

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN PISCIGRANJA DE *Piaractus
brachpomus* (PACO) DURANTE LA ESTACIÓN DE AVENIDA EN EL
DISTRITO DE SANTO DOMINGO DE ANDA, 2024-2025.**

Tesis

**Para obtener título de
INGENIERO AMBIENTAL**

**Presentado por
JHON ANTONY ORIZANO VILLANUEVA**

Tingo María – Perú

2025



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°082-2025-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 21 de julio de 2025, a horas 7:30 p.m. en la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN PISCIGRANJA DE *Piaractus brachpomus* (PACO) DURANTE LA ESTACIÓN DE AVENIDA EN EL DISTRITO DE SANTO DOMINGO DE ANDA, 2024-2025.”

Presentado por la Bachiller: **ORIZANO VILLANUEVA, JHON ANTONY** después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“BUENA”**.

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

Tingo María, 18 de agosto de 2025

Mtblgo.MSc. LUIS ALBERTO SANCHEZ ROMERO
PRESIDENTE

Blgo. MSc. CÉSAR AUGUSTO GOZME SULCA
MIEMBRO

Dr. JOSÉ LUIS HAREDES SALAZAR
MIEMBRO



Dr. LUIS EDUARDO ORE CIERZO
ASESOR



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 289 - 2025 - CS-RIDUNAS

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

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería Ambiental

Tipo de documento:

Tesis X Trabajo de Suficiencia Profesional

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN PISCIGRANJA DE <i>Piaractus brachipomus</i> (PACO) DURANTE LA ESTACIÓN DE AVENIDA EN EL DISTRITO DE SANTO DOMINGO DE ANDA, 2024-2025.	JHON ANTONY ORIZANO VILLANUEVA	07 % Siete	Menor a 20 %

Tingo María, 02 de setiembre de 2025.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO

ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
JEFE

C.C. Archivo

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



PROYECTO DE TESIS

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN PISCIGRANJA DE *Piaractus
brachpomus* (PACO) DURANTE LA ESTACIÓN DE AVENIDA EN EL
DISTRITO DE SANTO DOMINGO DE ANDA, 2024-2025**

Autor	: Jhon Antony Orizano Villanueva
Asesor	: Dr. Luis Eduardo Ore Cierto
Programa de investigación	: Gestión Ambiental - PICSDS.
Línea(s) de investigación	: Gestión Ambiental.
Eje temático de investigación	: Gestión de la Contaminación.
Lugar de ejecución	: Distrito de Santo Domingo de Anda
Duración	: 06 meses
Financiamiento	: S/. 2,872.7
FEDU	: S/.00.00
Propio	: S/. 2,872.7
Otros	: S/.00.00

Tingo María, Perú, 2025

DEDICATORIA

Ante todo, elevo mi gratitud infinita a Dios, mi refugio y fortaleza eterna, quien con su amor inquebrantable y su divina protección ha guiado cada paso de este camino. En Él deposité mi fe y confianza cuando la incertidumbre parecía envolverme, y es gracias a Su luz que hoy celebro estos logros.

A mi madre, Candelaria Villanueva, mujer de coraje indomable y corazón inmenso, que desde las calles donde la adversidad marcaba el destino, nunca dejó de creer en mí. Tus manos que me alimentaron en tiempos difíciles, tu aliento que fue el sustento para levantarme y seguir adelante, son el pilar firme sobre el que construí cada sueño. Este logro es tan tuyo como mío, y te lo entrego con amor y respeto eternos.

A mis seis hermanos –Manuel, David, Toño, Diana, Melissa y Madiam– y a mi padre, Simonides Orizano, quienes, con su apoyo incondicional, su fuerza moral y su presencia constante fueron mi familia y mi compañía en la niñez y hasta el presente, sembrando en mí el valor y la perseverancia. Sin ustedes, este viaje no habría tenido sentido ni esperanza.

Finalmente, a mis docentes y compañeros de la promoción 2019 de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, gracias por compartir conocimientos, risas y desafíos académicos que enriquecieron esta etapa. Juntos forjamos un camino de aprendizaje y compañerismo que perdurará más allá de las aulas.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, mi segunda casa, por brindarme el espacio propicio para forjar mi profesión y crecer tanto académica como personalmente. Esta institución ha sido fundamental en la construcción de mis conocimientos y valores.
- A mis queridos docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por su dedicación, paciencia y compromiso en compartir sus enseñanzas, que han iluminado mi camino y fortalecido mis capacidades para enfrentar los retos profesionales con ética y excelencia
- Al Ing. Luis Eduardo Oré Cierta, asesor de investigación, por su invaluable apoyo, guía experta y constante acompañamiento en cada etapa del desarrollo de este trabajo. Su compromiso fue clave para convertir esta investigación en una realidad sólida y significativa.
- A mi madre, Candelaria Villanueva, cuyo apoyo financiero y moral fue un pilar esencial para alcanzar esta meta. Su sacrificio y amor incondicional me dieron la fuerza para superar cualquier obstáculo y seguir adelante con determinación.
- A mis jurados calificadores, MSc. Luis Alberto Sánchez Romero, MSc. César Augusto Gómez Sulca e Ing. MSc. Angie Tatiana Fernández Escobar, agradezco profundamente su predisposición, valiosas observaciones y tiempo dedicado a evaluar este trabajo, contribuyendo significativamente a su enriquecimiento académico y calidad final.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Objetivos	2
1.1.1.	Objetivo general	2
1.1.2.	Objetivos específicos	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	1
2.1.	Antecedentes	1
2.1.1.	Antecedentes internacionales	1
2.1.2.	Antecedentes nacionales.	2
2.1.3.	Antecedentes locales	3
2.2.	Bases teóricas.....	4
2.2.1.	Agua.....	4
2.2.2.	Calidad de agua	4
2.2.3.	Estándares de calidad ambiental (ECA-PE) para Agua.	4
2.2.4.	Categorización de los cuerpos de agua continentales superficiales.	5
2.2.5.	Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS).	5
2.2.6.	Acuicultura	6
2.2.7.	Piscicultura	6
2.2.8.	Piscigranja	6
2.2.9.	Calidad de agua en acuicultura.	7
2.2.10.	<i>Piaractus brachypomus</i> (Paco)	7
2.2.11.	Calidad de agua para el cultivo de <i>Piaractus brachypomus</i>	8
2.2.12.	Época de avenida.....	8
2.3.	Marco conceptual.....	9
2.3.1.	Ph	9
2.3.2.	Temperatura	9
2.3.3.	Sólidos Totales Disueltos (TDS).....	9
2.3.4.	Salinidad.....	9
2.3.5.	Resistencia Eléctrica	10

	1
2.3.6. Potencial de Oxidación-Reducción (ORP).....	10
2.3.7. Conductividad	10
2.3.8. Turbiedad	10
2.3.9. Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días (DBO ₅).....	10
2.3.10. Oxígeno Disuelto (OD)	10
2.3.11. Coliformes Totales	11
2.3.12. Coliformes Fecales.....	11
2.3.13. Salmonella sp.	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1. Lugar de ejecución.....	12
3.1.1. Ubicación geográfica	13
3.1.2. Ubicación política	13
3.1.3. Característica general de la zona de estudio.....	14
3.2. Materiales y equipos	15
3.2.1. Materiales	15
3.2.2. Equipos	15
3.2.3. Programas	15
3.3. Criterio y análisis de estudio.....	16
3.3.1. Tipo de estudio.....	16
3.3.2. Nivel de investigación.....	16
3.3.3. Diseño de estudio	16
3.3.4. Operacionalización de variables	17
3.3.5. Población	18
3.3.6. La muestra	18
3.3.7. Unidad de análisis	18
3.4. Técnica e instrumento de recolección de datos.....	18
3.4.1. Técnica	18
3.4.2. Instrumento	19
3.4.3. Valides y confiabilidad de los instrumentos.	19
3.4.4. Proceso de análisis de datos.	19

	2
3.5. Metodología	19
3.5.1. Determinación de puntos de monitoreo	19
3.5.2. Determinación de los parámetros fisicoquímicos y orgánicos del agua en la piscigranja.	20
3.5.3. Comparación de los resultados con los ECAS para los parámetros fisicoquímicos y orgánicos.....	23
3.5.4. Valoración del Índice de Calidad de Agua (mediante ICARHS)	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1. Determinación de Puntos de Monitoreo para la Piscigranja de <i>Piaractus brachypomus</i> en Santo Domingo de Anda, 2025.....	31
4.2. Determinación los valores de los parámetros fisicoquímicos y orgánicos del agua en las piscigranjas de <i>Piaractus brachypomus</i> (paco) durante la época de avenida en el distrito de Santo Domingo de Anda	32
4.2.1. Noviembre.....	32
4.2.2. Diciembre.	33
4.2.3. Enero	34
4.2.4. Febrero.	35
4.2.5. Marzo.	35
4.2.6. Abril.	36
4.3. Comparación de los parámetros fisicoquímicos del agua que no cumplen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en las piscigranjas de <i>Piaractus brachypomus</i> (paco) durante la estación de avenida en el distrito de Santo Domingo de Anda.	38
4.3.1. Punto N° 1: Quebrada Villa 001 (aguas arriba de la piscigranja).	38
4.3.2. Punto N° 2: Estanque primario (Estanque principal 002).....	41
4.3.3. Punto N° 3: Estanque secundario (Piscigranja secundario 003).	44
4.3.4. Punto N° 4: Quebrada Villa 004 (aguas abajo de la piscigranja).....	46
4.4. Comparación de los parámetros orgánicos del agua que no cumplen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en las piscigranjas de <i>Piaractus</i> <i>brachypomus</i> (paco) durante el periodo de avenida en el distrito de	

Santo Domingo de Anda.	49
4.4.1. Punto N° 1: Quebrada Villa 001 (aguas arriba de la piscigranja).	49
4.4.2. Punto N° 2: Estanque de producción (Estanque principal 002).	52
4.4.3. Punto N° 3: Estanque de producción (Piscigranja secundario 003).	55
4.4.4. Punto N° 4: Quebrada Villa 004 (aguas abajo de la piscigranja).	57
4.5. Cálculo del Índice de calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) en las piscigranjas de <i>Piaractus brachipomus</i> (paco), considerando las condiciones propias de la temporada de avenida en el distrito de Santo Domingo de Anda, 2024-2025.	60
V. CONCLUSIONES.	73
VI. PROPUESTA A FUTURO.	74
VII. REFERENCIAS.	75
VIII. ANEXO.	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Descripción taxonómica del Paco.	7
2. Parámetros considerados en cultivo de <i>Piaractus Brachypomus</i>	8
3. Tabla de características geográficas geográfica.	13
4. Operacionalización de variables.....	17
5. ECA, categoría 2.	24
6. ECA, categoría 3.	25
7. Parámetros considerados para la aplicación del ICAHRS en las 2 categorías.	27
8. Sistema de Codificación y Características de los Puntos de Monitoreo.	31
9. Resultados del monitoreo de los parámetros fisicoquímico y orgánicos durante el mes de noviembre.....	33
10. Resultados del monitoreo de los parámetros fisicoquímico y orgánicos durante el mes de diciembre.....	33
11. Resultados del monitoreo de los parámetros fisicoquímico y orgánicos durante el mes de enero.	34
12. Resultados del monitoreo de los parámetros fisicoquímico y orgánicos durante el mes de febrero.	35
13. Resultados del monitoreo de los parámetros fisicoquímico y orgánicos durante el mes de marzo.	36
14. Resultados del monitoreo de los parámetros fisicoquímico y orgánicos durante el mes de abril.	37
15. Parámetros fisicoquímicos del punto Q-Vill-001 comparados con el ECA (Categoría 3 - Subcategoría D2): Monitoreo mensual.	38
16. Parámetros fisicoquímicos del punto E-Ppri-002 comparados con el ECA (Categoría 2 - Subcategoría C4): Monitoreo mensual.....	41
17. Parámetros fisicoquímicos del punto E-Psec-003 comparados con el ECA (Categoría 2 - Subcategoría C4): Monitoreo mensual.....	44
18. Parámetros fisicoquímicos del punto Q-Vill-004 comparados con el ECA (Categoría 3 - Subcategoría D2): Monitoreo mensual.	46
19. Parámetros orgánicos del punto Q-Vill-001 comparados con el ECA (Categoría 3 - Subcategoría D2): Monitoreo mensual.	50
20. Parámetros orgánicos del punto E-Ppri-002 comparados con el ECA (Categoría 2 - Subcategoría C4): Monitoreo mensual.....	52
21. Parámetros orgánicos del punto E-Psec-003 comparados con el ECA (Categoría	

2 - Subcategoría C4): Monitoreo mensual.....	55
22. Parámetros orgánicos del punto Q-Vill-004 comparados con el ECA (Categoría 3 - Subcategoría D2): Monitoreo mensual.	58
23. Cálculo del del Índice de calidad Ambienta de los Recursos Hídricos Superficiales (ICAHRS) en el primer punto de monitoreo (Quebrada villa, con código: Q-Vill-001) con la Categoría 3-Subcategoría D2 (Aguas destinadas para bebida de animales).	61
24. Cálculo Índice de calidad Ambienta de los Recursos Hídricos Superficiales (ICAHRS) en el segundo punto de monitoreo (Piscigranja principal, con código: E-Ppri-002) con la Categoría 2-Subcategoría C4 (Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas).	63
25. Cálculo del Índice de calidad Ambienta de los Recursos Hídricos Superficiales (ICAHRS) en el segundo punto de monitoreo (Piscigranja secundaria, con código: E-Psec-003) con la Categoría 2-Subcategoría C4 (Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas).	65
26. Cálculo del Índice de calidad Ambienta de los Recursos Hídricos Superficiales (ICAHRS) en el cuarto punto de monitoreo (Quebrada villa, con código: Q-Vill-004) con la Categoría 3-Subcategoría D2 (Aguas destinadas para bebida de animales).	67
27. Cálculo de los subíndices S1 y S2 en los 4 puntos de monitoreo.....	69

ÍNDICE DE FIGURA

Figura	Página
1. Mapa de ubicación Google Earth.	12
2. Mapa político de lugar de ejecución.....	13
3. Esquema del diseño de investigación.....	16
4. Nomenclatura de códigos para aguas superficiales.	20
5. Determinación de los subíndices S1 y S2.	30
6. Icono propuesto por el ICARHS.	30
7. Comparación mensual de la temperatura vs el Estándares de Calidad del Agua (ECA) en el punto Q-Vill-0.....	39
8. Comparación mensual de la conductividad vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto Q-Vill-001.....	40
9. Comparación mensual del pH vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto Q-Vill-001.	41
10. Comparación mensual de la temperatura vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto E-Ppri-002.....	42
11. Comparación mensual de los sólidos totales (TDS) vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto E-Ppri-002.	43
12. Comparación mensual pH vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto E-Ppri-002.	43
13. Comparación mensual de la temperatura vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto E-Psec-003.	45
14. Comparación mensual de los sólidos totales (TDS) vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto E-Psec-003.....	45
15. Comparación mensual pH vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto E-Psec-003.	46
16. Comparación mensual de la temperatura vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto Q-Vill-004.....	47
17. Comparación mensual de la conductividad vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto Q-Vill-001.....	48
18. Comparación mensual del pH vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto Q-Vill-004.	49
19. Comparación mensual del OD vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto Q-Vill-001.	50
20. Comparación mensual del DBO5 vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto Q-Vill-001.	51
21. Comparación mensual de Coliformes termotolerantes vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto Q-Vill-001.	52
22. Comparación mensual del OD vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto E-Ppri-002.	53

23. Comparación mensual del DBO5 vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto E-Pprin-002.	54
24. Comparación mensual de Coliformes.T vs el (ECA) en el punto E-Ppri-002.	54
25. Comparación mensual del OD vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto E-Ppri-002.	56
26. Comparación mensual del DBO5 vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto E-Psec-003.....	56
27. Comparación mensual de Coliformes.T vs el (ECA) en el punto E-Psec-003.....	57
28. Comparación mensual del OD vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto Q-Vill-004.	58
29. Comparación mensual del DBO5 vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto E-Psec-003.....	59
30. Comparación mensual de <i>Coliformes.T</i> vs el (ECA) en el punto Q-Vill-004.....	60
31. Mapa de Índice de Calidad de los recursos Hídricos Superficiales ICARHS en la piscigranja de <i>Piaracatus-brachypomus</i> , Anda-2025.....	70
32. Mapa de puntos de monitoreo.	86
33. Muestreo en el punto Q-Vill-001.	91
34. Muestreo en el punto E-Ppri-002.	91
35. Muestreo en el punto E-Psec-003.....	92
36. Muestro en el punto Q-Vill-004.	92
37. Conservación de las muestras.....	93
38. Medición de parámetros fisicoquímicos con el multiparámetro.	93
39. Medición de OD, con el oxímetro.	94
40. Medición de turbiedad.....	94
41. Preparación de sustrato para el análisis microbiológico.....	95
42. Reactivos utilizados para el análisis microbiológico.....	95
43. Cultivo de las muestras en las diluciones.....	96
44. Cultivo bacteriológico en asa.	96
45. Conteo presuntivo de Coliformes totales.	97
46. C Conteo presuntivo de Coliformes termotolerantes.	97
47. Lectura de <i>Salmonella sp.</i>	98
48. Mohos y hongos en las siembras de <i>Salmonella sp.</i>	98

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo.	Página
Anexo 1. Matriz de consistencia.	81
Anexo 2. Fichas usadas en base a la guía del Protocolo Nacional para el Monitoreo de los Recursos Hídricos.	83
Anexo 3. Representación gráfica de los puntos de monitoreo.	86
Anexo 4. Fichas de registro de primer punto de monitoreo bajo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de los Recursos Hídricos.	87
Anexo 5. Fichas de registro del segundo punto de monitoreo bajo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de los Recursos Hídricos.....	88
Anexo 6. Fichas de registro del tercer punto de monitoreo bajo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de los Recursos Hídricos.	89
Anexo 7. Fichas de registro del cuarto punto de monitoreo bajo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de los Recursos Hídricos.	90
Anexo 8. Registro fotográfico del muestreo en cada punto de monitoreo.	91
Anexo 9. Registro fotográfico de análisis en el laboratorio.	93
Anexo 10. Registro fotográfico de los análisis microbiológicos.....	95
Anexo 11. NMP del ensayo que consta de 3 tubos en cada dilución decimal seriada de PMS. D1, D2 Y D3 corresponden 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3}	99

RESUMEN

La acuicultura en piscigranjas representa una actividad relevante en la región amazónica del Perú, destacando por su aporte a la seguridad alimentaria y a la economía local, pero también por su interacción directa con los ecosistemas acuáticos. No obstante, su operación puede generar impactos ambientales que alteren las características fisicoquímicas y biológicas de las fuentes hídricas naturales. Este estudio evaluó la calidad del agua en piscigranjas de *Piaractus brachypomus* (paco) durante la estación de avenida en el distrito de Santo Domingo de Anda, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco. La investigación, de tipo no experimental, longitudinal y de panel, se realizó entre noviembre de 2024 y abril de 2025. Se establecieron cuatro puntos de monitoreo en la quebrada Villa, abarcando zonas de captación, uso y descarga. Se analizaron trece parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, siguiendo la Resolución J. N.º 010-2016-ANA, y se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua), subcategorías C4 y D2. Los resultados indicaron que el pH superó los valores establecidos en las quebradas, mientras que los sólidos disueltos totales (TDS) lo hicieron en los estanques. Entre los parámetros orgánicos, el oxígeno disuelto (OD) incumplió únicamente en los estanques. El Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) clasificó a los puntos Q-Vill-001 y E-Ppri-002 como REGULAR, y a E-Psec-003 y Q-Vill-004 como BUENA. Estos hallazgos evidencian que las variaciones se deben a la interacción entre la actividad acuícola y los aportes de la estación de avenida, los cuales incrementan el arrastre de sedimentos, nutrientes y materia orgánica hacia el sistema acuícola y el cauce natural.

Palabras clave: Calidad del agua, *Piaractus brachypomus* (Paco), Piscigranjas, Índice de Calidad de agua (ICARHS), Estación de avenida.

ABSTRACT

Aquaculture in fish farms has become a significant activity in the Peruvian Amazon, contributing to food security and local economic development, yet directly interacting with aquatic ecosystems. However, its operation can induce environmental impacts that alter the physicochemical and biological characteristics of natural water sources. This study assessed water quality in *Piaractus brachypomus* (pacu) fish farms during the flood season in Santo Domingo de Anda District, Leoncio Prado Province, Huánuco Region. The research, designed as a non-experimental, longitudinal panel study, was conducted between November 2024 and April 2025. Four monitoring points were established along the Villa stream, covering water intake, use, and discharge zones. Thirteen physicochemical and microbiological parameters were analyzed following Peruvian National Water Authority guidelines (Resolution J. N.° 010-2016-ANA) and compared with Environmental Quality Standards for Water (ECA-Agua), subcategories C4 and D2. Results showed that pH exceeded regulatory limits in stream samples, while total dissolved solids (TDS) surpassed limits in fish pond waters. Among organic parameters, dissolved oxygen (DO) non-compliance occurred exclusively in ponds. The Surface Water Environmental Quality Index (ICARHS) classified Q-Vill-001 and E-Ppri-002 as REGULAR, whereas E-Psec-003 and Q-Vill-004 were rated as GOOD. These findings suggest that water quality variations result from the combined influence of aquaculture activities and seasonal flood inputs, which enhance sediment, nutrient, and organic matter loads into both aquaculture systems and the natural stream channel..

Keywords: Water quality, *Piaractus brachypomus* (Pacu), Fish farms, Water Quality Index (ICARHS), Flood season.

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura continental, que actualmente aporta el 62,6% de la producción bioacuática mundial (FAO, 2024), se ha consolidado como un pilar de seguridad alimentaria y desarrollo económico, pero también como un factor de creciente presión sobre los ecosistemas dulceacuícolas, en especial en regiones tropicales. En estos entornos, los efluentes no tratados provenientes de piscigranjas alteran los ciclos biogeoquímicos naturales, liberando nutrientes y parámetros físicoquímicos alterados, que desencadenan procesos de eutrofización, hipoxia y pérdida de especies bentónicas sensibles (Hargreaves, 2019; Yamin et al., 2022). Estos cambios como consecuencia comprometen servicios ecosistémicos esenciales, tales como la purificación natural del agua, la regulación de inundaciones y el mantenimiento de la biodiversidad acuática (Costanza et al., 2017)

En el plano nacional, la piscicultura se proyecta como un sector estratégico para el desarrollo económico y social (Ministerio de Producción, 2023); sin embargo, este crecimiento solo puede sostenerse si se asegura la preservación de los ecosistemas acuáticos que lo sustentan. Factores como la descarga de efluentes sin tratamiento, el uso excesivo de alimento balanceado y la acumulación de sedimentos orgánicos en el fondo de los estanques constituyen presiones ambientales significativas que afectan la biodiversidad y comprometen la calidad del agua de los sistemas receptores (Ahmed et al., 2022; Yamin et al., 2022). De no gestionarse adecuadamente, estos impactos pueden disminuir la capacidad de recuperación de los ecosistemas y poner en riesgo a las comunidades que dependen de ellos para su abastecimiento de agua y pesca artesanal (FAO, 2024).

En el contexto local, la provincia de Leoncio Prado y, de manera particular, el distrito de Santo Domingo de Anda ha experimentado un crecimiento sostenido en la cría de *Piaractus brachypomus* (paco), impulsado por organismos no gubernamentales, por su valor comercial y demanda alimentaria. Sin embargo, una proporción importante de estas piscigranjas opera sin protocolos de monitoreo ni planes de gestión ambiental para el recurso hídrico. Esta situación resulta especialmente crítica durante el periodo de avenida, cuando el aumento del caudal y el arrastre de sedimentos modifican de manera considerable las condiciones limnológicas (Bartley et al., 2020).

La investigación se enfoca en responder la siguiente interrogante: ¿Cuál es la calidad del agua durante el periodo de avenida en piscigranja de *Piaractus brachypomus* (Paco) en época de avenida en Santo Domingo de Anda, 2024-2025?; ante dicha problemática, esta investigación tiene como hipótesis: La calidad del agua tiene la calificación de entre Regular y

Buena en piscigranja de *Piaractus brachypomus* (paco) en el distrito de Santo Domingo, 2024-2025.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Evaluar la calidad del agua en piscigranja de *Piaractus brachypomus* (paco) durante la estación de avenida en el distrito de Santo Domingo de Anda, 2024-2025.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar los puntos de monitoreo en las aguas usadas para la piscigranja de *Piaractus brachypomus* en el distrito de Santo Domingo de Anda.
- Determinar los valores de los parámetros fisicoquímicos y orgánicos del agua en las piscigranjas de *Piaractus brachypomus* (paco) durante la estación de avenida en el distrito de Santo Domingo de Anda.
- Comparar los parámetros fisicoquímicos del agua que no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en las piscigranjas de *Piaractus brachypomus* (paco) durante la estación de avenida en el distrito de Santo Domingo de Anda.
- Comparar los parámetros orgánicos del agua que no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) durante la estación de avenida en piscigranjas de *Piaractus brachypomus* (paco) durante la estación de avenida.
- Calcular el Índice De Calidad Ambiental De Los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) en las piscigranjas de *Piaractus brachypomus* (paco), durante la estación de avenida en el distrito de Santo Domingo de Anda, 2024-2025.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Visoni et al. (2021) evaluaron variables limnológicas en tres pisciculturas del Vale do Guaporé, Mato Grosso (Brasil), entre diciembre de 2014 y diciembre de 2015, mediante muestreos mensuales de temperatura, presión, oxígeno disuelto, conductividad, coeficiente de atenuación de radiación y pH, entre otros. La Piscicultura 1 presentó mejores condiciones, con temperatura promedio de 29,2 °C, oxígeno disuelto de 4,18 mg/L y pH de 7,38; mientras que la Piscicultura 3 mostró valores más bajos de oxígeno (3,83 mg/L) y pH ácido (5,92). La conductividad fue mayor en la Piscicultura 1 (120,11 µS/cm) y menor en la 3 (20,37 µS/cm). Los niveles de oxígeno estuvieron por debajo de lo recomendado por la Resolución CONAMA 357/2005, atribuibles a fallas de manejo más que a la calidad natural del agua. Se concluyó que la región es apta para el cultivo de tabaquí, aunque se requiere mejorar el manejo técnico para optimizar parámetros críticos.

Gorlach-Lira et al. (2018) estudiaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el reservorio Padre Azevedo (noreste de Brasil), usado para irrigación y cultivo de tilapia en jaulas. Entre 2017 y 2018 tomaron muestras en tres sitios (pre-cultivo, cultivo y post-cultivo). La temperatura osciló entre 26–30 °C y el pH entre 6,2 y 10. Amoníaco y nitritos estuvieron en rangos seguros (0,047–0,597 mg/L y 0,001–0,021 mg/L, respectivamente). El fósforo total varió de 0,050 a 0,355 mg/L, con valores más altos en época de lluvias. Microbiológicamente, las bacterias mesófilas alcanzaron $6,7 \times 10^5$ UFC/100 mL y los coliformes totales 4600 NMP/100 mL, mientras que los termotolerantes estuvieron por debajo del límite legal (máx. 930 NMP/100 mL). *Escherichia coli* se detectó en el 48 % de las muestras y estreptococos fecales en el 56 %, principalmente en las zonas de cultivo. Se advirtió que la piscicultura intensiva en jaulas eleva la contaminación microbiológica, favorecida por altas temperaturas y pH alcalino, lo que representa riesgo para peces y uso agrícola. Se recomendó monitoreo continuo, incluyendo análisis de cianotoxinas.

Hurtado et al. (2018) evaluaron parámetros limnológicos en estanques de tambaqui (*Colossoma macropomum*) con sistema de abastecimiento secuencial en Rondônia (Brasil). Se verificó que pH, amoníaco y nitritos cumplían con la Resolución CONAMA 357/2005, pero cinco de trece parámetros —incluyendo oxígeno disuelto, fósforo total y conductividad— excedieron los límites, sobre todo en la estación seca. En agosto de 2017 la

conductividad alcanzó 155,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (límite 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$). En octubre de 2013 se reportaron floraciones fitoplanctónicas que redujeron la transparencia y el oxígeno disuelto. La variación estacional y el manejo influyeron notablemente en la calidad del agua. El estudio, realizado entre agosto de 2017 y julio de 2018, permitió evaluar tanto la temporada de lluvias como la de estiaje.

2.1.2. Antecedentes nacionales.

Henry et al. (2017) analizaron la influencia de la crianza de tilapia (*Oreochromis niloticus*) sobre la calidad del agua y el ambiente en Moyobamba (Perú), durante dos ciclos productivos. Se monitorearon parámetros fisicoquímicos —temperatura, pH, oxígeno disuelto (OD), conductividad, turbidez, nitritos y amoníaco— en cinco unidades acuícolas, comparándolos con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por el D.S. N.º 015-2015-MINAM. Los efluentes cumplieron con los límites legales, pero en las aguas de ingreso se hallaron nitritos (0,12 mg/L) y amoníaco (0,36 mg/L) por encima de los valores permitidos. Estas concentraciones se asociaron a contaminación previa en las fuentes de abastecimiento y a la acumulación de materia orgánica no degradada procedente de la alimentación y de los propios desechos de los peces. La estación seca presentó variaciones más marcadas, probablemente por menor dilución de contaminantes y menor recambio de agua. Microbiológicamente, la carga orgánica favoreció el desarrollo bacteriano y procesos de nitrificación que explican el aumento de nitritos y amoníaco. El estudio concluyó que la fase operativa del cultivo genera impactos negativos relacionados con la gestión de residuos y el manejo alimenticio, deteriorando la calidad hídrica y el equilibrio ambiental.

