en el punto PMA-02 fue de 0,106 mg/l.

Tabla 37

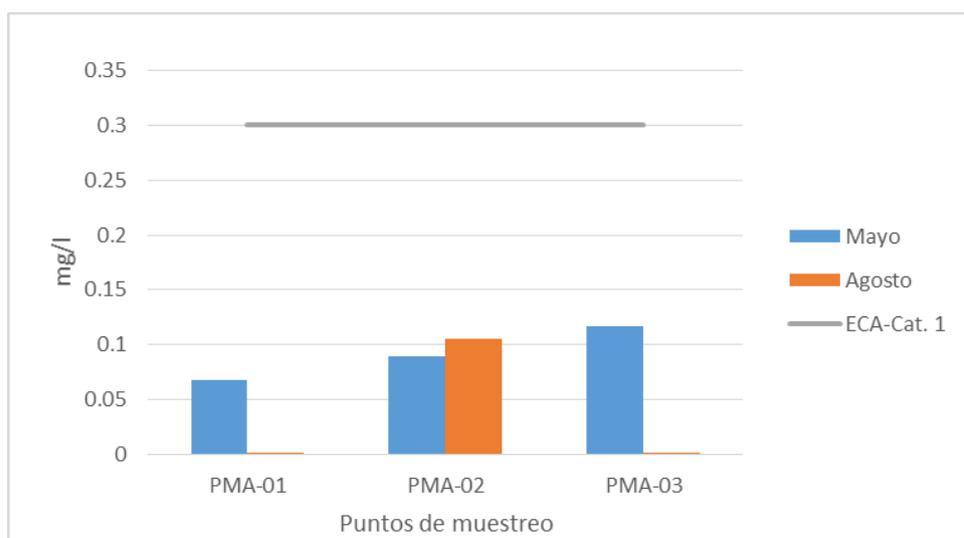
Valores de hierro en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-01	PMA-02	PMA-03	ECA - cat. 1
Mayo		0,068	0,089	0,117	
Agosto	mg/l	0,002	0,106	0,002	0,3
Media		0,035	0,0975	0,06	

Esto confirma que los niveles de hierro en el agua del río Charanal cumplen con los estándares establecidos para la categoría 1 – subcategoría A, aguas destinadas a la producción de agua potable (ver Figura 27).

Figura 27

Concentraciones de hierro en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03



Los datos presentados en la Tabla 38 muestran que las concentraciones de hierro en el agua son inferiores a los límites establecidos por el ECA para agua. Por lo tanto, los valores encontrados en los puntos de muestreo (PMA-04, PMA-05 y PMA-06) cumplen con los estándares definidos por la normativa peruana para su uso en el riego de vegetales.

Tabla 38

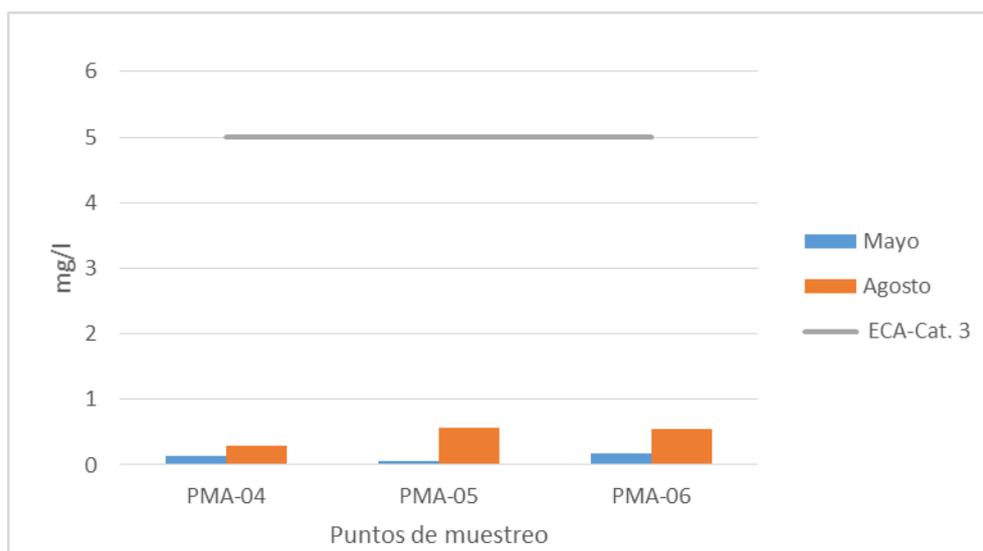
Valores de hierro en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-04	PMA-05	PMA-06	ECA - cat. 3
Mayo		0,144	0,059	0,181	
Agosto	mg/l	0,285	0,574	0,554	5
Media		0,2145	0,3165	0,3675	

En la Figura 28, se puede observar que las concentraciones de hierro en el agua se encuentran dentro de los límites establecidos por el ECA para agua (5 mg/l), cumpliendo así con las regulaciones establecidas por la normativa peruana (ECA – categoría 3).

Figura 28

Concentraciones de hierro en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06



3.2.15. Resultados de manganeso (Mn)

Los valores de manganeso presentados en la Tabla 39 indican que las concentraciones en el agua del río Charanal son muy bajas, oscilando entre 0,00005 y 0,01433 mg/l en los puntos de muestreo (PMA-01, PMA-02 y PMA-03). Estos valores están por debajo del valor límite de 0,4 mg/l, establecido por el ECA para agua en la categoría 1 – subcategoría A.

Tabla 39

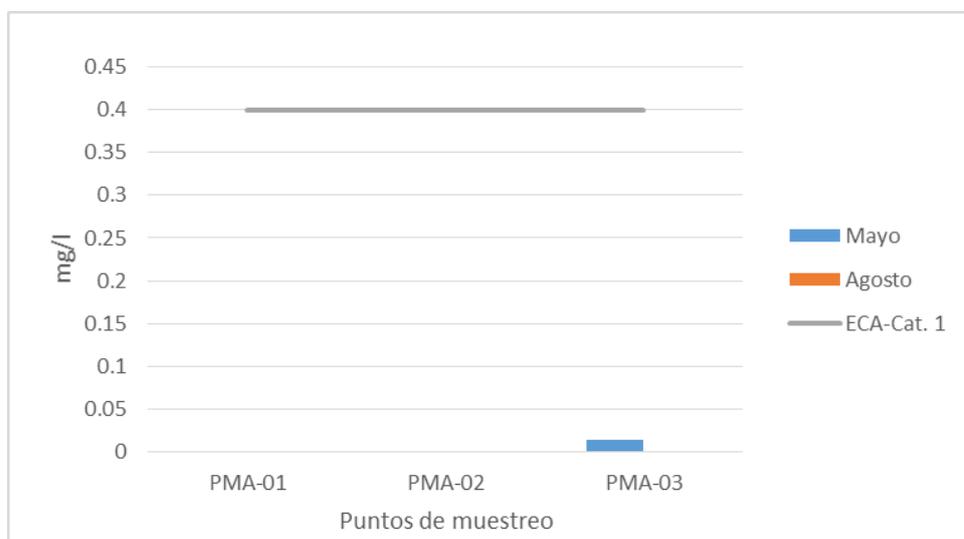
Valores de manganeso en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-01	PMA-02	PMA-03	ECA - cat. 1
Mayo		0,00005	0,00005	0,01433	
Agosto	mg/l	0,00005	0,00098	0,0009	0,4
Media		0,00005	0,0005	0,0076	

En la Figura 29, se muestran los resultados de manganeso y su comparación con los valores establecidos en el ECA-agua, demostrando que los niveles en los puntos de muestreo se mantienen por debajo del límite de 0,4 mg/l, cumpliendo así con lo establecido en la subcategoría A.

Figura 29

Concentraciones de aluminio en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03



En la Tabla 40, se presentan los niveles de manganeso en el agua del río Charanal en los puntos de muestreo (PMA-04, PMA-05 y PMA-06). Estos valores oscilan entre 0,0002 y 0,02382 mg/l, con el valor máximo registrado en el punto PMA-06 durante el mes de mayo. En todos los casos, las concentraciones se sitúan por debajo del límite establecido.

Tabla 40

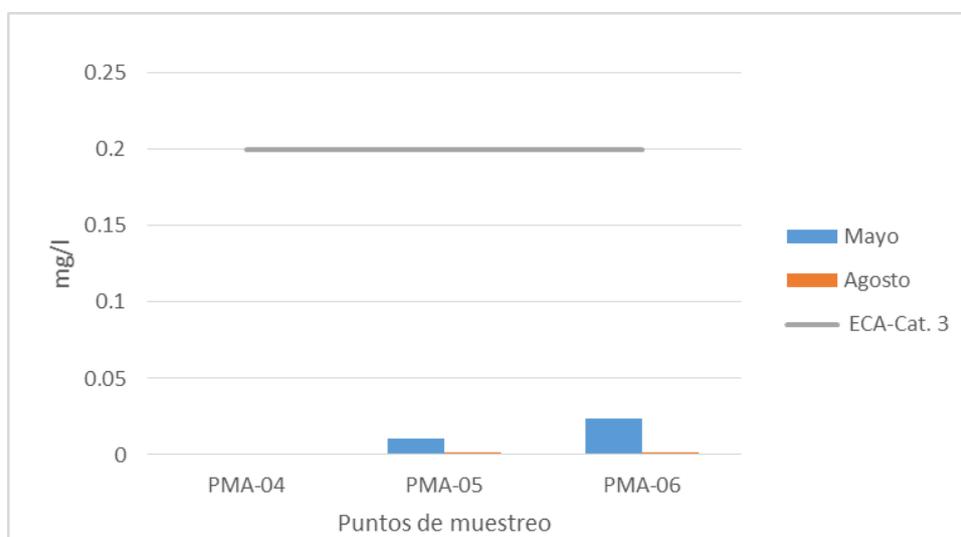
Valores de manganeso en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-04	PMA-05	PMA-06	ECA - cat. 3
Mayo		0,0002	0,01032	0,02382	
Agosto	mg/l	0,00042	0,00199	0,00157	0,2
Media		0,00031	0,0062	0,0127	

Los datos presentados gráficamente en la Figura 30, muestran que los niveles de concentración de manganeso encontrados en las estaciones de monitoreo PMA-04, PMA-05 y PMA-06 son significativamente bajos en comparación con el valor límite de 0,2 mg/l establecido en el ECA-agua, categoría 3 – subcategoría D1 para el riego de vegetales. Esto demuestra que los niveles de manganeso en el agua se mantienen dentro de los límites permitidos por la regulación.

Figura 30

Concentraciones de manganeso en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06



3.2.16. Resultados de mercurio (Hg)

Los datos presentados en la Tabla 41 muestran que los valores de mercurio en los puntos de muestreo (PMA-01, PMA-02 y PMA-03) ubicados en el río Charanal son consistentes en los meses de estudio, con un valor constante de 0,0001 mg/l.

Tabla 41

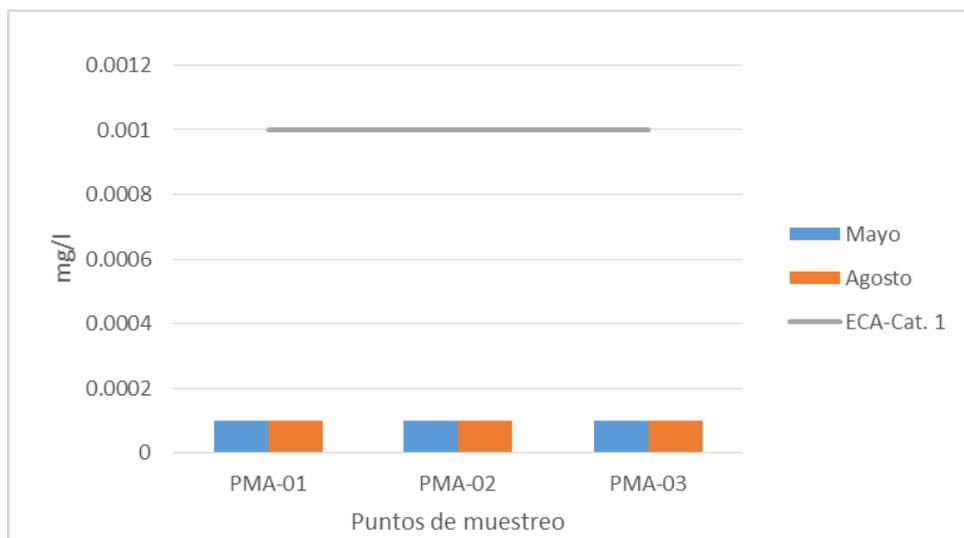
Valores de mercurio en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-01	PMA-02	PMA-03	ECA - cat. 1
Mayo		0,0001	0,0001	0,0001	
Agosto	mg/l	0,0001	0,0001	0,0001	0,001
Media		0,0001	0,0001	0,0001	

Los resultados de las concentraciones de aluminio (Figura 31), indicaron estar por debajo de valor estándar de 0,001 mg/l establecido por el ECA-agua – categoría 1.

Figura 31

Concentraciones de mercurio en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03



Los valores de mercurio en las muestras de agua del río Charanal (Tabla 42) para los puntos de muestreo PMA-04, PMA-05 y PMA-06 tomados en los meses de mayo y agosto, son iguales a 0,0001 mg/l.

Tabla 42

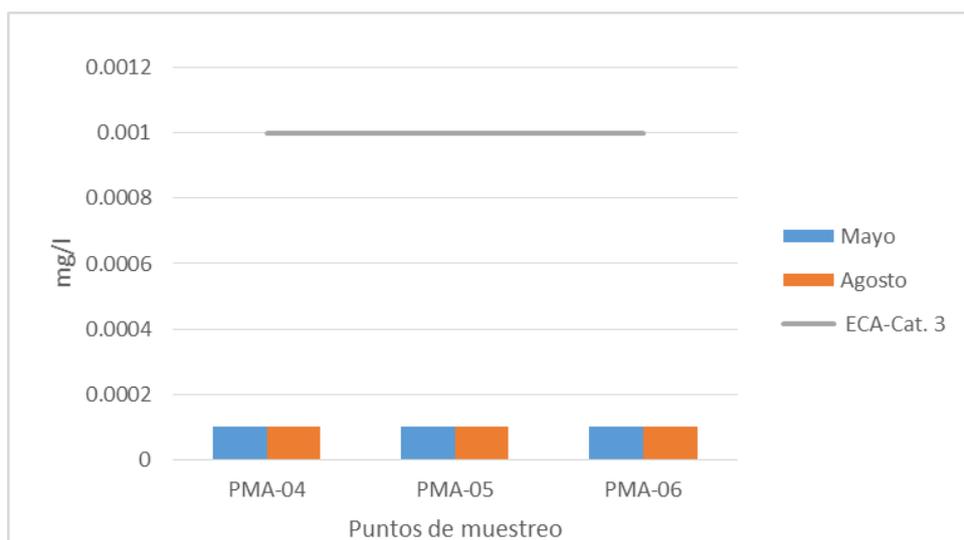
Valores de mercurio en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-04	PMA-05	PMA-06	ECA - cat. 3
Mayo		0,0001	0,0001	0,0001	
Agosto	mg/l	0,0001	0,0001	0,0001	0,001
Media		0,0001	0,0001	0,0001	

Estos valores, en comparación con el límite de 0,001 mg/l establecido por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 3 - Subcategoría D1 (aguas destinadas al riego de vegetales), son aceptables y cumplen con la normativa. Se grafica en la Figura 32.

Figura 32

Concentraciones de mercurio en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06



3.2.17. Resultados de plomo (Pb)

Los resultados de plomo, tal como se muestran en la Tabla 43, indican que los puntos PMA-01 y PMA-02 los valores son constantes en 0,0025 mg/l tanto en mayo como en agosto. En cambio, en el punto PMA-03, se observa una diferencia significativa entre los meses de mayo y agosto, con un valor de 0,1241 mg/l en mayo y un retorno a 0,0025 mg/l en agosto.

Tabla 43

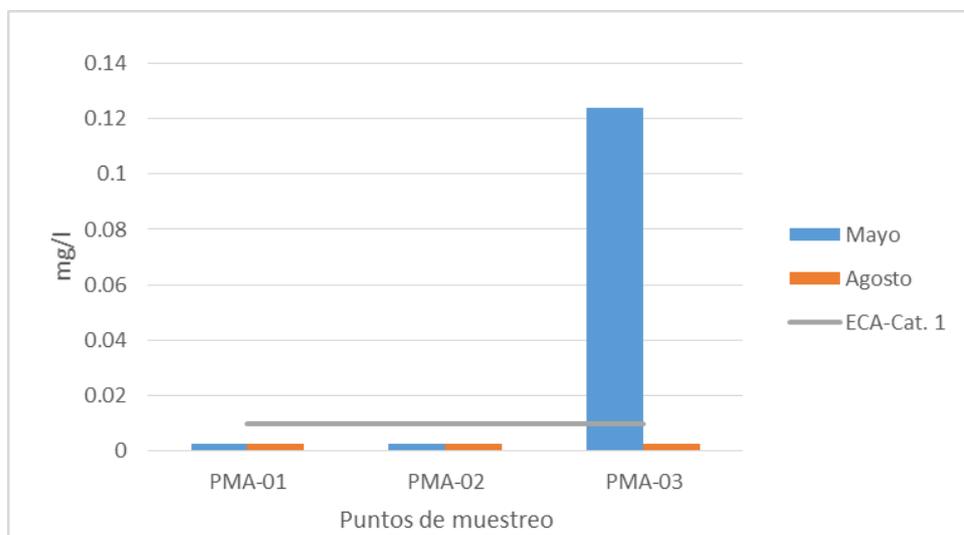
Valores de plomo en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-01	PMA-02	PMA-03	ECA - cat. 1
Mayo		0,0025	0,0025	0,1241	
Agosto	mg/l	0,0025	0,0025	0,0025	0,01
Media		0,0025	0,0025	0,0633	

En la Figura 33, se puede observar claramente que los niveles de plomo aumentan de manera significativa en el punto PMA-03 muestreado en el mes de mayo, superando ampliamente el valor mínimo establecido en la categoría 1 - subcategoría A: aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, donde se fija un límite mínimo de 0,01 mg/l.

Figura 33

Concentraciones de plomo en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03



Los resultados de plomo en la Tabla 44 revelan que en el mes de mayo se registraron valores elevados, alcanzando 0,2655 mg/L en la estación PMA-05, superando el Estándar de Calidad Ambiental para agua. Sin embargo, en el mes de agosto, estos valores se redujeron a 0,0025 mg/l en todas las estaciones de monitoreo, cumpliendo con el valor establecido en el ECA.

