

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE LA
PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y
PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL RÍO CHILLÓN-LIMA,
PERÚ, 2024”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Alexis Borjas Torres

Rogger Gianpier Bendezu Chavez

Asesor:

Mg. Lic. Maryuri Yohana Vega Eras

<https://orcid.org/0000-0001-5190-0146>

Lima - Perú

2024


JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	ANDERSON ALEJANDRO BENITES ZELAYA
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	JUAN CARLOS FLORES CERNA
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	MARYURI YOHANA VEGA ERAS
	Nombre y Apellidos

INFORME DE SIMILITUD

 Página 2 of 90 - Descripción general de integridad Identificador de la entrega (rcod)=1:3118993051




20% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado

Fuentes principales

- 18%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

0 de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar similitudes que permitan un diagnóstico de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de plagio. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

La presente investigación dedicada para nuestro creador, por darnos perseverancia para culminar este estudio.

A nuestros progenitores, por motivarnos y apoyarnos para hacer realidad nuestros sueños. A nuestros seres queridos por sus buenos deseos y apoyo moral en el proceso del proyecto.

Finalmente queremos dedicar este proyecto a todas las personas que nos han brindado soporte para terminar con el trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestra asesora de tesis quien, con su conocimiento, paciencia y apoyo nos fue guiando en cada etapa de desarrollo del trabajo.

Asimismo, agradecemos el apoyo que nos brindaron nuestros padres ya que cada día que pasa nos motivan para seguir adelante y cumplir con nuestro objetivo propuesto.

Finalmente, nos gustaría agradecer a nosotros mismos, ya que gracias a la colaboración y participación de cada uno de nosotros se pudo realizar este trabajo.

INDICE

JURADO EVALUADOR.....	2
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO.....	5
RESUMEN	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1.1 Realidad Problemática.	11
1.2 Justificación	13
1.3 Antecedentes:.....	14
1.4 Bases Teóricas	17
1.4.1 Agua	17
1.4.2 Ríos	17
1.4.3 Clasificación.....	17
1.4.4 Caudal.....	18
1.4.5 Calidad de Agua.....	18
1.4.6 Contaminación del Agua	19
1.4.7 Monitoreo de Agua	19
1.4.8 Parámetros.....	19
1.4.9 Presencia	20
1.4.10 Hábitat	21
1.4.11 Macroinvertebrados Bentónicos.....	21
1.4.12 Tipos de Macroinvertebrados y Método de recolección.....	21
1.5 Base Legal	26
1.5.1 Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA para Agua).....	28
1.7 Formulación del problema.	29
1.7.1 Pregunta de investigación.....	29
1.7.2 Preguntas específicas	29
1.8 Objetivos	30

1.8.1 Objetivo general	30
1.8.2 Objetivos específicos	30
1.9 Hipótesis	30
1.9.1 Hipótesis general	30
1.9.2 Hipótesis específicas	30
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	32
2.1 Tipo de Investigación:.....	32
2.2 Población y muestra de estudio	32
2.2.1 Población.....	32
2.2.2 Muestra	32
2.3. Monitoreo de Calidad de Agua	34
2.3.2 Técnica e instrumento de recolección de datos.	35
2.2.4 Ubicación	36
2.2.5 Proceso de muestreo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos	37
2.2.6 Proceso de análisis de los parámetros físico-químicos.....	38
2.2.7 Proceso de evaluación de calidad de agua	39
2.2.8 Procedimiento de análisis de datos.....	40
2.2.9 Aspectos éticos	40
CAPÍTULO III. RESULTADOS	41
3.1 Resultados descriptivos	41
3.1.1 Características físico-químicas de las aguas del río Chillón	41
3.1.2 Presencia de organismos bioindicadores en las aguas del río Chillón	45
3.1.3 Calidad de agua del río Chillón aplicando el Índice Biótico para los ríos del norte de Perú (nPeBMWP)	47
3.1.4 Resultados inferenciales	48
3.1.5 Prueba ANOVA	48
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	59
ANEXOS	66

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Normativa de Monitoreo Ambiental.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 2 Instrumento legal y Fecha de publicación.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 3 Parámetros del ECA de Agua categoría 3.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 4 Punto de muestreo y coordenadas.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 5 Coordenadas (Universal Transversal de Mercator) de los puntos de muestreo.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 6 Resultados de las mediciones de pH, conductividad del río chillón.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 7 Identificación taxonómica de macroinvertebrados bentónicos encontrados en el río chillón</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 8 Calidad de las aguas del río chillón aplicando el índice biótico nPeBMWP.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 9 Prueba ANOVA de un factor.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 10 Análisis de correlación de Pearson del pH y el número de individuos</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 11 Análisis de correlación de Pearson de la conductividad y el número de individuos.....</i>	<i>50</i>

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Mapa de ubicación de los puntos de muestreo en el rio Chillón</i>	<i>36</i>
<i>Figura 2 Grafica pH categoría 3 D1.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 3 Grafica pH categoría 3 D2.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 4 Valores Promedio de Conductividad.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 5 Grafica pH categoría 3 D1.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 6 Grafica conductividad categoría 3 D2.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 7 N° de familias de cada orden de macroinvertebrados.....</i>	<i>46</i>
<i>bentónicos en el rio chillón</i>	<i>49</i>
<i>Figura 8 Valor de medias del pH en los 6 puntos de muestreo.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 9 Valor de la conductividad en los 6 puntos de muestreo.....</i>	<i>50</i>

RESUMEN

A nivel mundial, el agua es fundamental para la vida y su calidad está determinada por los parámetros fisicoquímicos y las características biológicas que esta presenta. El objetivo de la investigación es analizar la relación entre la calidad de agua y la presencia de macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos del río Chillón, Lima. El procedimiento se basó en la toma de muestras de agua y captura de macroinvertebrados bentónicos en los 6 puntos de muestreo de la parte baja del río Chillón, para luego analizarlos. Los resultados obtenidos mostraron una variación de 8,01-8,66 para el pH y 853,2-807,3 para la conductividad, estando ambos valores dentro del ECA para agua. Asimismo, sólo se identificó 2 órdenes de macroinvertebrados bentónicos, siendo estos el orden Diptera y Coleoptera; por lo cual, según el nPeBMWP es clasificada como aguas de pésima calidad. Los resultados difieren debido a que los parámetros fisicoquímicos evalúan la contaminación en el momento del monitoreo, mientras que los bioindicadores pueden mostrar contaminaciones pasadas. Se concluye que las aguas del río Chillón son de pésima calidad biológica, pero con valores de pH y conductividad dentro de lo estipulado en el ECA para agua.

PALABRAS CLAVES: Calidad de agua, Presencia, Macroinvertebrados bentónicos, parámetros fisicoquímicos, río Chillón.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática.

A nivel mundial, el agua es importante para la salud de todo ser vivo; sin embargo, la calidad del agua se está viendo afectada por las actividades antropogénicas. La calidad del agua depende en gran medida de los parámetros fisicoquímicos y características biológicas (Sánchez et al., 2022). La calidad de agua es un factor clave para la presencia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, quienes poseen un comportamiento de tolerancia o de rangos óptimos frente a las variables fisicoquímicas para su desarrollo en un determinado hábitat (Vega, 2016). Otra condición que determina la calidad de agua son las características fisicoquímicas que esta presenta, por ende, un cuerpo de agua contaminado contiene menor concentración de oxígeno disuelto, variación del pH y la conductividad afectando el hábitat y el canal fluvial (García, 2016).

Por otro lado, en el Perú, la polución de aguas es uno de problemas ambientales, poniendo en riesgo la pérdida de su calidad, lo que conlleva un efecto perjudicial para los ecosistemas acuáticos y la salud de la población, y pese a las medidas adoptadas para su control, estos siguen siendo insuficientes para contrarrestarlo, de tal forma que se considera que alrededor del 90% de las aguas residuales sin un pretratamiento son descargadas en los ríos, causando su contaminación (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2015).

Según el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM referente al “Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Aguas”, en la Categoría 3 respecto al riego de

vegetales y bebida de animales, se dispone valores aceptables de 2500 a 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad y valores máximos de 6,5 – 8,5 de pH para considerar un cuerpo hídrico sin contaminación (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017).

Asimismo, en la ciudad de Lima, se observa una persistente contaminación de los ríos, como resultado de las actividades humanas, uno de los ríos con esta problemática es el río Chillón, debido a que , está siendo contaminado por las descargas de aguas sin un pretratamiento, disposición de desechos sólidos, quema de basura, residuos de criaderos de animales, entre otros, afectando la calidad y el volumen de agua de estas cuencas (Herrera y Terrones, 2015).

Además, en el punto de muestreo se observa el pastoreo de animales, la descarga de aguas servidas de origen urbano y una industria de ladrillos. Estos contaminantes alteran los indicadores fisicoquímicos de la calidad de agua del río Chillón, dando como resultado la contaminación en los tramos bajos del río (ANA, 2016).

De igual forma las comunidades de macroinvertebrados bentónicos actúan como bioindicadores de calidad de agua, por lo que habitan en todos los ecosistemas de agua dulce, su muestreo es simple y económico, sin embargo, su presencia en hábitats con altos niveles de contaminación puede ser dañinas para estas especies conduciéndolas a la muerte (Roldan, 2019). Por todo lo mencionado, la presente investigación está dirigida a evaluar la calidad del agua mediante la presencia de macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos del río Chillón, Lima, Perú, 2024.

1.2 Justificación

La presente investigación se fundamenta teóricamente, ya que los resultados obtenidos posibilitan realizar una evaluación de la calidad del agua del río Chillón. De este modo, se establecen las bases de la metodología empleada como aporte para la literatura científica para futuras investigaciones relacionadas en los análisis de calidad de agua de ríos.

Asimismo, con el desarrollo de la presente investigación es determinar la calidad de agua del río Chillón mediante el uso de indicadores físicoquímicos que evalúan la calidad de agua en el momento del muestreo y mediante el uso de los macroinvertebrados bentónicos que evalúan la calidad de agua de un periodo mayor de tiempo pues su tiempo de vida se ve afectado la calidad de agua. De esta forma, los resultados obtenidos permitirán llevar a cabo planes de tratamiento de aguas de ríos en beneficio del medio ambiente, del ecosistema y la comunidad que viven a sus alrededores.

De igual forma, la presente investigación se justifica en lo social, porque los resultados obtenidos contribuyen con el conocimiento de la calidad de agua que consumen los animales y los ciudadanos que viven en los alrededores del río Chillón. De esta manera, se busca sensibilizar a la población sobre la importancia de la calidad de agua del río Chillón.

1.3 Antecedentes:

Se considera como antecedente a los siguientes autores:

El artículo de investigación titulada “Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador” de Yépez et al. (2017), tuvieron como objetivo determinar la calidad hídrica de dos sitios urbanos de monitoreo del río Quevedo aplicando el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP-Col), para ello; los muestreos fueron realizados en zonas con presencia de descargas de efluentes residuales, agrícolas e industriales, obteniendo como resultado que la calidad de agua es crítica en la zona de estudio y presenta altos niveles de contaminación afectando el habitat de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos. Este antecedente demuestra que las actividades antrópicas influyen de forma negativa en el desarrollo de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, repercutiendo en la calidad del agua.

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (2021) presentó un estudio hidrogeológico completo de la cuenca del río Chillón, en la que se analizó la calidad de sus aguas y los valores medidos fueron comparados con el D.S. N°004-2017-MINAM, donde se obtuvo como resultado que, en 13 puntos, el potencial de hidrogeniones (pH) excedía los valores del ECA para agua, mientras que, la conductividad presentó concentraciones aceptables. Este antecedente destaca la importancia de los parámetros fisicoquímicos para determinar la calidad del agua.