Changana (2023) evaluó la incidencia de la acuicultura en la calidad del agua de la laguna Estancia (Lamas, San Martín), mediante un estudio no experimental correlacional en cinco puntos de muestreo. Se analizaron nueve parámetros fisicoquímicos y microbiológicos según la R.J. N.º 010-2016-ANA y el D.S. N.º 004-2017-MINAM, aplicando además el Índice NSF (ICA-NSF). Los parámetros fisicoquímicos evaluados incluyeron temperatura, pH, OD, turbidez, sólidos totales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), nitratos y fosfatos. Microbiológicamente se midieron coliformes fecales y totales como indicadores de contaminación fecal. Durante la temporada de avenidas (octubre) se detectaron incrementos en nitratos (13,5 mg/L, sobre el límite de 13 mg/L), fosfatos, turbidez y DBO_5 , evidenciando un mayor ingreso de nutrientes y materia orgánica. El OD presentó fluctuaciones, disminuyendo en áreas con mayor actividad acuícola debido a la descomposición de materia orgánica y proliferación fitoplanctónica. Los coliformes fecales aumentaron en zonas próximas

a descargas domésticas y a estanques de cultivo, indicando aporte de contaminación fecal y riesgo sanitario. Según el ICA-NSF, la calidad pasó de buena a regular o mala en zonas con alta carga acuícola. Las causas probables incluyeron escorrentía superficial, vertimiento de aguas residuales y acumulación de sedimentos ricos en nutrientes. Se recomendó reforzar el control de descargas, implementar buenas prácticas acuícolas y continuar evaluaciones para garantizar la sostenibilidad de la laguna.

2.1.3. Antecedentes locales

Mejía (2023) evaluó la relación entre macroinvertebrados bentónicos y la calidad del agua en la quebrada Agua Blanca (Monzón, Huánuco) durante julio y agosto de 2021, abarcando época seca y lluviosa. Se muestrearon seis puntos del cauce aplicando los índices BMWP/Col, ASPT y el ICA-PE. En época seca se identificaron 14 familias, destacando organismos sensibles como Perlidae, Leptophlebiidae y Baetidae, mientras que en lluvias la riqueza se redujo a 10 familias con predominio de Chironomidae. El BMWP/Col clasificó la calidad como “buena” en seca y de “aceptable” a “mala” en lluvias. Los parámetros fisicoquímicos —DBOs, oxígeno disuelto, conductividad, pH, sólidos totales disueltos y temperatura— cumplieron los ECA (D.S. N.º 004-2017-MINAM), salvo la detección puntual de *Salmonella sp.* que redujo la clasificación a “buena” y limitó su uso para contacto primario. El deterioro en lluvias se atribuyó al arrastre de contaminantes y sedimentos, disminución de oxígeno y predominio de organismos tolerantes, destacando el valor de los macroinvertebrados como indicadores ecológicos.

Peña (2015) evaluó la calidad del agua de la laguna Los Milagros (José Crespo y Castillo, Huánuco) entre agosto y noviembre, considerando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a tres profundidades (0,20 m, 0,70 m y 1,20 m) mediante el ICA en versiones aritmética y multiplicativa. Con mayor profundidad aumentaron turbidez (53,41 NTU), sólidos suspendidos totales (152,53 mg/L), fósforo (2,66 mg/L), nitrato (8,30 mg/L) y sulfato (16,15 mg/L), mientras el oxígeno disuelto disminuyó de 7,16 mg/L a 4,88 mg/L. La presencia de *Escherichia coli* disminuyó de 55 a 7 NMP/100 mL en profundidad, pero se mantuvo sobre los límites normativos, indicando riesgo sanitario y no aptitud para recreación directa. El ICA indicó calidad “regular” en superficie (69,61 aritmético; 63,58 multiplicativo) y “aceptable” a mayor profundidad (56,28 y 51,42), por lo que se recomendó reforestar la ribera, tratar sedimentos y promover educación ambiental para prevenir deterioro.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Agua

El agua, elemento fundamental para la existencia de los seres vivos, se origina y se renueva de manera natural mediante el ciclo hidrológico. Durante este proceso, el tiempo que permanece en cada fase varía: mientras que el agua superficial suele tener una circulación más rápida, las aguas subterráneas tienden a conservarse por periodos más prolongados. Esta dinámica permite la regeneración continua del recurso hídrico (ANA, 2020).

2.2.2. Calidad de agua

Hace referencia a sus propiedades físicas, químicas, biológicas y bacteriológicas que permiten determinar si es apta o no para diversos fines, así como su influencia sobre la salud humana y el equilibrio ambiental. Examinar el recurso hídrico requiere determinar la presencia y niveles de diferentes compuestos y microorganismos existentes en el agua. Entre los parámetros físicos se incluyen temperatura, color, turbidez, olor y sabor. Los parámetros químicos abarcan el pH, la cantidad de oxígeno disuelto, nutrientes como nitratos y fosfatos, además de metales pesados como plomo y mercurio, y sustancias orgánicas como pesticidas e hidrocarburos. Por su parte, los parámetros biológicos y bacteriológicos se basan en la detección de organismos que actúan como indicadores de contaminación fecal. (ANA, 2020).

2.2.3. Estándares de calidad ambiental (ECA-PE) para Agua.

Constituyen un instrumento normativo esencial para asegurar el buen estado de los recursos acuáticos y garantizar su sostenibilidad. Estos estándares establecen concentraciones óptimas en cuanto a parámetros físicos, químicos y biológicos en cuerpos de agua, con el objetivo de protección salubre humana, la biodiversidad y los sistemas acuáticos. Inicialmente aprobados mediante el Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM, los ECA-Agua fueron actualizados y consolidados en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, que incorporó modificaciones significativas en los valores límite, categorías y subcategorías, adaptándose a las necesidades actuales de gestión ambiental. Los ECA-Agua se aplican a diferentes usos del recurso hídricos ya establecidos y su cumplimiento es obligatorio en la elaboración de instrumentos de gestión ambiental, tales como estudios de impacto ambiental y autorizaciones de vertimiento (ANA, 2020).

2.2.4. Categorización de los cuerpos de agua continentales superficiales.

La tipificación de las masas de agua superficiales en el Perú se fundamenta en normativas nacionales que regulan la gestión y protección de las fuentes hídricas. La Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, establece la competencia de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) para asignar categorías a los cuerpos de agua, tomando en cuenta parámetros físicos, químicos, biológicos y criterios sociales y ambientales. Asimismo, el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, establece los límites permisibles según diferentes categorías y usos, definiendo así los niveles de protección que deben aplicarse. Estas normativas permiten organizar el manejo del agua en categorías específicas, priorizando usos fundamentales como el consumo humano, la agricultura, la acuicultura y la conservación ambiental, especialmente en ecosistemas frágiles y territorios indígenas. En conjunto, estas regulaciones facilitan una gestión integrada que equilibra las demandas sociales y productivas con la conservación de los ecosistemas acuáticos, promoviendo un uso responsable y sostenible del recurso hídrico (ANA, 2018; MINA, 2017).

- Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino - costeras y continentales: Esta categoría va referida en exclusividad al uso de las aguas superficiales para fines productivos se subdividen en 4 subcategorías, pero el de interés es la C4 (Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos y lagunas.)
- Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales: está dirigida al riego de cultivos y al abastecimiento de agua para animales, priorizando usos agrícolas y ganaderos, con criterios de calidad que protegen la salud animal y la productividad agrícola. Estas categorías se dividen en 2, y de acuerdo con el tema de investigación y a las características se integrará la Subcategoría D2 (Bebidas de animales).

2.2.5. Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS).

Es una herramienta desarrollada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) con el propósito de integrar, sintetizar y representar de forma comprensible el estado de la calidad del agua en cuerpos superficiales continentales. Este índice permite evaluar la condición ambiental del recurso hídrico mediante la agrupación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos monitoreados en puntos específicos, aplicando criterios técnicos que transforman los datos analíticos en un valor único interpretativo. Su diseño facilita la comparación entre distintos cuerpos de agua o tramos de un mismo cauce, sirviendo de apoyo

en la toma de decisiones para la gestión y protección del recurso. A diferencia de otros instrumentos que solo permiten contrastar resultados con estándares, el ICARHS ofrece una valoración más integral del estado ambiental del agua, permitiendo identificar tendencias y establecer prioridades de intervención en función del grado de alteración identificado.).

2.2.6. Acuicultura

La acuicultura es el proceso mediante el cual la crianza controlada de organismos acuáticos como peces, moluscos, crustáceos y quelonios en ambientes naturales o artificiales, con el objetivo de aumentar la producción para el consumo local y comercial. Esta práctica permite la explotación sostenible de los recursos hidrobiológicos, contribuyendo a la seguridad alimentaria y a la economía, a la vez que ayuda a reducir la presión sobre las poblaciones silvestres, evitando su sobreexplotación (FAO, 2020).

2.2.7. Piscicultura

Rama fundamental de la acuicultura que se dedica al cultivo de peces en condiciones controladas, con fines de consumo, comercialización o conservación. Esta actividad se basa en principios técnicos y biológicos que permiten la reproducción, alimentación, sanidad y manejo sostenible de especies ícticas, adaptándose a las particularidades de cada ecosistema. En países como el Perú, la piscicultura representa una estrategia clave para el desarrollo rural, ya que fomenta la seguridad alimentaria, diversifica la economía local y reduce la presión sobre los ecosistemas naturales. Su implementación en zonas con abundantes recursos hídricos ha contribuido a mejorar los ingresos de familias rurales, así como a conservar especies nativas mediante sistemas productivos que respetan la capacidad de carga del medio acuático (Gonzales Castañeda, 2018).

2.2.8. Piscigranja

Sistema de producción piscícola que permite criar peces en condiciones semicontroladas, con el objetivo de garantizar un desarrollo eficiente y sostenible. Estas unidades de cultivo combinan conocimientos técnicos, manejo del ambiente acuático y control de factores críticos como la calidad del agua, la alimentación y la sanidad de los peces. En zonas rurales y amazónicas, las piscigranjas no solo han permitido suplir la demanda alimentaria de proteína animal, sino que se han convertido en una fuente alternativa de ingresos, especialmente en comunidades donde la actividad agrícola es limitada o estacional. Su implementación responde también al interés por conservar especies nativas y promover una acuicultura adaptada al entorno local (Flores Ramírez & Villacorta Salazar, 2021).

2.2.9. Calidad de agua en acuicultura.

La calidad del agua en acuicultura se refiere a las condiciones físicas, químicas y biológicas óptimas que debe presentar el agua para garantizar el adecuado desarrollo y bienestar de los organismos cultivados. Es fundamental que el agua cuente con características que favorezcan la reproducción, crecimiento y supervivencia de las especies acuáticas, además de asegurar la inocuidad del producto final para el consumo humano (Boyd, 2015). Un monitoreo constante y riguroso de la calidad del agua permite optimizar la producción, prevenir enfermedades y reducir impactos ambientales, contribuyendo así a la sostenibilidad del sistema acuícola (De Pauw & Jaspers, 1994). La gestión adecuada de parámetros como el oxígeno disuelto, pH, temperatura y nutrientes es clave para mantener un ambiente saludable que promueva el rendimiento productivo (FAO, 2020).

2.2.10. *Piaractus brachypomus* (Paco)

La clasificación taxonómica de la especie *Piaractus brachypomus*, según Lauzanne y Loubens (1985), es la siguiente:

Tabla 1. Descripción taxonómica del Paco.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO
<i>Piaractus brachypomus</i>	Paco	Characiformes	Characidae	Piaractus

Fuente: Lauzane, (1985).

Piaractus brachypomus, conocido comúnmente como paco, es un pez de agua dulce perteneciente a la familia Characidae, ampliamente distribuido en la cuenca amazónica y de gran importancia en la acuicultura por su rápido crecimiento, resistencia y valor comercial (Escobar et al., 2022). Esta especie presenta una dieta omnívora con alta plasticidad trófica, adaptándose a distintos entornos alimenticios, lo cual le permite prosperar tanto en ambientes naturales como en sistemas de cultivo (Santos et al., 2023). En condiciones naturales, se alimenta principalmente de frutas, semillas y material vegetal, pero puede incluir presas animales en ecosistemas alterados. Su reproducción ocurre de manera natural durante la temporada de lluvias, aunque en cautiverio se recurre a inducción hormonal para lograr el desove. El paco también muestra tolerancia a un rango amplio de temperaturas y niveles de oxígeno, siendo apto para sistemas intensivos como el biofloc; sin embargo, en estos sistemas puede verse afectado por infecciones parasitarias, especialmente por monogéneos en las

branquias (Oliveira et al., 2018). Estas características hacen de *P. brachypomus* una especie clave para el desarrollo de la acuicultura sostenible en regiones tropicales.

2.2.11. Calidad de agua para el cultivo de *Piaractus brachypomus*

Conocido como paco, exhibe una notable resistencia a las condiciones de cultivo, comparable a la de la gamitana. Su rango de tolerancia abarca temperaturas entre 22,6 y 34,3 °C, con un pH aceptable en el intervalo de 5,0 a 8,21. En cuanto al oxígeno, muestra adaptabilidad en un rango de 2,0 a 8,5 ppm, Enrique (2021).

Tabla 2. Parámetros considerados en cultivo de *Piaractus Brachypomus*.

Parámetros	Rango	
T AGUA (°C)	22.6	34.3
TRANS (cm)	22.5	70
Conductividad eléctrica (uS)	10	55
Ph	5	8.21
Oxígeno Disuelto (ppm)	2	8.5
CO2 (ppm)	2.5	16.5
Alk (ppm)	8	48
DT (ppm)	10	44
Amoniaco (ppm)		
Amonio (ppm)	0.2	1.5
Nitritos (ppm)	0.1	1
Nitratos (ppm)		2
salinidad (ppm)	0,01	0,03
Turbidez (UNT)	0,03	1,3
Cl (ppm)	11,22	70,4

Fuente: Enrique, R (2021).

2.2.12. Época de avenida

Etapa cíclica y natural del régimen hidrológico que ocurre durante la temporada de lluvias en regiones tropicales, como la Amazonía peruana. Durante este periodo, las lluvias intensas y continuas provocan un aumento sostenido del caudal en ríos, quebradas y demás cuerpos de agua, generando variaciones importantes en la dinámica de los ecosistemas acuáticos. Este incremento del flujo hídrico arrastra sedimentos, materia orgánica y posibles contaminantes desde suelos agrícolas o zonas pobladas, alterando la calidad del agua. En actividades acuícolas como la piscicultura, estas condiciones modifican parámetros como la

turbidez, el oxígeno disuelto, el pH y la temperatura, lo que puede afectar el estado sanitario y el desarrollo de las especies cultivadas. Por tanto, la época de avenida constituye una variable ambiental importante a considerar en el monitoreo y la gestión de cuerpos de agua en zonas tropicales (Chirif, 2017).

2.3. Marco conceptual.

2.3.1. pH

El pH es un parámetro sin unidades que permite identificar si una solución acuosa presenta características ácidas, neutras o alcalinas, a partir de una escala que varía entre 0 y 14. Un valor de 7 indica neutralidad, mientras que cifras inferiores o superiores revelan acidez o alcalinidad, respectivamente. Este factor influye de manera significativa en la química del agua, ya que condiciona la disponibilidad de nutrientes esenciales y puede modificar la toxicidad de ciertos compuestos. Como consecuencia, cualquier alteración en el pH puede afectar directamente la fisiología y supervivencia de los organismos que habitan los cuerpos de agua. (Wetzel, 2001; Chapman, 1996).

2.3.2. Temperatura

La temperatura del agua, medida en grados Celsius (°C), es un factor físico que regula la velocidad de las reacciones químicas y la actividad metabólica de los organismos acuáticos. También afecta la solubilidad del oxígeno disuelto, un elemento vital para la vida acuática (Hynes, 1970; Wetzel, 2001).

2.3.3. Sólidos Totales Disueltos (TDS)

Los TDS, expresados en miligramos por litro (mg/L), representan la sustancias inorgánicas y orgánicas disueltas en el agua. Valores elevados pueden afectar la potabilidad y la salud acuática, alterando el sabor y la toxicidad del agua (APHA, 2017; Sawyer et al., 2003).

2.3.4. Salinidad

La salinidad, medida en partes por mil (‰), indica la congregación total de sales disueltas en el agua. Es un parámetro crítico para mantener el equilibrio osmótico en organismos acuáticos y puede afectar la biodiversidad y los ciclos biogeoquímicos en ecosistemas acuáticos (Mitsch & Gosselink, 2015; Wetzel, 2001).

2.3.5. Resistencia Eléctrica

La resistencia eléctrica, expresada en ohmios (Ω), mide la oposición del agua al paso de corriente eléctrica. Es inversamente proporcional a la conductividad y refleja la cantidad de iones presentes, sirviendo como indicador indirecto de la calidad del agua (APHA, 2017; Sawyer et al., 2003).

2.3.6. Potencial de Oxidación-Reducción (ORP)

El ORP, medido en milivoltios (mV), indica la capacidad del agua para oxidar o reducir compuestos químicos. Valores positivos reflejan ambientes oxidantes, lo cual favorece la degradación de materia orgánica y mantiene la calidad del agua (Stumm & Morgan, 1996; APHA, 2017).

2.3.7. Conductividad

La conductividad eléctrica, expresada en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), describe la capacidad del agua para permitir el paso de corriente eléctrica, la cual depende principalmente de la cantidad y tipo de sales disueltas en ella. Este parámetro se emplea como una herramienta rápida para identificar posibles incrementos de compuestos iónicos que pueden estar asociados a procesos de contaminación (Wetzel, 2001; Sawyer et al., 2003).

2.3.8. Turbiedad

En unidades nefelométricas (NTU), la turbidez representa la carga de partículas suspendidas que impactan la nitidez del agua y la luz que atraviesa. Niveles elevados pueden reducir la fotosíntesis y afectar la vida acuática (APHA, 2017; Wetzel, 2001).

2.3.9. Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días (DBO₅)

La demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO₅), medida en miligramos de oxígeno por litro ($\text{mg O}_2/\text{L}$), indica la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para descomponer la materia orgánica biodegradable presente en el agua en un lapso de cinco días. Este indicador es clave para determinar la magnitud de la contaminación orgánica y valorar la capacidad natural del ecosistema acuático para llevar a cabo su proceso de autodepuración (APHA, 2017; Wetzel, 2001).

2.3.10. Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno disuelto, también medido en $\text{mg O}_2/\text{L}$, es el oxígeno disponible en el agua para la respiración de organismos acuáticos. Su concentración es fundamental para

la supervivencia de la fauna acuática y depende de factores como temperatura y presión (Wetzel, 2001; Hynes, 1970).

2.3.11. Coliformes Totales

Los coliformes totales son un grupo de bacterias usadas como indicadores de contaminación ambiental y fecal. Su presencia puede señalar riesgos sanitarios sí como la potencial existencia de patógenos en el agua (APHA, 2017; WHO, 2017).

2.3.12. Coliformes Fecales.

Los coliformes fecales, particularmente *Escherichia coli*, reflejan contaminación fecal directa y conllevan un riesgo elevado para la sanidad pública, siendo un criterio crítico en la supervisión de la calidad hídrica destinada al consumo humano (WHO, 2017; APHA, 2017).

2.3.13. Salmonella sp.

Salmonella sp. es un género bacteriano patógeno relacionado con enfermedades gastrointestinales en humanos y animales. Su detección en aguas evidencia contaminación fecal severa y es un indicador clave para la evaluación sanitaria (Leclerc et al., 2001; WHO, 2017).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La parte práctica de la investigación se situó al noreste de Tingo María, dentro del distrito de Santo Domingo de Anda, en el departamento de Huánuco. Este distrito se encuentra a aproximadamente a 40 kilómetros de dicha ciudad y cuenta con acceso mediante la carretera Federico Basadre, que conecta con diversos centros poblados de la región. El área de estudio a la derecha del río Tulumayo, en una zona de transición entre áreas rurales y ecológicamente sensibles.



Figura 1. Mapa de ubicación Google Earth.

3.1.1. Ubicación geográfica

El Distrito de Santo Domingo de Anda se encuentra en las coordenadas UTM: Zona 18S:

Tabla 3. Tabla de características geográficas geográfica.

Coordenada	Este (M)	Norte (M)	Altitud (M.S.N.M)
UTM	384 477	8 997 956	610

Fuente: Earth 2024.

3.1.2. Ubicación política

Los límites políticos de lugar de investigación son las siguientes: por el norte limita con el distrito de Jorge Crespo-Castillo, por el Oeste con las jurisdicciones de de Jorge Crespo-Castillo y Monzón, por el este con el departamento Ucayali y por el sur con el distrito Pueblo Nuevo.

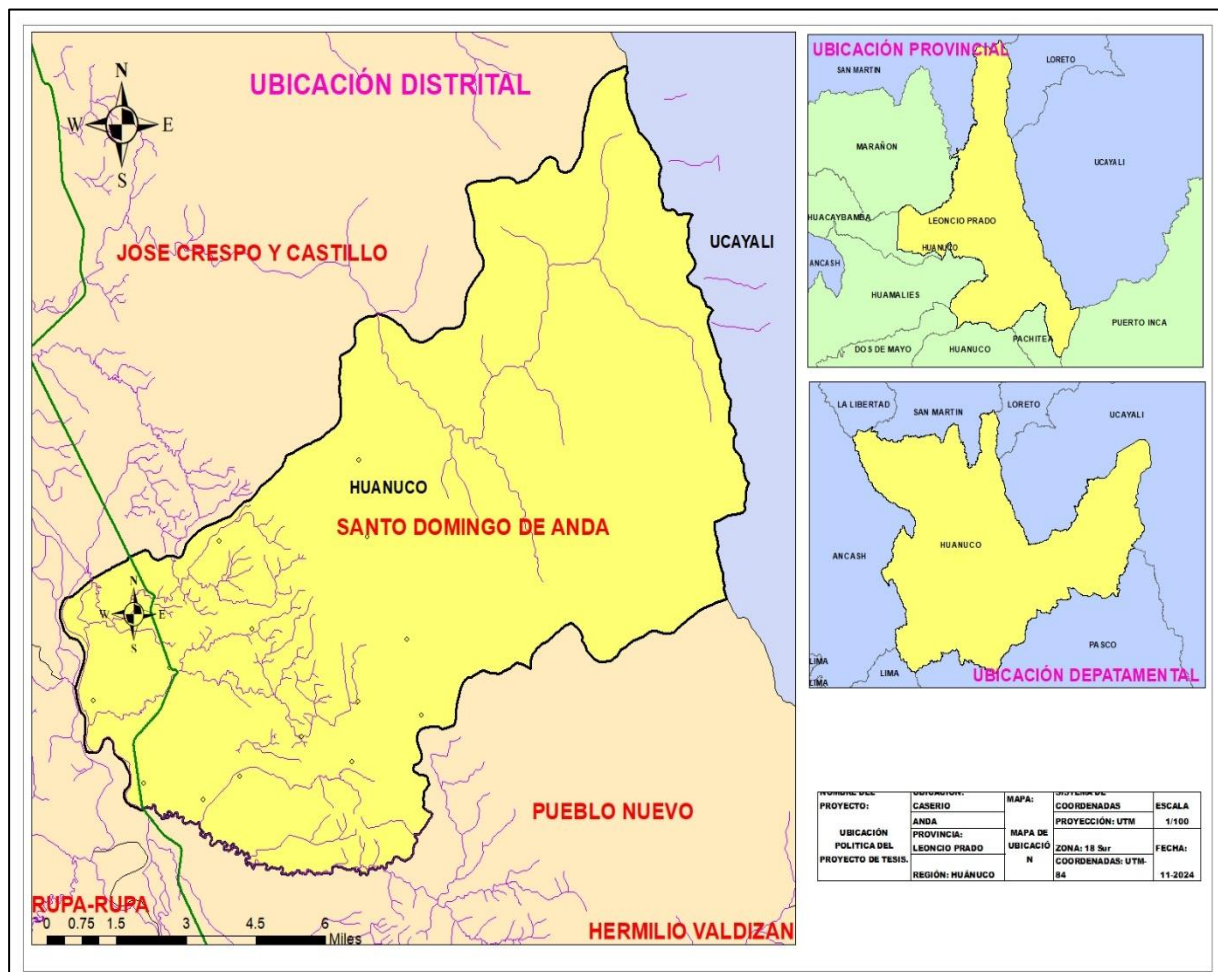


Figura 2. Mapa político de lugar de ejecución.

3.1.3. Característica general de la zona de estudio

3.1.3.1. Temperatura

El distrito se encuentra en una zona tropical alta, con un clima cálido-húmedo. El promedio térmico anual oscila entre 24°C y 28°C, con mínimas que pueden llegar a 18°C y máximas que alcanzan hasta 34°C en los meses más cálidos.

3.1.3.2. Clima

El clima en Santo Domingo de Anda es tropical lluvioso, con una marcada influencia amazónica. Predomina un clima cálido-húmedo durante todo el año, con variaciones en función de la altitud y la cercanía a la cordillera.

3.1.3.3. Precipitación

La pluviometría anual varía entre 1.500 mm y 2.500 mm, concentrándose especialmente en los meses de noviembre a abril. Durante la temporada de lluvias, las precipitaciones son intensas y frecuentes, lo que puede provocar graduales y crecidas de los ríos. Los meses más secos son de junio a agosto, aunque aún se presentan lluvias ligeras.

3.1.3.4. Zona de Vida

Según la clasificación de Holdridge, el área pertenece a la Zona de Vida de Bosque Húmedo Subtropical (bh-S) y Bosque Muy Húmedo Subtropical (bmh-S). Esta zona se caracteriza por la abundancia de vegetación, con bosques densos, suelos fértiles y una alta diversidad biológica.

3.1.3.5. Altitud

El distrito se encuentra a una altitud promedio de 850 a 1,200 metros sobre el nivel del mar (msnm). Esta altitud le otorga un microclima particular, diferenciándose de las zonas de baja selva por su mayor frescura y menor intensidad de calor.

3.1.3.6. Hidrografía

La zona en estudio se encuentra influenciada por varios tributarios del río Huallaga, considerado uno de los cauces fluviales más relevantes de la región. Estos ríos y quebradas cumplen un rol fundamental al proveer recursos hídricos tanto para las actividades agrícolas como para el consumo humano de las comunidades locales.

3.1.3.7. Flora y fauna

La flora es diversa e incluye especies típicas de la selva alta como palmeras, cedros, caobas, helechos arborescentes y orquídeas. La fauna es rica, con la presencia

de mamíferos, aves exóticas (como tucanes y guacamayos), además de una gran variedad de insectos y anfibios.

3.1.3.8. Suelos

Los suelos son de tipo aluvial y franco-arcilloso, con un buen nivel de fertilidad, lo que los hace adecuados para la agricultura. Sin embargo, su fragilidad frente a la erosión y la deforestación es un reto para el manejo sostenible del territorio.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

- Envases de vidrio con capacidad volumétrica de 1.2 L
- Ficha de campo,
- Plumón indeleble,
- Etiquetas y un conservador hermético.

3.2.2. Equipos

En cuantos a los equipos de medición se usaron:

- pH metro, multiparámetro – Modelo HANNA 15
- Oxímetro LAMOTTE – DO62PLUS
- Tubímetro HACH-TL2300
- Balanza analítica y un microscopio.
- Celular, Redmi note 9 (Cámara),
- Laptop *HACER SWIFT*
- Equipo de posicionamiento global (GPS) marca Garmin 777.

Equipos de Protección Personal (lo necesario para protección).

- Botas
- Chaleco
- Guantes
- Gorra y casco
- Mascarilla

3.2.3. Programas

- Word

- Excel
- Google earth
- Spss

3.3. Criterio y análisis de estudio

3.3.1. Tipo de estudio

La presente investigación fue de tipo aplicado, pues integró conocimientos de ciencias básicas (limnología, microbiología y química ambiental) para abordar un problema práctico vinculado a la gestión sostenible de la acuicultura: la evaluación de la calidad del agua en piscigranjas de *Piaractus brachypomus*. (Hernández et al., 2020)

3.3.2. Nivel de investigación

El estudio se sometió un nivel de investigación descriptivo correlacional, ya que en primer lugar se recopiló y presentó sistemática los datos a partir de la medición para luego evaluar la relación estadística de las variables con el fin de describir y caracterizar el fenómeno tal como se presentan en la realidad, Hernández et al. (2020).