Tabla 44

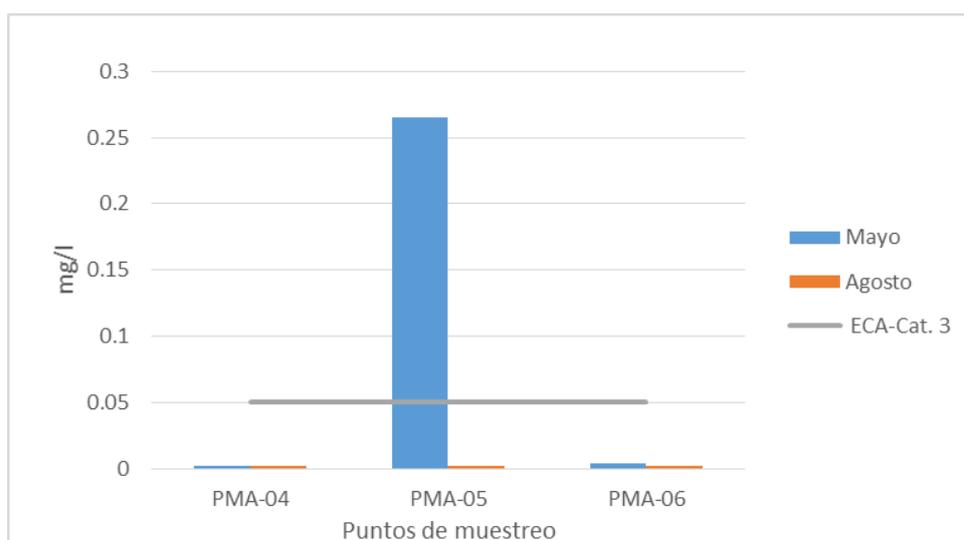
Valores de plomo en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-04	PMA-05	PMA-06	ECA - cat. 3
Mayo		0,0025	0,2655	0,0039	
Agosto	mg/l	0,0025	0,0025	0,0025	0,05
Media		0,0025	0,134	0,0032	

En la Figura 34, se presenta un gráfico de barras que compara los valores de plomo con el estándar del ECA-agua. Se observa que en el punto PMA-05 (mayo), el valor del metal pesado supera el límite establecido de 0,05 mg/l, lo que lo hace inaceptable según la categoría 3 - subcategoría D1.

Figura 34

Concentraciones de plomo en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06



3.2.18. Resultados de selenio (Se)

Los resultados de selenio presentados en la Tabla 45 muestran que los valores son similares en los meses de muestreo, oscilando entre 0,002 y 0,003 mg/l. Los promedios en las estaciones PMA-01, PMA-02 y PMA-03 fueron de 0,002, 0,002 y 0,0025 mg/l respectivamente.

Tabla 45

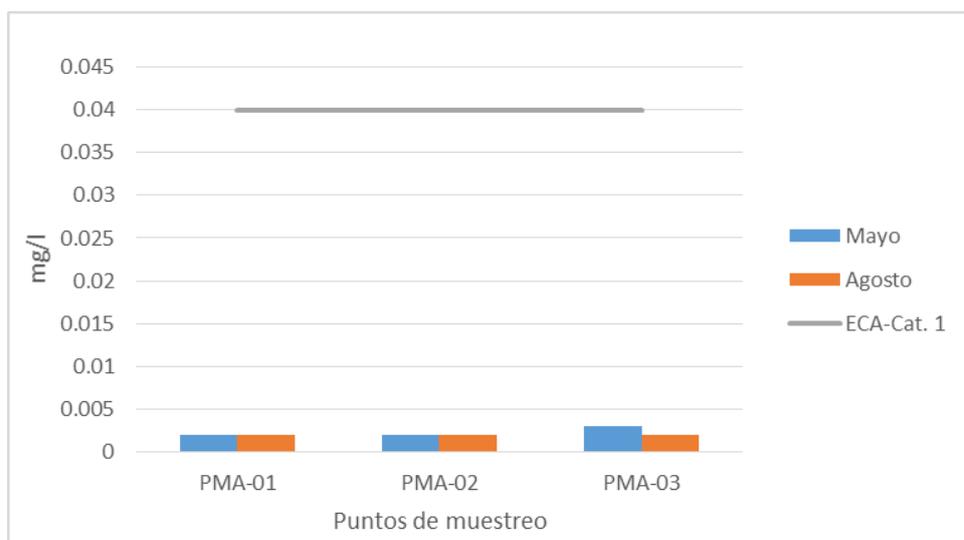
Valores de selenio en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-01	PMA-02	PMA-03	ECA - cat. 1
Mayo		0,002	0,002	0,003	
Agosto	mg/l	0,002	0,002	0,002	0,04
Media		0,002	0,002	0,0025	

Los valores de selenio presentados en la Figura 35 cumplen con el estándar establecido en el ECA-agua categoría 1 – subcategoría A1, que es de 0,04 mg/l. Esto confirma que los niveles de selenio en el agua se mantienen dentro de los límites permitidos por la regulación.

Figura 35

Concentraciones de selenio en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03



3.2.19. Resultados de zinc (Zn)

Los resultados de zinc (Tabla 46) muestran que en las muestras de agua recogidas en las estaciones PMA-01, PMA-02 y PMA-03, los valores son menores a 0,0002 mg/l en el mes de agosto. En el mes de mayo, se registró un valor notable en el punto PMA-03, alcanzando los 0,0373 mg/l, mientras que en los puntos PMA-01 y PMA-02 se mantuvo en 0,0002 mg/l.

Tabla 46

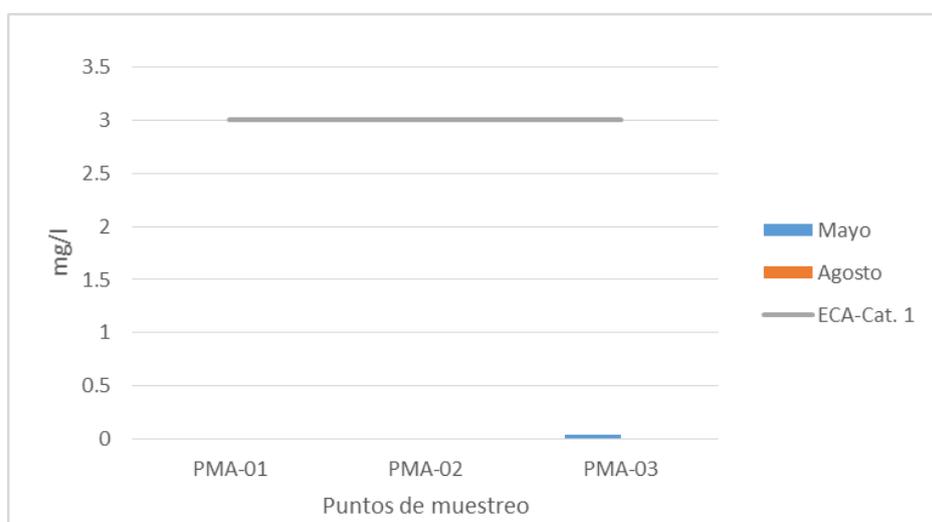
Valores de zinc en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-01	PMA-02	PMA-03	ECA - cat. 1
Mayo		0,0002	0,0065	0,0373	
Agosto	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002	3
Media		0,0002	0,00335	0,01875	

Como se puede observar en la Figura 36, los niveles de concentración de zinc se encuentran dentro de los valores establecidos en el ECA para agua, donde se establece un valor mínimo de 3 mg/L para la subcategoría A1. Esto confirma que los niveles de zinc en el agua se mantienen dentro de los límites permitidos por la regulación.

Figura 36

Concentraciones de zinc en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03



Los resultados de zinc en el mes de mayo fueron de 0,005 mg/l para la estación PMA-04, 0,067 mg/l para la estación PMA-05 y 0,0562 mg/l para la estación PMA-06. En el mes de agosto, los valores fueron de 0,0002 mg/l para todas las estaciones, como se muestra en la Tabla 47.

Tabla 47

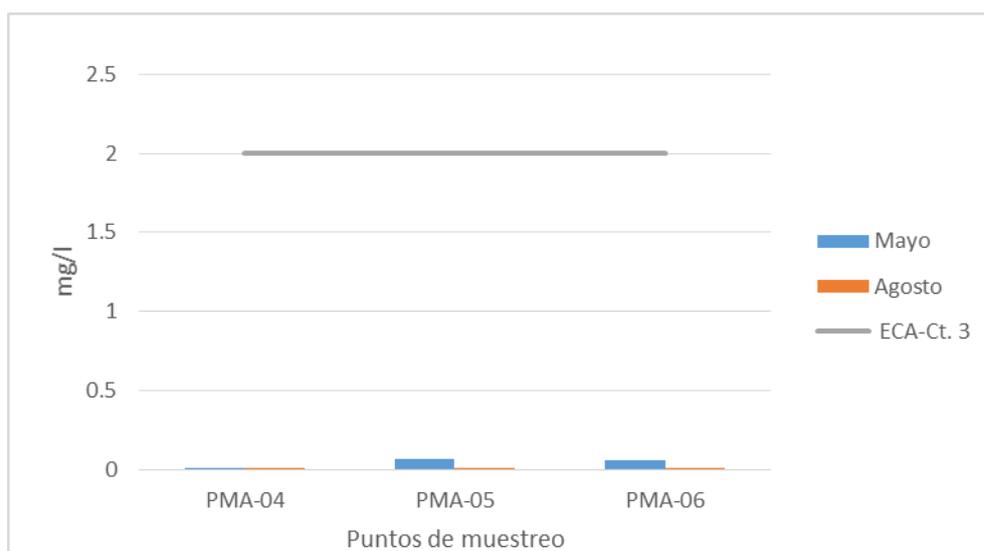
Valores de zinc en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-04	PMA-05	PMA-06	ECA - cat. 3
Mayo		0,0005	0,067	0,0562	
Agosto	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002	2
Media		0,0004	0,0336	0,0282	

En la Figura 37, se grafica los resultados de zinc en el agua y se compara con el ECA-Agua, subcategoría D1: riego de vegetales, demostrando que los valores están por debajo de lo establecido de 2 mg/l.

Figura 37

Concentraciones de zinc en los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06



3.2.20. Resultados de coliformes termotolerantes

Los valores de coliformes termotolerantes en las estaciones de monitoreo PMA-01, PMA-02 y PMA-03 muestran diferencias significativas entre los meses de mayo y agosto (Tabla 48). En mayo, las concentraciones fueron más altas, con la estación PMA-02 registrando la concentración más alta de 7900 NMP/100 ml. En agosto, las concentraciones disminuyeron en todas las estaciones, con la estación PMA-02 nuevamente mostrando la concentración más alta, pero reduciéndose a 490 NMP/100 ml. A pesar de esta disminución en agosto, los valores de coliformes termotolerantes en todas las estaciones siguen estando por encima de los límites establecidos por el ECA para agua.

Tabla 48

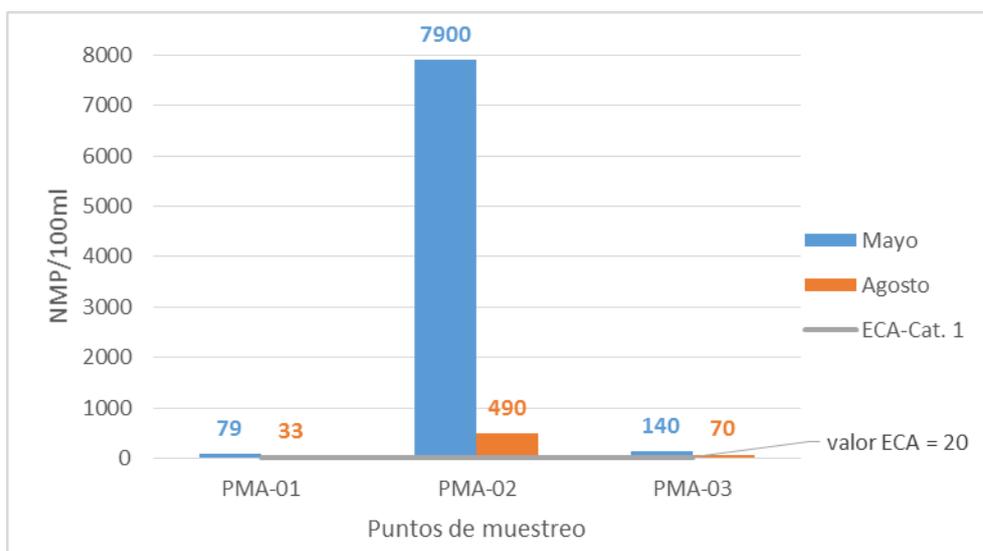
Valores de coliformes termotolerantes en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-01	PMA-02	PMA-03	ECA - cat. 1
Mayo		79	7900	140	
Agosto	NMP/100 ml	33	490	70	20
Media		56	4195	105	

Como se aprecia en la Figura 38, el valor establecido por el ECA-agua para coliformes termotolerantes en la categoría 1 - subcategoría A es de 20 NMP/100 ml; sin embargo, los resultados obtenidos en las muestras de agua del río Charanal en los puntos de muestreo PMA-01, PMA-02 y PMA-03 exceden significativamente este valor estándar.

Figura 38

Niveles de coliformes termotolerantes en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03



3.2.21. Resultados de *Escherichia coli*

Los valores de *Escherichia coli* presentados en la Tabla 49, indican que en el mes de mayo y agosto en el punto de muestreo PMA-01, los valores fueron de 23 y 33 NMP/100 ml, en PMA-02, fueron de 490 y 4,900 NMP/100 ml, y en PMA-03, de 49 y 110 NMP/100 ml. Estos valores están muy por encima de los límites establecidos por el ECA para agua y no cumplen con la subcategoría A: aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. Esto resalta la grave contaminación microbiológica presente en el agua del río Charanal.

Tabla 49

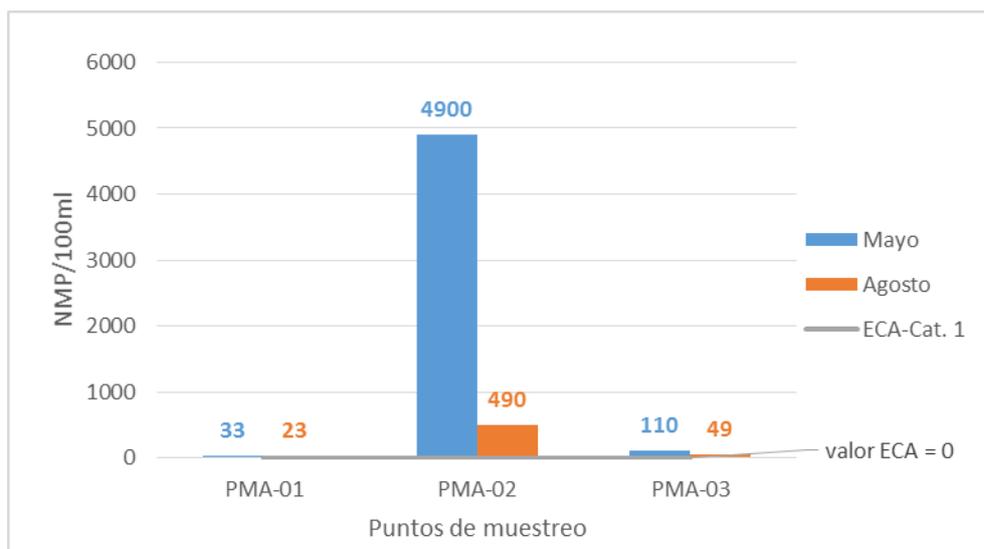
Valores de E. coli en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 del río Charanal

Frecuencia	Unidad	PMA-01	PMA-02	PMA-03	ECA - cat. 1
Mayo		33	4900	110	
Agosto	NMP/100 ml	23	490	49	0
Media		28	2695	79	

En la Figura 39, se puede apreciar que los niveles de *E. coli* son muy altos en todas las estaciones de monitoreo, lo que indica un incumplimiento significativo de los estándares establecidos en el ECA para agua.

Figura 39

Concentraciones de E. coli en los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03



3.3. Cálculo el Índice de Calidad del Agua siguiendo la metodología establecida en la R.J. N°068-2018-ANA

Se realizó en una hoja de cálculo automatizada creada en Microsoft Excel, que permitía la introducción de datos y la aplicación de fórmulas matemáticas para determinar los factores F1, F2 y F3. El resultado final del ICA se expresó como un valor adimensional que se ubica en un rango de calificación que va desde "pésimo" hasta "excelente". Además, se representó visualmente en una escala de colores presentado en la Tabla 52.

3.3.1. Cálculo del ICA-PE para los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03

Los parámetros considerados para el cálculo del ICA según categoría 1 – subcategoría A2 (aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional) son los evaluados en los puntos de muestreo (PMA-01, PMA-02 y PMA-03). Los parámetros considerados fueron: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto (valor mínimo), turbiedad, nitratos, nitritos,

sólidos totales disueltos (STD), aluminio, arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, mercurio, plomo, selenio, zinc y coliformes termotolerantes.

Los datos presentados en la Tabla 50 reflejan los resultados obtenidos en las muestras de agua tomadas del río Charanal en los puntos de monitoreo (PMA-01, PMA-02 y PMA-03), en comparación con los valores estándar de cada parámetro establecidos en la Tabla 50. Estos resultados fueron evaluados con respecto al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua en la categoría 1 – subcategoría A2. En el punto PMA-01, se determinó que los resultados de los meses de mayo y agosto no superan los límites establecidos por la normativa. Sin embargo, en la estación PMA-02, los valores de pH, oxígeno disuelto, turbiedad y coliformes termotolerantes exceden los valores estándar, mientras que en la estación PMA-03, los niveles de arsénico y plomo también superan los estándares establecidos en el ECA para agua.

La Tabla 51 presenta los resultados del cálculo de los factores y la suma normalizada obtenida a partir de los datos de la Tabla 51, lo que lleva a la obtención del Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) para las tres estaciones de monitoreo. Según la calificación ICA-PE que se muestra en la Tabla 52, se determina que el punto de muestreo PMA-01 obtiene una calificación de "EXCELENTE" con un puntaje ICA de 100. Esto indica que el agua en esta ubicación se encuentra en condiciones muy cercanas a su estado natural y no presenta amenazas o daños significativos. La estación PMA-02 tuvo un puntaje de 76, con calificación de "BUENO", lo que significa que la calidad del agua se aparta un poco de la calidad natural; no obstante, las condiciones deseables pueden estar con algunos daños o amenazas de corta magnitud; y PMA-03 tuvo un puntaje de 72, lo que la clasifica como "REGULAR", esto indica que la calidad se aleja de los valores deseables y ocasionalmente enfrenta amenazas, lo que sugiere la necesidad de tratamiento para adecuarla al consumo humano.