El artículo de investigación titulado “Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del Rio Trancas, Municipio de Entre Ríos – Tarija” de Leño y Pérez (2020), tuvo como objetivo

determinar la calidad de agua del Río Trancas por medio de bioindicadores aplicando el método BMWP/BOL, para ello, recolectaron 150 especímenes de macroinvertebrados identificando 52 familias en todo el tramo de estudio, obteniendo como resultado que la calidad de aguas del río Trancas es muy buena y no presenta contaminación. Este antecedente resalta la importancia que tiene el uso de los macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua.

Diaz (2019) en su investigación experimental planteó como objetivo determinar las variables con mayor impacto en la calidad del agua de la cuenca baja del río Chillón, en la que consideró los parámetros físico-químicos, metales pesados y microbiológicos de las 6 estaciones de monitoreo establecidas por el ANA, durante los años 2012-2016, las cuales se localizaron en la cuenca baja del río y las concentraciones fueron comparadas con el D.S. N°004-2017-MINAM (ECA AGUA) en la Categoría 3. Este estudio utilizó el software RapidMiner, para procesar la data de los 5 años señalando la calidad de agua registrada. Este estudio concluyó que los coliformes termotolerantes y la conductividad son aquellos parámetros con mayor comportamiento adverso en el río Chillón. Este antecedente, resalta la importancia de los parámetros fisicoquímicos en el estudio de la calidad de agua.

ANA (2016) brinda información sobre la evaluación de un total de 19 puntos de monitoreo de la cuenca del río Chillón en la que se evaluó los parámetros pertenecientes a la categoría 1, subcategoría A2 y categoría 3 del ECA AGUA (D.S. N° 002-2008-MINAM). Los parámetros evaluados fueron 7 parámetros físicos, 11 parámetros inorgánicos, 4 nutrientes, 23 metales y metaloides, 1 parámetro orgánico y 1 parámetro microbiológico. Se concluye que sigue existiendo la afectación de la calidad del agua

del río Chillón con predominancia en la cuenca baja del mismo. Este antecedente, nos ayuda a confirmar la contaminación que presenta las aguas del río Chillón.

La tesis de pregrado titulada "Calidad del agua en la cuenca baja del Río Chillón en época de estiaje y riesgo por el uso directo en riego agrícola" de Herrera & Terrones (2015) tuvo como propósito identificar el riesgo potencial de las áreas agrícolas de la cuenca baja que reciben riego de las aguas río Chillón durante la temporada de sequía, para esto, utilizaron como base la metodología de evaluación contenida en la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAN. Los resultados obtenidos determinaron que los parámetros excedentes fueron: Cd, Hg, Coliformes Totales y Termotolerantes para ECA AGUA. Teniendo como conclusión que existe un 92.61% de riesgo ambiental, el cual debe ser tomado en cuenta dada su importancia. Este antecedente, aporta resultados relevantes que contribuyen con el trabajo de investigación, ya que, menciona porcentaje de riesgo ambiental.

Reyes (2012) manifiesta que la intensidad de los flujos de circulación, la profundidad, la configuración geográfica del área, los procesos biológicos y las actividades antrópicas favorecen la contaminación de la cuenca baja del río Chillón, por ello, se evaluaron estas aguas mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados obtenidos fueron desfavorables para el análisis físicos-químicos y microbiológicos de las aguas superficiales, ya que; los valores para coliformes fecales y metales pesados fueron superiores al estipulado en el ECA para agua, sólo se mantuvo estable los resultados de pH. Este antecedente, destaca la importancia de realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos para la determinación de la calidad de agua.

1.4 Bases Teóricas

Se presenta a continuación la base teórica de las variables de estudio de la presente investigación:

1.4.1 Agua

El agua es un recurso que se ha utilizado a través de los años para la sobrevivencia de la vida en el planeta, ya que se renueva constantemente, sin embargo este proceso de renovación se ve alterado por el cambio climático y los cambios que ocurren en la superficie de la tierra, agricultura y la ganadería, etc., eventualidades que hacen que el ciclo cambie en el tiempo y el espacio; este recurso es esencial para la vida y el ecosistema, ya que proviene de ríos, lagos, entre otros; y se emplean para diversas actividades pues cumplen una función clave para regular el entorno y es fundamental para el progreso de la sociedad (Paredes, K. 2023)

1.4.2 Ríos

Los ríos son cuerpos de agua de origen natural, por lo tanto actúan como reguladores ecológicos, siendo claves para el desarrollo de los diversos ecosistemas, sin embargo, su contaminación puede desencadenar impactos negativos para los seres vivos, por ello, es necesario preservar la calidad de éstos (Gualdrón, 2016).

1.4.3 Clasificación

Según Valdivielso (2022), un río se divide en 3 partes:

- Curso superior: Consiste en la parte donde nace un río y es una zona con gran potencial de transporte y erosión.

- Curso medio: Sección del río donde se amplía y la pendiente disminuye, con capacidad de erosión, transporte y sedimentación.
- Curso inferior: Existe una reducción de la pendiente y velocidad del agua y en donde se depositan los sedimentos.

1.4.4 Caudal

El caudal de agua constituye el volumen de esta por unidad de tiempo. Esta variable permite analizar el comportamiento de un río mediante el cálculo de su caudal, permitiendo de manera estadística el caudal de agua que fluye a través de su sección transversal en distintas áreas y épocas del año. (Enciso y Rojas, 2015)

Asimismo, esta variable permite analizar el comportamiento de un río mediante el cálculo de su caudal, permitiendo verificar una perspectiva estadística, el caudal de agua que pasa a través de su sección transversal varía según las diferentes zonas y épocas del año (Enciso y Rojas, 2015).

1.4.5 Calidad de Agua

La calidad del agua es un indicador que señala cuando esta libre de sustancias o elementos contaminantes, lo que la hace adecuada para el consumo. Además, es un factor esencial en disponibilidad del agua, debido a que su deterioro reduce las reservas y las aguas contaminadas no es apta, para el consumo de los seres vivos. Las principales causas de la mala calidad de los recursos hídricos es la presencia de efluentes líquidos municipales e industriales que son vertidos sin ningún tipo de tratamiento previo, los drenajes agrícolas y disposición inadecuada de residuos sólidos (Quispe, 2018). De igual forma, la calidad del agua puede influir tanto de manera positiva como negativa en la salud de los ecosistemas y la seguridad (Rock y Rivera, 2014).

1.4.6 Contaminación del Agua

La polución de cuerpos de agua como ríos, lagos, mares y acuíferos sucede cuando los contaminantes son vertidos de manera directa o indirecta en ellos, sin un proceso adecuado para suprimir los elementos perjudiciales. Esta polución afecta a las plantas y organismos que habitan en estas aguas, dañando no solo a las especies individuales y las poblaciones, sino también a las comunidades biológicas en general. Las aguas de estos cuerpos se contaminan con sustancias tóxicas como ácidos, solventes orgánicos, pinturas, metales y otros residuos derivados de actividades industriales, agrícolas, ganaderas y domésticas, lo que las vuelve no aptas para el consumo humano (Cahuana, R. & Crisostomo, H., 2017).

1.4.7 Monitoreo de Agua

El concepto de monitoreo de agua es un proceso sistemático de recolección de muestras, para su posterior análisis y evaluación de datos determinando la calidad y cantidad de agua en diferentes entornos; tiene como objetivo comprender e identificar posibles fuentes de contaminación, para así poder establecer medidas de acción que nos permitan proteger la salud humana y del medio ambiente. Por tal motivo, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) ha implementado un Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, documento que nos sirve como un marco de referencia estandarizado.

1.4.8 Parámetros

La Real Academia Española define la palabra parámetro como “Dato o elemento considerado esencial para analizar o valorar una situación”. Es en tal sentido, que para

Pérez, K. (2023) "Los parámetros de calidad de agua son indicadores que nos ayudan a evaluar y supervisar el estado de un cuerpo de agua, utilizando variables físicas, químicas y microbiológicas que facilitan la toma de decisiones y acciones en una fuente específica"

1.4.8.1 Parámetros Biológicos

Los parámetros Biológicos aportan información sobre su influencia en la vida acuática, sin embargo, no señalan ni dan a conocer información relevante en torno a los contaminantes; por tal motivo, siempre se recomienda utilizar, no solo métodos biológicos para evaluar la calidad del agua, sino que también se debe emplear métodos fisicoquímicos, pues estos aportan datos detallados sobre las características de la naturaleza de las especies químicas y propiedades físicas, de tal manera que esto nos permita tener un panorama más preciso de las condiciones en las que se encuentran los cuerpos de agua que pretendemos analizar (Samboni, N. Et al., 2007)

1.4.8.2 Parámetros Fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos hacen referencia a las propiedades físicas y químicas de un sistema, que se pueden medir y analizar para entender sus características y comportamientos. Estos parámetros miden variables como la temperatura, la turbidez, la demanda biológica de Oxígeno (DBO), la Demanda Química Oxígeno (DQO), el pH, la conductividad, entre otros parámetros; y son utilizados como indicador de calidad de agua (Gualdrón, 2016)

1.4.9 Presencia

Estimación cualitativa de presencia de familias de macroinvertebrados bentónicos (bioindicador) en un hábitat específico, con el que se puede establecer la

relación existente entre la abundancia de éstos con la calidad del cuerpo de agua presente en dicho hábitat (Rodríguez et al., 2021).

1.4.10 Hábitat

El hábitat se define como el entorno natural en el que vive una especie o una comunidad de organismos. Este entorno proporciona las condiciones necesarias para la supervivencia y reproducción de los organismos que lo habitan. (Atencio, H. 2018)

1.4.11 Macroinvertebrados Bentónicos

Los Macroinvertebrados bentónicos son organismos que necesitan ciertas condiciones ambientales para ocupar un determinado hábitat y cualquier cambio que altere dichas condiciones va a generar una respuesta por parte de estos, por ello, estos organismos son empleados como bioindicadores de calidad de agua (Villanueva y Chanamé, 2016).

1.4.11.1 Metodologías para el estudio de macroinvertebrados bentónicos por tipos de especie.

Referente a los métodos de colecta, existe una amplia variedad de referentes, que proporcionan herramientas y/o procedimientos adecuados para casos específicos del estudio de ríos.

En este caso, se realizó el muestreo con Red surber, para la captura de macroinvertebrados removidos de la capa superficial del río entre las rocas, por lo que este método es cuantitativo ya que permite conocer la densidad de organismos por áreas.

1.4.12 Tipos de Macroinvertebrados y Método de recolección

1.4.12.1 Diptera Ceratopogonidae

Las larvas de Ceratopogonidae, habitan en una amplia variedad de ambientes húmedos o acuáticos, se encuentran en suelos saturados, estanques, lagunas, ríos lentos,

charcos temporales y en la vegetación acuática, algunas especies viven en ambientes salinos o salobres.

- Método de recolección:

Las larvas se pueden recolectar con redes de muestreo o pipetas en cuerpos de agua poco profundos o zonas húmedas, filtrando el sustrato (sedimento) y materia en descomposición donde se desarrollan.

Los Ceratopogonidae adultos, se recolectan mediante trampas de luz durante la noche o con trampas de captura de CO₂, que atraen a los adultos hembras buscando presas para alimentarse de sangre.

1.4.12.2 Diptera Chironomidae

Las larvas son acuáticas, se encuentran, desde ríos y arroyos de corriente rápida hasta lagos, estanques y charcos temporales, también habitan en aguas contaminadas y pobres en oxígeno, donde algunas especies sobreviven gracias a su hemoglobina, suelen vivir en el sedimento del fondo, construyendo tubos o madrigueras donde se alimentan de partículas orgánicas.