3.3.3. Diseño de estudio

Se empleó un diseño de tipo no experimental, longitudinal evolutiva y adaptada específicamente al diseño panel (Figura 3). Con la población (tramo hídrico de la quebrada Villa que incluye las piscigranjas) y la muestra (4 secciones de la quebrada Villa-Rica siendo 2 de ellos en los estanques), durante 6 meses en época de avenida desde noviembre hasta abril.

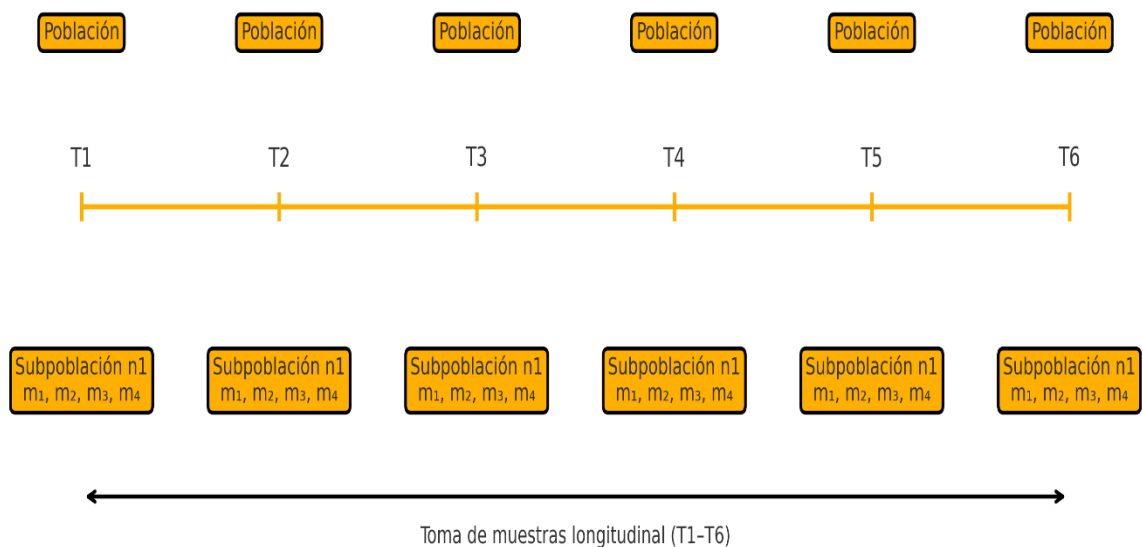


Figura 3. Esquema del diseño de investigación

3.3.4. Operacionalización de variables

Tabla 4. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escala	Instrumento
Calidad del agua	La calidad del agua son parámetros físicos, químicos y biológicos medibles en cuerpos de agua continentales (lagos, ríos, humedales) que permiten evaluar su calidad, funcionamiento ecológico y capacidad para sostener la vida acuática. Estas variables incluyen, las fisicoquímicas, microbiológicas entre otras, Welzel (2001).	Parámetros Fisicoquímico	pH	-	Fichas de muestreo.
			Temperatura.	°C	
			TDS	ppm	
			Salinidad.	%	
			Resistencia	Ω	
		Parámetros orgánicos	ORP	mV	Fichas de muestreo.
			Conductividad	(μS/cm)	
			Turbiedad	NTU	
			DBO5	mg/L	
			OD	mg/L	
Índice de calidad	Coliformes totales	NMP/100ML	Fichas de muestreo.		
	Coliformes termotolerantes	NMP/100ML			
	<i>Salmonella sp</i>	Presencia/100ml			
		Índice de calidad	ICARHS	Ordinal (pésimo-excelente)	Excel
Piscigranja de <i>Piaractus brachpomus</i> (Paco)	Sistema de cultivo acuícola diseñado para criar esta especie nativa de la Amazonía peruana bajo condiciones controladas, con el objetivo de optimizar su crecimiento, producción y sostenibilidad. Este sistema combina prácticas de manejo técnico con monitoreo ambiental, garantizando que factores como la calidad del agua, la alimentación y la densidad de siembra favorezcan el bienestar del pez y la eficiencia del cultivo. Las piscigranjas de paco se han consolidado como una alternativa económica viable para comunidades rurales debido a la rusticidad de la especie, su rápido crecimiento y su alta demanda en el mercado local (Ruiz Huamán, 2020).	Estación de avenida	Noviembre	Día	Excel
			Diciembre	Día	
			Enero	Día	
			Febrero	Día	
			Marzo	Día	
			Abril	Día	

Fuente: Elaboración propia

3.3.5. Población

La población está conformada por todo el tramo hídrico de la quebrada Villa que es utilizado, en parte, para piscigranjas de *Piaractus brachypomus* (paco). Se consideraron aquellas aguas que forman parte del ciclo productivo de las piscigranjas, desde la captación hasta la descarga, siempre que cumplieran con los criterios técnicos para ser clasificadas como fuentes hídricas de uso acuícola.

3.3.6. La muestra

La muestra está constituida por cuatro secciones seleccionadas intencionalmente a lo largo de la quebrada Villa. Estos puntos fueron elegidos en base a su representatividad dentro del sistema de producción acuícola de *Piaractus brachypomus* (paco), asegurando que cubrieran distintas zonas de captación, uso y descarga del recurso hídrico en las piscigranjas activas durante la época de avenida. La elección de estos puntos se fundamentó en criterios técnicos y logísticos, considerando la accesibilidad, continuidad operativa y disponibilidad de datos confiables.

3.3.7. Unidad de análisis

Las unidades de análisis corresponden a las muestras de agua de 1 litro que se trasladan al laboratorio de microbiología de la UNAS. Esta es la cantidad mínima recomendada para obtener datos confiables en estudios de aguas superficiales.

3.4. Técnica e instrumento de recolección de datos.

3.4.1. Técnica

Para la evaluación de la calidad del agua, se emplearon escalas de medición basadas en los lineamientos técnicos definidos por el ANA, aplicando los procedimientos descritos en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de los Recursos Hídricos Superficiales. Posteriormente, se recurrió al índice ICARHS, el cual permite interpretar de manera sintetizada los resultados obtenidos. Aunque su implementación es obligatoria para la ANA y sus sedes regionales, también se reconoce su utilidad como referente metodológico a nivel nacional, pudiendo ser aplicado por entidades públicas, privadas y organizaciones civiles interesadas.

3.4.2. Instrumento

Se utilizó las fichas de muestreo que ofrece El Protocolo Nacional de Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales y el manual para medir el índice de calidad del agua.

3.4.3. Valides y confiabilidad de los instrumentos.

En el marco de la evaluación del agua utilizada en las piscigranjas del caserío Villa Rica, se utilizaron instrumentos establecidos oficialmente por el ANA. Estos equipos y procedimientos, validados por la entidad, garantizan la fiabilidad de los datos obtenidos tanto para fines investigativos. Este proceso cuenta con respaldo institucional, ya que está avalado por el Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, a través de la ANA.

3.4.4. Proceso de análisis de datos.

Los datos recolectados en campo se procesaron mediante una secuencia metodológica rigurosa, iniciando con la organización y tabulación de resultados en hojas de cálculo Excel para su representación gráfica y comparación preliminar. Posteriormente, se evaluaron bajo dos criterios normativos: el contraste con los estándares ECA-Agua y la aplicación del índice ICARHS para cuantificar el estado ecológico de los estanques y quebradas.

3.5. Metodología

3.5.1. Determinación de puntos de monitoreo

Los puntos de monitoreo fueron definidos en base al Protocolo de Monitoreo (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA). En el centro acuícola de estudio se definieron 4 puntos de monitoreo: en el afluente (el agua antes de ingresar a la granja), en el efluente (el agua de descargada de las granjas) y los 2 últimos puntos dentro de la granja específicamente en el lugar de suministro de comedero de los peces según indica el protocolo. Para la codificación se usó la nomenclatura mostrada en la figura 4 propuesta por el protocolo.



Figura 4. Nomenclatura de códigos para aguas superficiales.

3.5.2. Determinación de los parámetros fisicoquímicos y orgánicos del agua en la piscigranja.

3.5.2.1. Trabajo de campo

El trabajo de campo se realizó con el fin de evaluar la calidad del agua durante la época de avenida en piscigranjas de *Piaractus brachypomus* (paco), ubicadas en el caserío de Villa Rica, distrito de Santo Domingo de Anda. Teniendo en cuenta los puntos a estudiar se realizó la visita de inspección. Esta piscigranja fue seleccionada debido a su fácil acceso, la disponibilidad del propietario para facilitar el trabajo de campo y el creciente interés de los pobladores en desarrollar esta actividad como una alternativa productiva. Los puntos de monitoreo fueron seleccionados estratégicamente para conocer el estado del agua en distintas secciones donde fluye la fuente.

Quebrada Villa (entrada): corresponde a la quebrada que abastece de agua al estanque principal y que también es utilizada por viviendas urbanas de agricultores locales para diversas necesidades domésticas y agrícolas. Este punto permite conocer la calidad del agua antes de ingresar al sistema de producción piscícola.

Piscigranja principal: es el estanque principal de producción, donde se encuentran ejemplares grandes de *Piaractus brachypomus* destinados al consumo. Este punto es clave para determinar cómo influye el uso intensivo del recurso en la calidad del agua durante la etapa final del cultivo.

Piscigranja secundaria: corresponde al estanque secundario, donde se crían los alevines y peces medianos. Se monitorea este punto para observar posibles variaciones en la calidad del agua en las primeras fases de crecimiento, lo cual es determinante para el éxito del ciclo productivo.

Quebrada villa (salida): es el punto donde el agua de los estanques retorna a la quebrada, permitiendo evaluar el impacto de la actividad piscícola sobre el cuerpo receptor. Aquí se busca identificar cambios en la calidad del agua después de su uso dentro del sistema productivo.

Estos monitoreos se realizaron únicamente en la época de avenida, caracterizada por el incremento del caudal debido a las lluvias estacionales, lo cual influye significativamente en la dinámica de los parámetros.

3.5.2.2. Tipo de muestra

En el presente estudio se aplicó la técnica de muestreo puntual, siguiendo los lineamientos establecidos en el protocolo. Esta metodología consiste en recolectar una muestra de agua en un lugar y tiempo específicos, con el fin de analizar sus características físicas, químicas o biológicas. Se tomaron muestras simples en los cuatro puntos establecidos: en los puntos de los 2 estanques, las muestras fueron recolectadas cerca de los comederos, donde se concentra la mayor actividad piscícola; y en los puntos de las quebradas donde se suministra y desfoga el agua, las muestras se tomaron directamente de la quebrada, antes del ingreso y después del uso del agua en los estanques, respectivamente.

3.5.2.3. Planificación de monitoreo.

El monitoreo se programó según el Protocolo Nacional (R.J. N.º 010-2016-ANA), estructurado en tres fases: pre-monitoreo (planificación, selección de puntos, codificación, frecuencia, parámetros, preparación de equipos y seguridad), monitoreo (inspección del entorno, rotulado, georreferenciación, medición, toma y preservación de muestras, cadena de custodia, transporte y control de calidad), y post-monitoreo (medición en laboratorio y análisis estadístico).

3.5.2.4. Medición de parámetros.

La recolección de muestras en las piscigranjas se ejecutó siguiendo estrictamente las directrices del protocolo de monitoreo, según lo estipulado en la Resolución Jefatural N.º 0010-2016-ANA. Para garantizar la integridad del muestreo, se emplearon frascos de vidrio esterilizados, de boca ancha, con tapa hermética y una capacidad de 1000 mL, cumpliendo con los criterios técnicos establecidos en el anexo correspondiente a dicha resolución.

Cada muestra fue debidamente identificada mediante rotulación clara y precisa. Posteriormente, los frascos fueron conservados en cajas térmicas de tecnopor, acondicionadas con hielo para mantener una temperatura de aproximadamente 4 °C, asegurando así su adecuada preservación hasta el análisis. Estas cajas, también rotuladas, fueron trasladadas al laboratorio de microbiología, donde el procesamiento de las muestras se realizó en un plazo no mayor a 24 horas..

– **Determinación de los parámetros fisicoquímicos y orgánicos (pH, Temperatura, conductividad, TDS, ORP, Salinidad, Turbiedad, Resistencia y DBO5)**

Todos los análisis fisicoquímicos fueron realizados en laboratorio, sin mediciones in situ, utilizando tres equipos específicos: un multiparámetro, un oxímetro y un turbidímetro, los cuales fueron calibrados previamente según las instrucciones del fabricante para garantizar la precisión de los resultados. Las muestras fueron recolectadas en botellas limpias, identificadas y transportadas en condiciones refrigeradas (4 °C) al laboratorio, procesándose en un tiempo no mayor a seis horas desde la recolección. En el laboratorio, el multiparámetro fue utilizado para medir parámetros como temperatura (°C), pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), salinidad (%), potencial redox (mV), sólidos totales disueltos (mg/L) y resistencia eléctrica (Ω/cm). El oxímetro fue utilizado exclusivamente para la medición del oxígeno disuelto (OD), mientras que la turbidez (NTU) fue determinada con un turbidímetro portátil. En el caso del oxígeno disuelto, se realizaron dos mediciones por muestra: una inicial y otra final, esta última con el propósito de calcular la demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO₅). Para ello, las muestras fueron colocadas en frascos herméticos específicos para análisis de DBO, se midió el OD inicial con el oxímetro, se incubaron durante cinco días a 20 °C en oscuridad, y luego se midió el OD final.

– **Determinación de los parámetros microbiológicos y parasitológico del agua en la piscigranja.**

El análisis microbiológico se llevó a cabo mediante la técnica del número más probable (NMP), utilizando medios de cultivo específicos para cada grupo de microorganismos, siguiendo los procedimientos descritos en la guía del laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la selva.

Coliformes totales: De la muestra de agua, se sacó un volumen de 10 ml colocándole en un matraz de 90 ml con caldo peptonado a una concentración del 2%, luego se sacó 1 ml para dilución. Para la prueba presuntiva se repartió 1 ml en cada tubo de

Caldo Brilla con su tubito de DURHAM invertidos empleando un total de nueve tubos por muestra, distribuidos en tres series de diluciones decimales: 10^{-3} , 10^{-2} y 10^{-1} , con tres tubos por cada dilución. Se conservó en un rango de temperatura entre los 35° C a 37 °C por un periodo de 36 horas, se registró como positivos aquellos que presentaron formación de gas o turbidez corroborando la producción de gas en los DURHAM. Los resultados se expresaron como NMP/100 mL mediante el uso de tablas estándar.

Enumeración de coliformes termotolerantes o fecales: Para los tubos presuntivamente positivos ya analizados en el proceso anterior, se realizó la prueba confirmatoria de coliformes fecales, inoculando caldo *E. coli* e incubando a 44.5 °C por 24 horas, observando nuevamente la producción de gas como criterio de positividad. Los resultados se expresaron como NMP/100 mL mediante el uso de tablas estándar.

Determinación de salmonella: En el caso del análisis de *Salmonella spp.*, se realizó un preenriquecimiento de la muestra en tubos de ensayo con solución de pectona al 2%, incubados a 37 °C durante 24 horas. Posteriormente, se sembró una alícuota del caldo enriquecido en placas Petri que contenían medio Agar SS (*Salmonella-Shigella*), incubándolas a 37 °C por 24 a 48 horas. Se consideraron como colonias sospechosas aquellas que presentaban un aspecto transparente o rosado con centro negro, y su identificación se complementó con pruebas bioquímicas cuando fue necesario. Los resultados para *Salmonella* se reportaron como presencia o ausencia por volumen analizado

3.5.3. Comparación de los resultados con los ECAS para los parámetros fisicoquímicos y orgánicos.

Para realizar la comparación, se aplicó la normativa del Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, que establece los ECA-Agua. De las cuatro categorías consideradas en dicho marco normativo, este estudio centró su atención en dos: por un lado, la Categoría 2, correspondiente a actividades de extracción, cultivo y manejo en ambientes marino-costeros o continentales, particularmente en la Subcategoría C4, que se refiere al cultivo y recolección de especies hidrobiológicas en lagos y lagunas, regulada en la Tabla 5, la cual fija criterios para la calidad del agua destinada a la pesca y acuicultura continental; y por otro lado, la Categoría 3, asociada al uso del agua para riego de cultivos y consumo animal, específicamente en la Subcategoría D2, que trata el uso del agua como bebida para animales, incluida en la Tabla 6, empleada para evaluar las condiciones del agua en el punto de ingreso y egreso del sistema de estanques. Para este análisis, se consideraron 13 parámetros como base para la identificación y comparación.:

Tabla 5. ECA, categoría 2.

Parámetros	Unidad de medida	C4
		Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o laguna
FÍSICOS. QUÍMICOS		
Aceites y Grasas	mg/L	0.1
Cianuro Wad	mg/L	0,0052
Color (después de filtración simple) (b)	Color verdadero Escala puco	100 (a)
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	10
Fósforo Total	mg/L	0,025
Nitratos (NO ⁻) (c)	mg/L	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	2.5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0-9,0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	
Sulfuros	mg/L	0,05
Temperatura	PC	Δ3
INORGÁNICOS		
Amoníaco Total (NH)	mg/L	-1
Antimonio	mg/L	
Arsénico	mg/L	0,1
Boro	mg/L	0,75
Cadmio	mg/L	0.01
Cobre	mg/L	0,2
Cromo VI	mg/L	0,10
Mercurio	mg/L	0,00077
Níquel	mg/L	0,052
Plomo	mg/L	25
Selenio	mg/L	0,005
Talio	mg/L	0,0008
Zinc	mg/L	1,0
ORGÁNICO		
Hidrocarburos Totales de Petróleo (fracción Bifenilos Policlorados (PCB))	mg/L	0,000014
ORGANOLÉPTICO		
Hidrocarburos de Petróleo	mg/L	
MICROBIOLÓGICO		
Coliformes Termotolerantes	NMP/IOO ml	200

Fuente: MINAM (2017).

Tabla 6. ECA, categoría 3.

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido	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)	verdadero Escala Pt/ co		100 (a)	100 (a)
Conductividad	(pS/cm)		2500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	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/-N)	mg/L		100	100
Nitritos (NO/-N)	mg/L		10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L		2 4	2 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
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
Niquel	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 (PCB)	ug/L	0,04	0,045
PLAGUICIDAS			
Paratión	ug/L	35	35
oganocloradps	ug/L		
Aldrin	ug/L	0,004	0,7
Clordano	ug/L	0,006	7
Dicloro Difeníl	ug/L	0,001	30
Tricloroetano (DDT)	ug/L		
Dieldrin	ug/L	0,5	0,5
Endosulfán	ug/L	0,01	0,01
Endrin	ug/L	0,004	0,2
Heptacloro y	ug/L		
Heptacloro Epóxido	ug/L	0,01	0,03
Lindano	ug/L	4	4
Carbamato	ug/L		
Aldicarb	ug/L	1	11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes	NMP/IOO ml	1 000	1 000
Termotolerantes			
Escherichia coli	NMP/IOO ml	1 000	**
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1

Fuente: MINAM (2017).

3.5.4. Valoración del Índice de Calidad de Agua (mediante ICARHS)

La valoración del índice se basa en una fórmula matemática desarrollada por el *Council of Ministers of the Environment*, la cual permite estimar la calidad del agua mediante un valor numérico. Este índice integra diversos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, con el objetivo de ofrecer una apreciación global del estado del recurso hídrico en un cuerpo de agua específico.

Si bien la normativa agrupa muchos parámetros que consideran de necesidad evaluar para la calidad de la fuente, el Índice de calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) ya define una forma simplificada de detallar dicha condición con parámetros específicos, normalmente aplica para 3 categorías (1, 3 y 4), sin embargo, no describe a la categoría 2 ni tampoco lo limita. Por lo tanto, se hizo uso de la metodología para evaluar la condición ambiental de la piscigranja y las aguas que suministran a los estanques, es decir la Quebrada Villa ubicadas a lado de las piscigranjas. En cuanto a los parámetros a evaluar

se consideró en función a los ECAs: Categoría 2 – Subcategoría C4 (aguas destinadas a la extracción y cultivo de especies bioacuáticas en aguas continentales) y la Categoría 3 – Subcategoría D2 (aguas destinadas para bebida de animales) y se añadieron algunos parámetros fisicoquímicos y orgánicos que se presentan en la tabla 5.

Tabla 7. Parámetros considerados para la aplicación del ICAHRS en las 2 categorías.

Parámetros a Evaluados	Unidad	ECA-CAT3-SUBCATG (D2)	ECA-CAT2-SUBCATG (C4)
Temperatura.	°C	$\Delta 3$	$\Delta 3$
Conductividad	Us/cm	5000	1000 ^a
Resistencia	Ω/cm	$\geq 25^b$	$\geq 25^b$
Sólidos Totales (TDS)	mg/L	$\leq 400^a$	$\leq 200^c$
Salinidad.	%	$< 0.1^d$	$< 0.1^d$
pH	Unidad	6,5 – 8,4	6,0-9,0
ORP	Mv	[100 – 400] ^e	[100 – 400] ^e
Turbiedad	UNT	25 ^f	100 ^c
OD	mg/L	≥ 4	≥ 5
DBO5	mg/L	15	10
Orgánicos			
Coliformes totales	NMP/100ml	1000 ^c	1000 ^c
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<10	200
<i>Salmonella sp</i>	NMP/100ml	<i>Ausencia</i> ^c	<i>Ausencia</i> ^c

(a) Valor establecido por el ECA, de la Categoría 4, Subcategoría E2 (Ríos De Selva),

(b) Valor de resistencia eléctrica estándar para bebidas de animales sugerido por el libro de **Aquaculture engineering** planteados por Lekang, O. I., & Lekang, O. I. (2013)

(c) Valor de sólidos Totales disueltos (TDS), turbidez estándar para la categoría 2 (protección de vida acuática) establecidas por la l Consejo Nacional do Medio Ambiente (CONAMA) principal órgano consultivo y deliberativo del Sistema Nacional del Medio Ambiente (SISNAMA) en Brasil, Con la Resolución CONAMA n° 357/2005.

(d) Valor de salinidad estándar sugerido para especies de agua dulce por la Food and Agriculture Organization (FAO, 2017).

(e) Valor del ORP (Potencial de Oxidación-Reducción) estándar sugerido para consumo y vida acuática dulce por la Environmental Protection Agency (EPA, 2016).

(f) Valor sugerido de turbidez por la Ministerio da Agricultura, Pecuaria de Abastecimiento (MAPA). Para consumo de ganados.

$\Delta 3$: Significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Los valores sin potencia son propios de las categorías originales por el ECA-CAT3-SUBCATG (D2) y ECA-CAT2-SUBCATG (C4).

Fuente: Elaboración propia.

3.5.4.1. Calculo a partir de las fórmulas matemáticas

Se usó la fórmula general para calcular el Índice ICARHS que a su vez usa el Índice de Agua CCME WQI (Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index), que es un método ampliamente usado para evaluar la calidad del agua., una vez ordenado los datos en la plantilla se procedió a calcular los factores del componente (ICARHS) que vienen hacer el alcance, frecuencia y amplitud, el primero es sencillo ya que solo busca una el alcance de la gravedad (F1) a partir de los parámetros que no cumplen con la normativa dividido entre la totalidad de parámetros evaluado. El segundo busca una frecuencia (F2) a partir de la totalidad de datos que no cumplen con el ECA dividido entre la totalidad de datos evaluados (depende del número de muestra y repeticiones con la que está trabajando el investigador). Sin embargo, la tercera es un poco más extenso de resolver ya que en esta parte se necesitó la sumatoria de la amplitud (F3) formada por los datos que no cumplieron la normativa respecto al valor ya determinado por cada uno de los parámetros estándar de calidad, a esto se incluye los excedentes.

– **(ICARHS)**

$$INDICE\ ICARHS\ (CCMEWQI) = 100 - \sqrt{\frac{F1^2 + F2^2 + F3^2}{1,732}} \quad (1)$$

– **Alcance (F1)**

$$F1 = \frac{N^\circ\ parametros\ que\ incumplen\ el\ ECA}{N^\circ\ totales\ de\ parametros\ evaluados} \quad (2)$$

– **Frecuencia (F2)**

$$F2 = \frac{N^\circ\ de\ los\ datos\ que\ incumplen\ el\ ECA}{N^\circ\ totales\ de\ datos\ evaluados} \quad (3)$$

– **Amplitud (F3)**

$$F3 = \frac{suma\ de\ excedentes\ en\ su\ totalidad}{suma\ de\ excedentes\ en\ su\ totalidad + 1} * 100 \quad (4)$$

SET: Suma de excedentes en su totalidad.

$$set = \frac{\sum\ excedentes}{total\ de\ datos} \quad (5)$$

Caso 1: Cuando sobrepasa el ECA, ejem (coliformes termo tolerantes <1000)

Excedente caso 1

$$excedente = \frac{\text{valor del parametro que incumple el ECA agua}}{\text{Valor del parámetro establecido en el ECA agua}} - 1 \quad (6)$$

Caso 2: Cuando está por debajo del ECA, ejem (OD>4)

Excedente caso 2

$$excedente = \frac{\text{Valor del parámetro establecido en el ECA agua}}{\text{valor del parametro que incumple el ECA agua}} - 1 \quad (7)$$

3.5.4.2. Grados de valoración

Al tratarse de un índice las unidades son escalas establecidas exactamente del 1-100, esta se divide en 5 categorías que evalúa la calidad hidrica desde lo excelente, bueno, regular, malo y pésimo.

Tabla 1: Valores ICARHS

Valor ICARHS	Clasificación y color	Interpretación
99-100	Excelente	Ausencia de amenazas o daños, próximo a niveles de naturales y deseables
80-94	Bueno	Se aleja un poco de la naturalidad de un agua y daños con poca magnitud
65-79	Regular	La calidad del agua ocasionalmente es dañada, suele alejarse de los valores deseables
45-64	Malo	No cumple con lo objetivos de calidad es amenazada frecuentemente .su uso requiere muchos tratamientos
0-44	pPésimo	La calidad no cumple con los objetivos deseados

Fuente: MINAM 2020.

3.5.4.3. Cálculo de los subíndices S1 y S2.

Para calcular el ICARHS, se consideró dos subíndices, identificados como S1 y S2. Estos subíndices se obtienen evaluando ciertos parámetros que guardan relación entre sí. A partir de estas evaluaciones, se asigna un valor y una calificación a cada subíndice. Finalmente, el ICARHS se determina tomando en cuenta el valor más bajo entre ambos subíndices, junto con su respectiva calificación crítica.

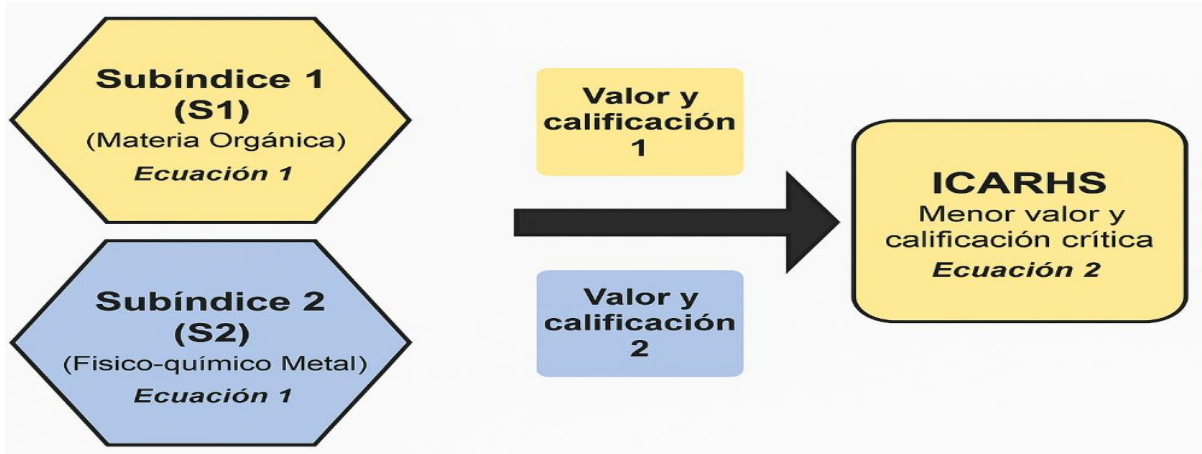


Figura 5. Determinación de los subíndices S1 y S2.

3.5.4.4. Representación gráfica.

La visualización de los resultados del ICARHS se estructuró considerando tres elementos fundamentales según la metodología aplicada: la localización geográfica de los puntos evaluados, los valores obtenidos en los subíndices 1 y 2, y el puntaje global del índice. En la Figura 6, cada sitio de monitoreo está representado por un ícono que resume esta información, la cual se presenta en un mapa temático con una escala cromática que facilita su interpretación.