Tabla 50

Resultados obtenidos de las estaciones PMA-01, PMA-02 y PMA-03

PUNTOS DE MONITOREO				(1) PMA-01		(2) PMA-02		(3) PMA-03		
Parámetros para evaluar - CCME WQI		ECA Cat.1 Subcat. A2		May-21	Ago-21	May-21	Ago-21	May-21	Ago-21	
Parámetros físicos-químicos	pH	Unid. de pH	5,5	8,5	7,06	7,12	8,45	9,16	7,42	7,73
	Conductividad	μS/cm	1800		314	811	351	828	603	1025
	Oxígeno dsuelto	mg/l (≥)	5		9,62	9,27	4,62	4,42	7,64	7,8
	Turbiedad	UNT	100		3	0,9	128	3,9	6	2,6
	Nitratos	mg/l	50		0,529	1,124	0,504	1,014	1,815	0,564
	Nitritos	mg/l	3		0,066	0,098	0,095	0,101	0,094	0,098
	STD	mg/l	1000		56	29	124	58	92	35
	Aluminio	mg/l	5		0,008	0,003	0,086	0,003	0,208	0,003
	Arsénico (As)	mg/l	0,01		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0145	<0,001
	Cadmio (Cd)	mg/l	0,005		<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Inorgánicos	Cobre (Cu)	mg/l	2		0,0055	<0,0002	0,012	<0,0002	<0,0002	<0,0002
	Hierro (Fe)	mg/l	1		0,068	<0,002	0,069	0,106	0,117	<0,002
	Manganeso (Mn)	mg/l	0,4		<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00098	0,01433	<0,0009
	Mercurio (Hg)	mg/l	0,002		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Plomo (Pb)	mg/l	0,05		<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	0,1241	<0,0025
	Selenio	mg/l	0,04		0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002
	Zinc (Zn)	mg/l	5		<0,0002	<0,0002	0,0065	<0,0002	0,0373	<0,0002
	Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	2000		79	33	7900	490	140	70
Datos	Número de parámetros que NO cumplen				0		4		2	
	Número Total de parámetros a evaluar				18		18		18	
	Número de datos que NO cumplen el ECA				0		5		2	
	Número Total de datos				36		36		36	

Nota. Elaboración propia partir de ANA (2018). Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales. <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/metodologia-para-la-determinacion-del-indice-de-calidad-de-agua-ica-pe-aplicado-los>

Tabla 51*Cálculo de los factores y calificación ICA-PE*

Cálculo de factores	Calificación ICA-PE		
	PMA-01	PMA-02	PMA-03
F1	0	0,22	0,11
F2	0	0,14	0,06
Suma normalizada	0	0,7	0,97
F3	0	41,18	49,24
ICA-CCME	100	76	72
	EXCELENTE	BUENO	REGULAR

Nota. Elaboración propia partir de ANA (2018). Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales. <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/metodologia-para-la-determinacion-del-indice-de-calidad-de-agua-ica-pe-aplicado-los>

Tabla 52*Interpretación de la calificación ICA-PE*

ICA-PE	90-100	75-89	45-74	30-44	0-29
Calificación	EXCELENTE	BUENO	REGULAR	MALO	PÉSIMO

Nota. Elaboración propia partir de ANA (2018). Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales. <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/metodologia-para-la-determinacion-del-indice-de-calidad-de-agua-ica-pe-aplicado-los>

3.3.2. Cálculo del ICA-PE para los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06

Los parámetros que se tuvieron en cuenta para el cálculo del ICA en los puntos de monitoreo (PMA-04, PMA-05 y PMA-06) fueron: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto (valor mínimo), nitritos, aluminio, arsénico, boro, cadmio, cobre, hierro, manganeso, mercurio, plomo, y zinc. Estos parámetros se comparan con los valores estándar establecidos en el ECA para la categoría 3 – subcategoría D1, que se refiere al riego de vegetales.

En la Tabla 53 se presentan los resultados de los puntos de monitoreo (PMA-04, PMA-05 y PMA-06) junto con los valores estándar correspondientes a cada parámetro. Estos datos se utilizan posteriormente para su comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, específicamente en la categoría 3 – subcategoría D1, que se refiere a aguas superficiales destinadas al riego de vegetales. En particular, se observa que los valores de pH en los meses de mayo y agosto en los puntos PMA-05 y PMA-06 (mayo) exceden los límites establecidos por el ECA. Además, los niveles de plomo en el punto PMA-05, registrado en mayo, no cumplen con los estándares del ECA-agua.

Por otro lado, la Tabla 54 muestra los resultados del Índice de Calidad de Agua (ICA). Según las calificaciones ICA-PE que se presentan en la Tabla 52, las estaciones PMA-04 y PMA-06 obtuvieron una puntuación de 100, lo que las clasifica como "EXCELENTE". Esto indica que el agua en estos puntos de muestreo se encuentra en condiciones muy cercanas a su estado natural y no presenta daños ni amenazas significativas. En cambio, la estación PMA-05 logró una puntuación de 65 y se clasifica como "REGULAR", lo que sugiere que la calidad del agua en este lugar se aleja de los valores deseados y ocasionalmente enfrenta amenazas, requiriendo un tratamiento avanzado para su uso en el riego de vegetales.

Tabla 53

Resultados obtenidos de las estaciones PMA-04, PMA-05 y PMA-06

Puntos de monitoreo				(1) PMA-04		(2) PMA-05		(3) PMA-06		
Parámetros a Evaluar - CCME WQI			ECA Cat.3 Subcat. D1		may-21	ago-21	may-21	ago-21	may-21	ago-21
Parámetros físicos- químicos	Conductividad	μS/cm	2500		81,4	311	85,1	228	130,3	325
	pH	unidad de pH	6,5	8,5	7,46	7,74	5,78	9,16	8,09	8,53
	Nitritos	mg/l	10		0,097	0,097	0,102	0,103	0,097	0,097
	Oxígeno Disuelto	mg/l (≥)	4		5,33	7,27	4,43	8,82	5,45	8,3
Inorgánicos	Aluminio	mg/l	5		0,018	<0,003	0,155	<0,003	0,219	<0,003
	Arsénico (As)	mg/l	0,1		<0,0010	<0,0010	<0,0156	<0,0010	0,0151	<0,0010
	Boro (B)	mg/l	1		<0,0010	0,0279	0,0062	0,029	0,0109	0,0233
	Cadmio (Cd)	mg/l	0,01		<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
	Cobre (Cu)	mg/l	0,2		<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
	Hierro (Fe)	mg/l	5		0,144	0,285	0,059	0,574	0,181	0,554
	Manganeso (Mn)	mg/l	0,2		0,0002	0,00042	0,01032	0,00199	0,02382	0,00157
	Mercurio (Hg)	mg/l	0,001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Plomo (Pb)	mg/l	0,05		<0,0025	<0,0025	0,2655	<0,0025	0,0039	<0,0025
	Zinc (Zn)	mg/l	2		0,0005	<0,0002	0,067	<0,0002	0,0562	<0,0002
Datos	Número de parámetros que NO cumplen				0		2		1	
	Número Total de parámetros a evaluar				14		14		14	
	Número de datos que NO cumplen el ECA				0		3		1	
	Número Total de datos				28		28		28	

Nota. Elaboración propia partir de ANA (2018). Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales. <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/metodologia-para-la-determinacion-del-indice-de-calidad-de-agua-ica-pe-aplicado-los>

Tabla 54*Cálculo de los factores y calificación ICA-PE*

Cálculo de factores	Calificación ICA-PE		
	PMA-01	PMA-02	PMA-03
F1	0	0,14	0,07
F2	0	0,11	0,04
Suma normalizada	0	1,504	0,004
F3	0	60,06	0,4
	100	65	100
ICA-CCME	EXCELENTE	REGULAR	EXCELENTE

Nota. Elaboración propia partir de ANA (2018). Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales. <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/metodologia-para-la-determinacion-del-indice-de-calidad-de-agua-ica-pe-aplicado-los>

3.4. Identificación y valorización de impactos generados por las actividades domésticas y agrícolas en la calidad del agua del río Charanal

En total, se identificaron 8 acciones antrópicas que afectaron 26 factores ambientales. Las acciones domésticas incluyeron la eliminación de residuos sólidos, el uso de productos químicos domésticos y la descarga de aguas residuales domésticas, mientras que en el ámbito agrícola se identificaron acciones como el uso de agroquímicos, la descarga de aguas residuales agrícolas, la deforestación y pérdida de vegetación ribereña, el manejo inadecuado de desechos agrícolas y el cambio de uso de suelo. Estos datos se ingresaron en la matriz de Leopold, presentada en la Tabla 56, donde se asignaron valores numéricos en un rango de 1 a 10 para representar la magnitud y la importancia del impacto. La evaluación se realizó por componentes y medio, y la suma total de los impactos fue de -390.

Los resultados revelaron impactos ambientales de magnitud moderada en los componentes de suelo, agua, socioeconómico y paisaje, mientras que los componentes de flora, fauna y relaciones ecológicas sufrieron impactos severos. Por otro lado, el componente atmósfera mostró un impacto irrelevante. La escala de valoración de impactos se detalla en la Tabla 55.

Tabla 55

Escala de valoración de impactos

Escala de valoración	Valor cuantitativo
Muy positivo	50 a más
Positivo	0 a 50
Irrelevante o compatible	-24 a 0
Moderado	-49 a -25
Severo	-74 a -50
Crítico	≥ -75

Nota. Elaboración propia a partir de Dellavedova (2011). Guía metodológica para la elaboración de una evaluación de impacto ambiental.

Tabla 56

Matriz de Leopold

Factores ambientales / Acciones antrópicas			Actividades antrópicas											Impacto por componente	Valoración	Impacto Total
			Doméstica				Agrícola				Promedios positivos	Promedios negativos	Promedios aritméticos			
			Eliminación de residuos sólidos	Uso de productos químicos domésticos	Descarga de aguas residuales domésticas	Uso de agroquímicos	Descarga de aguas residuales agrícolas	Deforestación y pérdida de vegetación ribereña	Manejo inadecuado de desechos agrícolas	Cambio de uso de suelo						
Medio	Componente	Factores	1	2	3	4	5	6	7	8						
ABIÓTICO	Suelo	1 Calidad del suelo	-3			-7			-5	-5	0	4	-13.5	Moderado	-390	
		2 Disminución de la fertilidad	2			6			6	6	0	5	-16.8			
		3 Erosión	-2			-7	-5	-5	-5	0	5	-16.8	-49			
	Agua	4 Contaminación	1		6	6	6	6	6	6	0	6	-18.8			
		5 Pérdida de la calidad del agua superficial	-3	-2	-7	-7	-7	-4		0	5	-14.4				
		6 Presión sobre recurso	-3	-2	-7	-7	-7	-4		0	5	-14.4				
			5	5	5	5	5	5	5	0	6	-23.4	-46			
			-1	-5	-5	-5		-2	0	4	-8.4					
				5	5	5	5	5	6	6	0	4	-8.4			

(Continuación)

BIÓTICO	Atmósfera	7	Nivel de olores	-3	-3	-2		-2			0	4	-5		Irrelevante	
				4	4	4		4								-11
			8	Calidad de aire		-5	-2				-3		0	3	-6.3	
						6	4				4					
			9	Alteración del ecosistema	-3	-3	-3	-3	-7	-5		-5	0	7	-21	
					5	5	6	6	6	6		6				
		Flora	10	Pérdida de la cobertura vegetal	-3	-3	-3	-4	-5	-5		-5	0	7	-20.3	-64
					5	5	6	6	6	6		6				
			11	Pérdida de la biodiversidad	-3	-3	-3	-5	-5	-7		-5	0	7	-22.5	
					5	5	6	6	6	6		6				
			12	Destrucción del hábitat		-5	-3	-5	-5	-5		-5	0	6	-21	
						6	6	6	6	6		6				
	Fauna	13	Pérdida de la biodiversidad		-5	-3	-5	-7	-5		-5	0	6	-22.5	-72	
					6	6	6	6	6		6					
		14	Desplazamiento de fauna	-5	-5	-3	-7	-7	-7		-5	0	7	-28.6		
				5	6	6	6	6	6		6					
		15	Calidad de vida y salud	-7	-7	-7	-7		-7			0	5	-26.3		
				6	6	6	6		6							
		16	Turismo	-5	-3	-5	-5		-5			0	5	-13.4		
				4	4	5	5		5							
HUMANO	Socio Económico	17	Saneamiento	-7	-3	-7	-7		-7			0	5	-23.3	-49	
				6	6	6	6		6							
			18	Educación	3	-3	-5	-5		-5		1	4	-9.4		
					4	4	5	5		5						
		19	Agricultura	-5	-3	-5	7		7			2	3	2.8		
				4	4	6	6		6							

(Continuación)

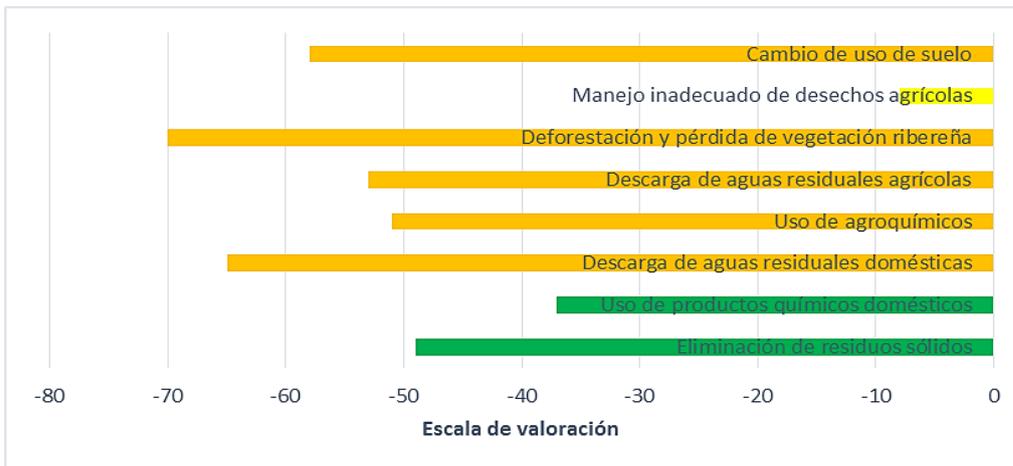
PERCEPTUAL	Paisaje	20	Generación de empleos	5	5	5	7	5	5	5	7	0	20.25	Moderado		
		21	Paisaje fragmentado	-2		-2		-7		-5		0	4		-12	
		22	Calidad de espacios abiertos	-5		-5		-7		-7		0	4		-18	-48
		23	Pérdida paisajística	-5		-5		-7		-7		0	4		-18	
ECOLÓGICO	Relaciones ecológicas	24	Eutrofización	-5		-7		-7			0	3	-14.3			
		25	Invasión de especies exóticas	-5			-5		-5		0	4	-15		-51	
		26	Proliferación de insectos vectores	-5		-7	-7	-7		-5		0	5	-21.5		
Promedios positivos				2	1	1	2	0	2	1	1	10				
Promedios negativos				20	16	22	15	13	18	3	16	123	-390			
Promedios aritméticos				-49	-37	-65	-51	-53	-70	-8	-58	-390				

Nota. Elaboración propia a partir de Espinoza (2007).

La Figura 40 muestra los impactos de diversas actividades domésticas y agrícolas. El manejo inadecuado de desechos agrícolas tiene un impacto considerado como irrelevante (-8), mientras que el cambio de uso de suelo, la deforestación, la pérdida de vegetación ribereña, la descarga de aguas residuales agrícolas, el uso de agroquímicos y la descarga de aguas residuales domésticas reflejan un impacto severo (-58, -70, -53, -51 y -65 respectivamente). El uso de productos químicos domésticos sólidos y la eliminación de residuos sólidos tienen impactos moderados (-37 y -49 respectivamente). Los colores utilizados para identificar los impactos se basan en la Tabla 55.

Figura 40

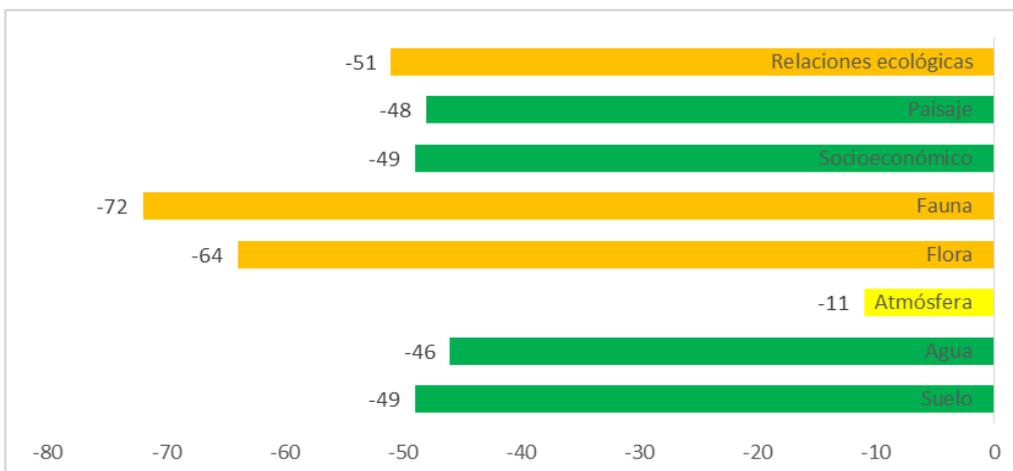
Nivel cuantitativo por acciones antropogénicas



En la Figura 41 se presenta un gráfico de la valoración de los impactos por componente ambiental generados por las actividades domésticas y agrícolas. Se observa que el impacto en el componente de la atmósfera fue insignificante o irrelevante, con una puntuación de -11. Sin embargo, en los componentes de suelo, agua, paisaje y socioeconómico, el impacto fue calificado como moderado, con puntuaciones de -49, -46, -48 y -49 respectivamente. Por otro lado, los componentes de flora, fauna y relaciones ecológicas mostraron un impacto severo, con puntuaciones de -64, -72 y -51 respectivamente. Los resultados revelan que el impacto en el río Charanal fue evaluado en -46, clasificándose como un impacto moderado.

Figura 41

Valoración de impactos



CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN

4.1. Presentación de los resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua del río Charanal

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos de las estaciones PMA-01, PMA-02 y PMA-03, mostraron que la temperatura está en un rango de 19,1 °C (avenida) y 22,3 °C (estiaje); mientras que en el PMA-04, PMA-05 y PMA-06 fueron de 14,2 °C (siembra) y 27,3 °C (cosecha). Comparando los resultados encontrados por Chancasanampa y Ramos (2020), en el punto de muestreo de Huayllaspanca que fueron de 22,3 °C (estiaje) y 17,2 °C (precipitación); podemos exponer la similitud de la temperatura en ambos periodos, debido a que, en época de avenida, la temperatura se regula y por ende disminuye, por la misma presencia de lluvias.

Los valores de conductividad eléctrica experimentaron variaciones notables, oscilando entre 314 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durante la época de avenida y 1025 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durante el estiaje. Del mismo modo, los valores de sólidos totales disueltos (STD) se situaron en un rango de 96 mg/l (avenida) a 24 mg/l (estiaje). Es interesante observar cómo estos valores se ajustan a diferentes etapas del ciclo agrícola, con un rango de 81,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el momento de siembra a 325 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el momento de cosecha. Comparando estos resultados con los obtenidos por Yáñez (2018) en los mismos puntos de muestreo, reportó valores de conductividad de 287,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la vertiente Preñadilla, 328,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el río Itambi y 311,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el Desaguadero. Asimismo, los valores de STD que registró fueron de 184,67 mg/l en la vertiente Preñadilla, 198,83 mg/l en el río Itambi y 197,33 mg/l en el Desaguadero. Estos resultados permiten afirmar que los datos presentados en este estudio son consistentes y en particular, se destaca la relación directamente proporcional entre la conductividad y la concentración de STD en el agua. Esto respalda la noción de que la conductividad de un cuerpo de agua natural se ve influenciada por las características del terreno que atraviesa y su capacidad para disolver minerales y materiales sólidos (Yáñez, 2018).

Los valores de pH indicaron alcalinidad, presentando una amplia variación, desde 7,06 (durante la época de avenida) hasta 9,16 (en estiaje), con una diferencia de 2,1 unidades. Durante la temporada de siembra, los valores oscilaron entre 5,78 y 9,16 durante la cosecha, mostrando una diferencia de 3,38 unidades. Al comparar estos resultados con los obtenidos por Chancasanampa y Ramos (2020) en el punto de muestreo Huari, quienes registraron un pH de 8,9 durante el estiaje y 7,9 durante la precipitación, se confirma la influencia de las actividades humanas en los valores de pH y, por ende, en la calidad del agua.

En cuanto al oxígeno disuelto, se observaron variaciones desde 4,82 mg/l durante la época de avenida hasta 9,27 mg/l durante el estiaje, y entre 4,43 y 8,82 mg/l durante la temporada de siembra y cosecha. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Loayza y Cano (2015) en el sector bajo de la subcuenca del río Shullcas, donde los valores oscilaron entre 5,32 mg/l y 6,06 mg/l. Las mediciones más bajas de oxígeno disuelto se atribuyen a la presencia de contaminación orgánica.