- Método de recolección:

Las larvas se recolectan utilizando redes de mano o dragas de fondo para capturar el sedimento donde habitan, se puede tamizar el sedimento para obtener las larvas, las especies adultas se recolectan mediante trampas de luz o se atraen con CO₂ para estudios de campo, aunque no son hematófagos.

1.4.12.3 Trichoptera Hydropsychidae

Las larvas de los tricópteros principalmente se encuentran en ríos y arroyos, donde construyen redes de seda para capturar partículas orgánicas que flotan en el agua,

prefieren hábitats con agua bien oxigenada y corriente moderada o rápida, suelen adherirse a piedras o vegetación en el fondo del cuerpo de agua.

- Método de recolección:

Las larvas se recolectan con redes de muestreo de fondo (como redes surber o redes de mano) que se utilizan para extraer las larvas que construyen sus refugios en los ríos, las especies adultas se recolectan con trampas de luz durante la noche, cuando los adultos voladores están más activos, ya que son atraídos por la luz ultravioleta.

1.4.12.4 Physidae

Habitan en estanques, ríos, lagunas y arroyos de lento movimiento. Son comunes en aguas poco profundas y ricas en nutrientes a menudo se los encuentra sobre la vegetación acuática o el fondo del cuerpo de agua, son resistentes a diferentes condiciones ambientales y pueden habitar en aguas con bajos niveles de oxígeno.

- Método de recolección:

Se recolectan fácilmente debido a que son caracoles de río, su extracción puede ser a mano o con redes finas, levantando la vegetación acuática o el sustrato donde se adhieren, también pueden recolectarse utilizando trampas cebadas con alimentos como vegetales, que los atraen, pueden mantenerse vivos en recipientes con agua para su posterior estudio.

1.4.12.5 Ephemeroptera

Las larvas o ninfas de efímeras viven en lugares de agua dulce, como arroyos, ríos y lagos. Prefieren hábitats con agua bien oxigenada y corriente, aunque algunas especies pueden encontrarse en aguas estancadas, suelen habitar en el fondo del agua, entre rocas, hojas y vegetación sumergida, algunas especies viven en suelos blandos, como arena o lodo.

- Método de recolección:

Las ninfas se recolectan utilizando redes de muestreo de fondo, como las redes Surber o D-net, que se arrastran sobre el sustrato, también se puede usar una red de mano en áreas con vegetación sumergida.

Las especies adultas se pueden recolectar mediante trampas de luz, ya que los adultos son atraídos por la luz y vuelan alrededor de fuentes luminosas durante la noche.

1.4.12.6 Odonata

Las larvas de Odonata viven en hábitats acuáticos, como arroyos, ríos, lagos, estanques y charcos. prefieren aguas tranquilas o de movimiento lento, aunque algunas especies de libélulas habitan en corrientes rápidas, las larvas son depredadoras y viven entre la vegetación acuática, troncos sumergidos y rocas en el fondo del agua.

- Método de recolección:

Las ninfas se recolectan utilizando redes de mano o dragas de fondo en el sustrato y la vegetación acuática. Las larvas suelen ser capturadas con redes de malla fina mientras se exploran las zonas someras de cuerpos de agua.

Los adultos se pueden recolectar manualmente con redes entomológicas en el aire, ya que son voladores activos y fáciles de observar.

1.4.12.7 Trichoptera

Las larvas de Trichoptera son acuáticas y habitan en una variedad de cuerpos de agua dulce, como ríos, arroyos, etc. Prefieren aguas bien oxigenadas y corrientes rápidas, aunque algunas especies habitan en aguas estancadas, además mucha de sus larvas construye refugios de seda y detritos en el fondo del agua o tejen redes para capturar partículas orgánicas en suspensión.

- Método de recolección:

Las larvas se recolectan con redes de fondo, como las redes Surber o D-net, especialmente entre la vegetación y los sustratos donde construyen sus refugios. También se pueden recolectar al examinar manualmente piedras o ramas sumergidas.

Las especies adultas se capturan utilizando trampas de luz por la noche, ya que los tricópteros son atraídos por la luz ultravioleta y se agrupan cerca de las fuentes luminosas.

1.4.12.8 Mollusca Gastropoda (Caracoles de agua dulce)

Los caracoles de agua dulce (Gastropoda) habitan en diversos lugares, como lagos, ríos, estanques y arroyos. Son comunes en aguas poco profundas, En donde se alimentan de algas y materia orgánica en descomposición, se hallan adheridos a rocas, hojas sumergidas, vegetación acuática o en el sedimento del fondo.

- Método de recolección:

Se recolectan a mano o con redes de malla fina al raspar las superficies donde se adhieren, como piedras o plantas acuáticas. También se pueden utilizar trampas cebadas con vegetales, que atraen a los caracoles.

Se pueden mantener vivos en recipientes con agua para estudios posteriores, ya que son resistentes y fáciles de transportar.

1.5 Base Legal

El siguiente cuadro permite conocer los términos existentes aplicables a la normativa vigente en materia de Monitoreo Ambiental.

Tabla 1

Normativa de Monitoreo Ambiental

Término	Definición	Instrumento Legal
Vigilancia y Monitoreo Ambiental	Tienen como fin generar la información que permita orientar la adopción de medidas que aseguren el cumplimiento de objetivos de la política y normativa ambiental.	Ley N°28611 , Ley General del Ambiente. Artículo 133

Fuente: Ley General del Ambiente. Ley N°28611

Tabla 2
Instrumento legal y Fecha de Publicación

Concepto	Instrumento Legal	Fecha de Publicación.
Legislación Básica	Ley General del Ambiente, Ley N°28611.	15/10/2005
	Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Museo de Historia Natural Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces en aguas continentales del Perú / Departamento de Limnología, Departamento de Ictiología – Lima: Ministerio del Ambiente, 2014)	27/06/2008
	Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias D.S. N°004-2017-MINAM	07/06/2017

Fuente:
 Ley General del Ambiente, Ley N°28611,
 D.S. N° 004-2017-MINAM
 Museo de Historia Natural UNMSM

1.5.1 Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA para Agua)

Es una herramienta de gestión ambiental establecida para cuantificar la situación de calidad del agua en el territorio peruano. Este instrumento determina los niveles de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos que deben presentar los cuerpos de agua para que no sean perjudiciales para los seres vivos (MINAM, 2019).

El Ministerio del Ambiente por medio del ECA actualizado bajo el Decreto Supremo N° 004-2017 establece los siguientes criterios para concentraciones de pH y Conductividad eléctrica, con respecto a la categoría que se considera para la presente investigación siendo esta: Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (MINAM, 2017). Estos estándares son aplicados a todos los cuerpos hídricos que se encuentran en el territorio peruano.

Tabla 3

Parámetros del ECA de Agua para categoría 3

Parámetros	Unidad	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
pH	pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Conductividad eléctrica	μS/cm	<2 000	<=5 000

Fuente:

Nota. Adaptado del Ministerio del Ambiente (2017)

D.S. N°004-2017-MINAM

1.7 Formulación del problema.

1.7.1 Pregunta de investigación

¿Cómo se relacionan la calidad del agua, la presencia de macroinvertebrados bentónicos y los parámetros fisicoquímicos del río Chillón en Lima, Perú, durante el año 2024?

1.7.2 Preguntas específicas

¿Cumplen los parámetros fisicoquímicos (pH, Conductividad) del agua del río Chillón con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, ¿establecidos en el D.S. N°004-2017-MINAM?

¿Qué macroinvertebrados bentónicos están presentes en el río Chillón y como se pueden clasificar?

¿De que manera la aplicación del índice biotico para los ríos del norte del Perú (nPeBMWP) puede determinar la calidad del agua en el río Chillón?

1.8 Objetivos

1.8.1 Objetivo general

Evaluar la relación entre la calidad del agua y la presencia de macroinvertebrados bentónicos, así como los parámetros fisicoquímicos del río Chillón – Lima, Perú, 2024.

1.8.2 Objetivos específicos

Determinar si los parámetros fisicoquímicos (pH, Conductividad) de agua del río Chillón cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, establecidos en el D.S. N°004-2017-MINAM

Identificar y clasificar los macroinvertebrados bentónicos presentes en el río Chillón

Aplicar el índice Biótico para los ríos del norte del Perú (nPeBMWP) para determinar la calidad del agua en el río chillón

1.9 Hipótesis

1.9.1 Hipótesis general

La presencia de macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos influyen en la calidad de agua del río Chillón.

1.9.2 Hipótesis específicas

Los parámetros pH (unidades) y Conductividad (uS/cm), del río Chillón superan los valores del ECA para agua. Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales. Subcategoría D1: Riego de Vegetales, D2: Bebida de animales.

La diversidad y abundancia de macroinvertebrados bentónicos en el río Chillón son indicadores de la calidad de agua.

El Índice Biótico para los ríos del norte del Perú (nPeBMWP) refleja adecuadamente la calidad del agua del río chillón.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de Investigación:

Respecto al alcance o nivel de investigación, la presente constituye una investigación descriptiva-correlacional, pues, se evaluó la calidad de agua del río Chillón utilizando a los macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores y analizando sus parámetros físicoquímicos. De acuerdo con Guevara et al. (2020) la investigación descriptiva describe las características fundamentales de los fenómenos en estudio utilizando criterios sistemáticos que permiten establecer su comportamiento. Por otro lado, la investigación correlacional asocia dos o más variables, permite realizar predicciones sobre el fenómeno en estudio y permite cuantificar las relaciones entre dos o más variables (Hernández et al., 2014).

2.2 Población y muestra de estudio

2.2.1 Población

En este estudio de investigación, la población consistirá en abordar la cuenca del río Chillón, que cubre a los distritos de Carabayllo y Comas, misma que limita, según la Municipalidad Metropolitana de Lima (2023). El río Chillón cuenta con una longitud aproximada de 126 Km, y el caudal promedio histórico, según SENAMHI (2023) es de 26.80 m³/s; sus aguas atraviesan áreas urbanas, agrícolas, y también son consideradas aguas de Uso y Consumo Humano.

2.2.2 Muestra

El muestreo utilizado es de tipo probabilístico, la investigación está compuesta por doce (12) litros de agua, mismos que fueron recolectados en grupos de dos (02) litros por semana, por un espacio de (06) semanas consecutivas. Debido a su extensión se escogió una parte representativa, siendo aproximadamente cuatrocientos veintiséis

metros (426.21m) en la cuenca Baja, para realizar el monitoreo de aguas superficiales en 6 puntos ubicados en las siguientes coordenadas:

Tabla 4

Punto de muestreo y coordenadas

Punto de Muestreo	Código	Coordenadas (UTM)	
		Este	Norte
P ₁	ARC-	0276453	8684971
	01		
P ₂	ARC-	0276485	8685020
	02		
P ₃	ARC-	0276496	8685041
	03		
P ₄	ARC-	0276587	8685151
	04		
P ₅	ARC-	0276689	8685207
	05		
P ₆	ARC-	0276786	8685224
	06		

Fuente: Cadena de Custodia

2.3. Monitoreo de Calidad de Agua

El seguimiento de calidad del agua se realizó conforme a los procedimientos establecidos en el Protocolo Nacional para el Monitoreo, relacionado con la calidad de los recursos hídricos superficiales, como la identificación y análisis de las comunidades biológicas.

Este tiene como objetivo general, reportar y evaluar los resultados del monitoreo de calidad de Agua obtenidos en cada uno de los puntos de monitoreo establecidos; así como realizar el ensayo en el laboratorio de cada uno de los recipientes obtenidos, determinar los resultados recolectados en campo, evaluar los mismos y compararlos con la normativa vigente aplicable a cada condición.