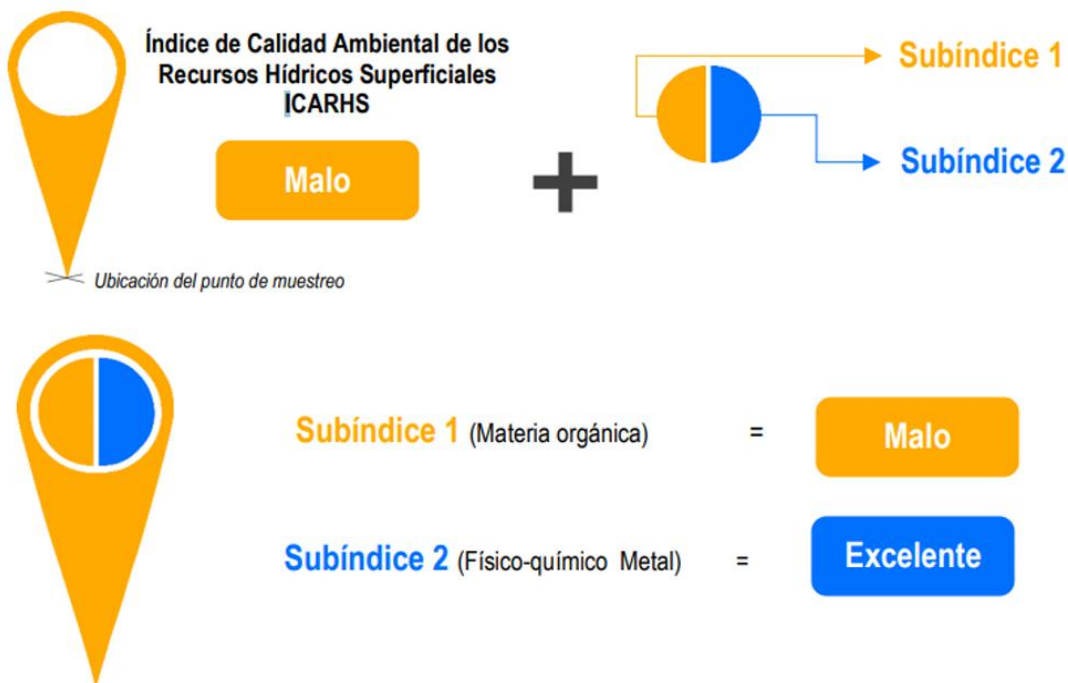


Figura 6. Icono propuesto por el ICARHS.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Determinación de Puntos de Monitoreo para la Piscigranja de *Piaractus brachyomus* en Santo Domingo de Anda, 2025.

En este ítem se establece cuatro puntos estratégicos de monitoreo en los cuerpos hídricos asociados a la piscigranja y quebrada que se hace uso para la producción de *Piaractus brachyomus* en el distrito de Santo Domingo de Anda. A continuación, se detalla el proceso y los resultados obtenidos:

- Punto 1 – Quebrada "Villa" (Entrada): Ubicado aguas arriba de la piscigranja, en (coordenadas, 8997649.00 m S 384603.00 m E - zona 18L], con un caudal constante de 3 L/s. Este punto se evaluó para analizar la calidad del agua antes de su ingreso al sistema productivo.
- Punto 2 – Estanque "Piscigranja Principal": Con un área de 1000 m² y profundidad de 1.30 m (coordenadas, 8997585.00 m S 384605.00 m E - zona 18L). Es el núcleo de producción, por lo que el monitoreo en este punto es centró del estudio.
- Punto 3 – Estanque "Piscigranja Secundario": De 800 m² y 1.30 m de profundidad (coordenadas, 8997564.00 m S 384566.00 m E – zona 18L). Se evaluó con el fin de saber su dinámica hídrica comparativa con el estanque principal.
- Punto 4 – Quebrada "Villa" (Salida): Ubicado aguas abajo de la piscigranja (coordenadas, 8997553.00 m S 384507.00 m E, zona 18L), con igual caudal (3 L/s). Permitió medir el impacto de la actividad acuícola en el cuerpo receptor.

En la (Tabla 1) se permite visualizar el código, el nombre, las coordenadas, el tipo de cuerpo hídrico y los parámetros clave monitoreados en cada uno de los puntos estratégicos, facilitando el análisis comparativo de su dinámica hídrica y calidad del agua, del mismo se presenta en ilustración el anexo 3.

Tabla 8. Sistema de Codificación y Características de los Puntos de Monitoreo.

Codificación del Punto	Coordenadas	Coordenadas UTM		Tipo de cuerpo Hídrico	Detalles Adicionales
Q-Vill-001	Quebrada Villa (Entrada)	8997649.00 m Sur	384303.00 m Este	Quebrada	Caudal: 3 L/s
E-Ppri-002	Piscigranja Principal	8997585.00 m Sur	384605.00 m Este	Estanque	Área: 400 m ² ; Profundidad: 1.30 m

E-Psec-003	Piscigranja Secundario	8997564.00 m Sur	384566.00 m Este	Estanque	Área: 300 m ² ; Profundidad: 1.30 m
Q-Vill-004	Quebrada Villa (Salida)	8997553.00 m Sur	384507.00 m Este	Quebrada	Caudal: 3 L/s

Fuente. Elaboración propia.

4.2. Determinación los valores de los parámetros fisicoquímicos y orgánicos del agua en las piscigranjas de *Piaractus brachyomus* (paco) durante la época de avenida en el distrito de Santo Domingo de Anda

En este capítulo se presenta los valores obtenidos de 13 parámetros fisicoquímicos y orgánicos en las aguas utilizadas para la piscigranja de *Piaractus brachyomus*. El estudio abarcó un período de 6 meses (noviembre 2024 - abril 2025), con muestreos mensuales en los 4 puntos de monitoreo: la quebrada Villa (entrada y salida), el estanque principal y el estanque secundario, totalizando 312 mediciones. De los parámetros analizados, 7 se alinearon con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-agua), tanto para la Categoría 2 – Subcategoría C4 (aguas destinadas a la extracción y cultivo de especies bioacuáticas en aguas continentales) y la Categoría 3 – Subcategoría D2 (aguas destinadas para bebida de animales): temperatura (°C), pH, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), turbidez y Coliformes termotolerantes. Los 6 restantes, salinidad, Potencial de Oxidación-Reducción (ORP), resistencia, Sólidos Disueltos Totales, Coliformes totales y salmonella se midieron en función de la disponibilidad técnica de equipos.

4.2.1. Noviembre.

Tabla 9 se observa que, en noviembre, la temperatura del agua presentó ligeras variaciones entre la quebrada y los estanques, siendo estos últimos ligeramente más cálidos. La conductividad eléctrica y la resistencia fueron bajas y similares en todos los puntos, aunque los sólidos disueltos fueron más elevados en los estanques, evidenciando acumulación de nutrientes. El pH se mantuvo cercano a la neutralidad en la quebrada y ligeramente alcalino en los estanques. El potencial de óxido-reducción fue mayor en los estanques, reflejando una mayor capacidad oxidante. La turbidez mostró valores moderados y el oxígeno disuelto fue más alto en la quebrada, mientras que la DBO₅ se mantuvo en rangos bajos en todos los puntos. En el aspecto microbiológico, no se detectaron coliformes fecales y *Salmonella spp.* se registró únicamente en la quebrada.

Tabla 9. Resultados del monitoreo de los parámetros fisicoquímico y orgánicos durante el mes de noviembre.

Punto de Monitoreo	Fisicoquímico							Orgánico					
	T (°C)	C.E (μS/cm)	Resistencia (Ω/cm)	Sólidos Totales mg/L	Salinidad %	pH	ORP (Mv)	Turbidez (NTU)	OD (mg/L)	DBO5 (mg/L)	Coliformes totales (NMP/100ml)	Coliformes fecales (NMP/100ml)	Salmonella
Q-Vill-001	26.4	103.6	96.53	180	0	7.43	+268	12.14	4.24	2.21	0	0	Presencia
E-Ppri-002	25.8	102.3	97.75	310	0	7.89	+445	11.8	3.6	1.85	0	0	Ausencia
E-Psec-003	25.8	102.5	97.56	298	0	7.9	+443	11.14	3.71	1.96	0	0	Ausencia
Q-Vill-004	25.6	103.4	96.71	190	0	7.37	+262	12.01	4.38	2.31	0	0	Presencia

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Diciembre.

En la **Tabla 10** se aprecia que, durante diciembre, las temperaturas se mantuvieron estables entre los puntos de monitoreo, con ligeras diferencias que no evidencian un patrón marcado. La conductividad eléctrica mostró valores bajos característicos de aguas amazónicas, mientras que los sólidos disueltos se concentraron más en los estanques que en la quebrada, reflejando un menor recambio hídrico en los sistemas de cultivo. El pH presentó una tendencia neutra en la quebrada y ligeramente alcalina en los estanques, posiblemente asociada a procesos fotosintéticos. El potencial de óxido-reducción fue superior en los estanques, lo que sugiere mayor actividad oxidante superficial. La turbidez varió moderadamente, con picos puntuales en algunos puntos, y el oxígeno disuelto se mantuvo más alto en la quebrada. La DBO₅ presentó valores bajos y relativamente uniformes. En el ámbito microbiológico, los coliformes totales y *Salmonella spp.* se registró únicamente en la quebrada aguas arriba.

Tabla 10. Resultados del monitoreo de los parámetros fisicoquímico y orgánicos durante el mes de diciembre.

Fisicoquímicos	Orgánicos
----------------	-----------

Puntos de monitoreo	T(°C)	C.E (µS/cm)	Resistencia (RS Ω/cm)	Solidos Totales (mg/L)	Salinidad	pH	Mv	turbidez (NTU)	OD (mg/L) inicial	DBO5 (mg/L)	Coliformes totales (NMP/100ml)	Coliformes fecales (NMP/100ml)	Salmonella
Q-Vill-001	26.1	110	90.91	192	0	7.61	+287	12.7	4.2	2.82	5	0	Presencia
E-Ppri-002	26.1	108.5	92.17	328	0	8.3	+456	10.5	3.45	2.54	0	0	Ausencia
E-Psec-003	26.3	107.9	92.68	310	0	8.42	+476	10.36	3.22	2.45	0	0	Ausencia
Q-Vill-004	26.6	110.2	90.74	205	0	7.63	+284	13.6	4.02	2.63	2	0	Ausencia

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. Enero

En la **Tabla 11** se observa que, en enero, las temperaturas fueron ligeramente más altas en los estanques que en la quebrada. Los sólidos disueltos fueron superiores en estanques, junto con pH más alcalino y ORP más elevado. La turbidez presentó ligeras variaciones y el oxígeno disuelto fue mayor en la quebrada, mientras que la DBO₅ se mantuvo baja. En el aspecto microbiológico, se registraron coliformes totales en la quebrada aguas arriba y aguas abajo, con ausencia de coliformes fecales, mientras que *Salmonella spp.* se detectó únicamente en los estanques.

Tabla 11. Resultados del monitoreo de los parámetros fisicoquímico y orgánicos durante el mes de enero.

Puentes de monitoreo	Fisicoquímicos								Orgánicos				
	T(°C)	C.E (µS/cm)	Resistencia (Ω/cm)	Solidos Totales (mg/L)	Salinidad %	pH	Mv	turbidez (NTU)	OD (mg/L) inicial	DBO5 (mg/L)	Coliformes totales (NMP/100ml)	Coliformes fecales (NMP/100ml)	Salmonella
Q-Vill-001	28.5	112.3	89.05	201	0	8.53	+281	9.88	4.12	2.6	15	0	Ausencia
E-Ppri-002	29.1	111.3	89.85	335	0	9.15	+467	10.2	3.23	2.66	0	0	Presencia
E-Psec-003	29.4	111.6	89.61	320	0	9.23	+463	10.03	3.17	2.18	0	0	Presencia
Q-Vill-004	29.8	112	89.29	215	0	8.49	+280	9.45	4.1	2.53	9	0	Ausencia

Fuente: elaboración propia.

4.2.4. Febrero.

En la **Tabla 12** se aprecia que, en febrero, las temperaturas se mantuvieron similares entre los puntos, con valores ligeramente más elevados en los estanques. La conductividad eléctrica se mantuvo baja y los sólidos disueltos fueron más altos en los estanques, lo que refleja acumulación de materia disuelta. El pH fue alcalino en todos los puntos, alcanzando valores más altos en estanques, mientras que el ORP también fue superior en estos. La turbidez presentó incrementos notables respecto a meses anteriores, con valores altos en todos los puntos. El oxígeno disuelto fue mayor en la quebrada y menor en los estanques, mientras que la DBO₅ permaneció baja. En el componente microbiológico, se registraron coliformes totales en todos los puntos, con ausencia de coliformes fecales, y *Salmonella spp.* estuvo presente en la quebrada y en el estanque secundario.

Tabla 12. Resultados del monitoreo de los parámetros fisicoquímico y orgánicos durante el mes de febrero.

Puntos de Monitoreo	T(°C)	Fisicoquímicos						Orgánicos					Salmonella
		C.E (µS/cm)	Resistencia (RS Ω/cm)	Sólidos Totales (mg/L)	Salinidad %	pH	Mv	Turbides (NTU)	OD (mg/L) inicial	DBO5 (mg/L)	Coliformes totales (NMP/100ml)	Coliformes fecales (NMP/100ml)	
Q-Eore-001	28.2	103.3	96.81	158	0	8.65	+280	26.2	4.32	2.42	15	0	Presencia
E-Ppri-002	28.6	101.2	98.81	280	0	9.18	+489	23.4	3.13	2.36	4	0	Ausencia
E-Psec-003	28.6	101.3	98.72	270	0	9.14	+485	24.4	3.21	2.67	7	0	Presencia
Q-Eore-004	29.2	103.2	96.90	165	0	8.57	+278	25.7	4.3	2.2	35	0	Presencia

Fuente: Elaboración propia.

4.2.5. Marzo.

En la **Tabla 13** se observa que, en marzo, las temperaturas variaron levemente entre la quebrada y los estanques, con un ligero incremento en estos últimos. La conductividad eléctrica se mantuvo baja, característica de aguas amazónicas, mientras que los sólidos disueltos fueron más altos en los estanques, evidenciando acumulación de material disuelto. El pH mostró valores cercanos a la neutralidad en la quebrada

y tendencia ligeramente alcalina en los estanques. El potencial de óxido-reducción fue más elevado en estos últimos, lo que refleja una mayor capacidad oxidante. La turbidez presentó valores altos y relativamente estables en todos los puntos. El oxígeno disuelto fue superior en la quebrada respecto a los estanques, mientras que la DBO₅ se mantuvo en rangos bajos y homogéneos. En el componente microbiológico, se detectaron coliformes totales en algunos puntos y *Salmonella spp.* únicamente en la quebrada aguas abajo.

Tabla 13. Resultados del monitoreo de los parámetros fisicoquímico y orgánicos durante el mes de marzo.

Puntos de monitoreo	Fisicoquímicos							Orgánicos					
	T(°C)	C.E (μS/cm)	Resistencia (RS Ω/cm)	Solidos Totales (mg/L)	Salinidad %	pH	Mv	Turbidez (NTU)	OD (mg/L) inicial	DBO5 (mg/L)	Coliformes totales (NMP/100ml)	Coliformes fecales (NMP/100ml)	Salmonella
Q-Eore-001	25.4	105.4	94.88	210	0	7.33	+298	26.03	5.3	2.93	4	0	Ausencia
E-Ppri-002	26.4	102.5	97.56	340	0	7.98	+467	23.40	3.92	2.85	0	0	Ausencia
E-Psec-003	27.7	103.2	96.90	332	0	8.00	+465	22.56	3.93	2.86	3	0	Ausencia
Q-Eore-004	25.4	105.1	95.15	225	0	7,24	+295	26.01	5.14	2.93	0	0	Presencia

Fuente: Elaboración propia.

4.2.6. Abril.

En la **Tabla 14** se aprecia que, en abril, la temperatura del agua se mantuvo estable entre los puntos de monitoreo, con mínimas diferencias entre quebrada y estanques. La conductividad eléctrica fue baja en todos los casos, aunque los estanques registraron mayor concentración de sólidos disueltos, reflejando acumulación de materia orgánica y minerales en sistemas de menor recambio hídrico. El pH presentó valores cercanos a la neutralidad, con ligera tendencia alcalina en los estanques. El potencial de óxido-reducción fue más elevado en estos, evidenciando mayor capacidad oxidante. La turbidez mostró variaciones amplias entre puntos, con valores más altos en los estanques. El oxígeno disuelto resultó superior en la quebrada, mientras que la DBO₅ se mantuvo baja en todos los puntos. En el aspecto microbiológico, se detectaron

coliformes totales en varios puntos, coliformes fecales únicamente en la quebrada aguas arriba, y presencia de *Salmonella spp.* en la quebrada aguas arriba y aguas abajo.

Tabla 14. Resultados del monitoreo de los parámetros fisicoquímico y orgánicos durante el mes de abril.

Muestra	Fisicoquímicos							Orgánicos					
	T(°C)	C.E (Us/cm)	Resistencia (RS Ω/cm)	Sólidos Totales (mg/L)	Salinidad %	pH	Mv	Turbidez (NTU)	OD (mg/L) inicial	DBO5 (mg/L)	Coliformes totales (NMP/100ml)	Coliformes fecales (NMP/100ml)	Salmonella
Q-Eore-001	25.4	102.3	97.752	202	0	7.81	+296	10.13	5.17	2.74	15	4	Presencia
E-Ppri-002	25.4	100.2	99.800	338	0	7.92	+488	14.90	3.97	2.65	4	0	Ausencia
E-Psec-003	26.1	101.2	98.814	329	0	7.98	+490	16.60	3.97	2.93	0	0	Ausencia
Q-Eore-004	26.6	102.1	97.943	218	0	7.66	+293	11.00	5.21	2.72	7	0	Presencia

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Comparación de los parámetros fisicoquímicos del agua que no cumplen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en las piscigranjas de *Piaractus brachyomus* (paco) durante la estación de avenida en el distrito de Santo Domingo de Anda.

En el presente capítulo se presentan los parámetros que se considerarán para su comparación con los ECA Agua. Para los puntos Q-Vill-001 y Q-Vill-004, se aplicó la Categoría 3 – Subcategoría D2 (aguas para bebida de animales), dado que esta quebrada es empleada históricamente para la hidratación del ganado en la zona. Bajo esta normativa, los parámetros críticos evaluados fueron temperatura, conductividad eléctrica y pH. Por otro lado, para los puntos E-Ppri-002 y E-Psec-003, se adoptó la Categoría 2 – Subcategoría C4 (aguas para cultivo bioacuático), alineada con el núcleo del estudio enfocado en la acuicultura de *Piaractus brachyomus*. Según esta normativa, los parámetros priorizados fueron temperatura, pH y sólidos totales disueltos (TDS).

4.3.1. Punto N° 1: Quebrada Villa 001 (aguas arriba de la piscigranja).

En la **Tabla 15** se aprecia que, en el punto Q-Vill-001, la temperatura se mantuvo estable. La conductividad eléctrica presentó valores permitidos por los estándares lo que refleja una baja presencia de sales y minerales disueltos. El pH se mantuvo mayormente dentro del rango permitido, aunque en enero y febrero se registraron incrementos que superaron el valor máximo, evidenciando episodios puntuales de alcalinidad posiblemente asociados a mayor actividad fotosintética y baja renovación del agua en ese periodo.

Tabla 15. Parámetros fisicoquímicos del punto Q-Vill-001 comparados con el ECA (Categoría 3 - Subcategoría D2): Monitoreo mensual.

PARÁMETROS	UNIDAD	ECA-CAT3 SUBCATG (D2)	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
FISICOQUÍMICOS	Temperatura.	°C	24.02 – 30.02	26.4	26.1	28.5	28.2	25.4	25.4
	Conductividad	Us/cm	5000	103.6	110.0	112.3	103.3	105.4	102.3
	pH	Unidad	6,5 – 8,4	7.4	7.6	8.5	8.7	7.3	7.8

Fuente: Elaboración propia.

– **Temperatura.**

En la figura 7 se visualiza la comparación entre las temperaturas registradas durante seis meses de avenida y los valores de los estándares ECA agua establecidos por la normativa ambiental. Las líneas roja y verde representan respectivamente los límites mínimos (24.02 °C) y máximo (30.02 °C) permitidos.

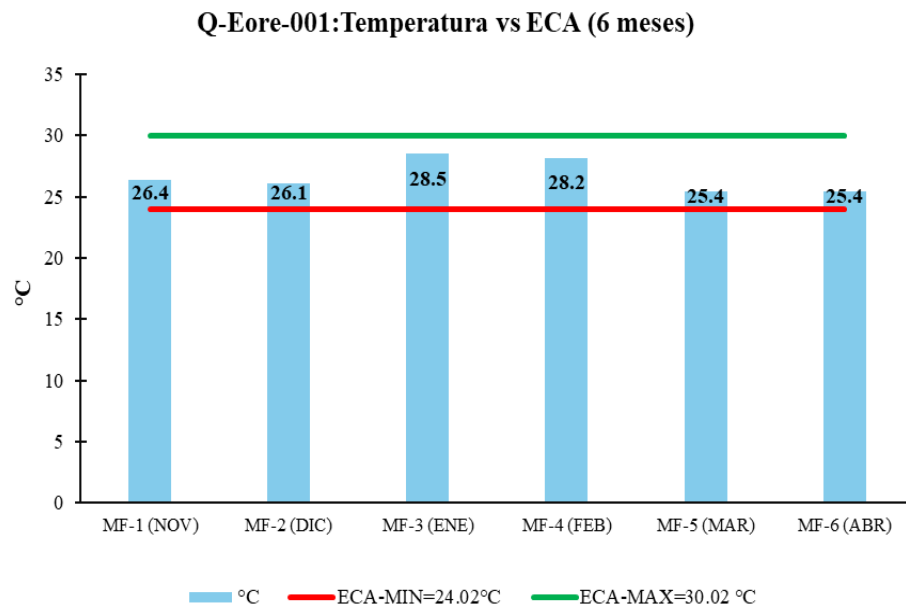


Figura 7. Comparación mensual de la temperatura vs el Estándares de Calidad del Agua (ECA) en el punto Q-Vill-001.

– **Conductividad**

En la figura 8 se visualiza la comparación grafica entre la conductividad eléctrica mensual medida en el punto Q-Vill-001 y el estándar normativo ambiental (línea roja en 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Se observa que, en todos los meses registrados, este parámetro se encuentra muy por debajo del estándar normativo, lo que indica que la calidad del agua, en términos de conductividad, cumple ampliamente con los estándares establecidos.

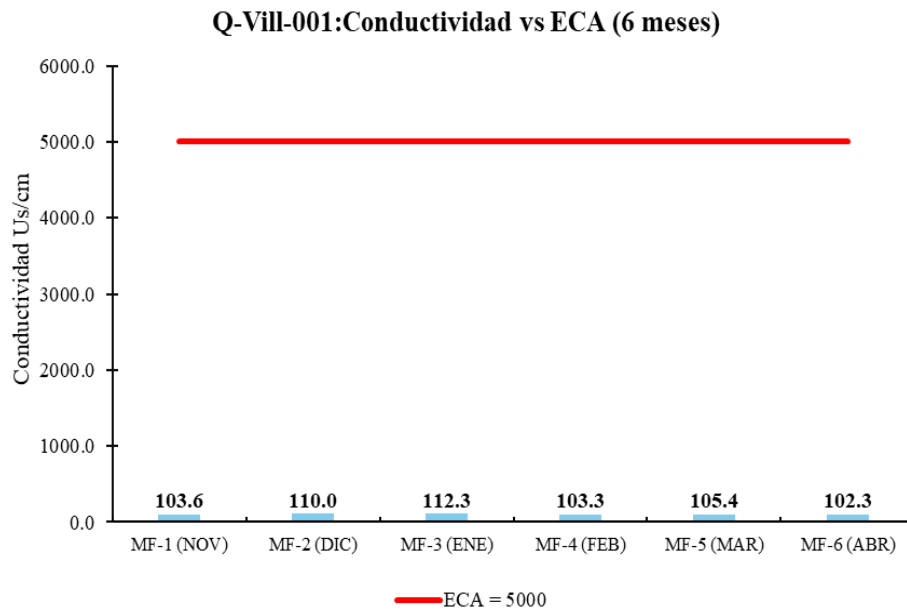


Figura 8. Comparación mensual de la conductividad vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto Q-Vill-001.

– **pH**

En la figura 9 se visualiza la comparativa entre los valores mensuales de pH medidos en el punto Q-Vill-001 y los ECA-agua, representados por las líneas roja (mínimo 6.5) y verde (máximo 8.4). Se observa que en los meses de enero y febrero y valores de pH no cumplen en el rango permitido, indicando condiciones ligeramente alcalinas que no cumplen con la normativa. Estas variaciones pueden estar influenciadas por las condiciones climáticas propias de la época de avenida, donde la escorrentía generada por las lluvias arrastra nutrientes y sustancias del suelo arcilloso de la zona, así como residuos de agroquímicos usados en la agricultura local.

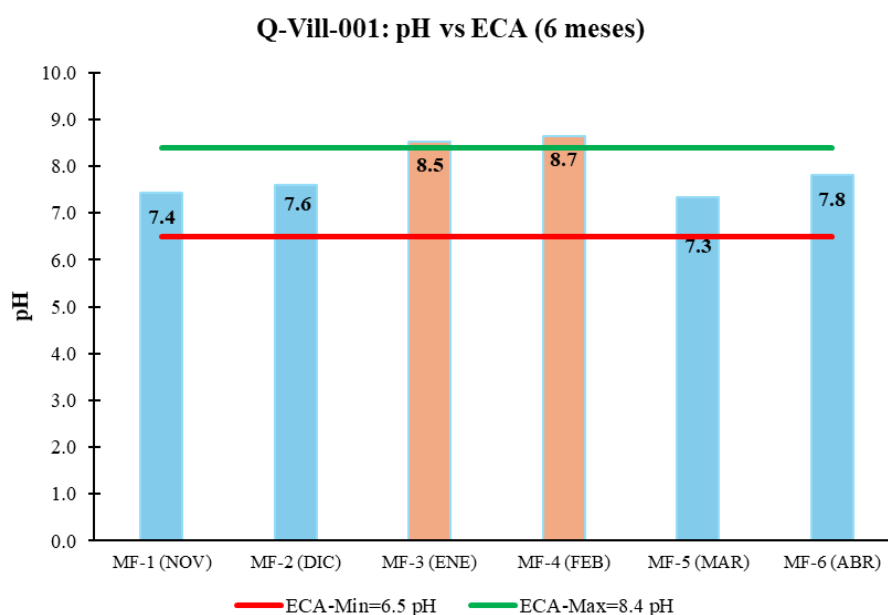


Figura 9. Comparación mensual del pH vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto Q-Vill-001.

4.3.2. Punto N° 2: Estanque primario (Estanque principal 002).

En la tabla 16 se presenta la comparativa de los parámetros fisicoquímicos en el punto E-Ppri-002, frente a los valores establecidos por el ECA categoría 2. Se evidenció que los valores de pH en los meses de enero y febrero superaron levemente el estándar establecido, lo que refleja una tendencia hacia la alcalinidad; del mismo modo los sólidos totales disueltos (TDS) superaron dicha referencia. Esta condición puede estar relacionada con la escorrentía provocada por las lluvias, que arrastra residuos de agroquímicos desde los suelos arcillosos de la zona, especialmente durante la época de avenida y el estancamiento de las aguas por climas secos anómalos prolongados que se da en época de avenida.

Tabla 16. Parámetros fisicoquímicos del punto E-Ppri-002 comparados con el ECA (Categoría 2 - Subcategoría C4): Monitoreo mensual.

	PARÁMETRO	UNIDAD	ECA-CAT2-SUBCATG (C4)	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Fisicoquímicos	Temperatura.	°C	[24.02-30.02]	25.8	26.1	29.1	28.6	26.4	25.4
	Sólidos Totales (TDS)	mg/L	200	310	328	335	280	340	338
	pH	Unidad	6,0-9,0	7.89	8.3	9.15	9.18	7.98	7.92

Fuente: Elaboración propia.

– Temperatura

En la figura 10 se muestra la comparación mensual de la temperatura en el punto E-Ppri-002, con un rango permitido entre 24.02 °C y 30.02 °C. Durante todo el periodo evaluado, la temperatura se mantuvo dentro del rango normativo, con valores que oscilaron entre 25.4 °C y 29.1 °C.

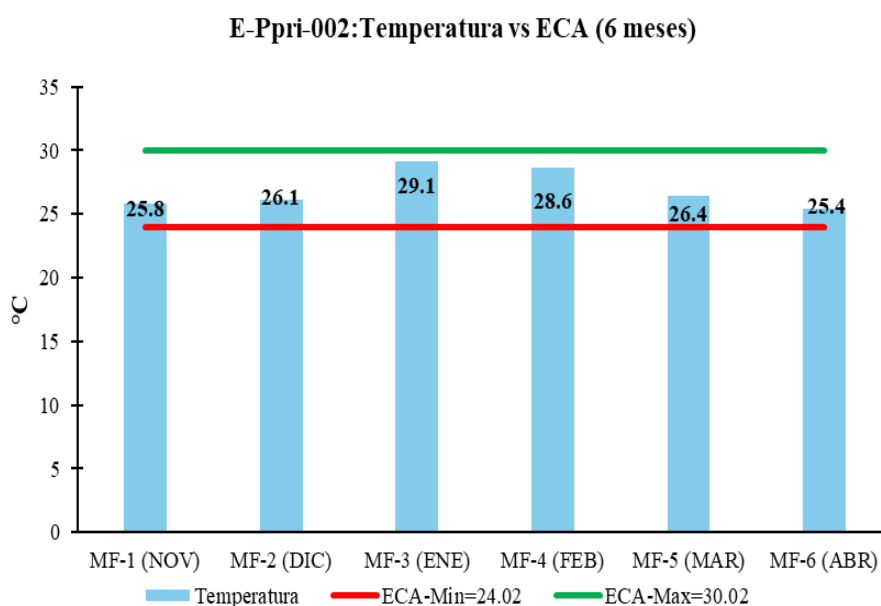


Figura 10. Comparación mensual de la temperatura vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto E-Ppri-002.