Los valores de nitratos mostraron variaciones entre 0,504 mg/l durante la época de avenida y 1,124 mg/l durante el estiaje, mientras que los valores de nitritos fluctuaron en 0,066 y 0,101 mg/l. Durante la temporada de siembra, los valores de nitritos fueron de 0,097 mg/l, mientras que en la cosecha fueron de 0,103 mg/l. Estos resultados son similares a los obtenidos por García *et al.* (2011) en el río Utcubamba, donde los valores de nitratos variaron de 0,2 a 0,5 mg/l y los de nitritos fueron inferiores a 0,1 mg/l. Esto sugiere una relación entre los niveles de nitratos y nitritos y la presencia de actividades humanas, como la lixiviación de residuos sólidos, así como su incorporación natural debido a las características edafogeológicas.

Los resultados de turbiedad mostraron cambios notables, oscilando desde 0,9 UNT (estiaje) hasta 128 UNT (avenida). Al comparar estos resultados con la investigación de Herrera (2012) en los pozos de las comunidades de El Progreso (El Salvador), se observa que los valores de turbidez fueron inferiores a 1 UNT en los pozos 1 y 3, mientras que en el pozo 2 se registró una turbidez de 1 UNT. Además, al relacionar estos resultados con el estudio de Loayza y Cano (2015) en el sector bajo de la subcuenca del río Shullcas, se encuentra

diferencias en los resultados; en su estudio los valores de turbidez variaron desde 69,75 UNT hasta 252,68 UNT. Estos resultados respaldan la consistencia de los resultados de esta investigación, ya que los valores elevados de turbiedad se deben al acceso de los animales a las fuentes de agua como al vertimiento de aguas residuales, lo que destaca la influencia de los factores ambientales y las actividades humanas en la turbidez del agua.

Los resultados de aluminio alcanzaron niveles altos de 0,208 mg/l en avenida, y 0,219 mg/l en siembra. En arsénico, fue de 0,0145 mg/l en avenida, y en siembra de 0,0151 mg/l. En cadmio, fue menor a 0,0002 mg/l en todos los puntos de monitoreo. El boro alcanzó una cifra de 0,0290 mg/l (cosecha). El cobre alcanzó 0,0120 mg/l en avenida. El hierro registró en avenida 0,117 mg/l, y en cosecha 0,574 mg/l. El manganeso llegó a 0,01433 mg/l (avenida), y 0,02382 mg/l (siembra). El mercurio presentó valores menores a 0,0001 mg/l, en todos los puntos de muestreo. El plomo en avenida alcanzó 0,1241 mg/l, y en siembra 0,2655 mg/l. El selenio registró valores de 0,003 mg/l en avenida. El zinc presentó valores de 0,0373 mg/l en avenida, y 0,067 mg/l en siembra. Comparando resultados con Díaz (2018), en la quebrada Chupishiña, el aluminio alcanzó niveles elevados de 0,676 mg/l en estiaje; el arsénico mantuvo 0,002 mg/l durante el mismo período. El boro registró 0,06 mg/l en estiaje; el cadmio alcanzó 0,004 mg/l en avenida; el cobre llegó a 0,028 mg/l en estiaje; el hierro se mantuvo en 0,376 mg/l en estiaje; y el manganeso alcanzó 0,048 mg/l en avenida. El mercurio mantuvo 0,002 mg/l en estiaje; el plomo registró 0,014 mg/l en avenida y estiaje. El selenio llegó a 0,001 mg/l en avenida y estiaje; y el zinc alcanzó 0,006 mg/l en ambos periodos. Podemos afirmar que los valores de metales pesados en ambos estudios guardan similitud por la concentración de estos elementos en el agua, a causa de la presencia de actividades agrícolas, como el uso de agroquímicos, que contribuyen a su acumulación en el ambiente acuático, coincidiendo con lo planteado por Díaz (2018).

Los resultados microbiológicos revelaron concentraciones indicadoras de coliformes termotolerantes durante el periodo de avenida, alcanzando un valor de 7900 NMP/100 ml, con una diferencia de 7821 NMP/100 ml en comparación con el valor mínimo registrado. Por el contrario, en el periodo de estiaje, estos valores disminuyeron considerablemente a 490 NMP/100 ml, con una variación de 457 NMP/100 ml. En cuanto a las concentraciones de *Escherichia coli*, durante el periodo de avenida, se registraron niveles elevados de hasta

4900 NMP/100 ml, con una diferencia de 4867 NMP/100 ml. Durante el estiaje, las concentraciones disminuyeron a 490 NMP/100 ml, con una variación de 467 NMP/100 ml. Comparando estos resultados microbiológicos con los obtenidos por Díaz (2018), se observó que los valores de coliformes termotolerantes fueron elevados en el punto de monitoreo PMA-02, alcanzando 54000 NMP/100 ml, en contraste con los 16000 NMP/100 ml registrados en PMA-03 durante el estiaje. En cuanto a los resultados de *Escherichia coli*, se obtuvieron niveles elevados de 54000 NMP/100 ml durante el periodo de avenida, mientras que durante el estiaje se registraron 17000 NMP/100 ml. En ambos estudios, los resultados indicaron la presencia de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, que son indicadores ambientales de contaminación fecal. En concordancia con Díaz (2018), tanto la actividad ganadera y el vertimiento de aguas residuales de origen doméstico, contribuyen al aumento de microorganismos patógenos en el entorno acuático.

4.2. Comparación de resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos con los valores permitidos por la normativa peruana ECA para agua (D.S. N° 004-2017-MINAM)

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos del río Charanal, de pH (Tabla 19 / Figura 9), en la estación PMA-02, en estiaje, se obtuvo 9,16 unidades, superando el límite establecido por el ECA-agua en la categoría 1 - subcategoría A1 (8,5 unidades). Por otro lado, la estación PMA-05 presentó valores bajos de 5,78 en temporada de siembra y valores altos de 9,16 en temporada de cosecha. Los valores no cumplen con el rango óptimo de pH establecido por el ECA para agua de la categoría 3 - subcategoría D1 (6,5 y 8,5 unidades). Chancasanampa y Ramos (2020), señalan que las variaciones en el pH se atribuyen al vertimiento de aguas, tanto domésticas como agrícolas. Rojas (2016) aporta que la disposición inadecuada de residuos sólidos en las cercanías de los ríos también puede contribuir a estas variaciones; además, Custodio y Pantoja (2012), agregan que las condiciones edáficas en la zona de influencia y la introducción de fertilizantes en el medio acuático pueden influir en estas fluctuaciones. Considerando la presencia de un pH elevado en el río Charanal y respaldándolo con la información de la literatura científica, se sugiere que las descargas de aguas residuales domésticas podrían desempeñar un papel significativo en las fluctuaciones del pH observadas en el punto PMA-02. Por otro lado, en el caso del punto PMA-05, los valores elevados de este parámetro pueden atribuirse al uso de fertilizantes en la agricultura. Dado que este punto se encuentra aguas debajo de la descarga

de aguas residuales agrícolas, podría ser un factor determinante en las variaciones del pH en esta ubicación específica del río Charanal.

La turbiedad, tal como se muestra en la Tabla 24 / Figura 14, en el periodo de avenida, los valores alcanzaron 128 y 6 UNT en los puntos PMA-02 y PMA-03, respectivamente, superando significativamente el límite establecido por el ECA-agua en la categoría 1 - subcategoría A1, que es de 5 UNT; mientras que, en estiaje, se mantuvieron dentro de los estándares al igual que la estación PMA-01, en ambos periodos de muestreo. La variabilidad en los niveles de turbiedad del río Charanal se atribuye a la ineficiencia del método de lagunas de oxidación utilizado en la planta de tratamiento ubicada en San Jorge, que durante precipitaciones aumenta su caudal de vertimiento. La proximidad del punto de control (PMA-02) a la zona de mezcla, ubicado a tan solo 200 metros, resulta en niveles elevados de turbiedad durante estos periodos. Los resultados son similares con Chancasanampa y Ramos (2020), Romero (2019) y Loayza y Cano (2015), quienes señalan que la turbiedad tiende a aumentar en puntos de muestreo con una descarga excesiva de aguas residuales, especialmente durante la temporada de precipitación debido al incremento del caudal del río. Celi (2021), complementa que los altos niveles de turbiedad están relacionados con tres factores principales: la pérdida de cobertura arbórea en el área de estudio, lo cual favorece la erosión del suelo por escorrentía; las técnicas de irrigación de cultivos en la agricultura; y el acceso de animales al agua.

El análisis del contenido de arsénico, como se muestra en la Tabla 30 / Figura 20, revela una leve elevación en el valor registrado en el punto PMA-03 en el periodo de avenida, con un valor de 0,0145 mg/l. Este valor supera ligeramente el estándar establecido por el ECA para agua en la subcategoría A1, que es de 0,01 mg/l; en contraste, en los otros puntos de muestreo, los valores se mantienen por debajo de los límites establecidos. Estos resultados guardan similitud con Díaz (2018) y Herrera (2012), quienes han señalado que la presencia de este metal en el agua puede ser atribuida al uso de herbicidas y pesticidas en la agricultura; además, por las condiciones edáficas y litológicas específicas del área intervenida (ANA, 2018). Por lo tanto, es posible que la presencia de arsénico en el punto PMA-03 esté relacionada con la posible influencia de factores geológicos y actividades humanas en la calidad del agua del río Charanal.

Los resultados de plomo en el río Charanal, como se muestra en la Tabla 43 / Figura 33 y Tabla 44 / Figura 34, son motivo de preocupación. En el punto PMA-03, durante el periodo de avenida, se registró una concentración muy alta de plomo, alcanzando 0,1241 mg/l, en una muestra recolectada en el área de captación destinada para consumo humano, superando ampliamente el límite de 0,05 mg/l establecido por el ECA-agua en la categoría 1 - subcategoría A1. En el punto PMA-05, se observó una variación notable con un valor de 0,2655 mg/l en la temporada de siembra, también superando los límites del ECA-agua en la categoría 3 - subcategoría D1 (0,05 mg/l) para el riego de vegetales. Estos resultados contrastan con los de Díaz (2018), quien obtuvo valores de plomo de 0,014 mg/l, por debajo de los estándares del ECA para agua, al igual que Yáñez (2018) y Herrera (2012). Según la ANA (2018), aunque el plomo se encuentra en bajas concentraciones en rocas sedimentarias y suelos no contaminados, su acumulación en el organismo a través de la ingesta diaria de agua contaminada a largo plazo puede tener efectos negativos en la salud humana, especialmente en los niños pequeños, que son más vulnerables a sus efectos (OMS, 2018). Es probable que la presencia de plomo en esta ubicación se deba a la forma natural en ciertas rocas sedimentarias y suelos, y su liberación al agua puede ocurrir debido a procesos geológicos y químicos del entorno. Por lo tanto, es importante realizar un estudio más detallado para comprender mejor la fuente y el mecanismo de introducción del plomo en el río Charanal.

Los resultados de coliformes termotolerantes (Tabla 48 / Figura 38), muestran niveles elevados en todas las estaciones de muestreo: PMA-01, PMA-02 y PMA-03, durante la época de avenida (79, 7900 y 140 NMP/100 ml respectivamente), y en la época de estiaje (33, 490 y 70 NMP/100 ml respectivamente), superando el límite establecido por el ECA para agua en la categoría 1 - subcategoría A1, que es de 20 NMP/100ml. Aunque estos resultados difieren de los de Díaz (2018), quien encontró altos niveles durante el período de precipitaciones (35 000, 54 000 y 32 000, respectivamente) y durante el periodo de estiaje (3 500, 5 400 y 16 000), excediendo ambos los límites establecidos por el ECA. Este exceso plantea riesgos significativos para la salud pública, especialmente en la siembra de vegetales y para el consumo humano. García *et al.* (2011) mencionan que los coliformes y la *Escherichia coli* son indicadores clave de contaminación fecal en el agua potable, ya que su presencia sugiere la posible presencia de patógenos peligrosos. La ausencia en las pruebas del agua indica seguridad bacteriológica, mientras que su detección en niveles altos señala

riesgos para la salud. Por tanto, la alta concentración de coliformes termotolerantes en el río Charanal se atribuye principalmente a las descargas de efluentes domésticos provenientes de las lagunas oxidación del centro poblado San Jorge.

Los resultados de *Escherichia coli*, mostrados en la Tabla 49 / Figura 39, revelaron concentraciones altas en los puntos de muestreo PMA-01, PMA-02 y PMA-03 durante la época de avenida (33, 4900 y 110 NMP/100 ml respectivamente), y durante la época de estiaje (23, 490 y 49 NMP/100 ml respectivamente). Estas concentraciones superan el límite de 0 NMP/100 ml establecido por el ECA para agua en la categoría 1 - subcategoría A1. Este incremento se debe principalmente a las aguas residuales del centro poblado San Jorge durante la época de avenida, coincidiendo con los hallazgos de Díaz (2018) en la quebrada Chupishiña, que también experimentó valores elevados de *E. coli* durante las precipitaciones, en contraste con las épocas de estiaje. Sin embargo, estos resultados difieren de las observaciones de Chancasanampa y Ramos (2020) y Loayza y Cano (2015), quienes indicaron que las concentraciones de *E. coli* tienden a aumentar a medida que el caudal disminuye en la cuenca debido a la descarga excesiva de aguas residuales. Coincidiendo con Díaz (2018), afirmamos que la variación en las concentraciones de *E. coli* señala contaminación fecal y puede ser influenciada por diversas fuentes de contaminación locales y las condiciones climáticas específicas de cada área de estudio. Por lo tanto, los altos niveles de *E. coli* y coliformes termotolerantes detectados en este estudio subrayan la urgencia de abordar la contaminación fecal en el agua del río Charanal y la necesidad de implementar medidas efectivas para reducir las descargas de efluentes domésticos y proteger la salud pública y el ecosistema acuático.

4.3. Cálculo del ICA siguiendo la metodología establecida en la R.J. N°068-2018-ANA

Los resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA) en los puntos de muestreo revelan variaciones significativas en la calidad del agua del río Charanal. En épocas de avenida y estiaje, los puntos PMA-01, PMA-02 y PMA-03 obtuvieron calificaciones de 100, 76 y 72 respectivamente, según la categoría 1 - subcategoría A2 del Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA-agua). Según el Índice de Calidad del Agua del Perú (ICA-PE), PMA-01 fue calificado como "EXCELENTE", mientras que PMA-02 y PMA-03 obtuvieron calificaciones "BUENO" y "REGULAR" respectivamente. En temporadas de siembra y

cosecha, los puntos PMA-04, PMA-05 y PMA-06 alcanzaron calificaciones de 100, 65 y 100 respectivamente, comparadas con la categoría 3 - subcategoría D1 del ECA-agua. Según el ICA-PE, PMA-04 y PMA-06 fueron calificados como "EXCELENTE", mientras que PMA-05 obtuvo una calificación "REGULAR". Estas calificaciones reflejan el estado de la calidad del agua en los puntos de muestreo, indicando niveles de amenaza y condiciones naturales. Contrariamente a los resultados de otros estudios, Chancasanampa y Ramos (2020) determinaron un ICA-PE de 24 en la subcuenca del río Chanchas, clasificándola como "PÉSIMA", en comparación con los estándares del ECA para agua. Esto sugiere una mayor amenaza y la necesidad de un tratamiento previo para potabilizar el agua debido a actividades antropogénicas.

En estudios similares, Custodio y Pantoja (2012) encontraron que las acciones antrópicas, como las descargas de efluentes domésticos y la emisión de residuos sólidos, impactan moderada a severamente la calidad del agua en diferentes estaciones a lo largo del río Cunas. Resultados de Yáñez (2018) mostraron una calidad de agua media en algunas áreas y mala en otras, sugiriendo la influencia de diversas actividades humanas. Podemos afirmar que la liberación de aguas residuales domésticas y agrícolas afecta negativamente la calidad del agua del río Charanal, haciéndola inapropiada para el consumo humano en el punto de muestreo PMA-03 y no adecuada para el riego de vegetales en el punto PMA-05, lo que subraya la necesidad de implementar tratamientos para su uso seguro.

4.4. Identificación y valorización de impactos generados por las actividades domésticas y agrícolas en la calidad del agua del río Charanal

En el análisis de las actividades presentes en el área de influencia, realizado a través de la matriz de Leopold, se han identificado impactos ambientales significativos en diversos aspectos. La eliminación de residuos sólidos, el uso de productos químicos domésticos, la descarga de aguas residuales domésticas, el empleo de agroquímicos, la deforestación y pérdida de vegetación ribereña, el manejo inadecuado de desechos agrícolas y el cambio de uso de suelo han sido algunos de los factores que han contribuido a estos impactos.

Según Celi (2021), la tala de árboles ha generado alteraciones en el uso del suelo y ha ocasionado una pérdida considerable de biodiversidad. Además, la aplicación de plaguicidas y fertilizantes inorgánicos por parte de los agricultores locales ha contribuido significativamente a la degradación del suelo y a la contaminación del agua debido a prácticas inapropiadas, como apunta Custodio y Pantoja (2012). Estos productos químicos pueden desencadenar fenómenos como la eutrofización, cambios químicos y turbidez en el agua, tal como señalan los autores mencionados.

A su vez, investigaciones como las de Chancasanampa y Ramos (2020) resaltan que las actividades de origen doméstico y agrícola, como los vertimientos, tienen un impacto directo en la calidad del agua de las subcuencas fluviales. En los resultados obtenidos a partir del uso de la matriz de Leopold, la valoración de impactos fue de -390, con un impacto moderado de -46 en la calidad del agua del río Charanal. Esto confirma de manera contundente que las actividades realizadas en el área de influencia han generado un impacto adverso en el medio ambiente, afectando tanto la calidad del agua del río Charanal como la biodiversidad local. Estos resultados coinciden con investigaciones previas, resaltando así la importancia de implementar medidas adecuadas de gestión ambiental para atenuar estos impactos y salvaguardar los ecosistemas en la región Piura.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

1. Los análisis fisicoquímicos del agua del río Charanal mostraron una alcalinidad de 9,16 unidades de pH en las estaciones PMA-01 y PMA-05, junto a un aumento en la turbiedad a 128 UNT en PMA-02. Además, se detectaron concentraciones de arsénico y plomo de 0,0145 mg/l y 0,1241 mg/l en PMA-03, respectivamente, y 0,2655 mg/l de plomo en PMA-05. En cuanto a los resultados microbiológicos, se encontraron concentraciones elevadas de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* en PMA-02, indicando contaminación fecal. Por lo tanto, la presencia elevada de estos parámetros en el agua se debe a factores antrópicos, como vertimientos de actividades domésticas y agrícolas, así como a factores naturales, como procesos geológicos y químicos en el entorno.
2. En el punto PMA-03; área de captación de agua para el consumo humano de los centros poblados San Pedro, Charanal, Talandracas y sus caseríos anexos: Hualtacal, El Checo, El Naranjo, Virgen de la Puerta, Los Godos, El Progreso, Charanal bajo, La Unión, Calores, Pueblo Nuevo y Balcones; el agua no es apta para consumo humano según los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua en la categoría 1 “uso poblacional”, ya que se detectó la presencia de arsénico, plomo, *Escherichia coli* y coliformes termotolerantes en concentraciones de 0,0145 mg/l; 0,1241 mg/l; 110 NMP/100ml y 140 NMP/100ml. Por otro lado, en el área de captación destinada al riego agrícola en PMA-05, gestionada por la Comisión de Usuarios del Sub Sector Hidráulico Charanal, se encontraron niveles de plomo en el agua de 0,2655 mg/l, lo que no cumple con los ECA para agua en la categoría 3 “riego de vegetales”.
3. Los resultados del índice de calidad del agua (ICA-PE) en el río Charanal, determinaron que en las estaciones PMA-01, PMA-04 Y PMA-06 las condiciones fueron excelentes, lo que indica que la calidad del agua se acerca a los niveles

naturales, en PMA-02 las condiciones fueron buenas, lo que significa que la calidad del agua presenta algunas amenazas y se aleja de los niveles deseables, en PMA-03 y PMA-05 fueron regulares, lo que indica que la calidad del agua ocasionalmente está amenazada y varios usos requieren tratamiento para su mejora.