2.3.1. Método de muestreo y material utilizado

Para llevar a cabo el monitoreo de calidad en el río Chillón se identificó los puntos ideales, por tal motivo se muestreó la máxima mezcla de agua (homogénea), se recolecta de manera contraria a la corriente del río para evitar la contaminación con los sólidos suspendidos, el muestreo del río tiene que ser de río arriba hacia río abajo, se sumerge la botella 30 cm de la superficie del agua es decir hasta el codo a excepción de los parámetros aceites y grasas e hidrocarburos los cuales se toman en la superficie del agua, para que la muestra tenga unos resultados más favorables se debe pre enjuagar 3 veces los frascos con el agua del río chillón según los parámetros que se desee medir correspondientemente, por lo tanto para llevar a cabo nuestro recojo de muestras del Río Chillón se consideró el Protocolo consignado por el ANA. Aplicando de intermedio de la cadena de custodia. Asimismo, en la identificación de la localización se utilizó el

Sistema de Posicionamiento Global (GPS), donde las coordenadas fueron expresadas en unidades UTM.

2.3.2 Técnica e instrumento de recolección de datos.

En el presente trabajo se realizó la observación experimental. Además, para el análisis de datos, se emplearon formatos de registro de datos de campo, etiquetas para muestras de agua y formatos de identificación del punto de monitoreo. Cuyos modelos se encuentran en el Anexo N° (6) donde se procederá a colocar la información más importante de cada toma de muestras de acuerdo con la frecuencia de monitoreo establecidas en las normas ambientales sectoriales, así como la conservación y preservación de muestras de guagua en función a los parámetros a evaluar.

2.3.3 Procedimiento de recolección de datos.

El procedimiento que cumple esta presente investigación para poder entregar resultados del estudio comenzó con la revisión a la literatura con el objetivo de recopilar y analizar documentos que permitan entender el comportamiento de los parámetros analizados, para de esta manera, establecer un marco conceptual de los resultados del muestreo; estos estudios fueron recopilados de las diferentes bases de datos como Redalyc, Scopus, Ebsco, entre otros. En tal sentido, se aplicaron criterios de inclusión y exclusión, entre ellos el idioma, antigüedad, documentos que corresponden al tema de investigación, pero que no se enfocan en el tema de interés; a fin de trabajar solo con investigaciones que contengan la información necesaria para continuar con el logro de los objetivos propuestos, y de esta manera dar respuesta al problema general y específico.

2.2.4 Ubicación

La investigación se llevó a cabo en la cuenca baja del Río Chillón, en el tramo de aproximadamente cuatrocientos veintiséis metros (426.21m) en la cuenca Baja del Río Chillón, en el tramo que abarca el distrito de Carabayllo, provincia de Lima. Los 6 puntos de muestreo fueron separados a 50 metros de distancia, obteniéndose una distancia de separación desde el punto 1 al punto 6 de 300 metros en total, tal como se puede apreciar en la figura 1.

Figura 1

Mapa de ubicación de los puntos de muestreo en el río Chillón



Asimismo, el punto de muestreo 1 abarcó la entrada al Río Chillón por la Calle El Rosal, Carabayllo que es afluente de la Cantera Agregados Carapongo donde es arrojado materia prima para construcción y en el punto de muestreo 3 el agua del río es utilizada como bebida de animales como ovejas y aves. En la tabla 5, describe las

coordenadas de la ubicación (longitudinales) correspondientemente a los 6 puntos de ubicación donde se realizaron la toma de muestras.

Tabla 5

Coordenadas (Universal Transversal de Mercator) de los puntos de muestreo

Punto de Muestreo	Coordenadas (UTM)	
	Este	Norte
P ₁	0276453	8684971
P ₂	0276485	8685020
P ₃	0276496	8685041
P ₄	0276587	8685151
P ₅	0276689	8685207
P ₆	0276796	8685224

Fuente: Cadena de custodia.

2.2.5 Proceso de muestreo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos

Para realizar el monitoreo de agua enfocado en macroinvertebrados bentónicos, se siguió el protocolo nacional de monitoreo de agua, así como los aspectos de la sistemática, biología, técnicas de recolección y morfología, establecidos en el Libro

“Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos Sistemática y biología”. Este procedimiento se inició con la selección de los puntos de muestreo, asegurando que representen adecuadamente las condiciones del cuerpo de agua del río Chillón.

Primera etapa: Se recolectó las muestras en los 6 puntos determinados, abarcando una distancia correspondiente de 426.21 m en horario diurno. La dirección de las aguas para la recolección de muestras fue de abajo hacia arriba utilizando la red “D-net”, para lo cual se removió el agua y las piedras; con la malla se atrapó a los macroinvertebrados bentónicos presentes en las aguas del río.

Segunda etapa: Las muestras obtenidas fueran almacenadas en frascos de plástico previamente desinfectados y para preservar a los macroinvertebrados bentónicos capturados, se les añadió alcohol al 70% puro.

Tercera etapa: Todos los frascos de plástico que contenían las muestras fueron rotulados y enviados al laboratorio para su respectivo análisis.

Cuarta etapa: Se determino el orden y la familia a la que corresponden los macroinvertebrados bentónicos muestreados comparándolo con índices biológicos, comparando con la información recolectada como material de referencia para identificar la biodiversidad y distribución de macroinvertebrados.

2.2.6 Proceso de análisis de los parámetros físico-químicos

Para realizar el monitoreo de agua centrado en los parámetros fisicoquímicos, se siguieron las directrices del Protocolo Nacional de Monitoreo de Agua. El proceso comenzó con la selección de los puntos de muestreo, garantizando que reflejen adecuadamente las condiciones del cuerpo de agua en estudio.

Primera etapa: Se utilizaron materiales para recojo de las muestras de agua como frascos de plástico blanco rotulados para evitar la contaminación entre ambos recipientes, cooler y gel refrigerante para la preservación de las muestras.

Segunda etapa: Se recolectó los recipientes en los 6 puntos de muestreo correspondientemente rotulados y seleccionando el tipo de muestra a realizar, abarcando una distancia de 300 m en horario de 10 am a 1 pm. Posteriormente, se analizó las muestras en un laboratorio previamente con el equipo seleccionado.

Tercera etapa: Se realizó el análisis de las muestras de los parámetros fisicoquímico de pH y conductividad con la ayuda del equipo Multiparámetro ORION STAR A329.

2.2.7 Proceso de evaluación de calidad de agua

La evaluación de calidad de agua se realizó con la ayuda del Índice biótico para los ríos del norte de Perú (nPeBMWP), modelo propuesto por Medina (2022). Según esta metodología, cada familia de macroinvertebrados bentónicos es asignada por un valor numérico del 1 al 10, donde los valores más elevados representan mayor intolerancia de éstos a la contaminación presente en un cuerpo de agua, por lo que se da como referencia resultados numéricos a la calidad ecológica del agua, acorde a, macroinvertebrados que puedan aportar dentro del río, mientras que un puntaje bajo sugiere contaminación y degradación ecológica, es una herramienta valiosa para la evaluación ecológica, ya que proporciona una información detallada para la conservación y gestión sostenible de los recursos hídricos.

2.2.8 Procedimiento de análisis de datos

Se realizó empleando estadística descriptiva e inferencial, que permitió aceptar o rechazar las hipótesis planteadas en la investigación. Se aplicó el análisis de varianza (ANOVA) para evaluar las diferencias estadísticas de los datos y se aplicó Pearson para el análisis de correlación de las variables.

Respecto al procesamiento de los datos estadísticos se empleó el programa Microsoft Excel y SPSS Statistics y para la ilustración de datos se utilizó, gráfico de barras, gráficos de dispersión y diagramas lineales.

2.2.9 Aspectos éticos

Se manipuló cuidadosamente las muestras de agua, ya que; éstas podrían contener o no comunidades de macroinvertebrados bentónicos. Asimismo, no se utilizó materiales que puedan causar impacto negativo en las aguas del río Chillón y se evitó generar algún tipo de contaminación en los puntos de muestreo determinados. Se declara que no se tiene conflictos de interés.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Resultados descriptivos

3.1.1 Características físico-químicas de las aguas del río Chillón

A continuación, se muestran los resultados en tablas y gráficos: Se muestra en la tabla 6 los valores de pH y conductividad obtenidos en laboratorio, entre ellas está los valores obtenidos por cada número de muestreo en sus respectivas tomas de muestras en cada punto identificado y el valor promedio (media). Respecto al análisis del pH, se observa que los valores obtenidos varían entre 8,01 a 8,66, respectivamente del punto 1 al punto 6 mientras que los valores de la conductividad variaron entre 853.2 y 807.3.

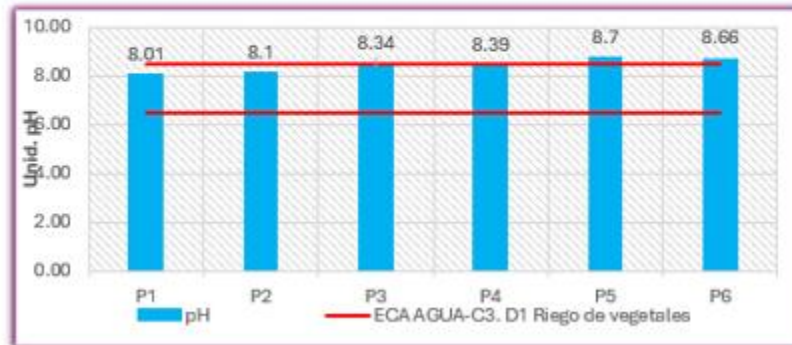
Tabla 6

Resultados de las mediciones de pH, conductividad del río Chillón

Fecha de Muestreo	Puntos de Muestreo	Nº de Muestreo	pH	Conductividad
27/07/2024	P1	1	8.01	853.2
	P2	1	8.10	853.3
	P3	1	8.34	848.7
	P4	1	8.39	844.2
	P5	1	8.70	834.7
	P6	1	8.66	807.3

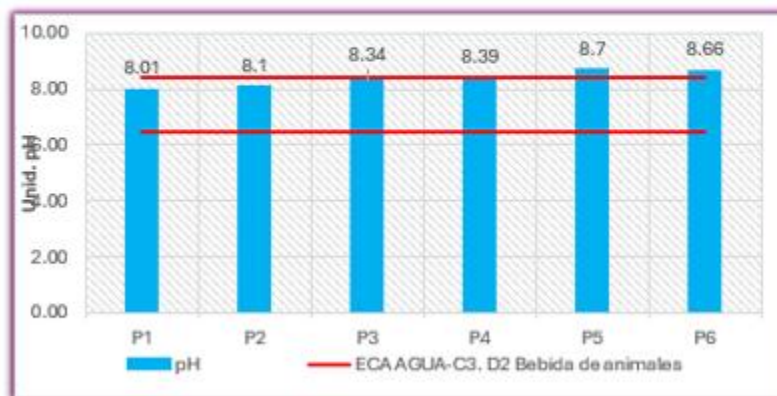
Fuente: Cadena de Custodia.

Figura 2
Gráfica pH Categoría 3 D1



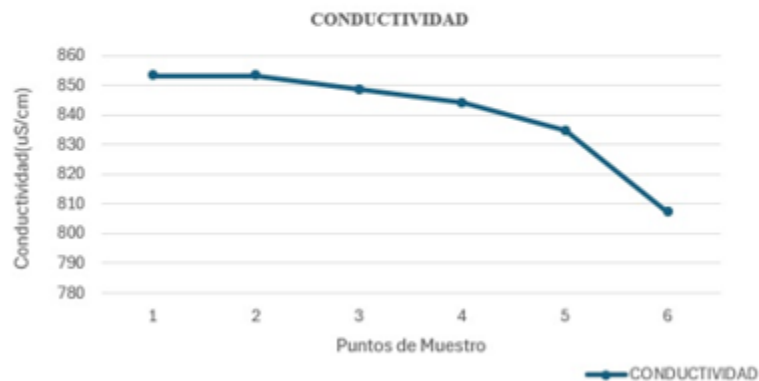
El figura N°2 muestra los resultados obtenidos del parámetro pH de los puntos de monitoreo P1, P2, P3, P4, P5, P6; comparados con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 3 D1: Riego de vegetales. Valor estándar de 6,5 a 8,5 unidades de pH. En los que se puede notar que los valores reportados en el punto P5 (8,7) y P6 (8,66), superan ligeramente el valor estándar.