– Sólidos totales (TDS).

En la **Figura 11** se aprecia que los sólidos totales disueltos (TDS) en el punto E-Ppri-002 superaron en todo momento el valor de referencia del ECA para la categoría evaluada (200 mg/L). Los registros fluctuaron entre 280 y 340 mg/L, con el mínimo en febrero y los máximos en marzo y abril. Esta condición refleja una constante acumulación de sales y materia disuelta en el estanque principal, asociada a la baja renovación del agua y a la actividad acuícola, con ligeras disminuciones en épocas de mayor aporte hídrico por lluvias.

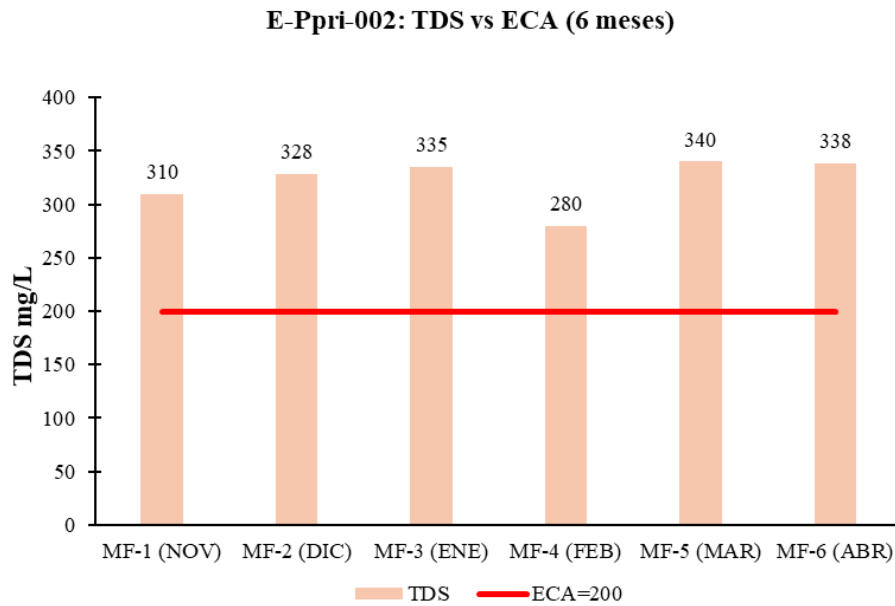


Figura 11. Comparación mensual de los sólidos totales (TDS) vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto E-Ppri-002.

– **pH**

En la figura 12 se presenta la gráfica de la comparación mensual del pH en el punto E-Ppri-002 frente al ECA-agua, con un rango permitido entre 6 y 9. Se observa que durante diciembre y enero los valores de pH superaron ligeramente el estándar, indicando una alcalinidad en esos periodos. En los demás meses evaluados, el pH se mantuvo dentro del rango normativo.

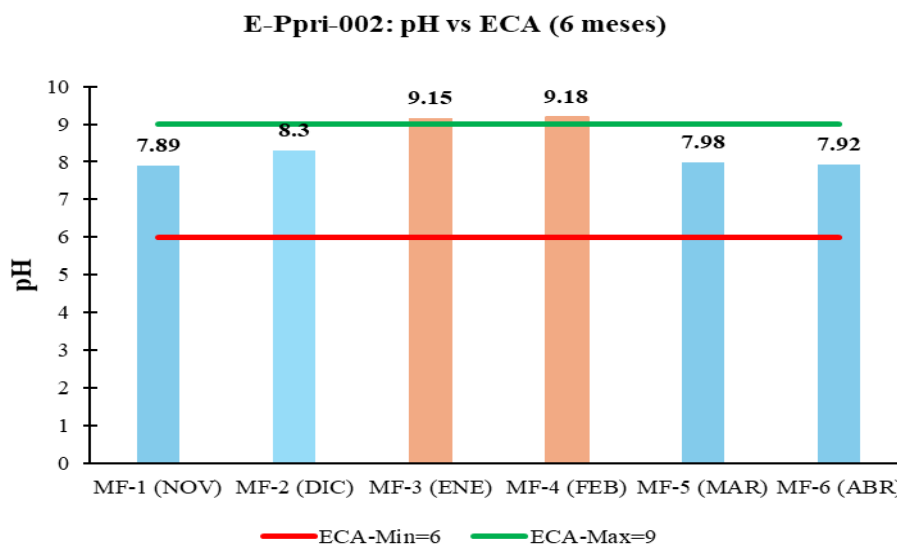


Figura 12. Comparación mensual pH vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto E-Ppri-002.

4.3.3. Punto N° 3: Estanque secundario (Piscigranja secundario 003).

La tabla 17 revela que en el punto E-Psec-003 los sólidos totales suspendidos (TDS) superaron durante las 6 fechas los estándares indicando que hubo estancamiento de agua con acumulación orgánica y mineralización, mientras que el pH en enero y febrero levemente traspasó valor normativo para dicha categorización, indicando un episodio puntual de alcalinidad.

Tabla 17. Parámetros fisicoquímicos del punto E-Psec-003 comparados con el ECA (Categoría 2 - Subcategoría C4): Monitoreo mensual.

PARÁMETRO	UNIDAD	ECA-CAT2-SUBCATG (C4)	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
Fisicoquímicos	Temperatura	°C	[24.02-30.02]	25.8	26.3	29.4	28.6	27.7	26.1
	Sólidos Totales (TDS)	mg/L	200	298	310	320	270	332	329
	pH	Unidad	6,0-9,0	7.9	8.42	9.23	9.14	8	7.98

Fuente: Elaboración propia.

– Temperatura.

En la figura 13 se presenta la gráfica comparativa de la temperatura frente a la normativa, manteniéndose estable y dentro del rango permitido por el ECA (24.02–30.02 °C) durante los seis meses de monitoreo.

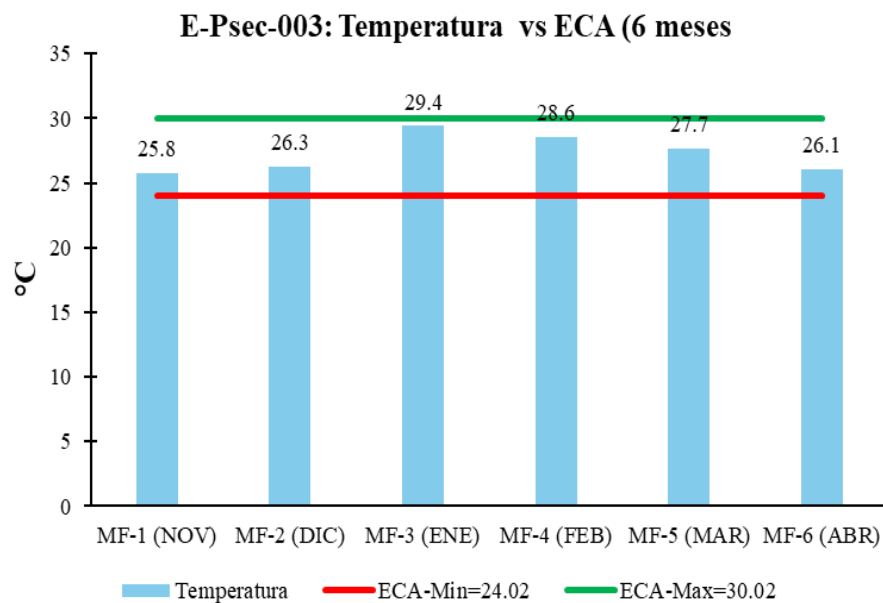


Figura 13. Comparación mensual de la temperatura vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto E-Psec-003.

– **Sólidos Totales (TDS).**

En la Figura 14 se evidencia que los niveles de TDS en el estanque secundario (E-Psec-003) superaron en todos los meses el valor de referencia del ECA (200 mg/L). Las concentraciones mostraron variaciones moderadas, con mínimos en febrero y máximos en marzo, lo que sugiere que las lluvias pudieron favorecer cierta dilución temporal, aunque no lo suficiente para alcanzar el estándar. Estos resultados indican que, pese a pequeñas fluctuaciones estacionales, el sistema mantiene una carga disuelta elevada, probablemente asociada a la acumulación progresiva de sales y compuestos derivados de la actividad acuícola.

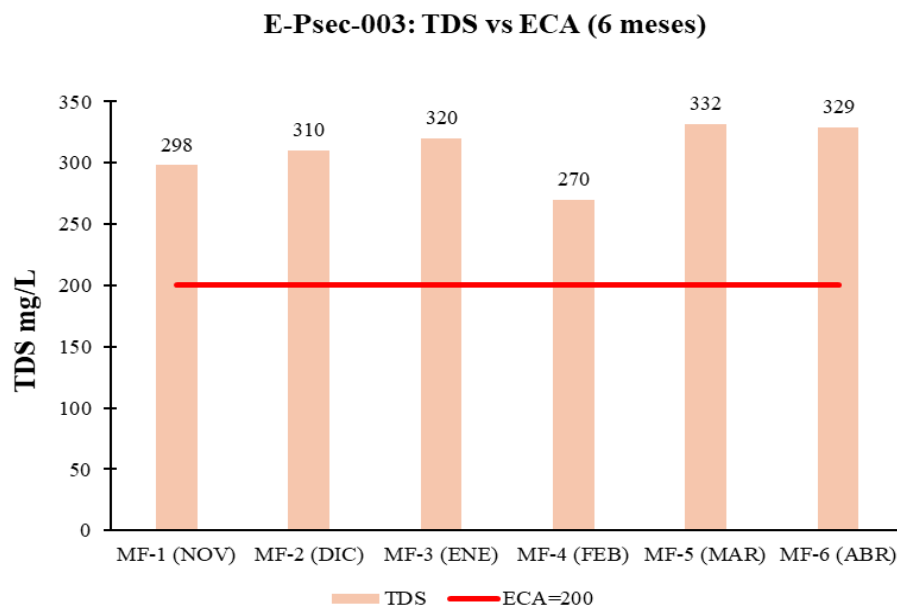


Figura 14. Comparación mensual de los sólidos totales (TDS) vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto E-Psec-003.

– **Potencial Hidrogeno.**

En la figura 15 se expone la figura comparativa del pH frente a los estándares ECA agua con un rango permitido entre 6 y 9. Se observa que, durante la mayoría de los meses, el pH se mantuvo dentro de este rango, indicando condiciones adecuadas para la calidad del agua. Sin embargo, en enero y febrero se registró un valor ligeramente superior a lo establecido, lo que sugiere un episodio puntual de alcalinidad.

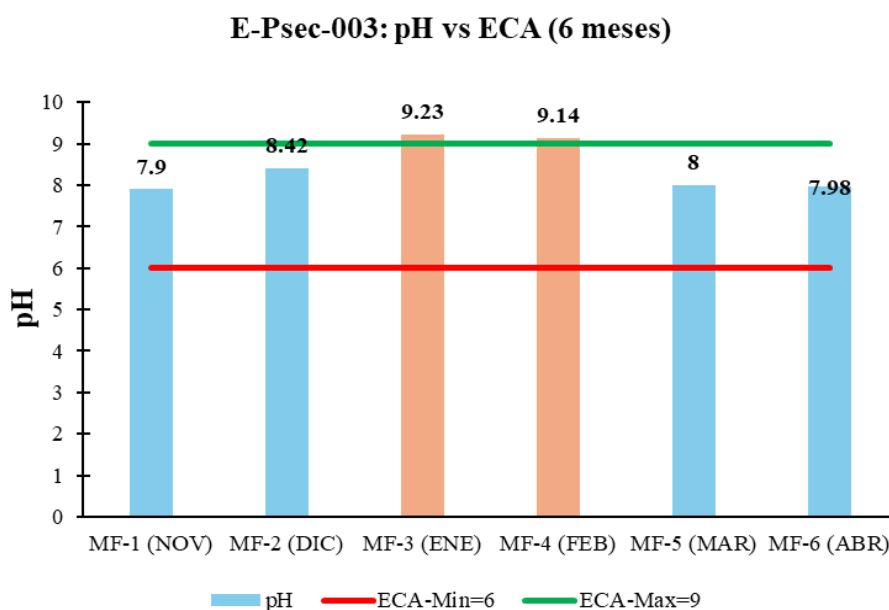


Figura 15. Comparación mensual pH vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto E-Psec-003.

4.3.4. Punto N° 4: Quebrada Villa 004 (aguas abajo de la piscigranja).

La tabla 18 muestra los resultados en el monitoreo del punto Q-Vill-004, donde confluyen las aguas residuales de la piscigranja con las aguas naturales de la quebrada. Los valores de temperatura y conductividad se mantuvieron dentro de los estándares aceptados por el ECA agua, indicando condiciones ambientales estables en estos aspectos. No obstante, se detectó un incremento en el pH durante el mes de enero y febrero, superando el estándar. Esta elevación podría estar relacionada con la influencia directa de los efluentes provenientes de la piscigranja.

Tabla 18. Parámetros fisicoquímicos del punto Q-Vill-004 comparados con el ECA (Categoría 3 - Subcategoría D2): Monitoreo mensual.

	PARÁMETROS	UNIDAD	ECA-CAT3	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
			SUBCATG (D2)						
Fisicoquímicos	Temperatura.	°C	[24.02-30.02]	25.6	26.6	29.8	29.2	25.4	26.6
	Conductividad	μS/cm	5000	103	110	112	103	105	102
	pH	Unidad	6,5 – 8,4	7.37	7.63	8.49	8.57	7.24	7.66

Fuente: Elaboración propia.

– **Temperatura.**

En la figura 16 se muestra la comparación mensual de la temperatura del agua en el punto Q-Vill-004 durante seis meses. Se observa que las temperaturas medidas están dentro del rango permitido por el Estándar de Calidad del Agua (ECA), entre 24.02 °C y 30.02 °C. Los valores más altos se registraron en enero y febrero, mientras que los más bajos fueron en noviembre y marzo.

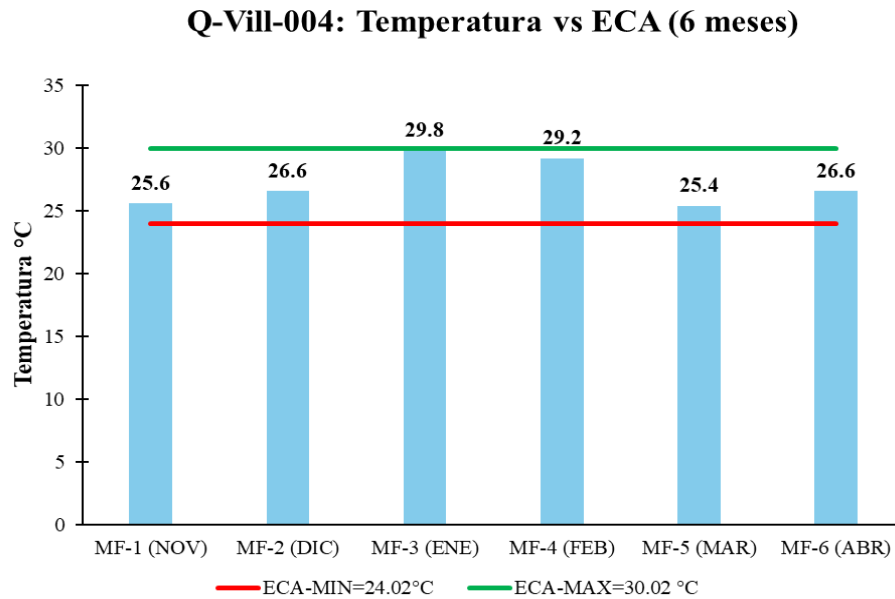


Figura 16. Comparación mensual de la temperatura vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto Q-Vill-004.

– **Conductividad.**

En la figura 17 se muestra la comparativa gráfica mensual en el punto Q-Vill-004 frente al estándar ECA agua fijado en 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Los valores fluctúan entre aproximadamente 102 y 110 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando una calidad del agua estable y dentro de la normativa establecida.

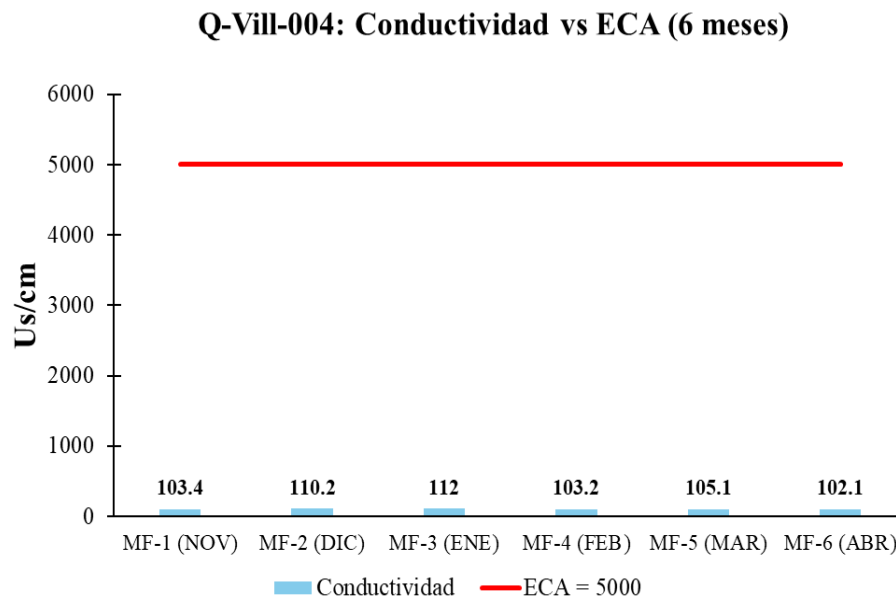


Figura 17. Comparación mensual de la conductividad vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto Q-Vill-001.

– **Potencial Hidrogeno.**

En la Figura 18 se observa que el pH en el punto Q-Vill-004 permaneció mayormente dentro del rango permitido por el ECA (6.5–8.4), excepto en febrero, cuando se superó ligeramente el límite superior. Los valores más altos se registraron entre enero y febrero, posiblemente asociados a una mayor actividad fotosintética y reducción de CO₂ en el agua, mientras que los menores se presentaron en marzo, en un contexto de mayor renovación hídrica. En general, el pH mostró oscilaciones moderadas, sin cambios extremos que pudieran comprometer la calidad química del agua.

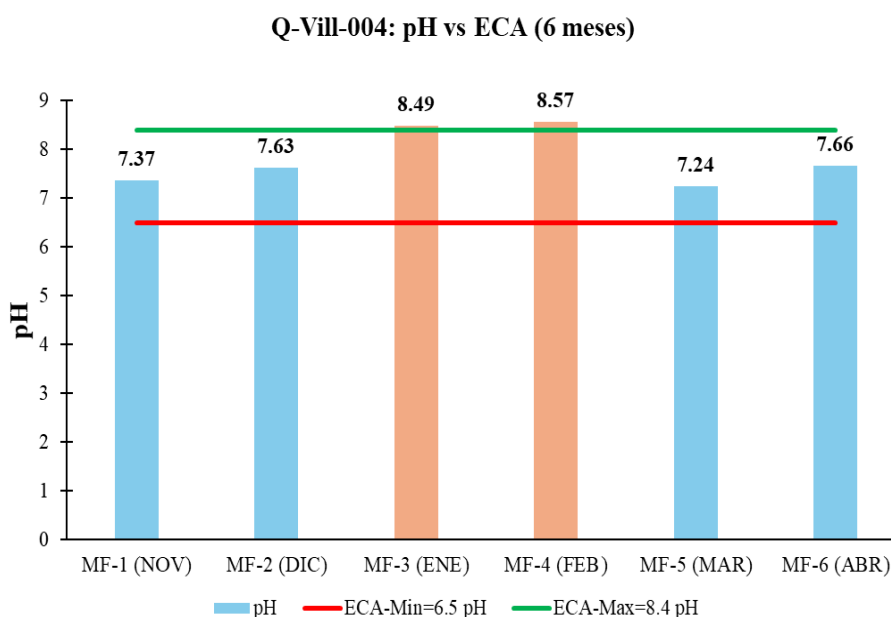


Figura 18. Comparación mensual del pH vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto Q-Vill-004.

4.4. Comparación de los parámetros orgánicos del agua que no cumplen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en las piscigranjas de *Piaractus brachypomus* (paco) durante el periodo de avenida en el distrito de Santo Domingo de Anda.

En este apartado se presentan los parámetros orgánicos que se consideraron para su comparación con los estándares ECA agua. Para los puntos Q-Vill-001 y Q-Vill-004 se aplicó la Categoría 3 (aguas para bebida de animales) y para los puntos E-Pprin-002 y E-Psec-003 se aplicó la Categoría 2 – Subcategoría C4 (aguas para cultivo bioacuático). Los parámetros orgánicos priorizados bajo esta normativa fueron oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y coliformes termotolerantes.

4.4.1. Punto N° 1: Quebrada Villa 001 (aguas arriba de la piscigranja).

En la Tabla 19 se presenta una tabla de los valores medidos reflejado que el oxígeno disuelto se mantuvo dentro del margen normativo establecido por el ECA, evidenciando condiciones aceptables de oxigenación en la quebrada. La DBO₅ permaneció muy por debajo de la cota estandarizada, lo que indica baja carga orgánica en el agua. En cuanto a los coliformes termotolerantes, no se detectaron en la mayoría de los meses, con una presencia puntual en abril, lo que sugiere mínima contaminación fecal reciente durante el periodo evaluado.

Tabla 19. Parámetros orgánicos del punto Q-Vill-001 comparados con el ECA (Categoría 3 - Subcategoría D2): Monitoreo mensual.

PARÁMETROS	UNIDAD	ECA-CAT3 SUBCATG (D2)	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
ORGÁNICOS	OD	mg/L	≥4	4.24	4.21	4.12	4.32	4.23	4.33
	DBO5	mg/L	15	2.21	2.82	2.6	2.42	2.93	2.74
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1000	0	0	0	0	0	4

Fuente: Elaboración propia.

– **Oxígeno Disuelto.**

La Figura 19 se expone gráficamente la comparativa del Oxígeno Disuelto frente a la periodicidad y al estándar normativo. Se refleja que los valores se encuentran dentro del rango sugerido por el ECA (6.5–8.4). Los valores más bajos se registraron en enero, pero no significativos según la norma. Posiblemente dichos resultados están relacionados con la naturaleza del cuerpo lotico como tal, ya que este se encuentra en constante movimiento auto oxigenándose en toda su trayectoria.

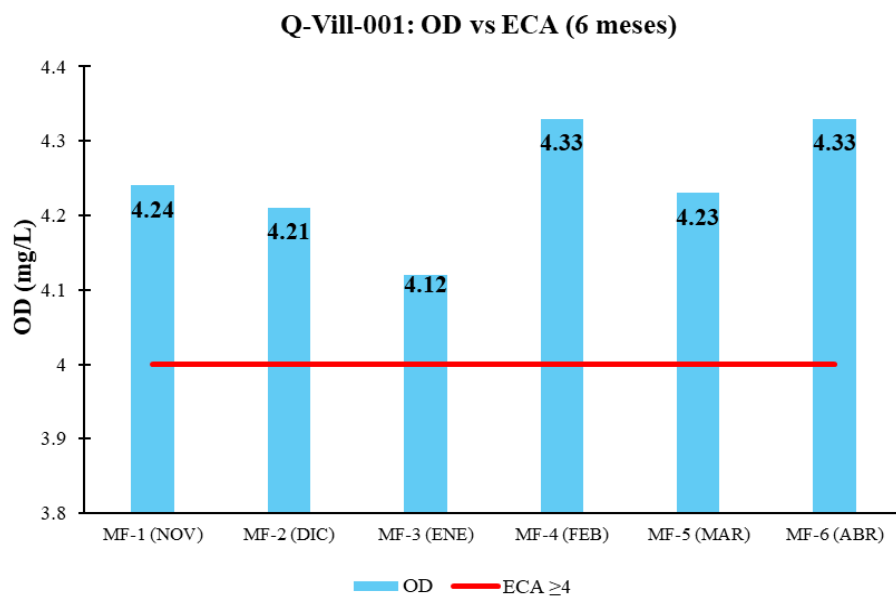


Figura 19. Comparación mensual del OD vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto Q-Vill-001.

– **Demanda Bioquímica de Oxígeno.**

La **Figura 20** muestra la variación de la DBO5 del periodo de monitoreo en comparación con el estándar normativo del ECA. Los valores registrados se mantuvieron dentro del rango establecido, con una distribución relativamente homogénea y sin diferencias significativas frente a lo permitido. Esta estabilidad podría estar asociada a la dinámica propia del cuerpo lótico, el cual, al mantener un flujo constante, favorece la autooxigenación a lo largo de su recorrido.

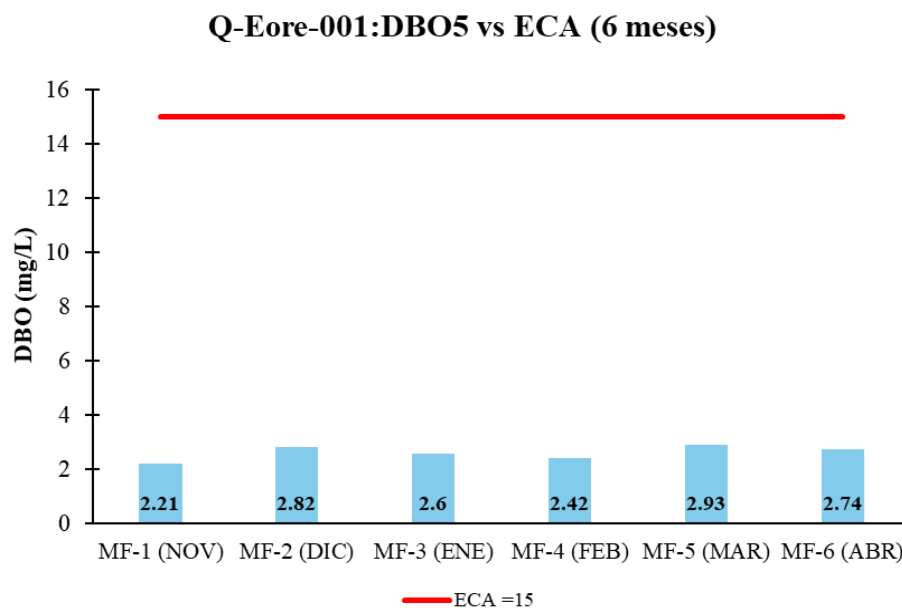


Figura 20. Comparación mensual del DBO5 vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto Q-Vill-001.

– **Coliformes Termotolerantes.**

En la **Figura 21** se observa que los coliformes termotolerantes en el punto Q-Vill-001 se mantuvieron en cero durante casi todo el periodo, registrándose solo en abril un valor mínimo de 4 NMP/100 ml, muy por debajo del límite de 1000 establecido por el ECA. Esto evidencia una buena calidad microbiológica del agua en este punto.

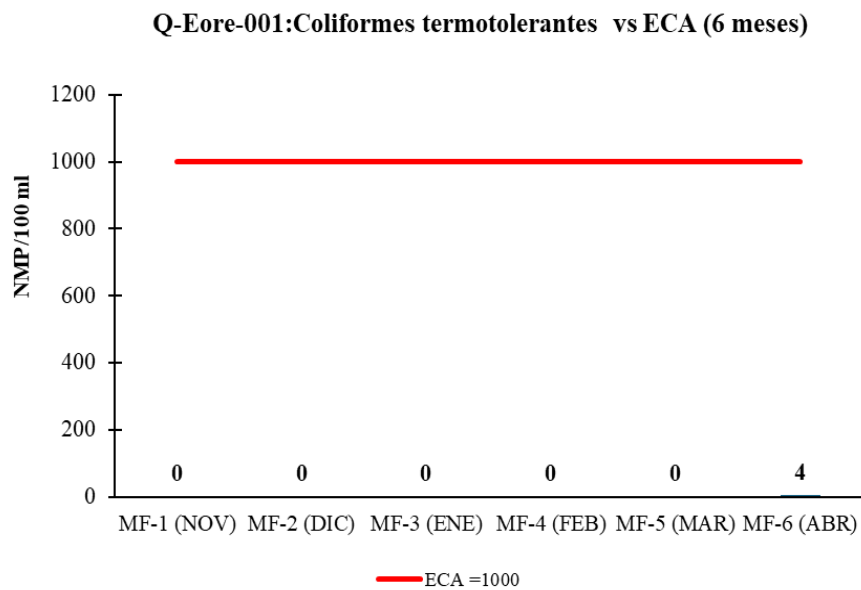


Figura 21. Comparación mensual de Coliformes termotolerantes vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto Q-Vill-001.