4. Las acciones antrópicas, tales como las descargas de aguas residuales domésticas y agrícolas, la eliminación de residuos sólidos, el uso de productos químicos domésticos, la deforestación y pérdida de vegetación ribereña, así como el cambio de uso de suelo, ejercen un impacto negativo moderado sobre la calidad del agua del río Charanal y en otros componentes ambientales.

CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES

- Comunicar a la población de los centros poblados San Jorge, San Pedro, Charanal, Talandracas y sus caseríos anexos: Tanlama, El Algarrobal, El Quirpón, Sábila, Hualtactal, El Checo, Virgen de la Puerta, Los Godos, El Progreso, Charanal bajo, La Unión, Calores, Pueblo Nuevo y Balcones, así como a la Comisión de Usuarios del Subsector Hidráulico Charanal y a las autoridades competentes de las municipalidades distritales de Frías y Chulucanas, sobre los resultados de calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del río Charanal.
- Implementar tratamientos avanzados, con el objetivo de garantizar la potabilización y reducir los niveles de parámetros altamente perjudiciales para la salud pública y del medio ambiente aprovechando simultáneamente el área para el riego agrícola. Asimismo, solicitar a la Sub Gerencia Regional de Salud Morropón – Chulucanas, que realice monitoreos de la calidad del agua para el consumo humano en la población abastecida por el río Charanal.
- Informar al Área Técnica Municipal (ATM) de la provincia Morropón-Chulucanas para que emita un reporte a la SUNASS sobre la calidad del agua del río Charanal, priorizando el análisis de metales pesados y de parámetros microbiológicos.
- Implementar medidas efectivas de gestión ambiental para mitigar los impactos de las actividades antropogénicas sobre la calidad del agua del río Charanal, y preservar los ecosistemas en la región Piura, garantizando un entorno sostenible para las generaciones futuras.
- En un próximo estudio, incorporar un análisis de residuos de agroquímicos presentes en el agua del río Charanal, así como realizar un estudio biológico exhaustivo. Es fundamental abordar estas preocupaciones para garantizar la salud del ecosistema acuático y proteger la salud pública en el espacio geográfico del río Charanal.

REFERENCIAS

- Acosta, R. S. (2008). Saneamiento ambiental e higiene de los alimentos. Editorial Brujas.
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=g7YIShB-SXsC&oi=fnd&pg=PA>
- Aguirre, N. M. (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *Revista Virtual REDESMA*.
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/59445368/Cuencas_M_Aguirre20190529-48652-1b3s5g8-libre.pdf?1559172614=&response-content
- Alania, C. M. N. (2018). *El uso del multiparámetro en la mejora de la comprensión de la contaminación ambiental* [Tesis de grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio institucional Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUND_4079b64bbe381c6d47f1779da bf42c96
- Aldana, S. E. R. (2016). *Aplicación de Sistemas Bioclimáticos en la Vivienda Rural en el Caserío de Solabaya-Distrito de Ilabaya* [Tesis de grado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio institucional Universidad Privada de Tacna.
<http://hdl.handle.net/20.500.12969/235>
- Álvarez, R. A. (2020). *Clasificación de las investigaciones*. Universidad de Lima.
<https://hdl.handle.net/20.500.12724/10818>
- American Public Health Association. (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Autoridad Nacional del Agua (2019). *Informe técnico de resultados del primer monitoreo participativo de calidad de agua en la cuenca Piura 2019-I* (Informe Técnico No. 332). Autoridad Administrativa del Agua.
- Benavides, A. R. (2011). Calidad de vida, calidad ambiental y sustentabilidad como conceptos urbanos complementarios. *Fermentum*, 21 (61), 176-207.
<https://www.redalyc.org/pdf/705/70538663003.pdf>
- Bidault, O. (2016). ¿Qué factores determinan la calidad del agua? *Waterlogic*.
<https://www.waterlogic.es/blog/que-factores-determinan-la-calidad-del-agua/#:~:text=Par%C3%A1metros%20para%20determinar%20la%20calidad%20d>

- Bisbal, G. I. (2016). El estudio del paisaje por medio de la fotografía: desarrollo de una metodología interpretativa [Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo digital UPM. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.40527>
- Branco, S. M. (1984). *Limnología sanitaria, estudio de la polución de aguas continentales* (No. 333.9114 B816). Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico de la OEA. <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/CR.UNA01000020553/Description>
- Calla, N. P. (2019). *Actividades antrópicas y calidad del agua en la cuenca del río Mashcón* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional Universidad Nacional de Cajamarca. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/3319>
- Casilla, Q. S. (2014). *Evaluación antrópicas y calidad del agua en la cuenca del río Mashcón* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano Puno]. Repositorio institucional Universidad Nacional del Altiplano Puno. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/4546>
- Castro, A., Correa, K., Olivares, S., Rodríguez, A., Ita, T., Porras, P., Quispe, V., y Menis, L. (2022). *Análisis del periodo de lluvias a nivel nacional 2021–2022* (Informe Técnico No. 105). Repositorio Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/2390>
- Celi, C. M. F. (2021). *Impacto de las actividades antrópicas sobre la calidad del agua del manantial El Buitre, Chirinos, distrito de Suyo -Ayabaca, 2020* [Tesis de grado, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. Repositorio institucional Universidad Católica Sedes Sapientiae. <https://hdl.handle.net/20.500.14095/1191>
- Chancasanampa, V. P. N. y Ramos, E. D. C. (2020). *Impacto de las actividades antrópicas sobre la calidad del agua en la subcuenca del río Chanchas – Huancayo* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio institucional Universidad Nacional del Centro del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6407>
- Chapman, D. V. (2021). Evaluaciones de la calidad del agua: una guía para el uso de biota, sedimentos y agua en el monitoreo ambiental. Prensa CRC. <https://doi.org/10.1201/9781003062103>
- Chulluncuy, C. N. C. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería industrial*, (29), 153-170. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428495008>

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, y Unión Europea (2017). El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad de América Latina. Notas de estudio (Serie Síntesis de Políticas Públicas sobre Cambio Climático). <https://hdl.handle.net/11362/45692>
- Custodio, V. M. y Pantoja, E. R. (2012). Impactos antropogénicos en la calidad del agua del río Cunas. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 02, 130-137. <https://doi.org/10.18259/acs.2012015>
- Daza, W. G. I. (2018). Investigación educativa desde un enfoque cualitativo: la historia oral como método. *Voces de la Educación*, 3(6), 93-110. <https://hal.science/hal-02528588/>
- Decreto Supremo 002 de 2008 [Ministerio del Ambiente]. Por la cual aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. 30 de julio de 2008. Diario Oficial El Peruano.
- Decreto Supremo 004 de 2017 [Ministerio del Ambiente]. Por la cual aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. 07 de julio de 2017. Diario Oficial El Peruano.
- Dellavedova, M. G. (2011). *Guía metodológica para la elaboración de una evaluación de impacto ambiental*. Universidad Nacional de La Plata. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/33094835>
- Díaz, M. E. D. (2014). *Factores que influyen en la calidad del agua del manantial de Molinopampa, que se usa para consumo doméstico en la ciudad de Celendín* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional Universidad Nacional de Cajamarca. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/1865>
- Díaz, A. P. (2018). *Determinación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de la quebrada Chupishiña, distrito de Rumisapa, provincia de Lamas y región San Martín* [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión]. Repositorio institucional UPEU. <http://hdl.handle.net/20.500.12840/1532>
- Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental (2012). Glosario de términos para la gestión ambiental peruana. <https://docplayer.es/8329589-Glosario-de-terminos-para-la-gestion-ambiental-peruana-direccion-general-de-politicas-normas-e-instrumentos-de-gestion->

- Escobar, J. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. Nota de estudio (Serie de Recursos Naturales e Infraestructura). Comisión Económica para América Latina y el Caribe. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6411/S0210820_es.pdf?sequence=1
- Espinoza, G. A. (2007). *Gestión y fundamentos de evaluación de impacto ambiental*. BID/CED. Banco Interamericano de Desarrollo y Centro de Estudios para el Desarrollo. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/58364769/Evaluacionimpactoambiental1-libre.pdf?1549788046=&response-content->
- Fernández, C. A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*. 11(3), 147-170. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>
- Fuentes A.F. (2015). Cuaderno de campo. (Eds.). Jørgensen, P. M., Fuentes, A. F., Miranda, T., y Cayola, L. Manual de Trabajo: Proyecto Madidi, Inventario botánico de la Región Madidi (60-72). Madidi Project. http://www.mobot.org/PDFs/research/madidi/Proyecto_Madidi_Manual_Ver1.pdf
- García, F. F., Agudelo, R. A. y Jiménez, K. M. (2006). Metodología para la localización de estaciones de monitoreo de material particulado a escala local (0.5 a 4.0 Km) en la ciudad de Santa Marta. *Gestión y Ambiente*, 9(2), 121-135. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169420986001>
- García, H. F. T., Torres, D. J. y Vergara, M. S. E. (2011). Calidad ecológica del agua del río Utcubamba en relación a parámetros fisicoquímicos y biológicos. Amazonas, Perú. *Sciéndo*, 14 (1), 07-19. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/533>
- Garmendia, S. A., Salvador, A. A., Crespo, S. C. y Garmendia, S. L. (2005). Evaluación de impacto ambiental. Pearson Educación S.A. https://scholar.google.es/scholar?cluster=16314862175407790696&hl=es&as_sdt=0,5#d=gs_qabs&t=1684005110853&u=%23p%3DMo7wW6flu8wJ
- Gobierno Regional Piura (2014). *Recuperación del servicio de provisión hídrica en la parte alta de la subcuenca Charanal distritos Frías y Santo Domingo de las provincias de Ayabaca y Morropón, departamento de Piura* (Informe Técnico No. 023 / Memorandum No. 248). Gerencia Regional de Desarrollo Económico.
- Grajales, T. (2000). Tipos de investigación. <https://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf>

- Guix, B. A. L. (2014). *Determinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de distribución municipal en el municipio de Patzité del departamento de El Quiché* [Tesis doctoral, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio institucional Universidad de San Carlos de Guatemala. <https://core.ac.uk/download/pdf/35292852.pdf>
- Hendriks, J. (2009). *Proceso de elaboración del plan de gestión de la cuenca del río Piura. Aspectos metodológicos* (Folleto II). Gobierno Regional de Piura, Autoridad Nacional del Agua y Programa de Desarrollo Rural Sostenible. https://old.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/biblioteca/guias_manuales/San%20martin%20folleto_2.pdf
- Herrera, A. P. L. (2012). *Determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua de pozo para el consumo humano en las comunidades La Arenera, San José y El Progreso del Municipio de Concepción Batres en el Departamento de Usulután* [Tesis de grado, Universidad de El Salvador]. Repositorio institucional Universidad de El Salvador. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2836>
- Kirschbaum, R. (2020). Contaminación del agua: causas, consecuencias y todo lo que hay que saber. *Editorial Clarín*. https://www.clarin.com/sociedad/contaminacion-del-agua-causas-consecuencias-y-todo-lo-que-hay-que-saber_0_awALjNQd.html#:~:text=Las%20principales%20causas%20de%20contaminaci%C3%B3n%20del%20agua%20son%2C%20Ca%C3%ADda%20de%20petr%C3%B3leo%20en%20los%20oc%C3%A9anos.
- Larrea, M. J. A., Rojas, B. M. M., Romeu, A. B., Rojas, H N. M. y Heydrich, P. M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 44(3), p. 24-34. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181229302004>
- Leopold, L.B. (1971). *Un procedimiento para la evaluación del impacto ambiental*. Departamento del Interior de EE.UU.
- Ley 29338 de 2009. Por la cual se expide la ley de recursos hídricos. (2008). *Diario Oficial El Peruano*. <https://crhc.ana.gob.pe/urubamba/sites/default/files/archivos/recursos>
- Llamas, M. R., Fornés, J. M., Hernández, M. N., y Martínez C. (2001). Aguas subterráneas: retos y oportunidades. Fundación Marcelino Botín y Ediciones Mundi-Prensa. https://www.researchgate.net/publication/316239496_Aguas_subterranas_Retos_y_oportunidades

- Loayza, Q. J. L. y Cano, R. P. A. (2015). *Impacto de las actividades antrópicas sobre la calidad del agua de la subcuenca del río Shullcas – Huancayo – Junín* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio institucional Universidad Nacional del Centro del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/3507>
- López, R. N. B. y Gallo, R. L. M. (2001). *Diagnóstico de la cuenca del río Piura con enfoque de gestión de riesgos y énfasis en los recursos agua, suelo y cobertura vegetal* (Informe Técnico). Autoridad Autónoma de la Cuenca Hidrográfica Chira Piura (AACHP), Instituto Regional de Apoyo a la Gestión de los Recursos Hídricos (IRAGER), Proyecto Recuperación y Prevención ante Catástrofes Naturales (PAEN). <https://hdl.handle.net/20.500.12543/34>
- Mazzucchelli, M. G. (2016). *Diagnóstico físico-químico y microbiológico del agua superficial del área serrana del arroyo Napaleofu, Tandil, provincia de Buenos Aires* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de La Plata]. Repositorio institucional Universidad Nacional de La Plata. <https://doi.org/10.35537/10915/55976>
- Mendoza, A. M. E. (1996). *Impacto de la tierra, en la calidad del agua en la microcuenca río Sábalos, cuenca del río San Juan Nicaragua* [Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica]. Repositorio institucional CATIE. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10493>
- Meoño, F. L., Taranco, C. G. y Olivares, Y. M. (2016). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Saber y hacer*, 2(2), 8-25. <https://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/view/115>
- Ministerio de Vivienda y Construcción y Saneamiento (2009). Resolución de Secretaría General. http://www3.vivienda.gob.pe/Ministerio/Documentos/POI_2009.pdf
- Ministerio del Ambiente (2016). Glosario de términos sitios contaminados. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015>
- Ocasio, S. F. A. (2008). *Evaluación de la calidad del agua y posibles fuentes de contaminación en un segmento del río Piedras* [Tesis de maestría, Universidad Metropolitana]. https://documento.uagm.edu/cupey/biblioteca/biblioteca_tesisamb
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2015). Instrumentos básicos para la fiscalización ambiental. <http://sial.segat.gob.pe/documentos/instrumentos-basicos-fiscalizacion-ambiental>

Organización Mundial de la Salud (2006). Guías para la calidad del agua potable. https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/

Organización Mundial de la Salud (2018). Arsénico. <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>

Rachel, C. (2010). Primavera silenciosa. Mariner Books.

Ramos, S. L. P. y Montoya, R. M. L. (2016). *Actitudes, conocimientos y prácticas relacionadas con el agua para consumo humano y aguas residuales en los hogares de la vereda El Guineo, Apartadó, 2015* [Tesis de grado, Universidad de Antioquia]. Repositorio institucional Universidad de Antioquia. <https://hdl.handle.net/10495/31292>

Resolución Directoral 160 de 2015 [Dirección General de Salud Ambiental]. Por la cual aprueban el Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano. 24 de setiembre del 2015. Ministerio de Salud.

Resolución Jefatural 010 de 2016 [Autoridad Nacional del Agua]. Por la cual aprueban el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. 11 de enero de 2016. Diario Oficial El Peruano.

Resolución Jefatural 068 de 2018 [Autoridad Nacional del Agua]. Por la cual aprueban la Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA – PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales. 01 de junio de 2018.

Resolución Ministerial 455 de 2018 [Ministerio del Ambiente]. Por la cual aprueban la Guía para la elaboración de la línea base en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental. 31 de diciembre de 2018. Diario Oficial El Peruano.

Rodríguez, R. (1999). Aportaciones al conocimiento del estado medio ambiental de hidrosistemas de interés internacional situados en Castilla La Mancha. Revista Dialnet. <https://books.google.com.pe/books?id=o33AG2h39O4C&pg=PA12&dq=>

Rojas, V. G. e Ibáñez, T. O. (2003). *Diagnóstico de la cuenca del río Piura con enfoque de gestión del riesgo*. Repositorio del Ministerio del ambiente <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/305>

- Rojas, B. M. (2016). *Evaluación de la calidad físico química de las fuentes de agua vertidos con lixiviados del botadero de residuos sólidos y sus efectos en la salud pública de la población de la zona periférica del botadero de Cancharani - Puno* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio institucional UNAP. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP_f7d81fd09bfc90f61568fb8
- Romero, R. A. J. (2002). *Calidad del agua*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero, R. A. J. (2005). *Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero, V. M. J. (2019). *Evaluación de la calidad físico-química en las aguas de la quebrada La Collpa, distrito de Yantaló, influenciada por la actividad humana* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio institucional Universidad Nacional de San Martín. <http://hdl.handle.net/11458/3400>
- Salas, J. J. C. y Quesada, C. H. (2006). Impacto ambiental del manejo de desechos sólidos ordinarios en una comunidad rural. *Revista Tecnología En Marcha*, 19(3), 9-16. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/3
- Scarlet, J. (2017). *Conozca las 14 razones por las que se afecta la calidad del agua*. Observatorio Ambiental de Bogotá. <https://oab.ambientebogota.gov.co/conozca-las-14-razones-por-las-que-se-afecta-la-calidad-del-agua/>
- Schoemaker, A. (2017). *Glosario ambiental: Conociendo los términos ambientales usados en zonas mineras* (Tomo 1: Caja de herramientas ambientales). Derechos Humanos Sin Fronteras Cusco. https://democraciaglobal.org/wp-content/uploads/tomo-1_optimize.pdf
- Seeboonruang, U. (2012). A statistical assessment of the impact of land uses on surface water quality indexes. *ScienceDirect*, 101, 134-42. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.10.019>
- Solano, A. M. M. (2011). *Impacto ambiental por aguas residuales y residuos sólidos en la calidad del agua de la parte media- alta de la microcuenca del río Damas y propuesta de manejo* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Costa Rica]. <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Impacto%20ambiental%20por%20aguas%20residuales%20y%20residuos%20s%C3%B3lidos%20en%20la%20calidad%20del%20agua.pdf>

- Suárez, D. y Giraldo, C. (2008). El agua y la educación ambiental en Manizales, Colombia. Moscoso C. J., Oakley. S. y Egocheaga Y. L. (Eds.). *El agua como recurso sustentable de uso múltiple* (pp. 65, 115). Editorial Catalonia. https://dhlh.hegoa.ehu.eus/uploads/resources/4995/resource_files/El_agua_como_recurso_sustentable_2008_Libro.pdf#page=62
- Tommasino, H., Foladori, G., y Taks, J. (2005). La crisis ambiental contemporánea. *Sustentabilidad* 9-16. <https://www.uv.mx/mie/files/2012/10/SESSION5-17SEPTLacrisis>
- Yáñez, F. S. G. (2018). *Evaluación de la contaminación del agua mediante parámetros físico químicos en las desembocaduras de los principales afluentes y efluente del lago San Pablo, provincia de Imbabura (Año 2017)* [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15142>

TERMINOLOGÍA

- 1. Agua de consumo humano.** Es aquella agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas cumplen con el estándar de calidad para consumo humano, uso doméstico, incluida la higiene personal (D.S. N° 031-2010-SA).
- 2. Autodepuración.** Es aquel mecanismo natural de recuperación de un curso de agua posteriormente de un suceso de contaminación orgánica. Estos compuestos orgánicos son diluidos, transformados y descompuestos por acción bioquímica del agua (Branco, 1984).
- 3. Antrópico.** Significa “humano”, abarca a todas las modificaciones que sufre el ambiente por causa de la acción humana (Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental, 2012).
- 4. Cadena de custodia.** Es un procedimiento documentado que avala la identidad de las muestras tomadas en campo hasta su llegada al laboratorio (DIGESA, 2015).
- 5. Contaminación.** Es la introducción de una sustancia extraña al ambiente, que ocasiona un impacto perjudicial en el bienestar humano y del ambiente (MINAM, 2016).
- 6. Contaminante.** Es toda sustancia química que no corresponde a la naturaleza del agua o cuya concentración excede el nivel permitido y/o pueda ocasionar efectos nocivos sobre la salud humana o el ambiente (Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental, 2012).
- 7. Cuenca.** Es el espacio geográfico en donde naturalmente circulan todas las aguas hacia un punto de descarga (Aguirre, 2011).