Figura 3
Gráfica pH Categoría 3 D2



El figura N°3 muestra los resultados obtenidos del parámetro pH de los puntos de monitoreo P1, P2, P3, P4, P5, P6; comparados con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 3 D2: Bebida de animales. Valor estándar de 6,5 a 8,4 unidades de pH. Comparación que nos permite notar que los puntos P3 (8,34) y P4 (8,39), se encuentra próximos superar el límite superior; y de la misma manera, que los puntos de monitoreo P5 (8,7) y P6 (8,66) superan el rango establecido en la normativa ambiental vigente.

Figura 4
Valores promedio de Conductividad



En la figura 4, se visualiza que los valores promedio de la conductividad en los 6 puntos de muestreo del río Chillón se encuentran dentro del ECA para agua para categoría 3, el cual establece que los valores de conductividad para el agua apta para bebida de animales deber ser ≤ 5000 . Los puntos de muestreo P1 y P2 fueron los que obtuvieron mayor valor de conductividad siendo estos de 853.2 y 853.3.

Figura 5
Gráfica pH Categoría 3 D1



En la figura N° 6 se muestra los resultados obtenidos para el parámetro Conductividad de los puntos de monitoreo P1, P2, P3, P4, P5, P6; comparados con el Decreto supremo N°004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 3 D1: Riego de vegetales, Valor estándar de 2500 μ S/cm; En el que se puede notar que todos los valores reportados se encuentran por debajo del valor establecido en la normativa.

Figura 6
Gráfica conductividad categoría 3D2



En la figura N°6 se muestra los resultados obtenidos para el parámetro Conductividad de los puntos de monitoreo P1, P2, P3, P4, P5, P6; comparados con el Decreto supremo N°004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 3 D2: Bebida de animales, que establece como valor estándar de 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$; mismo que muestra que todos los valores reportados se encuentran por debajo del valor establecido en la normativa.

3.1.2 Presencia de organismos bioindicadores en las aguas del río Chillón

Respecto a la relación directa entre la calidad de agua y la presencia de macroinvertebrados bentónicos del río Chillón se obtuvo como resultados la poca o casi nula presencia de comunidades de estos organismos en los 6 puntos de muestreo, sólo se encontró 2 órdenes de macroinvertebrados bentónicos, siendo estos el orden Diptera y Coleoptera y dentro de ellas 2 familias, los cuales fueron Chironomidae y Scirtidae, tal como se detalla en la tabla 7. El hallazgo de sólo 2 órdenes de macroinvertebrados bentónicos implica que las aguas del río Chillón presentan una mala calidad.

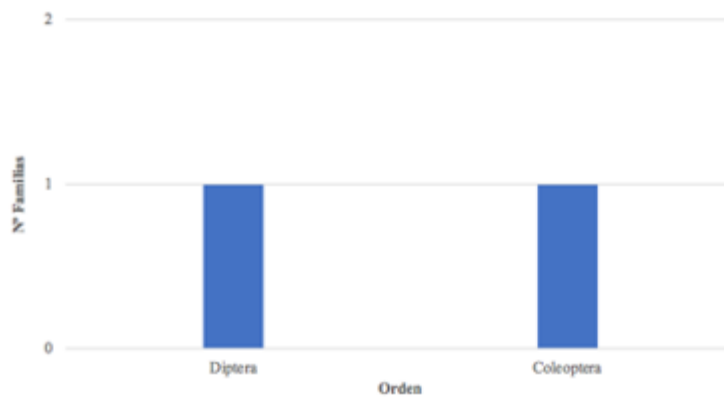
Tabla 7

Identificación Taxonómica de macroinvertebrados bentónicos encontrados en el río chillón

Puntos Muestreo	Orden	Familia	Nº Individuos
P1	Diptera	Chironomidae	4
P2	Coleoptera	Scirtidae	5
P3	Diptera	Chironomidae	6
P4	Coleoptera	Scirtidae	3
P5	Diptera	Chironomidae	4
P6	Coleoptera	Scirtidae	6

Figura 7

Nº de familias de cada orden de macroinvertebrados bentónicos encontrados en el río Chillón




En la figura 7, se observa que en los 6 puntos muestreados sólo se encontró a macroinvertebrados bentónicos de orden Diptera y Coleoptera y en cuanto al número de familias sólo se encontró una familia por cada orden.

3.1.3 Calidad de agua del río Chillón aplicando el Índice Biótico para los ríos del norte de Perú (nPeBMWP)

En la tabla 8 se visualiza la aplicación del nPeBMWP para determinar la calidad de agua del río Chillón tomando como bioindicador a los macroinvertebrados bentónicos obteniéndose como resultado que las aguas del río Chillón son de pésima calidad, ya que; la poca presencia de estos organismos demuestra que las agua de este río está extremadamente contaminadas.

Tabla 8

Calidad de las aguas del río chillón aplicando el Índice biótico nPeBMWP

Puntos de muestreo	Índice Biótico nPeBMWP	Color	Calidad Biológica	Calificación
P1	1			
P2	1			Aguas
P3	1		Pésima	extremadamente
P4	1			contaminadas
P5	1			
P6	1			

3.1.4 Resultados inferenciales

Respecto a las hipótesis planteadas en la presente investigación, se analizó los parámetros fisicoquímicos, tanto el pH como la conductividad aplicando los siguientes análisis estadísticos:

3.1.5 Prueba ANOVA

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para evaluar las diferencias estadísticas del pH y de la conductividad, planteándose las siguientes hipótesis:

Ho: Las medias son iguales

Ha: Por lo menos una de las medias es diferente

En la tabla 9 se visualiza que para el parámetro pH el valor de significancia fue mayor a 0.05 ($p > 0.05$), lo cual indica que se debe rechazar la Ha y aceptar la Ho porque no hay diferencias estadísticas significativas de las medias de los 6 puntos de muestreo, mientras que para la conductividad las medias si presentaron diferencias estadísticas significativas, siendo $p < 0.05$, por ende; se debe aceptar la Ha y rechazar la Ho.

Tabla 9
Prueba ANOVA de un factor

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
pH	Entre grupos	.413	5	.083	.761	.595
	Dentro de grupos	1.301	12	.108		
	Total	1.714	17			
Conductividad	Entre grupos	19665.167	5	3933.033	3.395	.038
	Dentro de grupos	13901.333	12	1158.444		
	Total	33566.500	17			

En la figura 8, se observa que la media de los valores de pH en los 6 puntos de muestreo del río Chillón se encuentra dentro del rango establecido en el ECA para agua para categoría 3, siendo este rango de 6.5 – 8.4, que corresponde al agua apta para bebida de animales. Cabe destacar que los puntos P5 y P6 presentaron valores cercanos a 8.70, para el punto P5 y 8.66 para el punto de muestreo P6.

Figura 8

Valor de medias del pH en los 6 puntos de muestreo

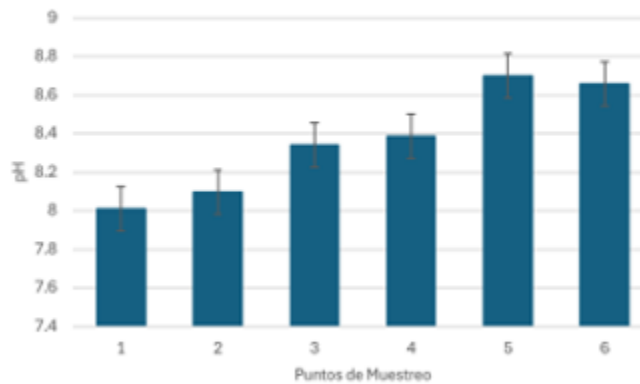
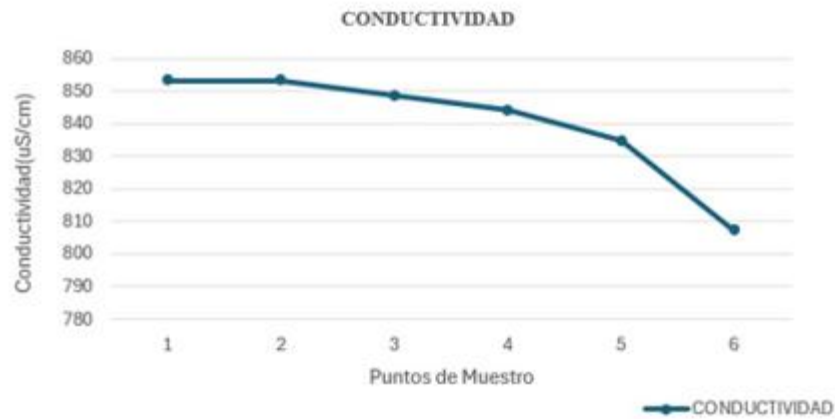


Figura 9

Valor de la conductividad en los 6 puntos de muestreo



En

la figura 9 se visualiza que los valores de la conductividad si tienen diferencias estadísticas significativas en los 6 puntos de muestreo, pues; los valores obtenidos han diferido unas de otras.

Análisis de correlación de Pearson

Se aplicó el análisis de correlación de Pearson entre los parámetros de pH y conductividad y el número de individuos encontrados por cada familia de macroinvertebrados en los 6 puntos de muestreo.

Respecto al análisis de correlación del pH y el número de individuos se obtuvo valores menores a 0, lo cual indica que no existe un nivel relacional entre ambos tal como se visualiza en la tabla 10.

Tabla 10
Análisis de correlación de Pearson del pH y el número de individuos

		pH	N° individuos
	Correlación de Pearson	1	-.608
pH	Sig. (bilateral)		.201
	N	6	6

En la tabla 11 se observa el análisis de correlación de la conductividad y el número de individuos, en el que se obtuvo valores mayores a 0, lo cual indica que hay un nivel relacional positivo entre ambos.

Tabla 11
Análisis de correlación de Pearson de la conductividad y el número de individuos

		Conductividad	N° individuos
	Correlación de Pearson	1	.368
Conductividad	Sig. (bilateral)		.473
	N	6	6

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El estudio que examina la relación entre la calidad del agua y la presencia de macroinvertebrados bentónicos en el río Chillón brinda perspectivas significativas sobre la salud de los ecosistemas acuáticos urbanos. Los resultados revelan una notable diversidad de familias de macroinvertebrados en la zona analizada, indicando una rica variedad dentro de la comunidad biológica. Además, se ha establecido una relación entre los hallazgos de estos organismos y ciertos parámetros de calidad del agua, como el pH y la conductividad eléctrica.

Los resultados obtenidos a través de la prueba de Pearson muestran las correlaciones entre los individuos por familia de macroinvertebrados y algunos parámetros de calidad del agua. En cuanto al pH, se logró determinar una correlación positiva moderada, aunque no significativa, ya que el intervalo de confianza incluye el cero y el valor p es mayor a 0.05 dando un intervalo de confianza que abarca el cero y el valor de p es superior a 0.05. Estos datos indican que las tendencias en la relación entre el número de individuos por familia de macroinvertebrados y los parámetros de calidad del agua, no alcanzan la significancia estadística necesaria para confirmar la relación.