4.4.2. Punto N° 2: Estanque de producción (Estanque principal 002).

En la tabla 20 se presenta la comparativa de los parámetros orgánicos en el punto E-Pprin-002 frente a los estándares normativos. En este apartado se observa que el oxígeno disuelto no se encuentra en el margen normativo del ECA (≥ 5 mg/L), registrando promedios cercanos a 3 mg/L. Este déficit podría asociarse a la menor circulación y renovación del agua en el estanque, lo que limita la oxigenación natural. En contraste, la DBO₅ se mantuvo baja y no se detectaron coliformes, lo que refleja una buena calidad microbiológica a pesar de la baja oxigenación.

Tabla 20. Parámetros orgánicos del punto E-Ppri-002 comparados con el ECA (Categoría 2 - Subcategoría C4): Monitoreo mensual.

PARÁMETRO	UNIDAD	ECA-CAT2-SUBCATG (C4)	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
ORGÁNICOS	OD	mg/L	≥ 5	3.71	3.22	3.17	3.21	3.93	3.97
	DBO ₅	mg/L	10	1.85	2.54	2.66	2.36	2.85	2.65
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	200	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

– **Oxígeno Disuelto.**

La figura 22 muestra la gráfica comparativa de la normativa versus el OD, lo cual muestra valores por debajo de lo sugerido ($<5\text{mg/l}$), reflejando episodios de oxigenación levemente insuficiente. Esta condición puede deberse a la alta carga orgánica proveniente de escorrentía agrícola y materia en descomposición durante la temporada de lluvias.

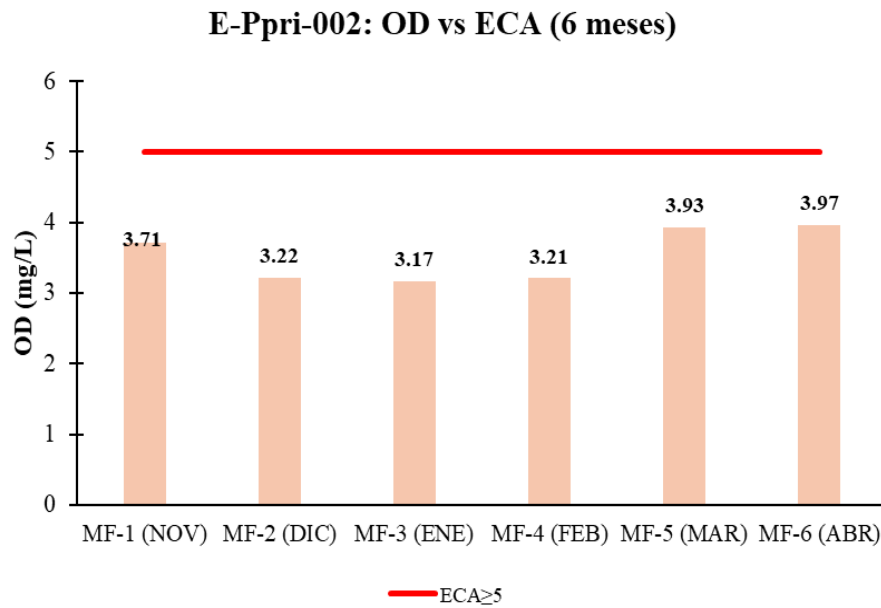


Figura 22. Comparación mensual del OD vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto E-Ppri-002.

– **Demanda Bioquímica de Oxígeno.**

En La figura 22 muestra la gráfica comparativa de la normativa versus el DBO5, lo cual muestra valores homogéneos en promedio de 2.5 observando de los mismos que se encuentran por debajo de lo sugerido (10mg/l), de esta manera se interfiere que cumplen lo exigido en cuanto al margen estandarizado.

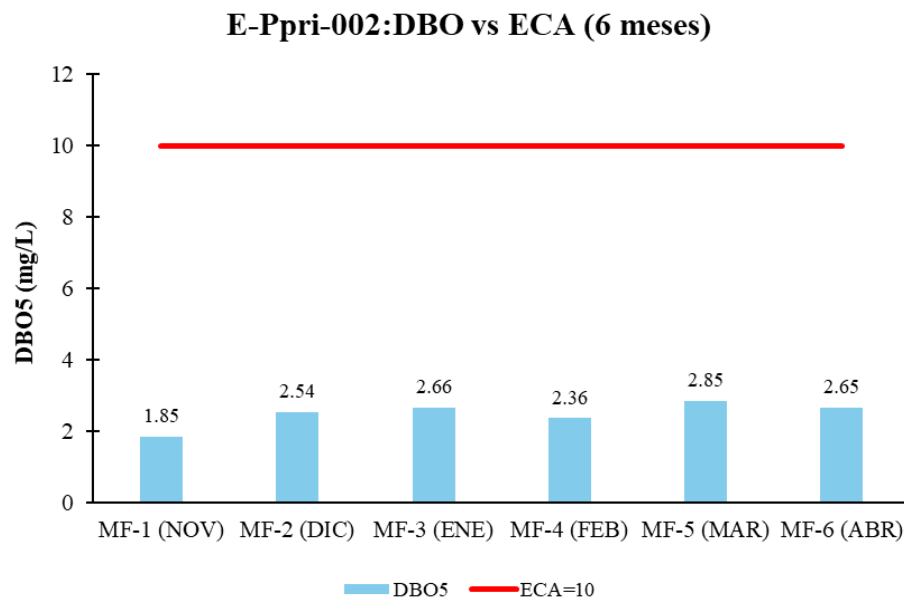


Figura 23. Comparación mensual del DBO5 vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto E-Pprin-002.

– **Coliformes Termotolerantes.**

La figura 24 muestra que los coliformes termotolerantes en el punto E-Ppri-002 se mantuvieron en 0 NMP/100 ml durante los seis meses, cumpliendo completamente con el límite del ECA (200 NMP/100 ml), lo que indica buena calidad microbiológica del agua.

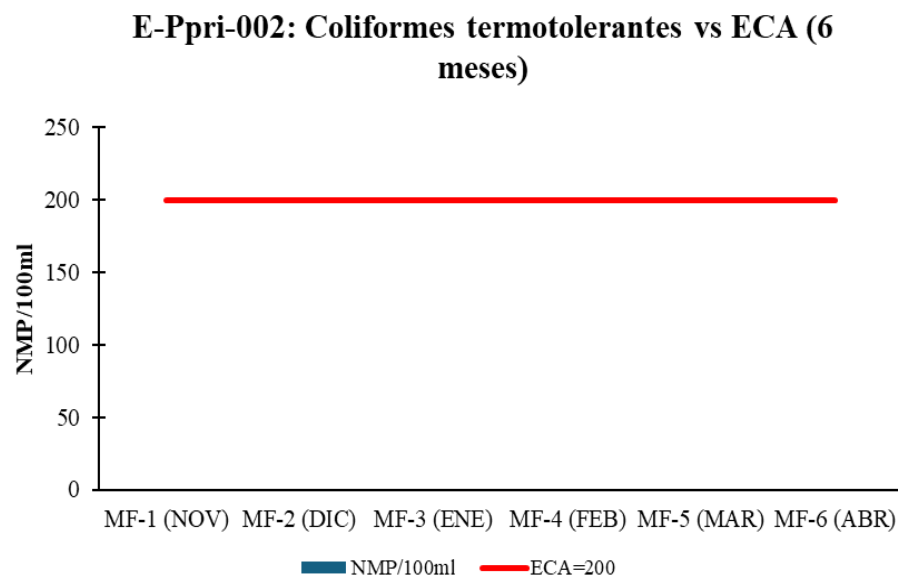


Figura 24. Comparación mensual de Coliformes.T vs el (ECA) en el punto E-Ppri-002.

4.4.3. Punto N° 3: Estanque de producción (Piscigranja secundario 003).

La Tabla 21 presenta los valores obtenidos en el punto E-Psec-003 en comparación con los márgenes establecidos por el ECA. Se observa que el oxígeno disuelto se mantuvo por debajo del valor de referencia (5 mg/L), sin alcanzar el rango considerado óptimo para aguas, con promedios cercanos a 3 mg/L. Esta baja oxigenación podría estar asociada a la limitada circulación y recambio del agua en el estanque. La DBO₅ mostró valores bajos y estables, mientras que la ausencia de coliformes evidencias que no hubo contaminación fecal reciente, a pesar de la menor concentración de oxígeno disuelto.

Tabla 21. Parámetros orgánicos del punto E-Psec-003 comparados con el ECA (Categoría 2 - Subcategoría C4): Monitoreo mensual.

PARÁMETRO	UNIDAD	ECA-CAT2-SUBCATG (C4)	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
ORGÁNICOS	OD	mg/L	≥5	3.71	3.22	3.17	3.21	3.93	3.97
	DBO ₅	mg/L	10	1.96	2.45	2.18	2.67	2.86	2.93
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	200	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

– Oxígeno Disuelto.

La Figura 25 muestra la variación mensual del oxígeno disuelto (OD) en el punto E-Ppri-002 en comparación con el valor de referencia del ECA (≥5 mg/L). En todos los meses evaluados, el OD permaneció por debajo del límite normativo, con valores cercanos a 3 mg/L, lo que refleja una oxigenación levemente disminuyente.

E-Psec-003: OD vs ECA (6 meses)

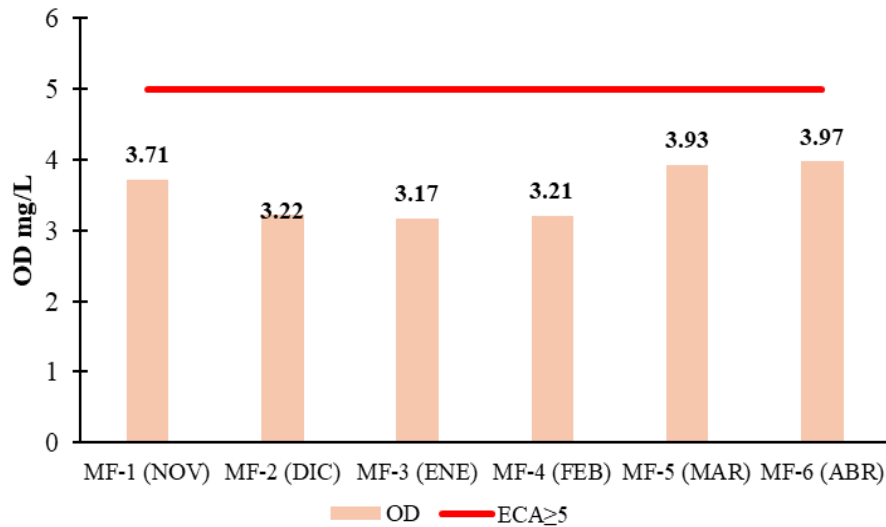


Figura 25. Comparación mensual del OD vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto E-Ppri-002.

– Demanda Bioquímica de Oxígeno.

La figura 26 muestra que la DBO5 se mantuvo por debajo del límite de 10 mg/L indicando posiblemente variaciones bajas en la carga orgánica durante los seis meses, cumpliendo de esta manera la normativa.

E-Psec-003: DBO5 vs ECA (6 meses)

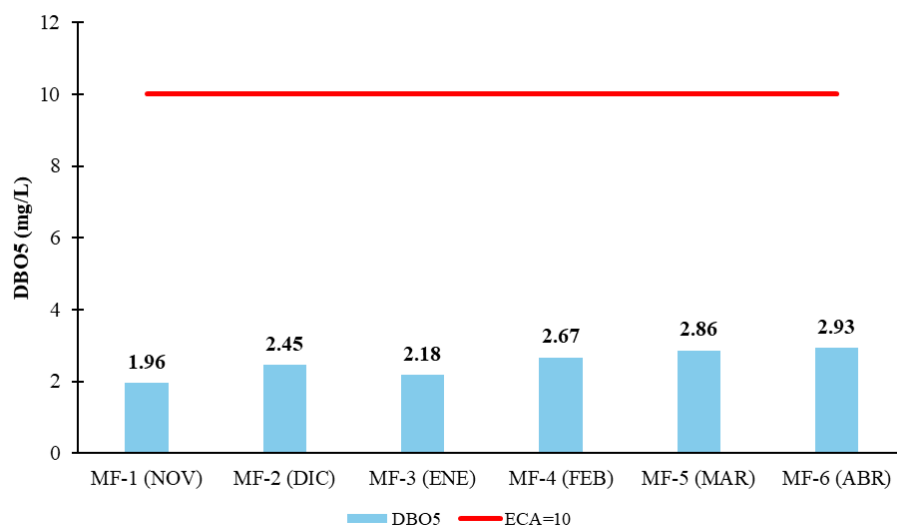


Figura 26. Comparación mensual del DBO5 vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto E-Psec-003.

– **Coliformes termotolerantes.**

La figura 27 muestra que durante los seis meses evaluados no se detectaron coliformes termotolerantes en el punto E-Psec-003, manteniéndose en cero, lo que indica una excelente calidad microbiológica del agua y ausencia de contaminación fecal según el estándar ECA

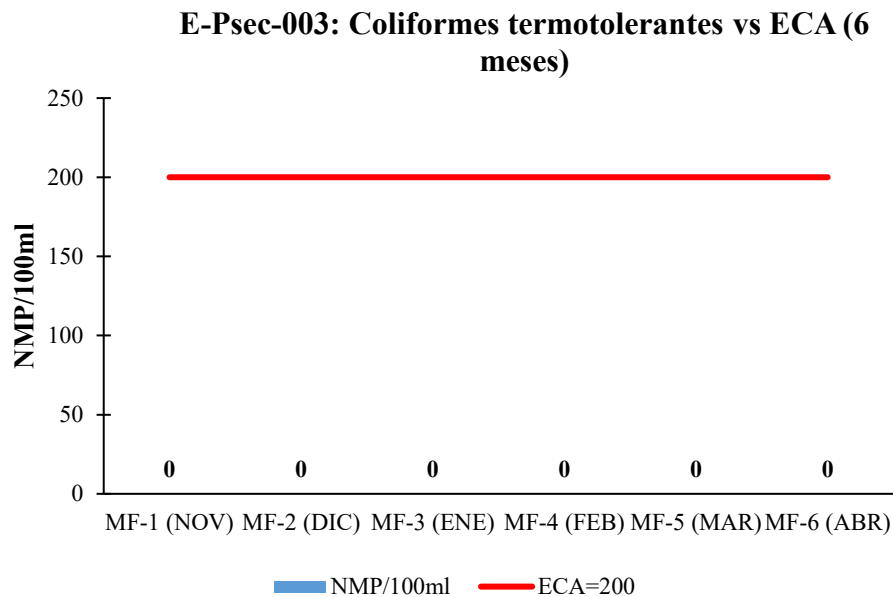


Figura 27. Comparación mensual de Coliformes.T vs el (ECA) en el punto E-Psec-003.

4.4.4. Punto N° 4: Quebrada Villa 004 (aguas abajo de la piscigranja).

En la tabla 22 se presenta lo valores obtenidos por parte de los parámetros orgánicos evaluados en el último punto (Q-Vill-004) frente a los ECA para la categoría 3. Se detecta que las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) durante todo el periodo se encuentran por encima de 4 mg/L, revelando de esta forma que las muestras se están posicionando dentro del margen del estándar de calidad de agua. Por otro lado, la demanda bioquímica de oxígeno a 5 días (DBO5) muestra valores por debajo de lo sugerido (15 mg/L), evidenciando un bajo nivel de biomasa en el agua durante todo el periodo monitoreado. Finalmente, los coliformes termotolerantes no presentan presencia en ninguna de las muestras analizadas.

Tabla 22. Parámetros orgánicos del punto Q-Vill-004 comparados con el ECA (Categoría 3 - Subcategoría D2): Monitoreo mensual.

PARÁMETROS	UNIDAD	ECA-CAT3 SUBCATG (D2)	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
ORGÁNICOS	OD	mg/L	≥4	4.38	4.02	4.1	4.3	4.17	4.24
	DBO5	mg/L	15	2.31	2.63	2.53	2.2	2.93	2.72
	Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1000	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

– **Oxígeno Disuelto.**

En la Figura 28 muestra la comparativa mensual del oxígeno disuelto (OD) frente a los ECA agua, en el último punto. Los valores de OD sobrepasan los 4 mg/L, lo cual indican que dichos valores se posicionan dentro de los márgenes establecidos de calidad, por ende, favorables para la vida acuática. El valor mas bajo, pero dentro de los estándares se registró em diciembre. A esto se sostiene el argumento de que dicho punto es parte de la quebrada de descarga la cual esta en constante movimiento su autooxigenación.

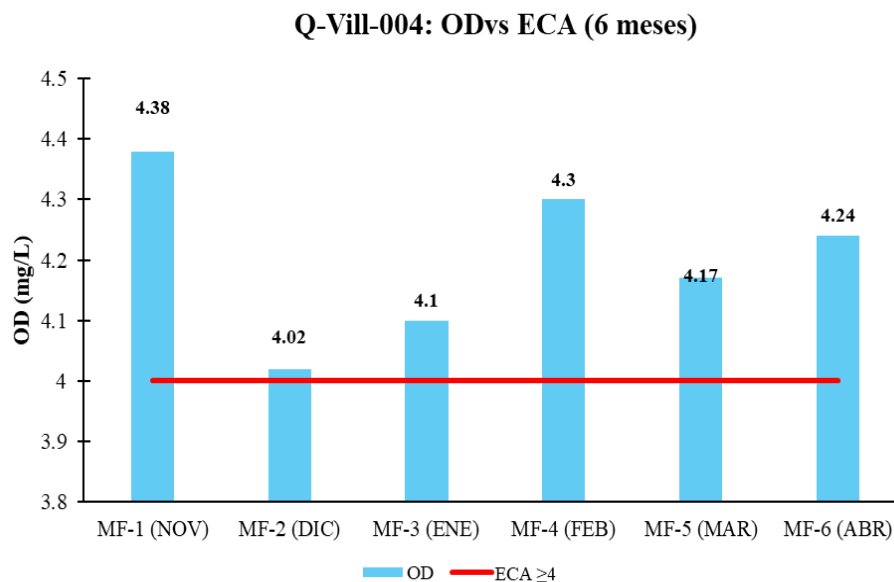


Figura 28. Comparación mensual del OD vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto Q-Vill-004.

– **Demanda Bioquímica de Oxígeno.**

La gráfica 29 muestra el versus de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) frente al ECA agua fijado en 15 mg/L. Se observa que todos los valores de DBO5 están por debajo de lo establecido las cuales no intersecan la línea roja. Esto indica una buena condición del agua con relación a la DBO5, resultados relacionados a la fluctuación de las aguas en la quebrada.

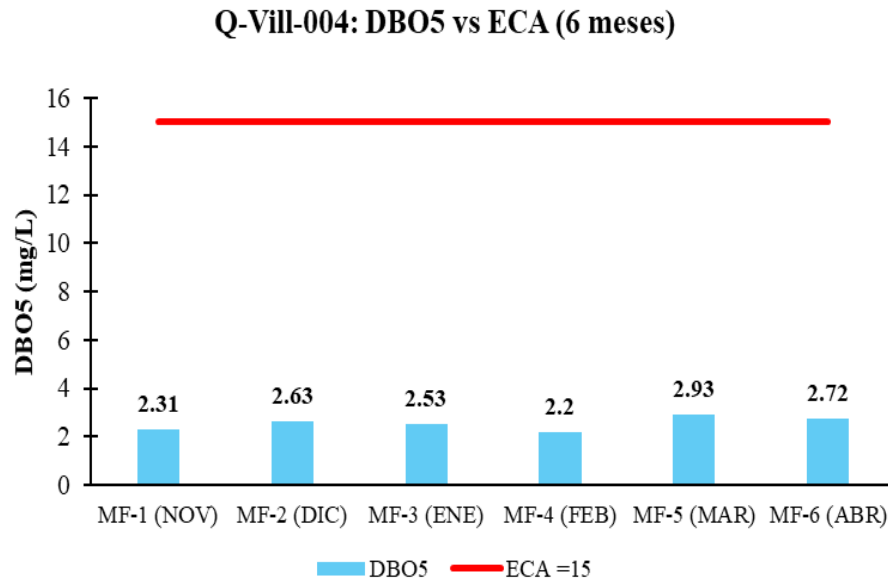


Figura 29. Comparación mensual del DBO5 vs el Estándar de Calidad del Agua (ECA) en el punto E-Psec-003.

– **Coliforme termotolerantes.**

La Figura 30 se expone la comparativa mensual de coliformes termotolerantes en el punto E-Psec-003 durante un periodo de seis meses, en relación con lo establecido por el ECA, que es de 1000 NMP/100 ml. Los valores de coliformes termotolerantes fueron cero, lo que indica la ausencia de contaminación fecal y una calidad microbiológica óptima del agua en este punto.

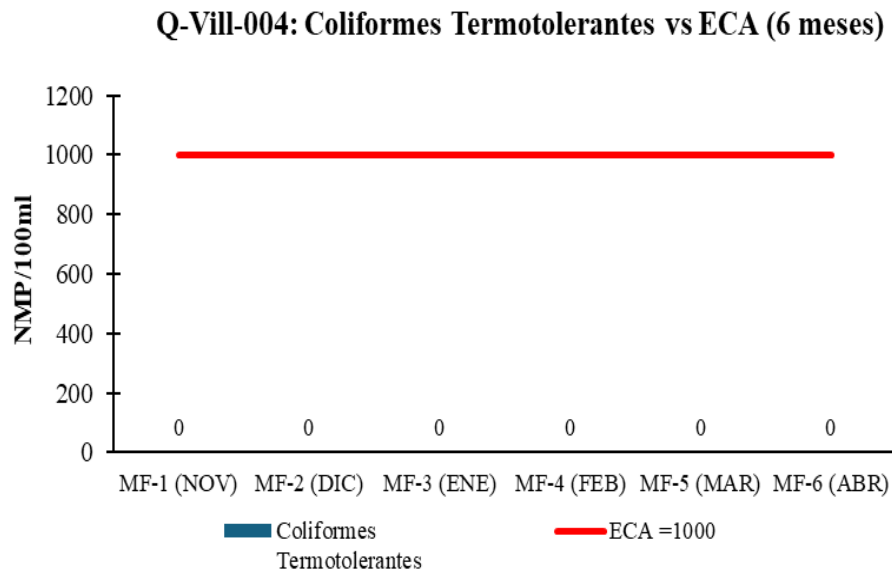


Figura 30. Comparación mensual de *Coliformes.T* vs el (ECA) en el punto Q-Vill-004.

4.5. Cálculo del Índice de calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) en las piscigranjas de *Piaractus brachypomus* (paco), considerando las condiciones propias de la temporada de avenida en el distrito de Santo Domingo de Anda, 2024-2025.

En este capítulo se expone el cálculo y la valoración del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICAHRS) en los cuatro puntos de monitoreo (Q-Vill-001, E-Ppri-002, E-Psec-003 y Q-Vill-004), ubicados en el municipio de Santo Domingo de Anda. Para realizar este cálculo, se consideran dos categorías según el ECA: para los estanques piscícolas, la Categoría 2, Subcategoría C4 (extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas) y, para las quebradas de suministro y desfogue, la Categoría 3, Subcategoría D2 (bebida de animales).

Además, algunos parámetros adicionales fueron integrados a la metodología ICAHRS, aunque no forman parte de los requerimientos establecidos por dicho índice. Estos fueron incorporados por el investigador con el fin de brindar una evaluación más completa de las condiciones hídricas en las piscigranjas, especialmente durante la temporada de avenida, cuando se presentan condiciones ambientales particulares que pueden provocar alteraciones significativas en la calidad del agua.

Tabla 23. Cálculo del del Índice de calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICAHRS) en el primer punto de monitoreo (Quebrada villa, con código: Q-Vill-001) con la Categoría 3-Subcategoría D2 (Aguas destinadas para bebida de animales).

	Parámetros	Unidad	ECA-CAT2- SUBCATG (C4)	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
FISICOQUÍMIOS	Temperatura.	°C	[24.02-30.02]	26.4	26.1	28.5	28.2	25.4	25.4
	Conductividad	μS/cm	1000	104	110	112	103	105	102
	Resistencia	Ω/cm	≥25	96.53	90.91	89.05	96.81	94.88	97.75
	Sólidos Totales (TDS)	mg/L	200	180	192	201	158	210	202
	Salinidad.	%	0.1	0	0	0	0	0	0
	pH	Unidad	6 – 9	7.43	7.61	8.53	8.65	7.33	7.81
	ORP	Mv	[100-400]	+268	+287	+281	+280	+298	+296
ORGÁNICOS	Turbiedad	UNT	100	12.1	12.7	9.88	26.2	26	10.1
	OD	mg/L	≥5	4.24	4.2	4.12	4.32	4.23	4.33
	DBO5	mg/L	10	2.21	2.82	2.6	2.42	2.93	2.74
	Coliformes totales	NMP/100ml	1000	0	5	15	15	4	15
	Coliformes fecales	NMP/100ml	200	0	0	0	0	0	4
	<i>Salmonella sp</i>	NMP/100ml	Ausencia (A)	P	P	A	P	A	P
	Número de Parámetros que no cumplen el ECA-AGUA						3		
Número total de parámetros evaluados						13			
Número de datos que NO cumplen el ECA-AGUA						8			
Número total de datos						78			
F1						0.308			
F2						0.103			
	Temperatura.	°C							
	Conductividad	μS/cm							

Resistencia	Ω/cm				
Sólidos Totales (TDS)	mg/L				
Salinidad.	%				
pH	Unidad			0.015	0.030
ORP	Mv				
Turbiedad	UNT				0.048
OD	mg/L				0.041
DBO5	mg/L				
Coliformes totales	NMP/100ml				
Coliformes fecales	NMP/100ml				
Salmonella sp	NMP/100ml	P	P	P	P
Sumatoria de excedentes				0.13	
Sumatoria normalizada de excedentes				0.00	
F3				0.17	
ICARHS				99.72	
				EXCELENTE	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 23 se observa el cálculo ICAHRS correspondiente al punto de monitoreo Q-Vill-001, situado en la Quebrada Villa y clasificado como Categoría 3, (aguas destinadas a bebida de animales). De los trece (13) parámetros evaluados, seis (3) no cumplen el ECA-Agua: pH, Oxígeno Disuelto y presencia de *Salmonella sp*. Con base en dichos excedentes, la metodología ICARHS arroja los siguientes resultados: F_1 (alcance) = 0,368, que expresa la proporción de parámetros fuera de norma; F_2 (frecuencia) = 0,103, que cuantifica la recurrencia de los incumplimientos; y F_3 (magnitud) = 017, que refleja la severidad de las desviaciones. La sumatoria de excedentes alcanza 0.13 y, tras su normalización, se obtiene un valor de 0,0017. Al integrar F_1 , F_2 y F_3 en la ecuación del índice, ICARHS resultante es 99.72, calificando la calidad del agua como **EXCELENTE**.

Tabla 24. Cálculo Índice de calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICAHRS) en el segundo punto de monitoreo (Piscigranja principal, con código: E-Ppri-002) con la Categoría 2-Subcategoría C4 (Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas).

	Parámetros	Unidad	ECA-CAT3- SUBCATG (D2)	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
FISICOQUÍMICOS	Temperatura.	°C	[24.02-30.02]	25.8	26.1	29.1	28.6	26.4	25.4
	Conductividad	µS/cm	1000	102.3	108.5	111.3	101.2	102.5	100.2
	Resistencia	Ω/cm	≥25	97.75	92.17	89.85	98.81	97.56	99.80
	Sólidos Totales (TDS)	mg/L	200	310	328	335	280	340	338
	Salinidad.	%	0.1	0	0	0	0	0	0
	pH	Unidad	6 – 9	7.89	8.3	9.15	9.18	7.98	7.92
	ORP	Mv	[100-400]	+445	+456	+467	+489	+467	+488
ORGÁNICOS	Turbiedad	UNT	100	11.8	10.5	10.2	23.4	23.4	14.9
	OD	mg/L	≥5	3.6	3.45	3.23	3.13	3.92	3.97
	DBO5	mg/L	10	1.85	2.54	2.66	2.36	2.85	2.65
	Coliformes totales	NMP/100ml	1000	0	0	0	4	0	4
	Coliformes fecales	NMP/100ml	200	0	0	0	0	0	0
	<i>Salmonella sp</i>	NMP/100ml	Ausencia (A)	A	A	P	A	A	A
	Número de Parámetros que no cumplen el ECA-AGUA						5		
Número total de parámetros evaluados						13			
Número de datos que NO cumplen el ECA-AGUA						21			
Número total de datos						78			
F1						0.385			
F2						0.269			
	Temperatura.	°C							

Conductividad	Us/cm						
Resistencia	Ω /cm						
Sólidos Totales (TDS)	mg/L	0.55	0.64	0.675	0.4	0.7	0.69
Salinidad.	%						
pH	Unidad			0.017	0.02		
ORP	Mv	0.113	0.140	0.168	0.223	0.168	0.220
Turbiedad	UNT						
OD	mg/L	0.389	0.449	0.548	0.597	0.276	0.259
DBO5	mg/L						
Coliformes totales	NMP/100ml						
Coliformes fecales	NMP/100ml						
<i>Salmonella sp</i>	NMP/100ml						P
Sumatoria de excedentes				7.240			
Sumatoria normalizada de excedentes				0.093			
F3				8.494			
ICARHS				93.540			
				BUENO			

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 24 se visualiza el cálculo del Índice (ICARHS) en el segundo punto, identificado como E-Prpi-002, correspondiente a la piscigranja principal de *Piaractus brachypomus* (Paco) bajo la Categoría 2 (extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en cuerpos de agua como lagos o lagunas). De los trece (13) parámetros analizados, cinco (5) no cumplen con los márgenes normativos ECA-Agua, entre ellos el pH, Oxígeno disuelto, el potencial redox (ORP), Conductividad y presencia de *Salmonella sp.*. Al aplicar la metodología ICARHS, se obtuvieron los valores $F_1 = 0.385$, que refleja la proporción de parámetros fuera del rango normativo; $F_2 = 0.269$, que indica la frecuencia de incumplimientos; y $F_3 = 8.494$, que representa la magnitud de las desviaciones. La suma total de excedentes fue de 7.240, con una sumatoria normalizada de 0.093. Estos factores integrados en el índice dan como resultado un ICARHS de 93.540 lo cual califica la calidad del agua en este punto como **BUENA**, por lo que se señala que en este punto el estanque tiene un acercamiento al agua natural, pero presenta amenazas.