8. Cuerpo de agua. Es un almacén natural donde se acumula un volumen de agua, ejemplos tenemos: ríos, lagos, quebradas, riachuelos y manantiales (OEFA, 2015).

9. Envase. Es un recipiente de diferente material, tamaño y forma destinado a contener muestras de agua para su traslado desde el punto de muestreo hacia el laboratorio, y que reúne las características necesarias para conservar las propiedades de la muestra a analizar (ANA, 2016).

10. Estación de monitoreo. Es aquella zona específica o área de interés donde se va a recolectar las muestras para su posterior análisis y evaluación (García *et al.*, 2006).

11. Muestreo de agua. Es un instrumento de monitoreo, que consiste en extraer una porción del cuerpo de agua para determinar sus condiciones y características reales (DIGESA, 2015).

12. Monitoreo ambiental. Comprende la recolección, el análisis y la evaluación sistemática y comparable de muestras ambientales en un determinado espacio y tiempo, la misma que se realiza a efectos de medir la presencia y concentración de contaminantes en el ambiente (Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental, 2012).

13. Parámetro. Es un elemento de medición que puede ser físico, químico o microbiológico, y es parte de un Estándar de Calidad Ambiental (MINAM, 2017).

14. Protocolo de monitoreo. Documento detallado y conjunto de procedimientos establecidos para llevar a cabo correctamente el monitoreo ambiental (ANA, 2016).

15. Subcuenca. Delimitación comprendida dentro de una cuenca de mayor tamaño (Aguirre, 2011).

16. Vertimiento. Es la descarga intencional de aguas residuales a un cuerpo natural de agua (OEFA, 2015).

17. Proceso natural. Es una etapa que se desarrolla de manera natural en el ambiente como el caudal de los ríos y las quebradas (ANA, 2016).

18. Punto de muestreo. Lugar, punto o área determinada del suelo donde se van tomar las muestras MINAM (2016).

19. PTAR. Es un sistema donde se realiza la limpieza del agua usada (ANA, 2016).

20. Recurso hídrico. Abarca el agua superficial, subterránea, continental, y todas las riquezas unidas a estas. Se expande el agua marítima y atmosférica en lo que se puede aprovechar (ANA, 2016).

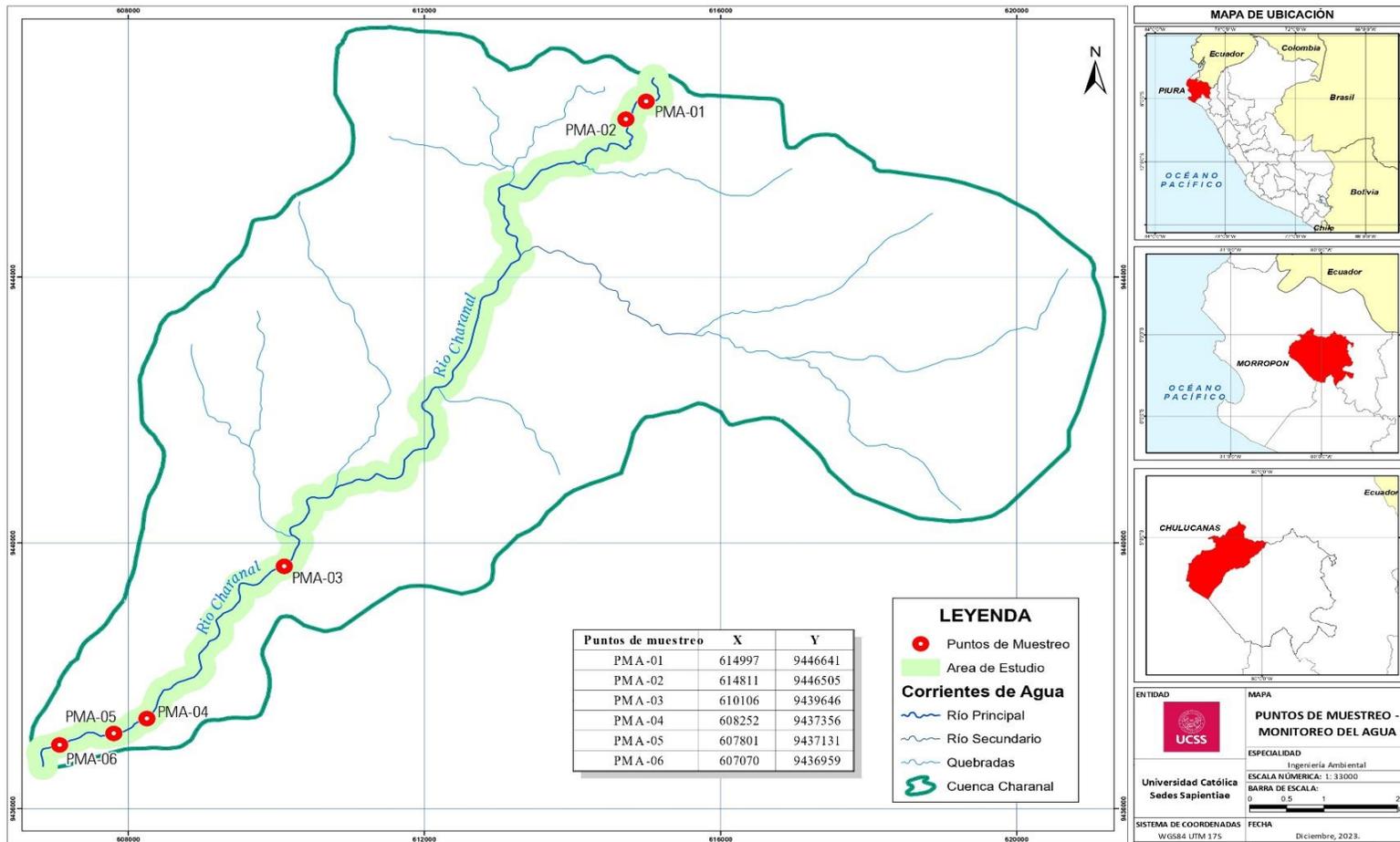
21. Ríos. Es un conjunto de aguas que fluye en un mismo rumbo. Por lo tanto, va a surgir un movimiento concreto y de avance muy rápido en las corrientes (ANA, 2016).

22. Zona de mezcla. Es Volumen de agua en un punto vertido donde las mezclas de concentración son diferentes que no pertenecen a la mezcla y al medio receptor (ANA, 2016).

APÉNDICES

Apéndice 1

Mapa de ubicación del área de estudio



Apéndice 2

Cuaderno de campo



CUADERNO DE CAMPO	
Proyecto de investigación:	Impactos de las actividades antropogénicas sobre la calidad del agua del río Charanal, provincia de Morropón – Piura
Considerar anotaciones de observación directa (quién, cuándo, dónde ocurrió), descripción del lugar físico, ambiental que pudiera incidir en los resultados, especificar el punto geográfico donde ocurrió el suceso, tipo de toma de muestra (puntual o compuesta)	

Descripciones u Observaciones
<p><u>MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA MAYO</u></p>
<p><u>PMA-01</u> : Se observó presencia de vegetación alrededor del río y la presencia de heladas en suspensión como hojas y ramas. La coloración del agua fue transparente, con presencia de turbiedad debido a la presencia de precipitaciones en la parte alta del curso del agua, causando erosión en el suelo.</p>
<p><u>PMA-02</u> : Se observó la presencia de turbiedad por causa de la liberación de suelos y el vertimiento de aguas residuales domésticas derivadas de la PTA 2 San Jorge. Además, se observó la presencia de residuos sólidos en la orilla del río como: frascos de líquidos, botellas de detergente y jabón de lavar, así como botellas de plásticos y bolsas plásticas. Este punto se ubicó cerca a una casa y aguas abajo de la zona de mezcla. Poca vegetación.</p>
<p><u>PMA-03</u> : Se observó la presencia de vegetación y el puntal era elevado por lo que se tomó precauciones para la toma de muestras. En esta área no se observó presencia de residuos. Se vio alta turbiedad y erosión en los extremos del curso del río. A pesar de esto se encuentra ubicado el caserío Sobila y se observó presencia de letrinas, este caserío se ubicó en la falda del cerro, mientras que el río está ubicado en la parte baja.</p>
<p><u>PMA-04</u> : La vegetación en alta por esta área y cerca no se ubican cultivos de terreno agrícola, entre la siembra se observó: maíz, plátano, papas, limón, etc. Esta zona no está afectada por la actividad agrícola. La coloración del agua fue turbia y se observó erosión de suelos en los extremos del río.</p>
<p><u>PMA-05</u> : Este punto está ubicado después de la zona de mezcla de aguas residuales agrícolas, identificando tres afluentes, dos de procedencia desconocida tipo de tipo agrícola y la otra proveniente del dren casapí ubicado en el margen derecho del río Charanal.</p>



CUADERNO DE CAMPO

Proyecto de investigación:	Impactos de las actividades antropogénicas sobre la calidad del agua del río Charanal, provincia de Morropón - Piura
Considerar anotaciones de observación directa (quién, cuándo, dónde ocurrió), descripción del lugar físico, ambiental que pudiera incidir en los resultados, especificar el punto geográfico donde ocurrió el suceso, tipo de toma de muestra (puntual o compuesta)	

Descripciones u Observaciones

MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA | MAYO

PMA-05: Se observó presencia de residuos sólidos como restos de vegetales (maíz) cerca al río se observaron parcelas de cultivos que colindaban y dentro de ellas residuos peligrosos como frascos de fertilizantes, y agroquímicos que podrían afectar la calidad del río Charanal. El agua recolectada tenía presencia de sólidos en suspensión y turbiedad.

PMA-06: Se observó presencia de turbiedad, y cobertura vegetal. En esta área se realiza la actividad agrícola.

MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA | AGOSTO

PMA-01: El caudal fue bajo, común de la época de sequía ya que hay ausencia de lluvias. El agua fue de color clara.

PMA-02: El caudal fue bajo, el agua de color turbia debido que a la hora de la medición se realizaba el vertimiento de aguas deprimidas por la PTAR. San Jorge. Revistió la presencia de residuos sólidos en el área y esta vez con más cantidad.

PMA-03: El caudal fue bajo, el agua de color claro, no hubo presencia de residuos pero sí se pudo observar restos de conchas y conchijos.

PMA-04: El caudal fue bajo, ausencia de residuos y la coloración del agua fue clara. En las piscinas se observó presencia de capas bentónicas y la presencia de peces.

PMA-05: Hubo presencia de peces, así como de residuos sólidos como botellas plásticas. En las piscinas se observó capas bentónicas, y el agua olía mucho a pescado.

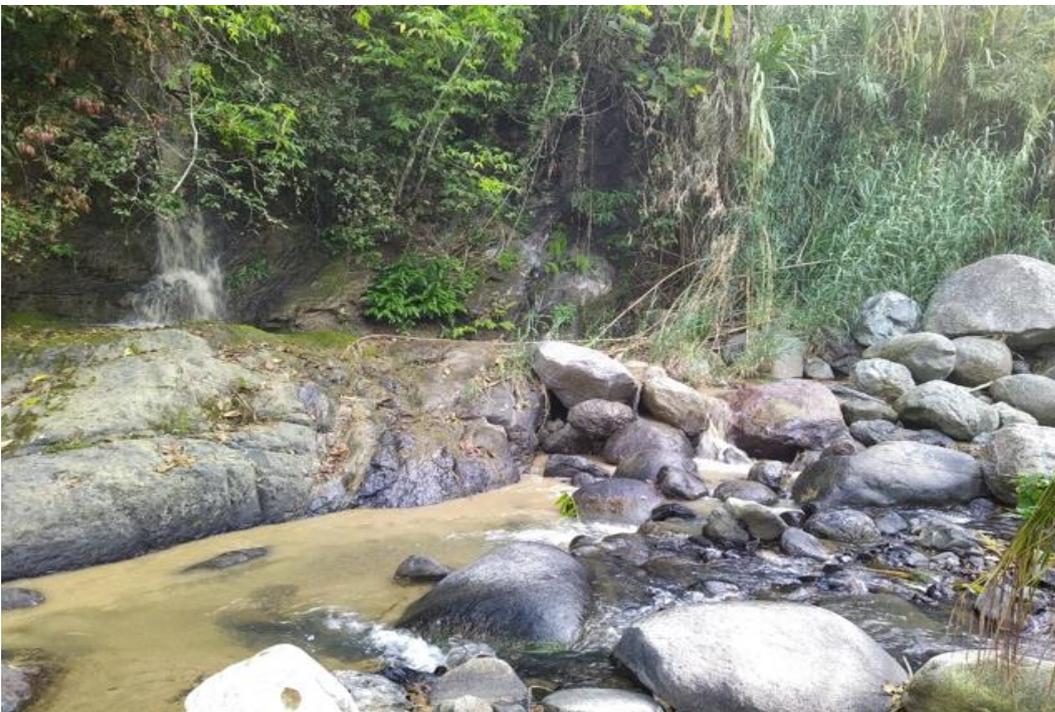
PMA-06: El agua olía a pescado, se observó sólido en suspensión y capas bentónicas en las piscinas. El agua fue de color claro y se observó la presencia de peces.

Apéndice 3

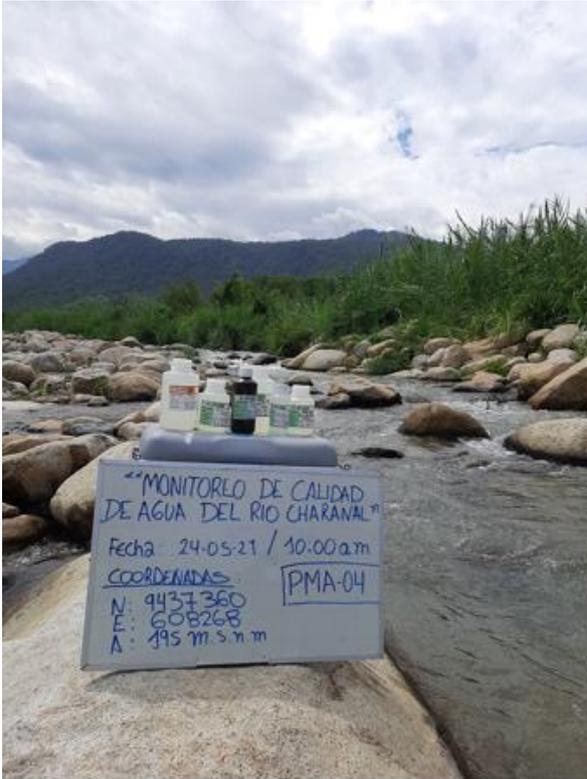
Tomas fotográficas de la investigación



Nota. Zona de mezcla, donde las aguas del río Charanal se combinan con las de aguas residuales agrícolas del canal COSAPI – San Pedro



Nota. Zona de mezcla, donde las aguas del río Charanal se combinan con las aguas residuales domésticas de las lagunas de oxidación del centro poblado San Jorge



Nota. Toma de muestras en la estación PMA-04, ubicación CP. San Pedro



Nota. Medición *in situ* de variables: temperatura, pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto, con el equipo multiparámetro.



Nota. Toma de muestras en la estación PMA-01, ubicación CP. San Jorge



Nota. Adición de preservantes en las muestras de agua.



Nota. Apoyo del Alcalde y el representante de la Junta Administrativa del Agua en la toma de muestras de agua



Nota. Toma de muestras de agua en el punto PMA-03, a la altura del caserío Sábila – San Jorge.

Apéndice 4

Registro de datos en campo

REGISTRO DE DATOS EN CAMPO



FUENTE DE AGUA SUPERFICIAL

Río Chazamal

REALIZADO POR: Robert Alcocar Calle
RESPONSABLE: Robert Alcocar Calle

Punto de monitoreo	Descripción/ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas UTM WGS84		Fecha	Hora	pH	T	OD	COND	Observaciones
						Norte	Este				°C	mg/L	µS/cm	
PMA-01	Agua Superficial	San Jorge	Fués	Ayabaca	Piura	9446641	614997	14/05/21	07:00	7,06	19,1	9,82	314	
PMA-02	Agua Superficial	San Jorge	Fués	Ayabaca	Piura	9446505	614811	14/05/21	07:30	8,45	19,3	4,82	351	
PMA-03	Agua Superficial	Sabilla	Fués	Ayabaca	Piura	9439646	610106	24/05/21	09:30	7,42	19,3	7,64	603	
PMA-04	Agua Superficial	Virgen de la Puerta	Chulucanas	Moquegua	Piura	9437384	608246	24/05/21	10:00	7,46	24,2	5,33	81,4	
PMA-05	Agua Superficial	San Pedro	Chulucanas	Moquegua	Piura	9437131	607801	24/05/21	10:38	5,78	25,3	4,43	81,5	
PMA-06	Agua Superficial	San Pedro	Chulucanas	Moquegua	Piura	9436959	607070	24/05/21	11:12	8,09	25,7	5,45	103,3	

REGISTRO DE DATOS EN CAMPO



FUENTE DE AGUA SUPERFICIAL

Río Chazamal

REALIZADO POR:
RESPONSABLE:

Punto de monitoreo	Descripción/ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas UTM WGS84		Fecha	Hora	pH	T	OD	COND	Observaciones
						Norte	Este				°C	mg/L	µS/cm	
PMA-01	Agua Superficial	San Jorge	Fués	Ayabaca	Piura	9446641	614997	04/08/21	11:50	7,12	19,7	9,27	811	
PMA-02	Agua Superficial	San Jorge	Fués	Ayabaca	Piura	9446505	614811	04/08/21	12:20	9,16	20,2	4,12	828	
PMA-03	Agua Superficial	Sabilla	Fués	Ayabaca	Piura	9439646	610106	04/08/21	13:50	7,73	22,3	7,3	1025	
PMA-04	Agua Superficial	Virgen de la Puerta	Chulucanas	Moquegua	Piura	9437384	608246	02/08/21	10:00	7,74	19,7	7,27	311	
PMA-05	Agua Superficial	San Pedro	Chulucanas	Moquegua	Piura	9437131	607801	02/08/21	11:00	9,16	20,2	8,82	228	
PMA-06	Agua Superficial	San Pedro	Chulucanas	Moquegua	Piura	9436959	607070	02/08/21	12:00	8,53	21,3	8,3	325	

Apéndice 5

Mapa de la ubicación de la zona de mezcla de aguas residuales domésticas



Apéndice 6

Mapa de la ubicación del área de captación de agua para consumo humano de los caseríos San Pedro, Hualtacal, El Checo, Virgen de la Puerta, Mercedes, Talandracas, Pueblo, Calores, La Unión, Pueblo Nuevo de Talandracas, Balcones, El Progreso y Charanal Bajo.