La evaluación de la relación entre los macroinvertebrados bentónicos y la calidad del agua en el río Chillón coincide con estudios previos que han investigado el impacto de estos organismos en los ecosistemas acuáticos. Los resultados de una investigación en el río Muyoc Grande, en Cajamarca, subrayan la relevancia de los factores ambientales locales y la influencia de la intervención humana en la diversidad de macroinvertebrados. De manera similar, este estudio detecta patrones de diversidad

influenciados por factores como la temperatura, la altitud y ciertos parámetros de calidad del agua, como el pH y la conductividad eléctrica.

Los resultados de investigaciones previas en el río Mashcón muestran similitudes con este estudio, indicando que la calidad del agua en dicho río está moderadamente o muy contaminada, lo que se refleja en una baja diversidad de macroinvertebrados. Este mismo patrón se observa en el río Chillón, donde una alta dominancia de ciertas familias de macroinvertebrados podría señalar una disminución en la calidad del agua, según se ha evidenciado en otros estudios.

En contraste en el río Ichu, en Huancavelica, los resultados señalan una relación favorable entre la presencia de macroinvertebrados y la calidad del agua. Estos hallazgos son coherentes con los de este estudio, donde también se detecta una relación significativa entre la presencia de macroinvertebrados y los parámetros de calidad del agua evaluados.

Las investigaciones realizadas por Cedeño y Quintero (2016), Alonso (2018) y Arroyo (2007) han empleado el índice BMWP para analizar la calidad del agua en ríos y arroyos, detectando niveles de polución moderada en los cuerpos de agua analizados. Estos resultados son comparables a los obtenidos en el río Chillón, donde también se ha identificado una relación directa entre la presencia de macroinvertebrados y la calidad del agua, evaluada mediante parámetros físicos y biológicos.

Finalmente, investigaciones en el río Llaucano, Cajamarca, también destacan que las alteraciones en la estructura de las comunidades de macroinvertebrados están estrechamente relacionadas con la disminución de la calidad del agua debido a

actividades humanas. Esta relación entre la contaminación orgánica y los cambios en las comunidades de macroinvertebrados es congruente con los hallazgos observados en el río Chillón.

En conjunto, estos estudios previos ofrecen un valioso contexto que fortalece los hallazgos de la presente investigación, destacando favorablemente los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua en entornos fluviales y su susceptibilidad a las variaciones ambientales y a las actividades humanas.

La evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Chillón, específicamente el pH y la conductividad eléctrica, en relación con los estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua establecidos en el D.S. N°004-2017-minam, proporciona información crucial sobre la calidad del agua en este cuerpo fluvial. Los resultados obtenidos indican que los valores de pH y conductividad eléctrica en el río Chillón varían a lo largo de diferentes puntos de muestreo y estaciones del año.

En cuanto al pH, los valores registrados en el río Chillón se encuentran dentro del rango establecido por los ECA para Agua, que es de 6.5 a 8.5. Esto sugiere que, en términos de acidez y alcalinidad, el agua del río Chillón cumple con los estándares ambientales, lo que es indicativo de una condición favorable para la vida acuática y la salud del ecosistema. La estabilidad del pH dentro de los límites aceptables es crucial, ya que un pH fuera de este rango puede afectar negativamente a los organismos acuáticos, alterando procesos biológicos esenciales y la disponibilidad de nutrientes.

Por otro lado, la conductividad eléctrica, que mide la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, presenta variaciones significativas. Los ECA para Agua establecen un límite máximo de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Los resultados muestran que, en algunos

puntos de muestreo, la conductividad eléctrica supera este límite, lo que podría indicar la existencia de agentes contaminantes disueltos en el agua, posiblemente debido a actividades antropogénicas como descargas industriales y agrícolas. La conductividad elevada puede ser un indicador de contaminación por sales, metales pesados y otros compuestos químicos que pueden tener efectos tóxicos en la vida acuática.

El análisis comparativo de los datos a lo largo del tiempo y entre diferentes puntos de muestreo revela patrones importantes. En las zonas más cercanas a áreas urbanas e industriales, se observa una mayor variabilidad y, en algunos casos, un incremento en la conductividad eléctrica, lo que sugiere una influencia directa de las actividades humanas. En contraste, en las zonas más alejadas de esta influencia, los valores de conductividad tienden a ser más bajos y estables.

Comparando estos hallazgos con estudios previos en otros cuerpos de agua en Perú, se observa una tendencia similar. Por ejemplo, investigaciones en el río Rímac, y el río Mantaro también han reportado problemas de conductividad eléctrica elevada debido a la contaminación industrial y agrícola. Estos estudios subrayan lo favorable de monitorear y gestionar las fuentes de contaminación para proteger la calidad del agua y la salud de los ecosistemas acuáticos. Por lo cual, en el río Rímac, se ha documentado que las descargas de efluentes industriales y domésticos contribuyen significativamente a la elevación de la conductividad, un patrón que parece repetirse en el río Chillón.

La identificación y clasificación de los macroinvertebrados Bentónicos presente en el río Chillón proporciona una visión detallada de la biodiversidad y la salud del medio acuático. Este análisis es fundamental para entender las dinámicas ecológicas y evaluar la calidad del agua a través de bioindicadores.

Durante el estudio se identificaron diversas familias de macroinvertebrados bentónicos, lo que refleja una rica biodiversidad en el río Chillón. Los macroinvertebrados fueron clasificados a niveles de clase, orden y familia, utilizando información taxonómica y guías de identificación. Entre los grupos representativos se encontraron Ceratopogonidae, Chironomidae, Hydropsychidae y Physidae. La identificación de estos organismos es importante, ya que cada grupo tiene diferentes tolerancias a la contaminación y puede proporcionar información específica sobre calidad de agua.

La clasificación de los macroinvertebrado reveló una variedad de familias. En el área estudiada e identificaron cuatro familias; esta diversidad es un indicador negativo para la salud del ecosistema, ya que una mayor diversidad suele estar asociada con mejores condiciones ambientales y menos contaminación. La presencia de una amplia gama de taxones sugiere que el río Chillón, en ciertas áreas mantiene condiciones ambientales que soportan unca comunidad biológica diversa.

Se analizaron la riqueza y la abundancia de los macroinvertebrados en distintos puntos de muestreo a lo largo del tramo seleccionado del río Chillón. Los resultados mostraron una baja riqueza y alta abundancia en áreas con menor acceso al hombre, mientras que en zonas más accesibles y cercanas a fuentes de contaminación, estos valores disminuyeron significativamente. Este patrón es consistente con la teoría ecológica que sugiere que los ecosistemas menos perturbados tienden a albergar una mayor diversidad biológica.

Comparando estos resultados con estudios previos en otras cuencas hidrográficas del Perú, se observa una tendencia similar. Por ejemplo, en las

investigaciones en la cuenca alta del río Chillón se reportó una alta diversidad de macroinvertebrados en áreas menos perturbadas. De la misma manera, estudios en el río Rímac y el río Mantaro han documentado una reducción en la diversidad y abundancia de macroinvertebrados en zonas afectadas por actividades industriales y agrícolas.

Limitaciones

Las limitaciones de la presente investigación involucraron principalmente a la cantidad de puntos de muestreo seleccionados, pues; se determinó 6 puntos de muestreo; sin embargo; se consideró conveniente aumentar estos puntos, pero la poca accesibilidad al río fue un factor limitante. Otro factor limitante fue el costo de los materiales indicados en la metodología para la toma de muestras de los bioindicadores y la consulta a expertos en la materia.

Implicancias

Los resultados de la presente investigación incentivan a que se puedan generar mayores estudios sobre la calidad de agua que presentan las aguas del río Chillón, para que posteriormente se puedan realizar comparaciones de los diferentes resultados obtenidos y según estos datos se puedan tomar mejores decisiones sobre las consecuencias que conlleva que un cuerpo hídrico presente mala calidad de agua y su afectación al ecosistema alrededor de esta.

Conclusiones

- En conclusión, la calidad del agua está vinculada con la presencia de macroinvertebrados bentónicos, caracterizando las aguas del río Chillón como pésima; debido a la poca presencia de estos organismos, pese a que en la evaluación de los parámetros fisicoquímicos como el pH y conductividad los valores resultantes estuvieron dentro de lo establecido por el ECA para agua.
- Asimismo, al caracterizar los parámetros fisicoquímicos como el pH y la conductividad de las aguas del río Chillón, se obtuvieron valores que se encontraban dentro de parámetros pertenecientes a la categoría 1, subcategoría A2 y categoría 3 del ECA para agua, caracterizando estas aguas como aceptables para riego y bebida de animales, pese a la poca presencia de macroinvertebrados bentónicos en estas aguas.
- De acuerdo con la evaluación de la calidad de agua mediante la presencia de macroinvertebrados bentónicos en las aguas del río Chillón, se constató que existen pocos organismos en estas aguas, la poca presencia de éstos supone que este cuerpo hídrico no constituye un hábitat saludable en el que estos organismos se pueden desarrollar.
- Finalmente, al aplicar el Índice Biótico nPeBMWP se determinó que la calidad de agua del río Chillón es pésima, es decir; las aguas de este río representan aguas contaminadas para el hábitat de estos organismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANA (2015). Autoridad Nacional del Agua realiza monitoreo participativo de calidad del agua en la cuenca del río Chillón (*realizado el 2 de diciembre del 2015 a las 5:28pm*).
<https://www.gob.pe/institucion/ana/noticias/138059-autoridad-nacional-del-agua-realiza-monitoreo-participativo-de-calidad-del-agua-en-la-cuenca-del-rio-chillon>
- ANA (2016). Resultado del monitoreo participativo de la calidad de agua de la cuenca del río Chillón (*realizado del 26 al 28 y 30 de noviembre y 01 de diciembre de 2015*): *Informe técnico*. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2191>
- Diaz, M. (2019). Determinación de variables con mayor impacto en la calidad del agua, de la cuenca baja del río Chillón. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3807>
- Enciso E. y Rojas, C. (2015). Cálculo Del Caudal Del Río Cauca En La Estacion Tres Cruces Y Calculo Del Caudal Del Rio Vichada En La Estacion De Santa Rita, Por El Metodo De La Maxima Entropia. [Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Bogotá, Colombia].
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/2147/RojasHernandezCarlosAndres2015.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- FAO (2012). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. <https://www.fao.org/3/i1688s/i1688s.pdf>
- Gallart, F. (2017). La conductividad eléctrica del suelo como indicador de la capacidad de uso de los suelos de la zona norte del Parque Natural de la Albufera de Valencia.

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/94368/GALLART%20-%20La%20conductividad%20el%C3%A9ctrica%20del%20suelo%20como%20indicador%20de%20la%20capacidad%20de%20uso%20de%20los%20suelo....pdf?sequence=1>

García, R. (2016). Diversidad de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca alta del Río Chillón (Lima, Perú) y su uso como indicadores biológicos.

<https://hdl.handle.net/20.500.12672/5188>

Gualdrón, L. (2016). Evaluación de la Calidad de Agua de Ríos de Colombia usando Parámetros físicoquímicos y biológicos [Tesis de Doctorado, Universidad Libre Colombia]. <https://hdl.handle.net/10901/20335>.

Guevara, G., Verdesoto, A. y Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 4(3), 163-173. Doi:

[https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)

Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación.

<http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1292>

Herrera, C. & Terrones, A. (2015). Calidad del agua en la cuenca baja del río Chillón en época de estiaje y riesgo por el uso directo en riego agrícola. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Callao]

http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/1480/Alexander_Tesis_titulo_profesional_2015.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2016). *Hidrogeología de la cuenca del río Chillón*.

1-23.

<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/3300#:~:text=La%20cuenca%20del%20r%C3%ADo%20Chill%C3%B3n%2C%20se%20encuentra%20ubicada%20en%20la,la%20desembocadura%20del%20r%C3%ADo%20Chill%C3%B3n.>

MINAM (2017). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. <https://ds-004-2017-minam%20>

MINAM (2019). Estándar de Calidad Ambiental.