Tabla 25. Cálculo del Índice de calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICAHRS) en el segundo punto de monitoreo (Piscigranja secundaria, con código: E-Psec-003) con la Categoría 2-Subcategoría C4 (Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas).

	Parámetros	Unidad	ECA-CAT3- SUBCATG (D2)	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
FISICOQUÍMICOS	Temperatura.	°C	[24.02-30.02]	25.8	26.3	29.4	28.6	27.7	26.1
	Conductividad	μS/cm	1000	102.5	107.9	111.6	101.3	103.2	101.2
	Resistencia	Ω/cm	≥25	97.56	92.68	89.61	98.72	96.90	98.81
	Sólidos Totales (TDS)	mg/L	200	298	310	320	270	332	329
	Salinidad.	%	0.1	0	0	0	0	0	0
	pH	Unidad	6 – 9	7.9	8.42	9.23	9.14	8	7.98
	ORP	Mv	[100-400]	+443	+476	+463	+485	+465	+490
	Turbiedad	UNT	100	11.14	10.36	10.03	24.4	22.56	16.6
ORGÁNICOS	OD	mg/L	≥5	3.71	3.22	3.17	3.21	3.93	3.97
	DBO5	mg/L	10	1.96	2.45	2.18	2.67	2.86	2.93
	Coliformes totales	NMP/100ml	1000	0	0	0	7	3	0
	Coliformes fecales	NMP/100ml	200	0	0	0	0	0	0
	<i>Salmonella sp</i>	NMP/100ml	Ausencia (A)	A	A	P	P	A	A
Número de Parámetros que no cumplen el ECA-AGUA						5			
Número total de parámetros evaluados						13			
Número de datos que NO cumplen el ECA-AGUA						22			
Número total de datos						78			
F1						0.385			
F2						0.282			

Temperatura.	°C						
Conductividad	μS/cm						
Resistencia	Ω/cm						
Sólidos Totales (TDS)	mg/L	0.49	0.55	0.6	0.35	0.66	0.645
Salinidad.	%						
pH	Unidad			0.026	0.015556		
ORP	Mv	0.108	0.190	0.158	0.213	0.163	0.225
Turbiedad	UNT						
OD	mg/L	0.348	0.553	0.577	0.558	0.272	0.259
DBO5	mg/L						
Coliformes totales	NMP/100ml						
Coliformes fecales	NMP/100ml						
<i>Salmonella sp</i>	NMP/100ml				P	P	
Sumatoria de excedentes				6.958			
Sumatoria normalizada de excedentes				0.089			
F3				8.190			
ICARHS				93.766			
				BUENO			

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 25 se muestra el cálculo del Índice (ICARHS) correspondiente al tercer punto, ubicado en la piscigranja secundaria con código E-Psec-003, dentro de la Categoría 2. De los trece (13) parámetros evaluados, cinco (5) presentan valores que se desembarcan con los estándares establecidos en el ECA-Agua, específicamente e pH, Oxígeno disuelto, el potencial redox (ORP), Conductividad y presencia de *Salmonella sp*. Aplicando la metodología ICARHS, se obtuvieron los siguientes valores: $F_1 = 0.385$, que representa la proporción de parámetros con incumplimientos; $F_2 = 0.282$, que indica la frecuencia de estos incumplimientos; y $F_3 = 8.190$, que refleja la magnitud de los excedentes. La sumatoria de excedentes fue 9.958 y la sumatoria normalizada resultó en 0.089. Estos factores, integrados en el cálculo final, dieron como resultado

un ICARHS de 93.766, clasificando la calidad del agua en este punto como **BUENO**, lo que evidencia que, aunque algunos parámetros se encuentran fuera del rango permitido, la calidad general del agua es adecuada para las actividades de cultivo y el ecosistema.

Tabla 26. Cálculo del Índice de calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) en el cuarto punto de monitoreo (Quebrada villa, con código: Q-Vill-004) con la Categoría 3-Subcategoría D2 (Aguas destinadas para bebida de animales).

	Parámetros	Unidad	ECA-CAT3- SUBCATG (D2)	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
FISICOQUÍMICOS	Temperatura.	°C		25.6	26.6	29.8	29.2	25.4	26.6
	Conductividad	μS/cm		103.4	110.2	112	103.2	105.1	102.1
	Resistencia	Ω/cm		96.71	90.74	89.29	96.90	95.15	97.94
	Sólidos Totales (TDS)	mg/L		190	205	215	165	225	218
	Salinidad.	%		0	0	0	0	0	0
	pH	Unidad		7.37	7.63	8.49	8.57	7,24	7.66
	ORP	Mv		+262	+284	+280	+278	+295	+293
ORGÁNICOS	Turbiedad	UNT		12.01	13.6	9.45	25.7	26.01	11
	OD	mg/L		4.38	4.02	4.1	4.3	4.17	4.24
	DBO5	mg/L		2.31	2.63	2.53	2.2	2.93	2.72
	Coliformes totales	NMP/100ml		0	2	9	35	0	7
	Coliformes fecales	NMP/100ml		0	0	0	0	0	0
	Salmonella sp	NMP/100ml		P	A	A	P	P	P
	Número de Parámetros que no cumplen el ECA-AGUA						3		
Número total de parámetros evaluados						13			
Número de datos que NO cumplen el ECA-AGUA						8			
Número total de datos						78			
F1						0.231			

F2		0.103			
Temperatura.	°C				
Conductividad	Us/cm				
Resistencia	Ω/cm				
Sólidos Totales (TDS)	mg/L				
Salinidad.	%				
pH	Unidad	0.011	0.0202381		
ORP	Mv				
Turbiedad	UNT		0.028	0.0404	
OD	mg/L				
DBO5	mg/L				
Coliformes totales	NMP/100ml				
Coliformes fecales	NMP/100ml				
Salmonella sp	NMP/100ml	P	P	P	P
Sumatoria de excedentes		0.099			
Sumatoria normalizada de excedentes		0.001			
F3		0.127			
ICA-PE		99.785			
		EXCELENTE			

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 19** se expone el Índice (ICAHRS) correspondiente al último punto de medición, localizado en la Quebrada Villa (código Q-Vill-004) aguas abajo, clasificado en la **Categoría 3**. De los trece parámetros analizados, tres no cumplieron con lo establecido en el **ECA-Agua**: pH, turbidez y *Salmonella* sp. Aplicando la metodología ICARHS, se obtuvieron valores de $F_1 = 0.231$, $F_2 = 0.103$ y $F_3 = 0.127$, que representan la proporción, frecuencia y magnitud de los excedentes. La sumatoria de excedentes fue **0.099** y la normalizada **0.001**. El cálculo final del ICARHS resultó en **99.785**, lo que ubica la calidad del agua en la categoría **EXCELENTE**, pese a los parámetros que excedieron los límites normativos.

Tabla 27. Cálculo de los subíndices S1 y S2 en los 4 puntos de monitoreo.

S1 Fisicoquímicos	Numero de Parametros que no cumplen el ECA-AGUA	2.00	3.00	3.00	3.00
	Número total de parametros evaluados	8.00	8.00	8.00	8.00
	Número de datos que NO cumplen el ECA-AGUA	4.00	14.00	14.00	7.00
	Numero total de datos	42.00	42.00	42.00	42.00
	F1	0.25	0.38	0.38	0.38
	F2	0.10	0.33	0.33	0.17
	Sumatoria de excedentes	0.13	4.72	4.33	0.10
	Sumatoria normalizada de excedentes	0.00	0.11	0.10	0.00
	F3	0.32	10.11	9.34	0.24
	ICARHS	99.68	92.31	92.89	99.64
		EXCELENTE	BUENO	BUENO	EXCELENTE
S2 Orgánicos	Numero de Parametros que no cumplen el ECA-AGUA	1.00	2.00	2.00	1.00
	Número total de parametros evaluados	5.00	5.00	5.00	5.00
	Número de datos que NO cumplen el ECA-AGUA	4.00	7.00	8.00	4.00
	Numero total de datos	30.00	30.00	30.00	30.00
	F1	0.20	0.40	0.40	0.20
	F2	0.13	0.23	0.27	0.13
	Sumatoria de excedentes	0.03	2.52	2.57	93.53
	Sumatoria normalizada de excedentes	0.00	0.08	0.09	0.01
	F3	0.10	7.74	7.88	0.99
	ICARHS	99.80	94.10	94.00	99.23
		EXCELENTE	BUENO	BUENO	EXCELENTE

Fuente: Elaboración propia.

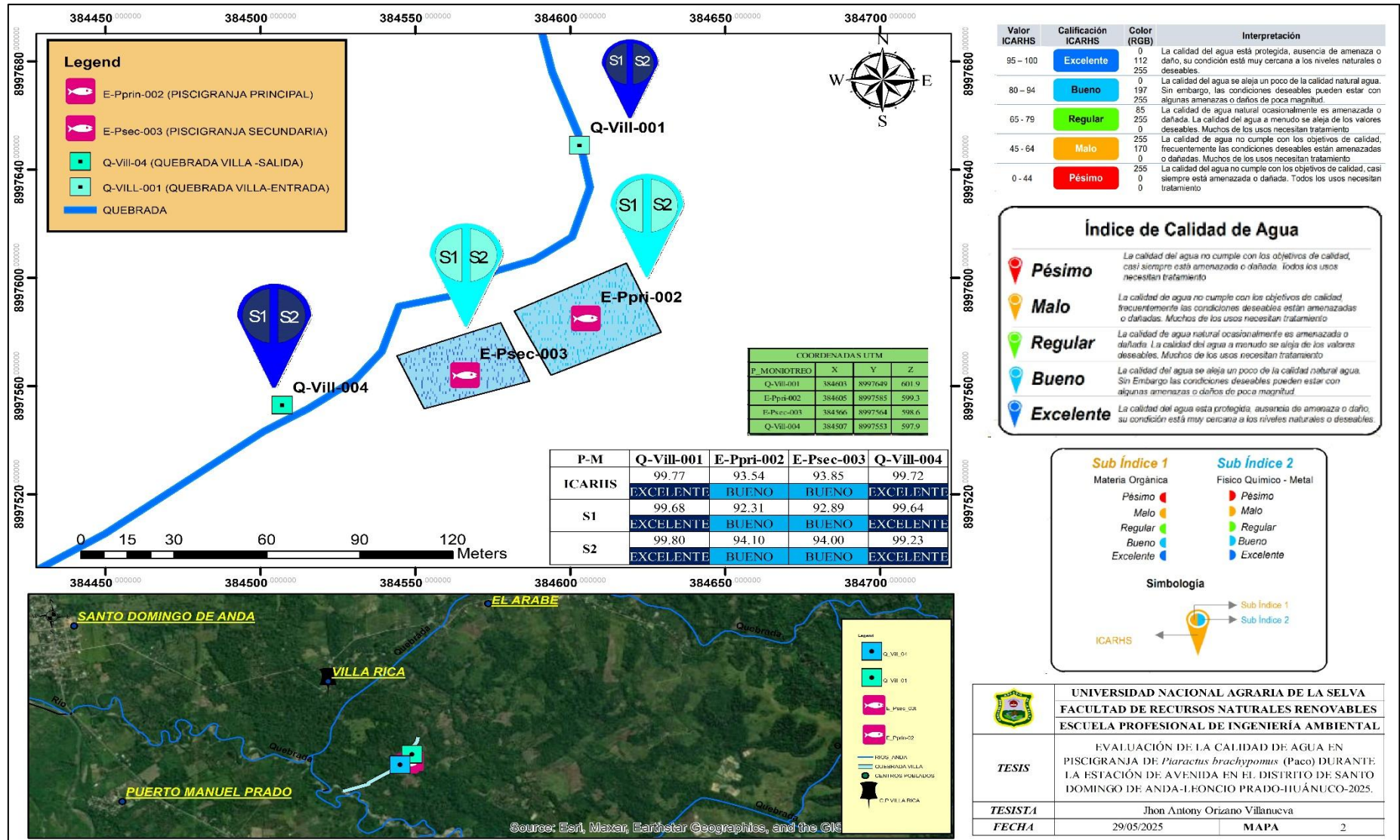


Figura 31. Mapa de Índice de Calidad de los recursos Hídricos Superficiales ICARHS en la piscigranja de *Piaractus-brachyomus*, Anda-2025.

En la Tabla 27 se presenta el cálculo de los subíndices S1 (físicoquímicos) y S2 (orgánicos) para los cuatro puntos de monitoreo evaluados durante la época de avenida. En el análisis físicoquímico (S1), el punto en las quebradas (Q-Vill-001 y Q-Vill-004) muestra la condición más óptimas en cuanto al índice ICARHS, clasificado como excelente, mientras que los otros dos puntos (E-Prpi-002, E-Psec-003) presentan condiciones de categorización buena, lo que indica un mejor control de estos parámetros. En cuanto a los subíndices orgánicos (S2), siguen una lógica similar a lo anterior con: Q-Vill-001 y Q-Vill-004 de calificación excelente y E-Prpi-002, E-Psec-003 con calificativo bueno, lo que implica inferir que en las quebradas se goza de fuente óptima y los estanques con fuentes con leve amenaza de contaminación, reflejando de esta manera la diferencia entre la concentración de contaminantes orgánicos posiblemente relacionados con la actividad ganadera y agrícola intensiva de la zona tanto para las quebradas como para el estanque. Tales resultados se visualizan gráficamente integrando el componente espacial en la figura 31

En los puntos de quebrada (Q-Vill-001 y Q-Vill-004, Categoría 3) la temperatura (25,4–29,8 °C) y la conductividad (< 112 $\mu\text{S}/\text{cm}$) se mantuvieron muy por debajo de los límites del ECA-Agua, reflejando baja salinidad y estabilidad térmica. No obstante, el pH superó el máximo permitido (8,4) en enero y febrero, con picos de hasta 8,7, evidenciando episodios de alcalinidad. Este comportamiento coincide con lo reportado por Visoni et al. (2021) en piscigranjas amazónicas brasileñas, donde el pH y el oxígeno disuelto fluctuaron debido al arrastre de nutrientes agrícolas, con promedios de OD de 3,8–4,2 mg/L, similares a los observados en nuestras quebradas (4,02–4,38 mg/L).

En estos puntos se detectó *Salmonella* sp. en varias campañas y coliformes termotolerantes puntualmente (4 NMP/100 mL), hallazgos comparables con Gorlach-Lira et al. (2018), quienes registraron en reservorios amazónicos cargas fecales superiores a los límites de la norma CONAMA N° 357 debido a ganadería y ausencia de tratamiento de aguas residuales.

En los estanques de cultivo (E-Ppri-002 y E-Psec-003, Categoría 2), el pH alcanzó valores más altos que en las quebradas, con un máximo de 9,23 en enero. El OD se mantuvo recurrentemente por debajo del mínimo exigido (≥ 5 mg/L), con registros de 3,13–3,22 mg/L en febrero, concordando con lo descrito por Mejía (2023) en ambientes acuícolas amazónicas donde el relieve plano, suelos arcillosos y acumulación de materia orgánica reducen la oxigenación en época de lluvias. Aunque la DBO5 fue baja ($\leq 2,93$ mg/L frente a un límite de 10 mg/L), la detección de *Salmonella* indica aportes de contaminación difusa

posiblemente ligados a escorrentía de establos y sistemas sépticos precarios, situación también señalada por Max Henry et al. (2017) en piscigranjas peruanas.

El índice ICARHS mostró que, pese a estos incumplimientos, la calidad del agua fue excelente en quebradas (99,72–99,78) y buena en estanques (93,54–93,77), comparable con lo hallado por Peña (2015) en la laguna Los Milagros, donde los valores variaron entre 69,6 y 51,4, clasificando la calidad como de regular a aceptable.

En síntesis, la calidad hídrica en Santo Domingo de Anda está fuertemente condicionada por la temporada de avenida, que incrementa la carga de sólidos, nutrientes y materia orgánica, generando fluctuaciones en pH y OD, tal como se describe en estudios amazónicos. Aunque las aguas siguen siendo aptas para acuicultura y bebida animal, la presencia de patógenos y la baja oxigenación recurrente demandan monitoreo constante y medidas de prevención para reducir el impacto de la actividad agrícola y pecuaria.

V. CONCLUSIONES

- Se determinó 4 puntos de monitoreo bajo el protocolo Nacional para el monitoreo de los Recursos Hídricos Superficiales, siendo el primer punto la Quebrada Villa (Q-Vill-001-entrada), segundo punto Piscigranja Principal (E-Ppri-002), tercer punto Piscigranja Secundaria (E-Psec-003) y cuarto punto (Q-Vill-004-Salida).
- Se determinó la medición trece parámetros, tanto fisicoquímicos como orgánicos, entre ellos: temperatura, conductividad, resistencia, sólidos totales disueltos (TDS), salinidad, pH, potencial de oxidación-reducción (ORP), turbidez, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), coliformes totales, coliformes fecales y *Salmonella sp.*
- Se comparó los parámetros fisicoquímicos de temperatura, conductividad, TDS y pH con ECA-agua para las categorías correspondientes y se evidenció que el pH excedió el estándar en las quebradas, mientras que los sólidos disueltos totales (TDS) lo hicieron en los estanques de piscigranja.
- Se comparó los parámetros orgánicos de oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y coliformes termotolerantes con los ECA-agua para las categorías correspondientes, mostrando que, solo el oxígeno disuelto (OD) presentó incumplimientos en los estanques.
- Se calculó el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS), mostraron que los puntos de la Quebrada Q-Vill-001 y E-Ppri-002 presentaron una clasificación de calidad **REGULAR**, mientras que los puntos E-Psec-003 y Q-Vill-004 fueron clasificados con calidad **BUENA**.

VI. PROPUESTA A FUTURO

- Adicionar puntos de monitoreo en los estanques cuadrangulares, tanto en sentido transversal como longitudinal como en el trayecto de la quebrada. Esto permitirá un análisis más detallado y representativo de la dinámica hídrica y la calidad del agua en diferentes zonas.
- Se sugiere ampliar el alcance de los parámetros evaluados incluyendo nutrientes como nitratos, fosfatos y amonio, así como indicadores biológicos de calidad de agua, con el fin de obtener un diagnóstico más completo del impacto de las piscigranjas sobre los ecosistemas acuáticos.
- Controlar el pH y los sólidos disueltos totales (TDS) mediante recambios periódicos de agua en los estanques, control de frecuencia y cantidad de alimentación para los peces y uso de decantadores o sedimentadores simples antes de la descarga hacia las quebradas. Estas acciones permitirán reducir la acumulación de sales y sedimentos, manteniendo las condiciones fisicoquímicas dentro de rangos aceptables.
- Mejorar el oxígeno disuelto mediante agitación manual o mecánica del agua en horas críticas, apertura y cierre controlado de compuertas para favorecer el ingreso de agua fresca, y limpieza periódica de fondos y paredes de estanques para evitar la descomposición excesiva de materia orgánica. Estas medidas simples ayudarán a mantener niveles adecuados de oxígeno tanto en estanques como en las quebradas receptoras.
- Utilizar el ICARHS como herramienta de gestión ambiental aplicándolo de forma periódica (al menos dos veces al año) para evaluar tendencias estacionales, priorizar acciones correctivas y establecer metas de mejora en conjunto con autoridades ambientales, asociaciones de acuicultores y comunidades locales.

VII.REFERENCIAS

- FAO. 2024. Versión resumida de El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024. La transformación azul en acción. Roma. <https://doi.org/10.4060/cd0690es>.
- Ministerio de la Producción. (2021). AcuiRed: El Perú y el Año Internacional de la Pesca y la Acuicultura Artesanales (IYAFA 2022), Edición N°01. Red Nacional de Información Acuícola (RNIA). <https://mia.produce.gob.pe/>
- Ministerio de la Producción. (2023). *AcuiRed: Política Nacional de Acuicultura como herramienta de gestión hacia el 2030* (Edición N.º 6). <https://mia.produce.gob.pe/>
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. (2017). *La Cadena de Valor Acuícola Amazónica en Perú: Un diagnóstico de cadena de valor*. Documento técnico elaborado por Frank Hartwich, Anja Lienert, Alejandro Siles y Enrique Melgar
- Espinoza, R., Rojas, V. (2023). Política Nacional de Acuicultura al 2030. Ministerio de Producción. (<https://rnia.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2023/01/POLITICA-NACIONAL-DE-ACUICULTURA.pdf>)
- Ahmed, N., Thompson, S., & Glaser, M. (2022). Sustainable aquaculture innovations: Reducing environmental impacts through water quality management. *Reviews in Aquaculture*, 14(3), 1450-1465. <https://doi.org/10.1111/raq.12678>
- Boyd, C. E. (2020). Water quality management in aquaculture: A global perspective. *Aquaculture Reports*, 18, 100479. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100479>
- Martins, C. I. M., Eding, E. H., & Verreth, J. A. J. (2021). The impact of water quality on aquaculture productivity: A meta-analysis. *Aquaculture*, 544, 737050. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737050>
- Yilmaz, S., Ergün, S., & Yılmaz, E. (2022). Ammonia toxicity and pH fluctuations in aquaculture: Physiological and behavioral impacts on fish. *Aquaculture Research*, 53(12), 4321-4334. <https://doi.org/10.1111/are.15982>
- Zhang, Y., Li, D., & Liu, Y. (2023). IoT-based smart water quality monitoring systems in aquaculture: Applications and challenges. *Environmental Science & Technology*, 57(8), 3025-3036. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c08714>

- Béné, C., Barange, M., Subasinghe, R., Pinstруп-Andersen, P., Merino, G., Hemre, G. I., & Williams, M. (2021). Feeding 9 billion by 2050: Putting fish back on the menu. *Food Security*, 13(3), 637-650. <https://doi.org/10.1007/s12571-021-01151-1>
- Hargreaves, J. A. (2019). Nutrient dynamics in aquaculture systems: Implications for water quality. *Reviews in Aquaculture*, 11(1), 42-57. <https://doi.org/10.1111/raq.12227>
- Jones, E. R., van Vliet, M. T. H., Qadir, M., & Bierkens, M. F. P. (2023). Wastewater treatment in aquaculture: Global challenges and innovations. *Science of the Total Environment*, 858(1), 159714. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159714>
- Yamin, G., García-Berthou, E., & Solà, C. (2022). Impacts of intensive aquaculture on lotic ecosystems: A meta-analysis. *Environmental Pollution*, 292, 118324. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118324>
- Hurtado, F., Figueiredo, F., Costa, L., Bomfim, S., Queiroz, C. & Pontes, W. (2018). PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS EM VIVEIROS DE PISCICULTURA SEMI-INTENSIVA DE TAMBAQUI COM ABASTECIMENTO EM DISPOSIÇÃO SEQUENCIAL. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 11(1), 9. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2018v11n1p9-30>
- Isern, E. (s/f). Calidad De agua en El Cultivo de organismos acuáticos amazónicos. Edu.pe. Recuperado el 5 de abril de 2024, de https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/7514/Enrique_Libro_2021.pdf?sequence=1
- Alarcón, B.A.L., Ñique, M. (2017). Índice de calidad del agua según NSF del humedal laguna Los Milagros (Tingo María, Perú). *Revista Indes* 2(2):98-107. [En línea]: Untrm, (<http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDES/article/view/81/194>, Artículo, 19 Feb. 2020).
- ANA (Autoridad Nacional del Agua). (2016). Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de recursos hídricos superficiales. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Lima, Perú, ANA. 86 p. [En línea]: ANA, https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recurso_hidricos_superficiales.pdf

- APHA (Asociación Americana de Salud Pública). (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater. 21 ed. Washington, D.C. 8 p. [En línea]: Worldcat, (<https://www.worldcat.org/title/standard-methods-for-the-examination-of-water-and-wastewater/oclc/156744115>)
- FAO (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in action. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>
- Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2015). Feed matters: Satisfying the feed demand of aquaculture. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 23(1), 1-10. <https://doi.org/10.1080/23308249.2014.987209>
- Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (2012). Pond Aquaculture Water Quality Management. Springer.
- Chapman, D. (1996). Water Quality Assessments: A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring (2nd ed.). UNESCO/WHO/UNEP.
- Ochoa, R., Pérez, D., & Vásquez, A. (2020). Aplicación de índices de calidad ambiental para la gestión sostenible del recurso hídrico. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 16(2), 45-57. <https://doi.org/10.22201/rlrn.20072815e.2020.2.706>
- Autoridad Nacional del Agua. (2018). Clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales. Ministerio de Agricultura y Riego.
- Ministerio del Ambiente. (2017). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Perú.
- Congreso de la República del Perú. (2009). Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos.
- APHA (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23rd ed.). American Public Health Association.
- Chapman, D. (1996). Water Quality Assessments: A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring (2nd ed.). UNESCO/WHO/UNEP.
- Hynes, H. B. N. (1970). The Ecology of Running Waters. University of Toronto Press.
- Leclerc, H., Mossel, D. A., Edberg, S. C., & Struijk, C. B. (2001). Advances in the bacteriology of the coliform group: their suitability as markers of microbial water safety. *Annual Reviews in Microbiology*, 55, 201-234.
- Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (2015). Wetlands (5th ed.). Wiley.