Apéndice 7

Mapa de la ubicación de la zona de mezcla de aguas residuales agrícolas



Apéndice 8

Certificados de acreditación del laboratorio Analytical Laboratory – ALAB E.I.R.L

Certificado

INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Acreditación a:

ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

Laboratorio de Calibración
En su sede ubicada en: Av. Guardia Chalaca N° 1877 - distrito Bellavista, provincia Constitucional del Callao, departamento Lima.

Con base en la norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración
Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-22F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 21 de octubre de 2021
Fecha de Vencimiento: 20 de octubre de 2024

Firmado digitalmente por RODRIGUEZ ALEGRIA
Alejandra FAU 20500283015 soft
Fecha: 2021.10.28 11:02:00
Motivo: Soy el Autor del Documento

ALEJANDRA RODRIGUEZ ALEGRIA
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 27 de octubre de 2021

Código N° : 651-2021-INACAL/DA
Contrato N° : 061-2021/INACAL/DA
Registro N° : LC-052

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y válida identificación dado que el alcance puede estar sujeto a modificaciones, modificaciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe consultarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion (catálogo) o contactados al personal de atención del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es miembro del Comité de Reconocimiento Mutuo del (CNLA) de Inter American Accreditation Co-operation (IAAC) e Interim del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

IA-ac-01P-02M Ver. 02



Accredited Laboratory

A2LA has accredited

ANALYTICAL LABORATORY EIRL

Lima, PERU

for technical competence in and compliance with the

Calibration

This laboratory is accredited in accordance with the recognized International Standard ISO/IEC 17025:2017 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. This laboratory also meets the R205 – Specific Requirements: Calibration Laboratory Accreditation Program. This accreditation demonstrates technical competence for a defined scope and the operation of a laboratory quality management system (refer to joint ISO-ILAC-IAF Communiqué dated April 2017).



Presented this 12th day of January 2021.

Vice President, Accreditation Services
For the Accreditation Council
Certificate Number 6032.01
Valid to March 31, 2023
Revised February 23, 2023

For the calibrations to which this accreditation applies, please refer to the laboratory's Calibration Scope of Accreditation.



CERTIFICATE OF ACCREDITATION

This is to attest that

ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L

AV. GUARDIA CHALACA N° 1877 BELLAVISTA - PROV. CONSTITUCIONAL DEL CALLAO
LIMA, 07001, REPUBLIC OF PERU

Testing Laboratory TL-833

has met the requirements of AC89, IAS Accreditation Criteria for Testing Laboratories, and has demonstrated compliance with ISO/IEC Standard 17025:2017, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. This organization is accredited to provide the services specified in the scope of accreditation.

Effective Date November 4, 2022



President

IAS is an ILAC MRA Signatory

Visit www.iasonline.org for current accreditation information.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN OHLFQ565-081220

7.- RESULTADOS

7,1 RESULTADOS UTILIZANDO SOLUCIONES

Sensor: 51910-00 pH 9260 327

Valor nominal	Valor encontrado	Desviación	Incertidumbre
(pH)	(pH)	(pH)	(pH)
4,01	4,04	0,03	0,2
7,00	6,99	-0,01	0,2
11,01	11,03	0,02	0,2

7,2 RESULTADOS UTILIZANDO SOLUCIONES

sensor 51975-00 CND 9339 161

Valor nominal	Valor encontrado	Desviación	Incertidumbre
(uS/cm)	(uS/cm)	(uS/cm)	(uS/cm)
84,0	75,3	-8,7	1
1413	1399	-14	1

7,3 RESULTADOS UTILIZANDO TEMPERATURA

Solución de Referencia	Lectura del equipo a calibrar	Lectura del Patron	Desviación	Incertidumbre
pH	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
4,01	25,2	25,1	0,1	0,2
7,00	25,1	24,9	0,2	0,2
11,01	24,9	24,8	0,1	0,2
uS/cm	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
84	24,8	24,9	-0,1	0,2
1413	25,0	24,8	0,2	0,2



7,4 NOTAS

- * Los datos obtenidos son el resultado del promedio de 10 mediciones por punto de calibración
- * Se colocó una etiqueta en el equipo indicando la fecha de calibración
- * La periodicidad de la calibración esta en función al uso y mantenimiento del equipo de medición
- * La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura k=2 para un nivel aproximado de confianza del 95%

(FIN DEL DOCUMENTO)

Apéndice 10

Etiquetas para la rotulación de las muestras proporcionados por el laboratorio ALAB

ALAB ANALYTICAL LABORATORY S. R.L. Código de Laboratorio: <input type="text"/>		ALAB ANALYTICAL LABORATORY S. R.L. Código de Laboratorio: <input type="text"/>	
Punto de muestreo :	-----	Punto de muestreo :	-----
Ensayo :	-----	Ensayo :	-----
Preservante :	-----	Preservante :	-----
Tipo de muestra :	-----	Tipo de muestra :	-----
Fecha / Hora :	-----	Fecha / Hora :	-----
Muestreado por :	-----	Muestreado por :	-----

ALAB ANALYTICAL LABORATORY S. R.L. Código de Laboratorio: <input type="text"/>		ALAB ANALYTICAL LABORATORY S. R.L. Código de Laboratorio: <input type="text"/>	
Punto de muestreo :	-----	Punto de muestreo :	-----
Ensayo :	-----	Ensayo :	-----
Preservante :	-----	Preservante :	-----
Tipo de muestra :	-----	Tipo de muestra :	-----
Fecha / Hora :	-----	Fecha / Hora :	-----
Muestreado por :	-----	Muestreado por :	-----

ALAB ANALYTICAL LABORATORY S. R.L. Código de Laboratorio: <input type="text"/>		ALAB ANALYTICAL LABORATORY S. R.L. Código de Laboratorio: <input type="text"/>	
Punto de muestreo :	-----	Punto de muestreo :	-----
Ensayo :	-----	Ensayo :	-----
Preservante :	-----	Preservante :	-----
Tipo de muestra :	-----	Tipo de muestra :	-----
Fecha / Hora :	-----	Fecha / Hora :	-----
Muestreado por :	-----	Muestreado por :	-----

Nota. La etiqueta de color azul es para las muestras que no llevan preservante; verde es para muestras microbiológicas; y amarillo es para muestras de metales pesados, llevando como preservante el HNO₃.

Apéndice 11

Llenado de cadena de custodia

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA										L: 0-09144 N: 0-09144-03							
Datos del cliente Razón Social: <u>Robert Steven Alcocer Calle</u> Persona de contacto: <u>Robert Steven Alcocer Calle</u> Correo / Teléfono: <u>ralcocercalle@gmail.com / 902060423</u> Nombre del proyecto: <u>Impuesto de las actividades extractivas sobre la calidad del agua del río Chazamal</u>										Orden de servicio: <u>05-21-3709</u> Pág. <u>1</u> de <u>1</u> Plan de Monitoreo: Informe de ensayo: <u>IE-21-9147 / CC-21-9069</u> Procedencia o lugar de muestreo: <u>Chazamal, provincia de Morona - Piura</u>									
Descripción de la muestra: <u>HNO₃</u>												Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042							
Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestra	Clasificación		Ubicación	N° Frascos		PARAMETROS DE ENSAYO					PARAMETROS DE SU			OBSERVACIONES			
			Grupo	Sub-grupo		V	P	Turbiedad	Dureza	Nitrito	Nitrato	Amonio	Cloruro	Temperatura (°C)	pH		CE (µmhos/cm)	OD (mg/L)	Cloro Total (mg/L)
1	PMA-04	M-W-32383	F: 02/08/23 H: 10:00	AN	Superficial	N: 9437383.6 E: 669284.3	-	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Muestra de agua tomada en C.A. San Pedro
2	PMA-05	M-W-32334	F: 02/08/23 H: 11:00	AN	Superficial	N: 9437321.3 E: 607801.4	-	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	//
3	PMA-06	M-W-32355	F: 02/08/23 H: 12:00	AN	Superficial	N: 9436959.5 E: 607876.1	-	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	//
4			F: N H: E																
5			F: N H: E																
6			F: N H: E																
7			F: N H: E																
8			F: N H: E																

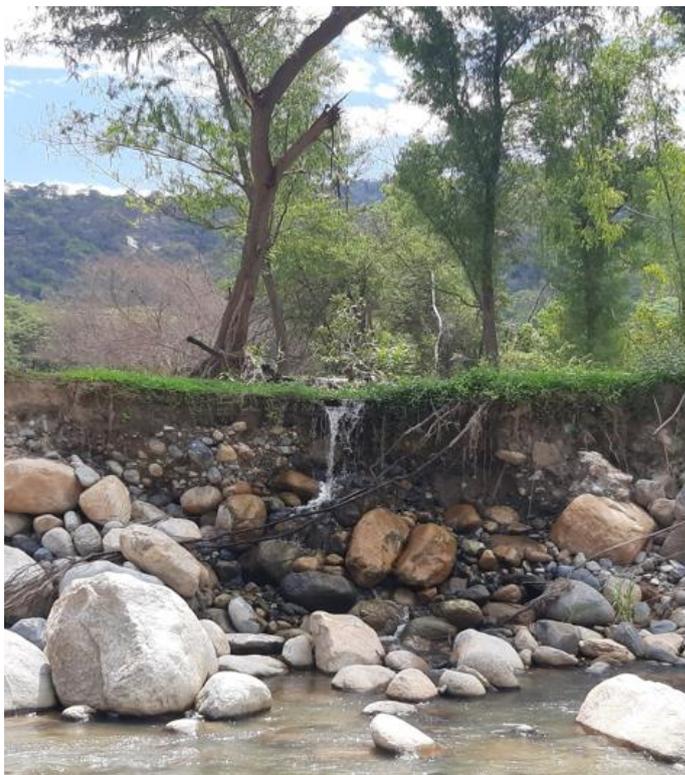
Documento controlado. Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización de ALAB. INFORMES

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA										L: 0-09144 N: 0-09144-03							
Datos del cliente Razón Social: <u>Robert Steven Alcocer Calle</u> Persona de contacto: <u>Robert Steven Alcocer Calle</u> Correo / Teléfono: <u>ralcocercalle@gmail.com / 902060423</u> Nombre del proyecto: <u>Impuesto de las actividades extractivas sobre la calidad del agua del río Chazamal</u>										Orden de servicio: <u>05-21-3709</u> Pág. <u>1</u> de <u>1</u> Plan de Monitoreo: Informe de ensayo: <u>IE-21-9270 / CC-21-9195</u> Procedencia o lugar de muestreo: <u>Chazamal, provincia de Morona - Piura</u>									
Descripción de la muestra: <u>HNO₃</u>												Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042							
Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestra	Clasificación		Ubicación	N° Frascos		PARAMETROS DE ENSAYO					PARAMETROS DE SU			OBSERVACIONES			
			Grupo	Sub-grupo		V	P	Turbiedad	Dureza	Nitrito	Nitrato	Amonio	Cloruro	Temperatura (°C)	pH		CE (µmhos/cm)	OD (mg/L)	Cloro Total (mg/L)
1	PMA-01	M-W-32835	F: 04/08/23 H: 13:50	AN	Superficial	N: 944626.9 E: 617976.6	-	6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Muestra de agua tomada en C.A. San Jorge
2	PMA-02	M-W-32856	F: 04/08/23 H: 12:20	AN	Superficial	N: 9446505.1 E: 640810.7	-	6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Muestra de agua tomada en el centro habitado San Jorge
3	PMA-03	M-W-32857	F: 04/08/23 H: 13:50	AN	Superficial	N: 9443916.3 E: 610106.4	-	6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Muestra de agua tomada cerca al centro habitado
4			F: N H: E																
5			F: N H: E																
6			F: N H: E																
7			F: N H: E																
8			F: N H: E																

Documento controlado. Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización de ALAB. INFORMES

Apéndice 12

Evidencias fotográficas de acciones antrópicas



Nota. Erosión del suelo por pérdida de la cobertura forestal



Nota. Canal COSAPI (aquí terminan las aguas de la agricultura)



Nota. Siembra de arroz cerca al cauce del río Charanal



Nota. Cultivos de maíz sembrados cerca al río Charanal



Nota. Siembra de pastos como alimento para el ganado vacuno.



Nota. Herbicida FUEGO, componente químico glifosato.



Nota. Fertilizantes arrojados en el campo de cultivo.



Nota. Planta de Tratamiento de aguas residuales domésticas CP. San Jorge.

Apéndice 13

Matriz de identificación de actividades antrópicas

Identificación de impactos antrópicas / actividades antrópicas															
Medio	Componente	Factores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Abiótico	Suelo	1													
		2													
		3													
		4													
		5													
	Agua	6													
		7													
		8													
		9													
	Atmósfera	10													
		11													
		12													
Biótico	Flora	13													
		14													
		15													
	Fauna	16													
		17													
		18													
Socioeconómico-cultural	Uso de la tierra	19													
		20													
	Social	21													
		22													
		24													
	Economía	25													
		26													
27															
Perceptual	Paisaje	28													
		29													
		30													
Ecológico	Relaciones ecológicas	31													
		32													
		33													
		34													

Apéndice 14

Acta de validación de matriz de Leopold



ACTA DE VALIDACIÓN DE MATRIZ DE LEOPOLD

Piura, 27 de febrero de 2024

En cumplimiento de las funciones y responsabilidades asignadas a **JG INGENIEROS ASESORES Y CONSULTORES HSE E.I.R.L.**, se llevó a cabo la validación de la matriz de Leopold utilizada en la tesis titulada "Impactos de las actividades antropogénicas sobre la calidad del agua del río Charanal, provincia de Morropón – Piura, 2021", elaborada por Robert Steven Alcocer Calle.

La reunión de la validación se llevó a cabo en Lambayeque, el día 26 de febrero del 2024, con la participación de los siguientes miembros:

- **Ing. JUAN RAMÓN GAVELAN HUAMAN - Gerente General de la empresa JG INGENIEROS ASESORES Y CONSULTORES HSE E.I.R.L.**
- **Ing. CÉSAR AUGUSTO ZATTA SILVA - Consultor Senior de la Empresa JG INGENIEROS ASESORES Y CONSULTORES HSE E.I.R.L.**

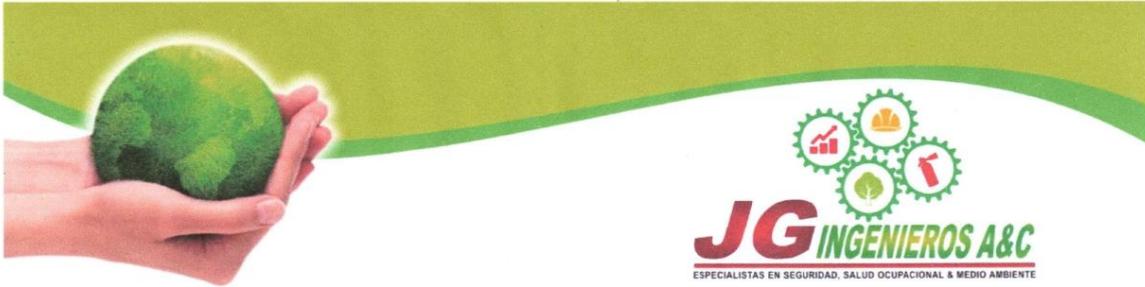
Durante la reunión, se revisaron detalladamente los siguientes aspectos relacionados con la matriz de Leopold:

1. Revisión de la Metodología: Se analizó la metodología utilizada para la elaboración de la matriz de Leopold, incluyendo la identificación de los impactos potenciales y la asignación de valores de magnitud e importancia.

2. Evaluación de la Consistencia: Se verificó la consistencia interna de la matriz, asegurando que los criterios de evaluación fueran aplicados de manera coherente y objetiva.

3. Revisión de los Resultados: Se examinaron los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la matriz, identificando los impactos más significativos y prioritarios para la calidad del agua del río Charanal.

4. Consideración de Comentarios y Observaciones: Se tuvieron en cuenta los comentarios y observaciones realizados por los participantes durante la revisión de la matriz.



Tras una revisión exhaustiva, se concluyó que la matriz de Leopold utilizada en la tesis de Robert Steven Alcocer Calle con DNI 76259982, **CUMPLE** con los estándares de calidad y rigor metodológico requeridos para la evaluación de impacto ambiental. Los resultados obtenidos son consistentes y proporcionan una base sólida para la identificación y priorización de los impactos de las actividades antropogénicas sobre la calidad del agua del río Charanal.

Por lo tanto, se emite esta acta de validación como evidencia de que la matriz de Leopold ha sido validada satisfactoriamente por parte de **JG INGENIEROS ASESORES Y CONSULTORES HSE E.I.R.L.**

JG INGENIEROS A&C
ESPECIALISTAS EN SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL & MEDIO AMBIENTE

Msc. Ing. Juan Ramón Govekán Huamán
CIP: 142668
GERENTE GENERAL

JG INGENIEROS ASESORES Y CONSULTORES HSE E.I.R.L.
GERENTE GENERAL



Código: 006-2024/76259982

Apéndice 15

Informes de ensayo emitidos por Analytical Laboratory – ALAB



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACION INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4811

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: Robert Steven Alcocer Calle
2.-DIRECCIÓN	: Piura
3.-PROYECTO	: IMPACTOS DE LAS ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CHARANAL, PROVINCIA DE MORROPÓN-PIURA
4.-PROCEDENCIA	: Charanal, provincia de Morropón-Piura
5.-SOLICITANTE	: ROBERT STEVEN ALCOCER CALLE
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000002075-2021-0001
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-06-09

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 2
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2021-05-14
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-05-14 al 2021-06-09

Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207

Lindsay Sidney Noe Cruz
Supervisora

Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
CIP N° 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L. Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4811

II. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	SMEWW 9221 F.2, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Coliformes Totales (NMP) ²	SMEWW 9221 B, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Metales Totales ICP-MS ²	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 1994	Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry
Nitrato ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO3- E, 23 rd Ed. 2017	Nitrogen (Nitrate). Colorimetric Method
Nitrito ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO2- B, 23 rd Ed. 2017	Nitrogen (Nitrite). Colorimetric Method
Sólidos Totales Disueltos ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C
Turbidez ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method.

¹⁾ "EPA" : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

"SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4811

III. RESULTADOS

ITEM				1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-17410	M-21-17411
CÓDIGO DEL CLIENTE:				PMA-01	PMA-02
COORDENADAS:				N: 9 446 640.9	N: 9 446 505.1
UTM WGS 84:				E: 614 996.6	E: 614 810.7
PRODUCTO:				Agua Natural	Agua Natural
SUB PRODUCTO:				Superficial (Río)	Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO :				14/05/2021 07:00	14/05/2021 07:30
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	79,0	7 900,0
Escherichia coli (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	33,0	4 900,0
Nitrato (*)	(mg NO ₃ -/L)	0,018	0,044	0,529	0,504
Nitrito (*)	(mg NO ₂ -/L)	0,026	0,066	<0,066	0,095
Sólidos Totales Disueltos (*)	mg Total Dissolved Solids/L	2	5	56	124
Turbidez (*)	NTU	NA	0,01	3,00	128,00
Metales Totales ICP-MS ²					
Aluminio	mg/L	0,001	0,003	0,008	0,086
Antimonio	mg/L	0,001	0,002	<0,002	<0,002
Arsénico	mg/L	0,0002	0,0010	<0,0010	<0,0010
Bario	mg/L	0,0001	0,0003	0,0125	0,0165
Berilio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003
Bismuto	mg/L	0,003	0,010	<0,010	<0,010
Boro	mg/L	0,0003	0,0010	0,0126	0,0074
Cadmio	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002
Calcio	mg/L	0,001	0,004	7,230	8,165
Cerio	mg/L	0,003	0,010	<0,010	<0,010
Cobalto	mg/L	0,0005	0,0020	<0,0020	<0,0020
Cobre	mg/L	0,0001	0,0002	0,0055	0,0120

¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

²⁾ Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *<= Menor que el L.D.M.