<https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/308391-estandar-de-calidad-ambiental>

Leaño, J. y Pérez, D. (2020). Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del Río Trancas, Municipio de Entre Ríos – Tarija. *Revista Acta Nova*, 9(4). http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892020000100007&script=sci_arttext

Leiva, J. (2022). Diversidad de Macroinvertebrados Bentónicos y su uso como indicadores de calidad de agua en un tributario de primer orden del río Rímac, distrito de San Jerónimo de Surco (Lima-Perú). [Tesis de título, Universidad Nacional Federico Villareal]. https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/6187/TESIS_LEIVA_COSTA_JOSEPH_DAVID.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lorenzini, E. (2017). Investigación De Métodos Mixtos En Las Ciencias De La Salud. *Revista Cuidarte*, 8(2). Doi: <https://doi.org/10.15649/cuidarte.v8i2.406>

Quispe, Y. (2018). Gestión Del Agua Para Riego De Áreas Verdes En El Distrito De Pueblo Libre, Lima, Perú.

https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/11915/Quispe_Sa las_Gesti%C3%B3n_agua_riego1.pdf?sequence=1

Reyes, C. (2012) Estudio de la contaminación de las aguas del río Chillón.

<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2342903#:~:text=Los%20problemas%20de%20contaminaci%C3%B3n%20de,fundiciones%20informales%2C%20papeleras%2C%20curtiembres.>

Rock, C. y Rivera, B. (2014). La calidad del agua, E. Coli y su salud. College of Agriculture and life Sciences, 1.

<https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>

Rodríguez, A., Roldán, J. y Bopp, G. (2021). Macroinvertebrados Bentónicos Indicadores De

Calidad Biológica Del Agua De Lagunas Altoandinas, La Libertad-Perú. *Rebiol*, 41(1), 91-101. Doi: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2021.41.01.09>

Roldan, B. (2019). Situación de la calidad de agua de la laguna Huacachina en base a

indicadores biológicos [Tesis de Grado, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú].

https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2422/ECOL_T030_40639051_M%20Peralta%20Roldan%2C%20Elvis%20Sergio.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sánchez, J., Dávila, R., Zuta, N., Vásquez, F., Vargas, A., Villavicencio, P. y Espinoza, F.

(2022). Boletín de Malariología y Salud Ambiental. Evaluación fisicoquímica y

bacteriológica del agua del río chillón, 62(4).

<http://iaes.edu.ve/iaespro/ojs/index.php/bmsa/article/view/563>

Valdivielso, A. (2022). Qué es un río. <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-rio>

Vásquez, M. y Medina, C. (2014). Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químicos en la microcuenca del río Tablachaca (Ancash, Perú) 2014.

Revista REBIOL 35(2), 75-89.

<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbbiol/article/view/1079>

Vega, J. (2016). Calidad de agua y dinamica temporal de macroinvertebrados bentonicos, en las quebradas El Ruicito y El Riolindo, en el Municipio de Viotá-Cundinamarca [Universidad el Bosque, Bogotá, Colombia].

https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/5592/Vega_Briceno_Jenny_Paola_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Villanueva, M. y Chanamé, F. (2016). Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. *Scientia Agropecuaria*, 7(1). <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.01.04>

Yépez, Bolivar, Urdánigo, Morales, Guerrero y TayHing. (2017). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador. *Environmental Sciences*, 10(1), 27-34.

<https://doi.org/10.18779/cyt.v10i1.196>

- Leiva, J. (2022). Diversidad de Macroinvertebrados Bentónicos y su uso como indicadores de calidad de agua en un tributario de primer orden del río Rímac, distrito de San Jerónimo de Surco (Lima-Perú). [Tesis de título, Universidad Nacional Federico Villarreal]. https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/6187/TESIS_LEIVA_COSTA_JOSEPH_DAVID.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lorenzini, E. (2017). Investigación De Métodos Mixtos En Las Ciencias De La Salud. *Revista Cuidarte*, 8(2). Doi: <https://doi.org/10.15649/cuidarte.v8i2.406>
- Quispe, Y. (2018). Gestión Del Agua Para Riego De Áreas Verdes En El Distrito De Pueblo Libre, Lima, Perú. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/11915/Quispe_Sa_las_Gesti%C3%B3n_agua_riego1.pdf?sequence=1
- Reyes, C. (2012) Estudio de la contaminación de las aguas del río Chillón. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2342903#:~:text=Los%20problemas%20de%20contaminaci%C3%B3n%20de,fundiciones%20informales%2C%20papeleras%2C%20curtiembres.>
- Rock, C. y Rivera, B. (2014). La calidad del agua, E. Coli y su salud. College of Agriculture and life Sciences, 1. <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>
- Rodríguez, A., Roldán, J. y Bopp, G. (2021). Macroinvertebrados Bentónicos Indicadores De Calidad Biológica Del Agua De Lagunas Altoandinas, La Libertad-Perú. *Rebiol*, 41(1), 91-101. Doi: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2021.41.01.09>

Roldan, B. (2019). Situación de la calidad de agua de la laguna Huacachina en base a indicadores biológicos [Tesis de Grado, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú].

https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2422/ECOL_T030_40639051_M%20Peralta%20Roldan%2C%20Elvis%20Sergio.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

Anexo 1.

Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Independiente Macroinvertebrados bentónicos	Organismos menores a 2 mm de tamaño.	Índice biótico BMWP modificado.	Biótico	-Número de familias encontradas.
Independiente Parámetros físico-químicos	Parámetros que miden variables que presenta el agua como la temperatura, DBO, DQO, presencia de nitratos, sulfatos, fosfatos, el pH, la conductividad, entre otros (Gualdrón, 2016).	ECA del agua	-Propiedades físicas. -Propiedades químicas.	-pH -Conductividad eléctrica
Dependiente Calidad de agua	Salubridad del agua, el cual se determina evaluando sus características químicas, físicas y biológicas. La calidad del agua puede generar un impacto positivo o negativo en la salud humana y de los ecosistemas (Rock y Rivera, 2014).	Índice biótico para los ríos del Norte de Perú (nPeBMWP)	Biótico	-Familia de macroinvertebrados bentónicos
Interviniente Caudal	Volumen de agua por unidad de tiempo.	Método volumétrico	Volumen de agua	-Volumen en m ³

Anexo 2.
Matriz de consistencia interna

Título: "EVALUACION DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS BENTONICOS Y PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL RÍO CHILLÓN-LIMA, PERÚ, 2024"					
Problema	Hipótesis	Objetivos	Variables	Metodología	Población
¿Cómo se relacionan la calidad del agua, la presencia de macroinvertebrados bentónicos y los parámetros fisicoquímicos del río Chillón en Lima, Perú, durante el año 2024?	La presencia de macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos influyen en la calidad de agua del río Chillón.	Evaluar la relación entre la calidad del agua y la presencia de macroinvertebrados bentónicos, así como los parámetros fisicoquímicos del río Chillón - Lima, Perú, 2024.	Dependiente -Calidad de agua. Independiente Macroinvertebrados bentónicos	Tipo -Investigación descriptiva-correlacional. Diseño -Investigación no experimental. Alcance o nivel: -Investigación descriptiva correlacional.	Agua del río Chillón
1. ¿Cumplen los parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad) del agua del río Chillón con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM?	1. Los parámetros pH (unidades) y Conductividad (uS/cm), del río Chillón superan los valores del ECA para agua. Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales. Subcategoría D1: Riego de Vegetales, D2: Bebida de animales.	1. Determinar si los parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad) del agua del río Chillón cumplen con los Estándares de calidad ambiental (ECA) para Agua establecidos en el D.S. N°004-2017-MINAM	Independiente -Parámetro fisicoquímicos	Técnica -Observación experimental.	
2. ¿Qué macroinvertebrado bentónico están presente en el río Chillón y como se pueden clasificar?	2. La diversidad y abundancia de macroinvertebrados bentónicos en el río Chillón	2. Identificar y clasificar los macroinvertebrados bentónicos presentes en el río Chillón	Interviniente -Caudal	Instrumento -Ficha de registro.	

<p>3. ¿De qué manera la aplicación del índice biótico para los ríos del norte del Perú (nPeBMWP), puede determinar la calidad del agua en el río chillón?</p>	<p>3. El Índice Biótico para los ríos del norte de Perú (nPeBMWP) refleja adecuadamente la calidad del agua del río chillón.</p>	<p>3. Aplicar el índice Biótico para los ríos del norte del Perú (nPeBMWP) para determinar la calidad del agua en el río chillón</p>			
---	--	--	--	--	--

1

Anexo 4.

Figura 2. Parte baja de la cuenca del río Chillón



Figura 3. Estado de las aguas del río Chillón en el primer punto de muestreo (P1)



Figura 4. *Estado de las aguas del río Chillón en el tercer punto de muestreo (P3)*



Figura 5. *Toma de muestras de agua en el río Chillón*



Figura 6. *Toma de muestra de macroinvertebrados bentónicos*



Figura 7. *Evaluación de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua (pH y conductividad) en el laboratorio*



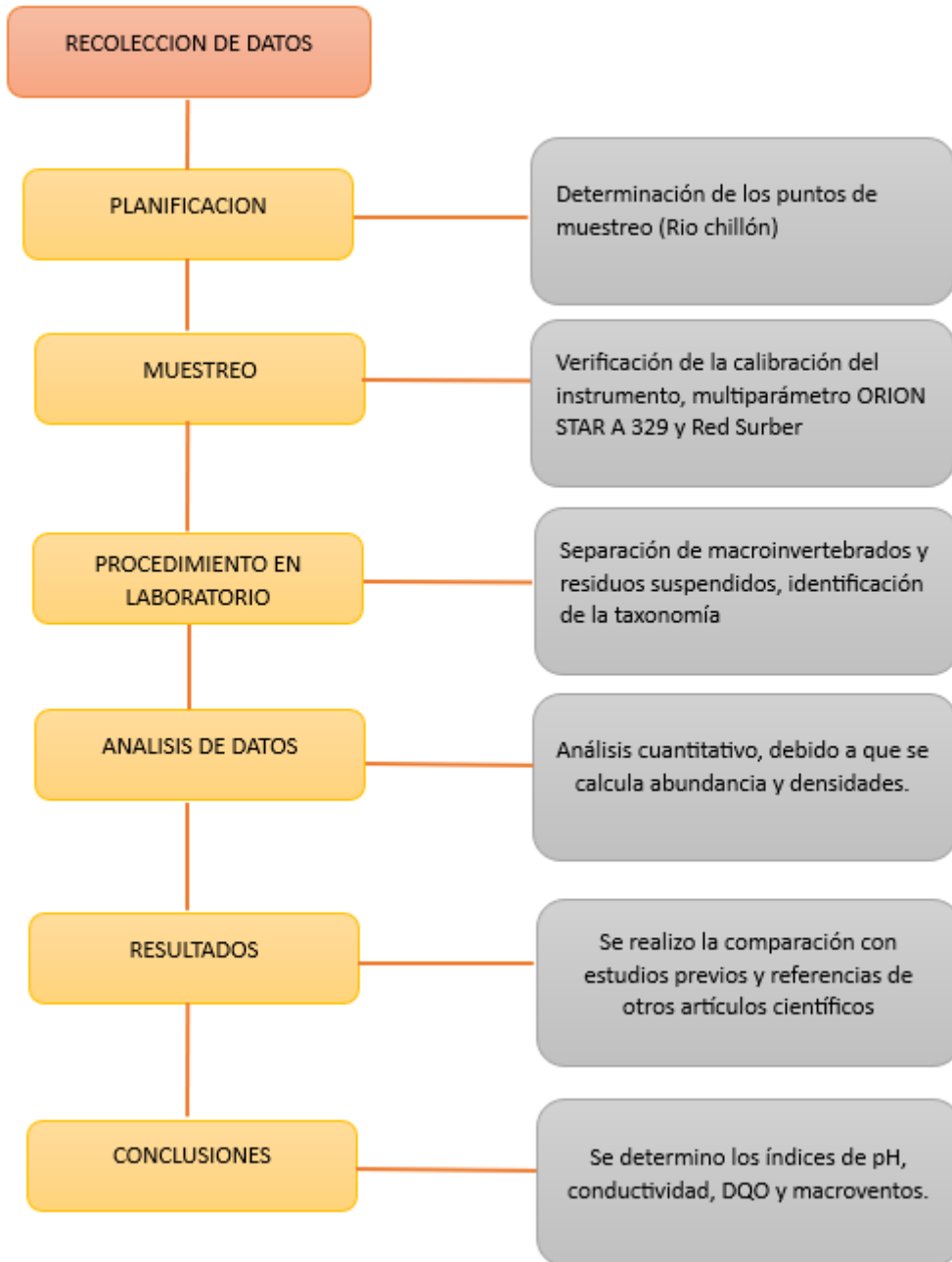
Figura 8. *Orden Chironomidas*



Figura 9. *Orden Coleoptera*



Esquema metodológico



Anexo 6.