- Sawyer, C. N., McCarty, P. L., & Parkin, G. F. (2003). *Chemistry for Environmental Engineering and Science* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Stumm, W., & Morgan, J. J. (1996). *Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters* (3rd ed.). Wiley.
- WHO (2017). *Guidelines for Drinking-water Quality* (4th ed.). World Health Organization.
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and river ecosystems* (3rd ed.). San Diego, United States of America: Academic Press.
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2017). *Metodología para el cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA-PE)*. Resolución Jefatural N° 010-2017-ANA. <https://www.ana.gob.pe>
- Rapport, D. J., & Maffi, L. (2011). *Eco-cultural health, global health, and sustainability*. *Ecological Research*, 26(6), 1039-1049. <https://doi.org/10.1007/s11284-011-0873-9>
- CONAMA. (2020). Resolução CONAMA n° 274, de 29 de novembro de 2000. Resolução revogada pela Resolução, 357(05):256-258. En línea]: Moodle, (https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/2292317/mod_resource/content/1/Conama%20274.pdf, Documentos, 20 Feb. 2020).
- Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2016). Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 5(1), 1-4. <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2020). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (7ª ed.). McGraw-Hill.
- Boyd, C. E., & McNevin, A. A. (2023). Resource Use and Pollution Potential in Feed-Based Aquaculture. *Reviews In Fisheries Science & Aquaculture*, 32(2), 306-333. <https://doi.org/10.1080/23308249.2023.2258226>
- Lekang, O. I., & Lekang, O. I. (2013). *Aquaculture engineering* (pp. 99-112). Hoboken, NJ, USA: Wiley-Blackwell.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2017). *Water quality guidelines for aquaculture*. <http://www.fao.org>
- INSTRUÇÃO NORMATIVA MAPA N° 55 DE 01 12 2011.pdf — Ministério da Agricultura e Pecuária.(s. f.). <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos->

[agropecuarios/insumos-pecuarios/produtos-veterinarios/legislacao-1/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-mapa-no-55-de-01-12-2011.pdf/view](http://www.agricultura.gov.br/agropecuarios/insumos-pecuarios/produtos-veterinarios/legislacao-1/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-mapa-no-55-de-01-12-2011.pdf/view)

- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (2013). *Manual de boas práticas agropecuárias para produção animal*. <http://www.agricultura.gov.br>
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. (2017). prueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. [En línea]: Sinia, (<https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>)
- Dimas, L.J. (2018). Calidad del agua del río Huallaga - Tingo María. Tesis Ing. Recursista. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 48 p.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, M.P. (2014). Metodología de la investigación. 6 ed. México D.F., México, McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. DE C.V. 600 p. [En línea]: UCA, (<https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>)
- Gorlach-Lira, K., Pacheco, C., Carvalho, L. C., Melo Júnior, H. N., & Crispim, M. C. (2018). The influence of fish culture in floating net cages on microbial indicators of water quality. *Brazilian journal of biology. Revista brasleira de biologia*, 73(3), 457–463. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842013000300001>
- Amacifen Collantes, M. H., & Guevara Chuquimango, R. V. (2017). *Incidencia de la crianza de Tilapia Oreochromis niloticus en la calidad del agua y su impacto ambiental, en el distrito de Moyobamba - 2015* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Moyobamba, Perú.
- Changana Coral, J. P. (2023). *Incidencia de la actividad acuícola en la calidad del agua de la laguna Estancia, en la provincia de Lamas - San Martín* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Moyobamba, Perú.
- Visoni, B. M., & Pires, T. B. (2021). Caracterización de las variables limnológicas de tres pisciculturas pertenecientes a la región del Vale do Guaporé (MT). *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 14(Supl. 2), e8747. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14Supl.2.e8747>

- Ruiz Huamán, W. J. (2020). *Evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua en una piscigranja de cultivo de paco (Piaractus brachyomus) en la región Ucayali*. Tesis, Universidad Nacional de Ucayali. Repositorio Institucional UNAU.
- Flores Ramírez, J. C., & Villacorta Salazar, L. J. (2021). *Diseño de una piscigranja rural para el cultivo de peces amazónicos en la región San Martín*. Universidad Nacional de San Martín. Repositorio institucional. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/4389>
- Gonzales Castañeda, F. R. (2018). *Evaluación del desarrollo de la piscicultura en comunidades rurales de la Amazonía peruana*. Revista Peruana de Producción Animal, 23(1), 15–26. <https://doi.org/10.33383/rppa20182301>
- Chirif, A. (2017). *Hidrología amazónica: Dinámica de los ríos y su influencia en los ecosistemas*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). <https://repositorio.iiap.gob.pe/handle/20.500.12921/145>.
- Angeles-Escobar, M., et al. (2022). Growth, red blood cells, and gill alterations of red pacu (*Piaractus brachyomus*) fingerlings by chronic exposure to different total suspended solids in biofloc. *Journal of the World Aquaculture Society*. <https://doi.org/10.1111/jwas.12837>
- Oliveira, M. S. B., et al. (2018). Parasites in farmed *Piaractus brachyomus* (Serrasalminidae) in the state of Acre, western Brazilian Amazonia. *Acta Amazonica*, 48(1), 68–74. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201701081>
- Santos, R. V., et al. (2023). Early ontogeny of the commercially valuable fish red-bellied pacu *Piaractus brachyomus* (Characiformes, Serrasalminidae) from the Amazon, Brazil. *Journal of Fish Biology*. <https://doi.org/10.1111/jfb.15253>

VIII. ANEXO

Anexo 1. Matriz de consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL		INDEPENDIENTE		
<p>¿Cuál es la calidad del agua en piscigranjas de <i>Piaractus brachypomus</i> (paco) durante el periodo de avenida en el distrito de Santo Domingo de Anda-Huánuco, 2025?</p>	<p>Evaluar la calidad del agua en piscigranjas de <i>Piaractus brachypomus</i> (paco) durante la época de avenida en el distrito de Santo Domingo de Anda, Santo Domingo de Anda-Huánuco, 2025.</p>	<p>La calidad del agua en piscigranjas de <i>Piaractus brachypomus</i> (paco) en el distrito de Santo Domingo de Anda durante la época de avenida es MALO.</p>	<p>Calidad de Agua</p>	<p>Fisicoquímico</p> <hr/> <p>Orgánico</p> <hr/> <p>índice de calidad</p>	<p>pH Temperatura. TDS Salinidad. Resistencia ORP Conductividad Turbiedad DBO5 OD Coliformes totales Coliformes fecales <i>Salmonella sp</i></p> <hr/> <p>ICARHS</p>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	DEPENDIENTE			
<p>¿Qué parámetros fisicoquímicos del agua no cumplen con los estándares establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en las</p>	<p>Identificar los parámetros físicoquímicos del agua que no cumplen los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en las piscigranjas de <i>Piaractus</i></p>	<p>Noviembre</p>			

<p>piscigranjas de <i>Piaractus brachypomus</i> (paco) durante la avenida en Santo Domingo de Anda?</p>	<p><i>brachypomus</i> (paco) durante la estación de avenida en el distrito de Santo Domingo de Anda.</p>			Diciembre
<p>¿Qué parámetros orgánicos del agua no cumplen con los estándares establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en las piscigranjas de <i>Piaractus brachypomus</i> (paco) durante la avenida en Santo Domingo de Anda?</p>	<p>Identificar los parámetros orgánicos del agua que no cumplen los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en las piscigranjas de <i>Piaractus brachypomus</i> (paco) durante la estación de avenida.</p>	<p>Piscigranja de <i>Piaractus brachypomus</i> (Paco)</p>	<p>Época de Avenida</p>	Enero
<p>¿Cuál es el Índice De Calidad Ambiental De Los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) aplicado a las piscigranjas de <i>Piaractus brachypomus</i> (paco) durante la estación de avenida en el distrito de Santo Domingo de Anda</p>	<p>Calcular el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) en las piscigranjas de <i>Piaractus brachypomus</i> (paco), considerando las condiciones propias de la temporada de avenida en el distrito de Santo Domingo de Anda, 2025.</p>			Marzo
				Abril

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Fichas usadas en base a la guía del Protocolo Nacional para el Monitoreo de los Recursos Hídricos.

Etiqueta para Muestra de Agua

Solicitante/cliente:			
Nombre laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:			Hora:
Muestreado por:			
Parámetro requerido:			
Preservada:	SÍ	NO	Tipo reactivo:

Solicitante/cliente:			
Nombre laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:			Hora:
Muestreado por:			
Parámetro requerido:			
Preservada:	SÍ	NO	Tipo reactivo:

Registro de Identificación del Punto de Monitoreo

Nombre del cuerpo de agua:

Clasificación del cuerpo de agua:

(Categorizado de acuerdo a la R.J. N°202-2010-ANA y modificaciones posteriores)

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero:
(Código Pfafstatter)

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo:
(Según lo indicado en ítem 6.5.4 del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales)

Descripción:
(Origen/Ubicación)

Accesibilidad:
(Describir detalladamente la vía de acceso, para que otras personas pueden encontrar fácilmente el punto de monitoreo)

Representatividad:
(Describir el tramo de río o quebrada o la bahía o zona de laguna a mar, que el punto de monitoreo representa)

Finalidad del monitoreo:
(Describir la finalidad del punto de monitoreo: Vigilancia de un uso, evaluación del impacto de una fuente contaminante,)

Reconocimiento del Entorno:
(Indicar referencias topográficas que permiten el fácil reconocimiento del punto en campo.)

UBICACIÓN

Distrito: Provincia: Departamento:

Localidad:

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas: Proyección UTM
 Geográficas

Norte/Latitud: Zona: (17, 18 o 19; para UTM solamente)

Este/Longitud: Altitud: (metros sobre el nivel del mar)

Croquis de Ubicación del Punto de Monitoreo (referencia)

Fotografía:
(tomada a un mínimo de 20 mts. de distancia del punto de monitoreo)

Elaborado por _____

Fecha _____

CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA MUESTRAS EN FUNCIÓN DE LOS PARAMETROS EVALUADOS:

PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	CONDICIONES DE PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO	TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO
1.- Químico-Físicos			
Oxígeno disuelto	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	Inmediatamente
	Botellas de vidrio Winkler	Fijar el oxígeno. Almacenar muestras a oscuras o usar botellas oscuras.	4 días
pH	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	24 horas
Temperatura	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	Inmediatamente
Conductividad eléctrica	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	24 horas
Turbiedad	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> . Almacenar muestras a oscuras o usar botellas oscuras.	24 horas
Bicarbonatos	Plástico o vidrio	Conservadas a 5°C ± 3°C	14 días
Carbonatos	Plástico o vidrio	Conservadas a 5°C ± 3°C	14 días
Cianuro libre	Plástico o vidrio	Agregar NaOH a pH>12. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	7 días (24 horas si está presente sulfuro)
Cianuro WAD			
Cianuro total	Plástico o vidrio	Agregar NaOH a pH>12. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	14 días (24 horas si está presente sulfuro)
Cloruros	Plástico o vidrio	Conservadas a 5°C ± 3°C	1 mes
Color	Plástico o vidrio	Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	5 días
Demanda bioquímica de oxígeno en cinco días	Plástico o vidrio	Llenar recipiente y sellar sin burbujas. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	24 horas
	Plástico	Congelar por debajo de -18° C. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	1 mes (6 meses si >50 mg/L)
Demanda química de oxígeno	Plástico o vidrio	Acidificar a pH 1 - 2 con H ₂ SO ₄	6 meses
	Plástico	Congelar por debajo de -18°C.	6 meses
Dureza	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO ₃ .	1 mes
Fluoruros	Plástico, pero sin PTFE	Conservadas a 5°C ± 3°C	1 mes
Olor	Vidrio	Se puede realizar un análisis cualitativo <i>in situ</i> .	6 horas
Silicatos	Plástico	Conservadas a 5°C ± 3°C	1 mes
Sólidos disueltos totales	Plástico o vidrio	Conservadas a 5°C ± 3°C	7 días
Sólidos suspendidos totales	Plástico o vidrio	Conservadas a 5°C ± 3°C	2 días
Sulfatos	Plástico o vidrio	Conservadas a 5°C ± 3°C	1 mes
Sulfuros	Plástico	Fijar el sulfuro al agregar 2 ml de solución de acetato de zinc. Si el pH no está entre 8,5 y 9,0, agregar NaOH. Si se sospecha que el agua ha sido clorada, por cada 1000 ml de muestra agrega 80 mg de Na ₂ S ₂ O ₃ · 5H ₂ O al recipiente tras la recolección de la muestra (o tras el muestreo).	7 días
Sulfuro de hidrógeno			

PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	CONDICIONES DE PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO	TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO
8.- Microbiológicos			
Coliformes Termotolerantes	Vidrio estéril	Dejar un espacio para aireación y mezcla de 1/3 del frasco de muestreo. Almacenar a ≤ 6°C y en oscuridad.	24 horas
Coliformes Totales			
Enterococos fecales			
<i>Escherichia coli</i>			
<i>Giardia duodenalis</i>			
<i>Salmonella sp.</i>			
<i>Vibrio cholerae</i>			
Formas parasitarias	Plástico, con boca ancha.	Almacenar a ≤ 6°C y en oscuridad.	24 horas
Huevos de Helmintos			
9.- Otros Parámetros			
Clorofila a	Plástico o vidrio	Filtrar preferentemente <i>in situ</i> . Almacenar muestras a oscuras o usar botellas oscuras.	24 horas
		Tras el filtrado y la extracción con etanol caliente, congelar por debajo de -18°C.	1 mes
		Tras el filtrado, congelar por debajo de -18° C.	14 días
		Tras el filtrado, congelar por debajo de -80° C.	1 mes

Anexo 3. Representación gráfica de los puntos de monitoreo.

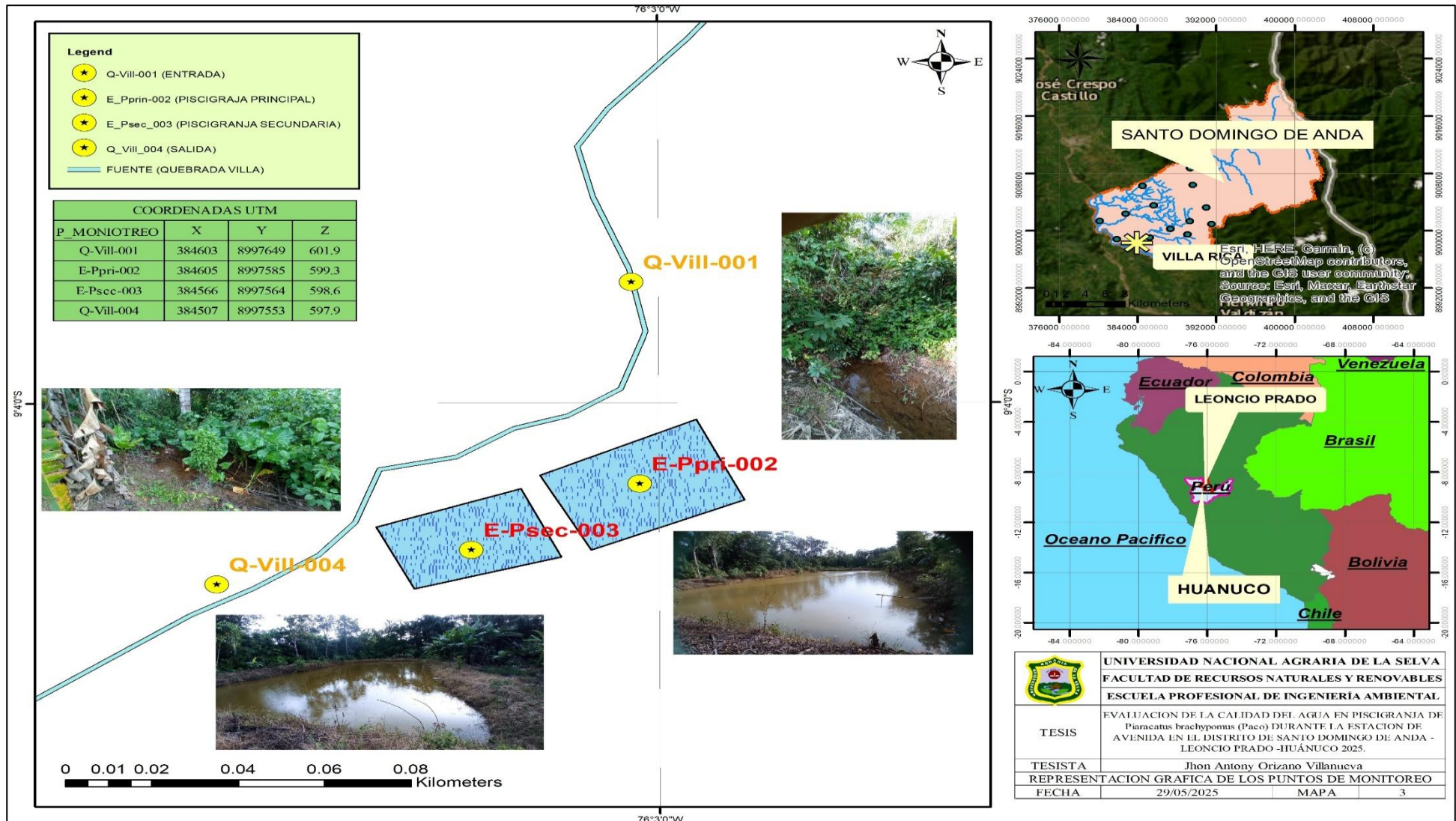




Figura 32. Mapa de puntos de monitoreo.



Anexo 4. Fichas de registro de primer punto de monitoreo bajo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de los Recursos Hídricos.

REGISTRO DE IDENTIFICACION DE PUNTO DE MONITOREO		
Nombre del cuerpo de agua.	Quebrada Villa Rica	
Clasificación del cuerpo de agua	Categoría3 Subcategoría- C4(Uso: bebida de animales).	
Código y nombre de la cuenca	AAA Huallaga-Huallaga	
IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO		
Código del punto de monitoreo	Q-Vill-001	
Descripción:	Aguas arriba de la piscigranja principal (fuente de suministro).	
Accesibilidad:	Desde el centro poblado Villa Rica: 1km m al sur por trocha carrozabale, a la derecha cruzar cultivo de cacao (referencia: cas del señor Oré).	
Representatividad:	Tramo de 150 m que abastece a las piscigranjas, influenciado por actividades agropecuarias circundantes	
Finalidad del monitoreo	Vigilancia de calidad hídrica para acuicultura y evaluación de impacto de actividades ganaderas/agrícolas (tesis).	
Reconocimiento del entorno:		
UBICACIÓN		
Distrito:	Provincia:	Departamento
Santo Domingo de Anda	Leoncio Prado	Huánuco
Localidad:	C.P. VILLA RICA	
Coordenadas	Sistema de Coordenadas	<input checked="" type="checkbox"/> Proyección UTM
		<input type="checkbox"/> Geografica
Norte/Latitud	<input type="text" value="8997585"/>	Zona: <input type="text" value="18"/> (17,18 o 19)
Este/Longitud	<input type="text" value="384605"/>	Altitud: <input type="text" value="599.3"/> m.s.n.m
Croquiz		fotografía
		
Fecha:	<input type="text" value="25/11/2024"/>	Elaborado: <input type="text" value="JHON ANTONI ORIZANO VILL."/>

Anexo 5. Fichas de registro del segundo punto de monitoreo bajo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de los Recursos Hídricos.

REGISTRO DE IDENTIFICACION DE PUNTO DE MONITOREO		
Nombre del cuerpo de agua.	Piscigranja de pacos (Piaractus brachypomus).	
Clasificación del cuerpo de agua	Categoría3 Subcategoría- C4(Uso: cultivo de especies biológicas en lagos)	
Código y nombre de la cuenca	AAA Huallaga-Huallaga	
IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO		
Código del punto de monitoreo	E-Pisc-002	
Descripción:	Estanque principal para engorde de pacos (Piaractus brachypomus).	
Accesibilidad:	Desde el centro poblado Villa Rica: 1km m al sur por trocha carrozabale, a la derecha cruzar cultivo de cacao (referencia: a 50 metros del punto 1).	
Representatividad:	Unidad productiva central (1,000 m ²) que refleja las condiciones de cultivo intensivo.	
Finalidad del monitoreo	Evaluación de parámetros productivos (calidad de agua para crecimiento de pacos) y detección de riesgos sanitarios-Para investigación.	
Reconocimiento del entorno:		
UBICACIÓN		
Distrito:	Provincia:	Departamento
Santo Domingo de Anda	Leoncio Prado	Huánuco
Localidad:	C.P. VILLA RICA	
Coordenadas	Sistema de Coordenadas	<input checked="" type="checkbox"/> Proyección UTM
		<input type="checkbox"/> Geografica
Norte/Latitud	8997585	Zona: <input type="text" value="18"/> (17,18 o 19)
Este/Longitud	384605	Altitud: <input type="text" value="599.3"/> m.s.n.m
Croquiz	fotografía	
 		
Fecha:	25/11/2024	Elaborado: JHON ANTONI ORIZANO VILL.

Anexo 6. Fichas de registro del tercer punto de monitoreo bajo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de los Recursos Hídricos.

REGISTRO DE IDENTIFICACION DE PUNTO DE MONITOREO		
Nombre del cuerpo de agua.	Piscigranja secundario de pacos (Piaractus brachypomus).	
Clasificación del cuerpo de agua	Categoría3 Subcategoría- C4(Uso: cultivo de especies biológicas en lagos).	
Código y nombre de la cuenca	AAA Huallaga-Huallaga	
IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO		
Código del punto de monitoreo	E-Psec-003	
Descripción:	Estanque secundario de producción de pacos (Piaractus brachypomus).	
Accesibilidad:	Desde el centro poblado Villa Rica: 1km m al sur por trocha carrozabale, a la derecha cruzar cultivo de cacao (referencia: sbyacente al estanque 1, secuencial).	
Representatividad:	Unidad productiva central (800 m ²) que refleja las condiciones de cultivo intensivo.	
Finalidad del monitoreo	Evaluación de parámetros productivos (calidad de agua para crecimiento de pacos) y detección de riesgos sanitarios-Para investigación.	
Reconocimiento del entorno:		
UBICACIÓN		
Distrito:	Provincia:	Departamento
Santo Domingo de Anda	Leoncio Prado	Huánuco
Localidad:	C.P. VILLA RICA	
Coordenadas	Sistema de Coordenadas	<input checked="" type="checkbox"/> Proyección UTM
		<input type="checkbox"/> Geografica
Norte/Latitud	8997564	Zona: <input type="text" value="18"/> (17,18 o 19)
Este/Longitud	384566	Altitud: <input type="text" value="598.6"/> m.s.n.m
Croquiz		fotografía
		
Fecha:	25/11/2024	Elaborado: JHON ANTONI ORIZANO VILL.

Anexo 7. Fichas de registro del cuarto punto de monitoreo bajo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de los Recursos Hídricos.

REGISTRO DE IDENTIFICACION DE PUNTO DE MONITOREO			
Nombre del cuerpo de agua.	Quebrada Villa Rica		
Clasificación del cuerpo de agua	Categoría3 Subcategoría- C4(Uso: bebida de animales).		
Código y nombre de la cuenca	AAA Huallaga-Huallaga		
IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO			
Código del punto de monitoreo	Q-Vill-004		
Descripción:	Aguas abajo de la piscigranja principal (cuerpo receptor).		
Accesibilidad:	Desde el centro poblado Villa Rica: 1km m al sur por trocha carrozabale, a la derecha cruzar cultivo de cacao (referencia: cas del señor Oré).		
Representatividad:	Tramo de 150 m que abastece a las piscigranjas, influenciado por actividades agropecuarias circundantes		
Finalidad del monitoreo	Vigilancia de calidad hídrica para acuicultura y evaluación de impacto de actividades ganaderas/agrícolas (tesis).		
Reconocimiento del entorno:			
UBICACIÓN			
	Distrito:	Provincia:	Departamento
	Santo Domingo de Anda	Leoncio Prado	Huánuco
Localidad:	C.P. VILLA RICA		
Coordenadas	Sistema de Coordenadas	<input checked="" type="checkbox"/>	Proyección UTM
		<input type="checkbox"/>	Geografica
Norte/Latitud	<input type="text" value="8997585"/>	Zona:	<input type="text" value="18"/> (17,18 o 19)
Este/Longitud	<input type="text" value="384605"/>	Altitud:	<input type="text" value="599.3"/> m.s.n.m
	Croquiz	fotografía	
			
Fecha:	<input type="text" value="25/11/2024"/>	Elaborado:	JHON ANTONI ORIZANO VILL.

Anexo 8. Registró fotográfico del muestreo en cada punto de monitoreo.



Figura 33. Muestreo en el punto Q-Vill-001.



Figura 34. Muestreo en el punto E-Ppri-002.



Figura 35. Muestreo en el punto E-Psec-003



Figura 36. Muestro en el punto Q-Vill-004.



Figura 37. Conservación de las muestras.

Anexo 9. Registro fotográfico de análisis en el laboratorio.



Figura 38. Medición de parámetros fisicoquímicos con el multiparámetro.



Figura 39. Medición de OD, con el oxímetro.



Figura 40. Medición de turbiedad.

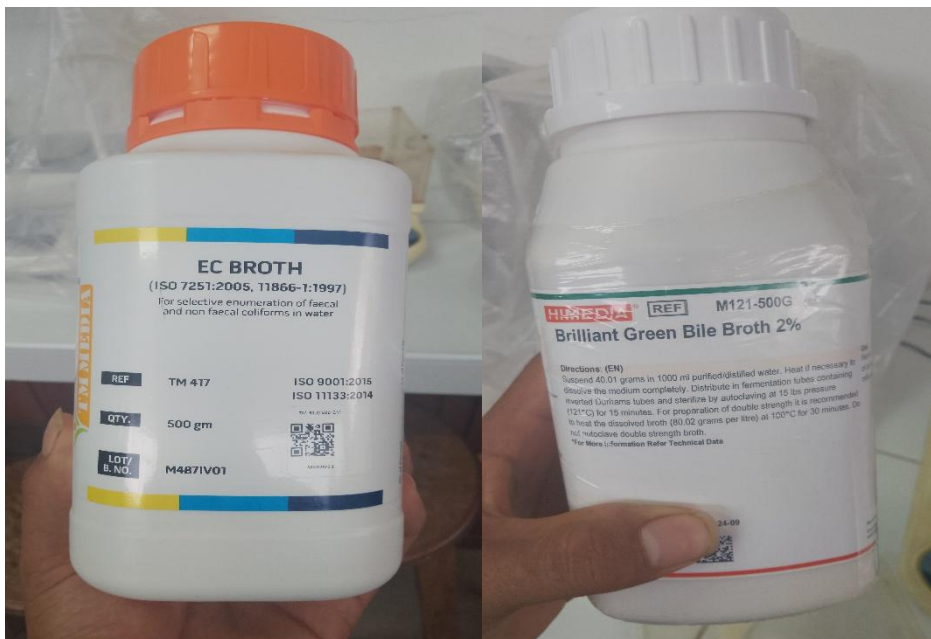
Anexo 10. Registro fotográfico de los análisis microbiológicos.**Figura 41.** Preparación de sustrato para el análisis microbiológico.**Figura 42.** Reactivos utilizados para el análisis microbiológico



Figura 43. Cultivo de las muestras en las diluciones.



Figura 44. Cultivo bacteriológico en asa.



Figura 45. Conteo presuntivo de Coliformes totales.



Figura 46. Conteo presuntivo de Coliformes termotolerantes.



Figura 47. Lectura de *Salmonella sp.*

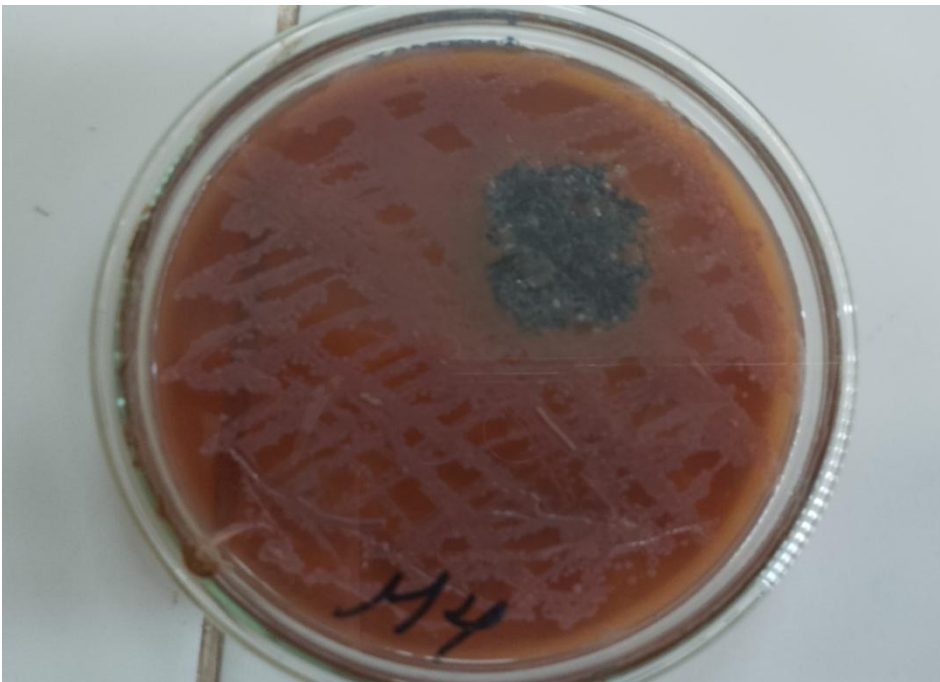


Figura 48. Mohos y hongos en las siembras de *Salmonella sp.*

Anexo 11. NMP del ensayo que consta de 3 tubos en cada dilución decimal seriada de PMSP. D1, D2 Y D3 corresponden 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} .

Tubos positivos			Índice NMP g o mL	Lim. conf*		Tubos positivos			Índice NMP g o mL	Lim. conf*	
D1	D2	D3		Menor	Mayor	D1	D2	D3		Menor	Mayor
0	0	0	<0	-	9.5	2	2	0	21	4.5	42
0	0	1	3.0	0.15	9.6	2	2	1	28	8.7	94
0	1	0	3.0	0.15	11	2	2	2	35	8.7	94
0	1	1	6.1	1.2	18	2	3	0	29	8.7	94
0	2	0	6.2	1.2	18	2	3	1	36	8.7	94
0	3	0	9.4	3.6	38	3	0	0	23	4.6	94
1	0	0	3.6	0.17	18	3	0	1	38	8.7	110
1	0	1	7.2	1.3	18	3	0	2	64	17	180
1	0	2	11	3.6	38	3	1	0	43	9	180
1	1	0	7.4	1.3	20	3	1	1	75	17	200
1	1	1	11	3.6	38	3	1	2	120	37	420
1	2	0	11	3.6	42	3	1	3	160	40	420
1	2	1	15	4.5	42	3	2	0	93	18	420
1	3	0	16	4.5	42	3	2	1	150	37	420
2	0	0	9.2	1.4	38	3	2	2	210	40	430
2	0	1	14	3.6	42	3	2	3	290	90	1,000
2	0	2	20	4.5	42	3	3	0	240	42	1,000
2	1	0	15	3.7	42	3	3	1	460	90	2,000
2	1	1	20	4.5	42	3	3	2	1100	180	4,100
2	1	2	27	8.7	94	3	3	3	>1100	420	-

***Intervalos con 95% de confianza.**