*.: No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4811

ITEM				1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-17410	M-21-17411
CÓDIGO DEL CLIENTE:				PMA-01	PMA-02
COORDENADAS:				N: 9 446 640.9	N: 9 446 505.1
UTM WGS 84:				E: 614 996.6	E: 614 810.7
PRODUCTO:				Agua Natural	Agua Natural
SUB PRODUCTO:				Superficial (Río)	Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO:				14/05/2021 07:00	14/05/2021 07:30
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Cromo	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003
Estaño	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010
Estroncio	mg/L	0,00002	0,00005	0,00969	<0,00005
Fosforo	mg/L	0,002	0,006	0,020	0,020
Hierro	mg/L	0,001	0,002	0,068	0,089
Litio	mg/L	0,00003	0,00010	<0,00010	0,00102
Magnesio	mg/L	0,0006	0,0020	19,358	20,654
Manganeso	mg/L	0,00002	0,00005	<0,00005	<0,00005
Mercurio	mg/L	0,000033	0,000100	<0,000100	<0,000100
Molibdeno	mg/L	0,0003	0,0010	0,0023	0,0023
Niquel	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004
Plata	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010
Plomo	mg/L	0,0008	0,0025	<0,0025	<0,0025
Potasio	mg/L	0,003	0,010	0,676	0,658
Selenio	mg/L	0,001	0,002	<0,002	<0,002
Silicio	mg/L	0,0002	0,0007	45,077	44,807
Sodio	mg/L	0,0003	0,0010	38,363	41,290
Taio	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004
Titanio	mg/L	0,0003	0,0010	0,0059	0,0088

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

*-: No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4811

ITEM				1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-17410	M-21-17411
CÓDIGO DEL CLIENTE:				PMA-01	PMA-02
COORDENADAS:				N: 9 446 640.9	N: 9 446 505.1
UTM WGS 84:				E: 614 996.6	E: 614 810.7
PRODUCTO:				Agua Natural	Agua Natural
SUB PRODUCTO:				Superficial (Río)	Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO:				14/05/2021 07:00	14/05/2021 07:30
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Torio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003
Uranio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003
Vanadio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003
Zinc	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	0,0065

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *<= Menor que el L.D.M.

*-: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-5264

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: Robert Steven Alcocer Calle
2.-DIRECCIÓN	: Piura
3.-PROYECTO	: IMPACTOS DE LAS ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CHARANAL, PROVINCIA DE MORROPÓN-PIURA
4.-PROCEDENCIA	: Charanal, provincia de Morropón-Piura
5.-SOLICITANTE	: ROBERT STEVEN ALCOCER CALLE
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000002075-2021-0001
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-06-22

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 4
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2021-05-24
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-05-24 al 2021-06-22



Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207



Lindsay Sidney Noe Cruz
Supervisora



Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
CIP N° 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-5264
III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	SMEWW 9221 F.2, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Dureza Total ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340-C, 23 rd Ed. 2017	Hardness. EDTA Titrimetric Method
Escherichia coli (NMP) ²	SMEWW 9221 F.2, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Metales Totales ²	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 1994	Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry
Nitrato ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO3- E, 23 rd Ed. 2017	Nitrogen (Nitrate). Colorimetric Method
Nitrito ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO2- B, 23 rd Ed. 2017	Nitrogen (Nitrite). Colorimetric Method
Sólidos Totales Disueltos ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C
Turbidez ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method.

¹EPA* : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

SMEWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-5264

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-18840	M-21-18841	M-21-18842	M-21-18843			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	PMA-03	PMA-04	PMA-05	PMA-06			
COORDENADAS:	E:610 106.1	E:608 284.3	E:607 801.1	E:607 070.1			
UTM WGS 84:	N:9 439 646.3	N:9 437 383.6	N:9 437 131.3	N:9 436 959.5			
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	I-OPE-1.4						
FECHA y HORA DE MUESTREO :	24-05-2021 09:30	24-05-2021 10:00	24-05-2021 10:38	24-05-2021 11:12			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	140,0	-	-	-
Dureza Total (*)	mg CaCO ₃ /L	2	5	-	47	45	63
Escherichia coli (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	110,0	-	-	-
Nitrato (*)	(mg NO ₃ -/L)	0,018	0,044	1,815	1,615	1,234	1,084
Nitrato (*)	(mg NO ₂ -/L)	0,026	0,066	0,094	0,097	0,102	0,097
Sólidos Totales Disueltos (*)	mg Total Dissolved Solids/L	2	5	92	94	96	96
Turbidez (*)	NTU	NA	0,01	6,00	7,50	7,65	5,50
Metales Totales ²							
Aluminio	mg/L	0,001	0,003	0,208	0,018	0,155	0,219
Antimonio	mg/L	0,001	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Arsénico	mg/L	0,0002	0,0010	0,0145	<0,0010	0,0156	0,0151
Bario	mg/L	0,0001	0,0003	0,0381	0,0375	0,0322	0,0360
Berilio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Bismuto	mg/L	0,003	0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Boro	mg/L	0,0003	0,0010	0,0095	<0,0010	0,0062	0,0109
Cadmio	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Calcio	mg/L	0,001	0,004	18,800	18,792	19,341	19,722
Cerio	mg/L	0,003	0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cobalto	mg/L	0,0005	0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020

¹) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

²) Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *"<=" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *"<=" Menor que el L.D.M.

*-: No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-5264

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-18840	M-21-18841	M-21-18842	M-21-18843			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	PMA-03	PMA-04	PMA-05	PMA-06			
COORDENADAS:	E:610 106.1	E:608 284.3	E:607 801.1	E:607 070.1			
UTM WGS 84:	N-9 439 646.3	N-9 437 383.6	N-9 437 131.3	N-9 436 959.5			
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	I-OPE-1.4						
FECHA y HORA DE MUESTREO:	24-05-2021 09:30	24-05-2021 10:00	24-05-2021 10:38	24-05-2021 11:12			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Cobre	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Cromo	mg/L	0,0001	0,0003	0,0015	0,0012	0,0019	0,0017
Estaño	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Estroncio	mg/L	0,00002	0,00005	0,10964	0,00065	0,10912	0,11286
Fosforo	mg/L	0,002	0,006	0,071	0,030	0,060	0,070
Hierro	mg/L	0,001	0,002	0,117	0,144	0,059	0,181
Litio	mg/L	0,00003	0,00010	0,00219	0,00180	0,00180	0,00164
Magnesio	mg/L	0,0006	0,0020	4,4312	0,4000	0,5267	4,6804
Manganeso	mg/L	0,00002	0,00005	0,01433	0,00020	0,01032	0,02382
Mercurio	mg/L	0,000033	0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100
Molibdeno	mg/L	0,0003	0,0010	0,0053	<0,0010	0,0054	0,0058
Niquel	mg/L	0,0001	0,0004	0,0039	<0,0004	0,0043	0,0041
Plata	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Plomo	mg/L	0,0008	0,0025	0,1241	<0,0025	0,2655	0,0039
Potasio	mg/L	0,003	0,010	1,576	1,493	1,519	1,619
Selenio	mg/L	0,001	0,002	0,003	<0,002	0,002	0,002
Silicio	mg/L	0,0002	0,0007	12,5601	0,0976	10,2785	12,7343
Sodio	mg/L	0,0003	0,0010	10,5332	0,3350	100,0540	11,5496

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-5264

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-18840	M-21-18841	M-21-18842	M-21-18843			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	PMA-03	PMA-04	PMA-05	PMA-06			
COORDENADAS:	E:610 106.1	E:608 284.3	E:607 801.1	E:607 070.1			
UTM WGS 84:	N:9 439 646.3	N:9 437 383.6	N:9 437 131.3	N:9 436 959.5			
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	I-OPE-1.4						
FECHA y HORA DE MUESTREO:	24-05-2021 09:30	24-05-2021 10:00	24-05-2021 10:38	24-05-2021 11:12			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Talio	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Titanio	mg/L	0,0003	0,0010	0,0203	<0,0010	0,0161	0,0236
Torio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Uranio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Vanadio	mg/L	0,0001	0,0003	0,0491	0,0094	0,0452	0,0493
Zinc	mg/L	0,0001	0,0002	0,0373	0,0005	0,0670	0,0562

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-9270

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: Robert Steven Alcocer Calle
2.-DIRECCIÓN	: Piura
3.-PROYECTO	: IMPACTOS DE LAS ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CHARANAL, PROVINCIA DE MORROPÓN-PIURA
4.-PROCEDENCIA	: Charanal, provincia de Morropón-Piura
5.-SOLICITANTE	: ROBERT STEVEN ALCOCER CALLE
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000003709-2021-0001
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-08-20

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 3
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2021-08-04
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-08-04 al 2021-08-20



Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207



Lindsay Sidney Noe Cruz
Supervisora



Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
CIP N° 152207



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L. Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-9270

II. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TITULO
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NM P) ²	SMEWW 9221 F.2, 23rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Escherichia coli (NMP) ²	SMEWW 9221 F.2, 23rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Metales Totales ICP-MS ²	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 1994	Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry
Nitrato ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO3- E, 23rd Ed. 2017	Nitrogen (Nitrate). Colorimetric Method
Nitrito ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO2- B, 23rd Ed. 2017	Nitrogen (Nitrite). Colorimetric Method
Turbidez ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method.

¹⁾ "EPA" : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

²⁾ "SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

²⁾ Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-9270

III. RESULTADOS

ITEM	1	2	3			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-32835	M-21-32836	M-21-32837			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	PMA-01	PMA-02	PMA-03			
COORDENADAS:	E:0614996	E:0614810	E:0610106			
UTM WGS 84:	N:9446640	N:9446505	N:9439646			
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA					
FECHA y HORA DE MUESTREO :	04-08-2021 11:50	04-08-2021 12:20	04-08-2021 13:50			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	33,0	490,0	70,0
Escherichia coli (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	23,0	490,0	49,0
Nitrato (*)	(mg NO ₃ -/L)	0,018	0,044	1,124	1,014	0,564
Nitrito (*)	(mg NO ₂ -/L)	0,026	0,066	0,098	0,101	0,098
Turbidez (*)	NTU	NA	0,01	0,90	3,90	2,60
Sólidos Totales Disueltos (*)	mg Total Dissolved Solids/L	2	5	29	58	35
Metales Totales ICP-MS ²						
Aluminio	mg/L	0,001	0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Antimonio	mg/L	0,001	0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Arsénico	mg/L	0,0002	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Bario	mg/L	0,0001	0,0003	0,0360	0,0344	0,0374
Berilio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Bismuto	mg/L	0,003	0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Boro	mg/L	0,0003	0,0010	0,0201	0,0208	0,0318
Cadmio	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Calcio	mg/L	0,001	0,004	28,000	28,568	27,800
Cerio	mg/L	0,003	0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cobalto	mg/L	0,0005	0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020
Cobre	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Cromo	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003

¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

²⁾ Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *c*= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *c*= Menor que el L.D.M.

*-: No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-9270

ITEM				1	2	3
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-32835	M-21-32836	M-21-32837
CÓDIGO DEL CUENTE:				PMA-01	PMA-02	PMA-03
COORDENADAS:				E:0614996	E:0614810	E:0610106
UTM WGS 84:				N:9446640	N:9446505	N:9439646
PRODUCTO:				Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural
SUB PRODUCTO:				Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA		
FECHA y HORA DE MUESTREO:				04-08-2021 11:50	04-08-2021 12:20	04-08-2021 13:50
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Estaño	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Estroncio	mg/L	0,00002	0,00005	0,11019	0,11765	0,11311
Fosforo	mg/L	0,002	0,006	<0,006	<0,006	0,009
Hierro	mg/L	0,001	0,002	<0,002	0,106	<0,002
Litio	mg/L	0,00003	0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010
Magnesio	mg/L	0,0006	0,0020	4,7640	4,5448	5,5761
Manganeso	mg/L	0,00002	0,00005	<0,00005	0,00098	0,00090
Mercurio	mg/L	0,000033	0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100
Molibdeno	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Niquel	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Plata	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Plomo	mg/L	0,0008	0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025
Potasio	mg/L	0,003	0,010	1,364	1,276	1,226
Selenio	mg/L	0,001	0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Silice	mg/L	0,0010	0,0020	33,0514	32,4086	27,9228
Silicio	mg/L	0,0002	0,0007	15,4240	15,1240	13,0307
Sodio	mg/L	0,0003	0,0010	10,0801	10,9659	16,3998
Talio	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Titanio	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Torio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003

Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-9270

ITEM	1	2	3			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-32835	M-21-32836	M-21-32837			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	PMA-01	PMA-02	PMA-03			
COORDENADAS:	E:0614996	E:0614810	E:0610106			
UTM WGS 84:	N:9446640	N:9446505	N:9439646			
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA					
FECHA y HORA DE MUESTREO:	04-08-2021 11:50	04-08-2021 12:20	04-08-2021 13:50			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Uranio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Vanadio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Zinc	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002

* Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

*: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-9147

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: Robert Steven Alcocer Calle
2.-DIRECCIÓN	: Piura
3.-PROYECTO	: IMPACTOS DE LAS ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CHARANAL, PROVINCIA DE MORROPÓN-PIURA
4.-PROCEDENCIA	: Charanal, provincia de Morropón-Piura
5.-SOLICITANTE	: ROBERT STEVEN ALCOCER CALLE
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000003709-2021-0001
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-08-16

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 3
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2021-08-02
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-08-02 al 2021-08-16



Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207



Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
CIP N° 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L. Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-9147

II. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TITULO
Dureza Total ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340-C, 23 rd Ed. 2017	Hardness. EDTA Titrimetric Method
Metales Totales ICP-MS ²	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 1994	Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry
Nitrato ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO3- E, 23 rd Ed. 2017	Nitrogen (Nitrate). Colorimetric Method
Nitrito ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO2- B, 23 rd Ed. 2017	Nitrogen (Nitrite). Colorimetric Method
Turbidez ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B 23rd Ed. 2017	Turbidity. Nephelometric Method.

¹EPA¹ : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

²SMEWW² : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-9147

III. RESULTADOS

ITEM	1	2	3			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-32333	M-21-32334	M-21-32335			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	PMA-04	PMA-05	PMA-06			
COORDENADAS:	E:0608284	E:0607801	E:0607070			
UTM WGS 84:	N:9437383	N:9437131	N:9436959			
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA					
FECHA y HORA DE MUESTREO :	02-08-2021 10:00	02-08-2021 11:00	02-08-2021 12:00			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Dureza Total (*)	mg CaCO ₃ /L	2	5	104	122	102
Nitrato (*)	(mg NO ₃ -/L)	0,018	0,044	0,712	0,519	1,021
Nitrato (*)	(mg NO ₂ -/L)	0,026	0,066	0,097	0,103	0,097
Turbidez (*)	NTU	NA	0,01	2,00	2,30	2,90
Sólidos Totales Disueltos (*)	mg Total Dissolved Solids/L	2	5	29	26	24
Metales Totales ICP-MS ²						
Aluminio	mg/L	0,001	0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Antimonio	mg/L	0,001	0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Arsénico	mg/L	0,0002	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Bario	mg/L	0,0001	0,0003	0,0438	0,0543	0,0455
Berilio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Bismuto	mg/L	0,003	0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Boro	mg/L	0,0003	0,0010	0,0279	0,0290	0,0233
Cadmio	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Calcio	mg/L	0,001	0,004	28,258	28,130	28,642
Cerio	mg/L	0,003	0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cobalto	mg/L	0,0005	0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020

¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *c*= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *c*= Menor que el L.D.M.

*.: No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-9147

ITEM				1	2	3
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-32333	M-21-32334	M-21-32335
CÓDIGO DEL CLIENTE:				PMA-04	PMA-05	PMA-06
COORDENADAS:				E:0608284	E:0607801	E:0607070
UTM WGS 84:				N:9437383	N:9437131	N:9436959
PRODUCTO:				Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural
SUB PRODUCTO:				Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA		
FECHA y HORA DE MUESTREO:				02-08-2021 10:00	02-08-2021 11:00	02-08-2021 12:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Cobre	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Cromo	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Estaño	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Estroncio	mg/L	0,00002	0,00005	0,12789	0,15707	0,13235
Fosforo	mg/L	0,002	0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Hierro	mg/L	0,001	0,002	0,285	0,574	0,554
Litio	mg/L	0,00003	0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010
Magnesio	mg/L	0,0006	0,0020	7,7577	9,4394	7,7064
Manganeso	mg/L	0,00002	0,00005	0,00042	0,00199	0,00157
Mercurio	mg/L	0,000033	0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100
Molibdeno	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Niquel	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Plata	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Plomo	mg/L	0,0008	0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025
Potasio	mg/L	0,003	0,010	1,025	1,467	1,275
Selenio	mg/L	0,001	0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Silice	mg/L	0,0010	0,0020	23,7666	26,7691	26,7129
Silicio	mg/L	0,0002	0,0007	11,0911	12,4923	12,4660
Sodio	mg/L	0,0003	0,0010	6,5486	7,0761	6,4065
Talio	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004

* Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *<= Menor que el L.D.M.

*-: No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-9147

ITEM	1	2	3			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-32333	M-21-32334	M-21-32335			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	PMA-04	PMA-05	PMA-06			
COORDENADAS:	E:0608284	E:0607801	E:0607070			
UTM WGS 84:	N:9437383	N:9437131	N:9436959			
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA					
FECHA y HORA DE MUESTREO:	02-08-2021 10:00	02-08-2021 11:00	02-08-2021 12:00			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Titanio	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Torio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Uranio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Vanadio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Zinc	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002

* Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *<= Menor que el L.D.M.

*.: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Apéndice 16

ECA-agua categoría 1 – subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FISICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ ⁻) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₈ - C ₄₀)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos (e)	(e)	1,0	1,0	1,0
Bromoforno	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodichlorometano	mg/L	0,06	**	**
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrín + Dieldrín	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrín	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
II. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copepodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃⁻-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃⁻).

Apéndice 17

ECA-agua categoría 3 – subcategoría D1: Riego de vegetales

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Nota:

(*)El estándar de calidad de Amoníaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH₃-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH₃).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ ⁻ -N) + Nitritos (NO ₂ ⁻ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ ⁻ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24

ORGÁNICO

Bifenilos Policlorados

Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04	0,045
------------------------------	------	------	-------

PLAGUICIDAS

Paratión	µg/L	35	35
----------	------	----	----

Organoclorados

Aldrín	µg/L	0,004	0,7
Clordano	µg/L	0,006	7
Dicloro Difénil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001	30
Dieldrín	µg/L	0,5	0,5
Endosulfán	µg/L	0,01	0,01
Endrín	µg/L	0,004	0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	0,03
Lindano	µg/L	4	4

Carbamato

Aldicarb	µg/L	1	11
----------	------	---	----

MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO

Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminthos	Huevo/L	1	1	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.