Ficha de recolección de datos

MACROINVERTEBRADOS (Macroinvertebrados o Bentónicos; Macroinvertebrados)				
codigo del laboratorio				
codigo del cliente				
Tamaño de muestra (m2)				
Tipo de producto (Matriz)				
Fecha de muestreo				
Hora de muestreo				
Ubicación Geográfica (WGS 84)				
FILUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GRUPO/TARJÓN/ESPECIE
				ND
				LARVA ND
				LARVA ND
				LARVA ND
				ND
				Riqueza (H)
				Abundancia (N)
				Riqueza de Margalef (d)
				Equidad de Pielou (J')
				Diversidad H' (log2)

Anexo 7.

Ficha de calibración del multiparámetro

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFQA-043-2024

Expediente :	026-24	
Fecha de emisión :	2024-03-14	
1. Solicitante	ENVIRONMENTAL TESTING LABORATORY SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - ENVIROTEST S.A.C	<p>Los resultados presentados corresponden sólo al ítem calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.</p> <p>El certificado de calibración es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Sin perjuicio de lo señalado, dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección al consumidor y las que regulan la libre competencia.</p> <p>Al usuario le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.</p> <p>Envirotest SAC no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización expresa por escrito de Envirotest SAC.</p> <p>El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de Envirotest SAC.</p>
2. Dirección	Cal. B.Mz. C Lote. 40 Urb. Panamericana - Lima - Lima - San Martín de Porres	
3. Instrumento	MULTIPARÁMETRO (sonda pH)	
Marca	Thermo SCIENTIFIC	
Modelo	ORION STAR A329	
Número de serie	G15785	
Serie del electrodo	AP1-14812	
Identificación	MON-291	
Procedencia	Estados Unidos	
Intervalo de medida	0 a 14 pH	
Resolución	0.001 pH / 0.01 pH / 0.1 pH	
4. Lugar de calibración	Laboratorio de Físico-Química de ENVIROTEST S.A.C.	
5. Fecha de calibración	2024-03-13	
6. Método de calibración	La calibración se realizó por comparación con material de referencia certificado según el procedimiento PC-020 "Procedimiento para la calibración de medidores de pH". Segunda Edición, 2017. INACAL.	

7. Trazabilidad:
Se utilizó los siguiente materiales de referencia certificados:

pH	N° Lote	Certificado de Análisis	Incertidumbre (pH)
4.010	7986	HI7004L	0.011
7.010	7737	HI7007L	0.011
10.010	7356	HI7010L	0.011

Un termómetro de código FT-T-01 con Certificado de Calibración N° 6412-13804238



Randy Santiago Jurado
Jefe de Laboratorio de Metrología

Certificado de Calibración N° LFQA-043-2024

8. Condiciones ambientales :

	Inicial	Final
Temperatura Ambiental :	23.2 °C	22.8 °C
Humedad Relativa :	62.4 % h.r.	62.0 % h.r.

9. Resultados :

INDICACIÓN DEL PHMETRO (pH)	SOLUCIÓN TAMPÓN (BUFFER) PATRÓN (pH)	ERROR (pH)	INCERTIDUMBRE (pH)
4.02	4.01	0.01	0.012
6.99	7.01	-0.02	0.012
9.99	10.01	-0.02	0.012

Valor de la solución tampón patrón = Indicación del pHmetro - Error.

Los resultados son emitidos para la temperatura de referencia de 25 °C.

La incertidumbre de la medición se da con un nivel de confianza aproximado del 95 % con un factor de cobertura: $k = 2$.

10. Observaciones :

La indicación del pHmetro es el promedio de 3 mediciones.

Antes del ajuste las lecturas del equipo para los patrones 4.01 pH; 7.01 pH y 10.01 pH fueron 3.99 pH; 7.08 pH y 9.95 pH respectivamente.

Después del ajuste las lecturas del equipo para los patrones 4.01 pH; 7.01 pH y 10.01 pH fueron 4.02 pH ; 6.99 pH y 9.99 pH respectivamente.

El Coeficiente de correlación obtenido es (1,000) y se encuentra dentro de los límites establecidos "mayor a 0,995 y menor a 1,000" según el procedimiento de calibración.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva en el instrumento con la indicación "CALIBRADO" y N° LFQA-043-2024.

*** FIN DEL DOCUMENTO ***

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LTA-018-2024

- Expediente** : 026-24
- Fecha de emisión** : 2024-03-14
- 1. Solicitante** : ENVIRONMENTAL TESTING LABORATORY
SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - ENVIROTEST
S.A.C.
- Dirección** : CaLB Mz. C Lote. 40 Urb. Panamericana - Lima - Lima -
San Martín de Porres
- 2. Instrumento calibrado** : **TERMÓMETRO DIGITAL**
(Sensor de pH)
- Marca** : Thermo SCIENTIFIC Alcance : 0 °C a 80 °C
- Modelo** : ORION STAR A329 Resolución : 0.1 °C
- Nº de serie** : Consola: C15785 Procedencia : Estados Unidos
Sensor: AP1-14812
- Código** : MON-291 Tipo de Sensor : Termistor
- 3. Lugar de calibración** : En el laboratorio de Temperatura de
ENVIROTEST S.A.C.
- 4. Fecha de calibración** : 2024-03-14
- 5. Método de calibración** :
La calibración se realizó por comparación directa siguiendo el PC-017 "Procedimiento para la Calibración de Termómetros Digitales". Segunda Edición. 2012. INDECOPI
- 6. Trazabilidad** :
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad al Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Los resultados presentados corresponden sólo al ítem calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

El certificado de calibración es un documento oficial de interés público; su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Sin perjuicio de lo señalado, dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección al consumidor y las que regulan la libre competencia.

Al usuario le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

ENVIROTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización expresa por escrito de ENVIROTEST S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de ENVIROTEST S.A.C.

Código	Descripción	Certificado de calibración
PT-T-001	Termómetro Digital de incertidumbre 0.0087 C a 0.061 C	6412-13804238 / Traceable
PT-T-002-2	Termómetro Digital de incertidumbre 0.082 C a 0.01 C	CCP-1650-001-23 / Elkorom



R.S.

Randy Santiago Jurado
Jefe de Laboratorio de Metrología

Certificado de calibración N° LTA-018-2024

7. Condiciones de Calibración :

Tiempo de estabilización : 8 min

Profundidad de inmersión : 8 cm

Temperatura ambiental Inicial : 23.2 °C Final : 22.8 °C

Humedad relativa Inicial : 59.9 % h.r. Final : 59.4 % h.r.

8. Resultados de la Calibración :

Indicación del termómetro °C	Temperatura convencionalmente verdadera °C	Corrección °C	Incertidumbre °C
5.2	4.97	-0.23	0.26
25.2	24.96	-0.24	0.26
35.2	35.02	-0.18	0.26

La temperatura convencionalmente verdadera (TCV) resulta de la relación:
TCV = Indicación del termómetro + corrección

9. Observaciones :

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO y Número de Certificado de Calibración N° LTA-018-2024
- Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
- La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k = 2$ que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.

*** FIN DEL DOCUMENTO ***

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFQA-044-2024

Expediente : 028-24

Fecha de emisión : 2024-03-14

1. **Solicitante** : ENVIRONMENTAL TESTING LABORATORY SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - ENVIROTEST S.A.C

2. **Dirección** : Cal B Mc. C Lote. 40 Urb. Panamerica - Lima - Lima - San Martín de Porres

3. **Instrumento** : MULTIPARÁMETRO (Sensor de Conductividad)

Marca : Thermo SCIENTIFIC

Modelo : ORION STAR A329

Serie : G15755

Serie del electrodo : AY1-18808

Procedencia : Estados Unidos

Código de identificación : MON-291

Intervalo de indicación : 1 µS/cm a 200 S/cm

Resolución : 0.001 µS/cm 0.01 µS/cm 1 µS/cm 0.01mS/cm

Ubicación : No indica

4. **Lugar de calibración** : Laboratorio de Físico-Química de ENVIROTEST S.A.C.

5. **Fecha de calibración** : 2024-03-13

6. **Método de calibración** :
La calibración se realizó por comparación con material de referencia certificado según el procedimiento PC-022 "Procedimiento para la calibración de Conductímetros" Segunda edición junio, 2023. INACAL.

7. **Trazabilidad** :

Valor Certificado a 25 °C	N° de lote	Certificado de Análisis	Incertidumbre (k=2)
49.00 µS/cm	MRCC02-09	001020	1.44 µS/cm
1413.00 µS/cm	7409	HI7031L	5.00 µS/cm
5000.00 µS/cm	MRCC06-06	000623b	30.00 µS/cm

Código	Instrumento Patrón	Certificado o informe de calibración
PT-T-001	Termómetro digital de incertidumbre 0.0087 °C a 0.051 °C	6412-13804238

8. **Condiciones de calibración** :

	Inicial	Final
Temperatura ambiental	23.2 °C	22.7 °C
Humedad relativa	82.3 % H.R.	82.2 % H.R.



Randy Santiago Jurado

Jefe de Laboratorio de Metrología

Certificado de calibración N° LFQA-044-2024

9. Resultados :

Valor del Certificado	Lectura promedio del equipo	Error	Incertidumbre
49.80 $\mu\text{S/cm}$	49.52 $\mu\text{S/cm}$	-0.28 $\mu\text{S/cm}$	1.7 $\mu\text{S/cm}$
1413.00 $\mu\text{S/cm}$	1416 $\mu\text{S/cm}$	3.00 $\mu\text{S/cm}$	8.6 $\mu\text{S/cm}$
5000.00 $\mu\text{S/cm}$	4998 $\mu\text{S/cm}$	-2.00 $\mu\text{S/cm}$	39 $\mu\text{S/cm}$

Valor Certificado = Lectura del Equipo - Error

10. Observaciones :

- Se colocó en el instrumento una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO" y N° LFQA-044-2024
- Los resultados son emitidos para la temperatura de referencia de 25°C.
- Las incertidumbres de medición expandidas reportadas son las incertidumbres de medición estándares multiplicadas por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.

*** (FIN DEL DOCUMENTO) ***

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFQA-045-2024

- Expediente : 020-24
Fecha de emisión : 2024-03-14
1. **Solicitante** : ENVIRONMENTAL TESTING LABORATORY SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - ENVIROTEST S.A.C.
2. **Dirección** : Cal B Mz. C Lote. 40 Urb. Panamerica - Lima - Lima - San Martín de Porres
3. **Instrumento** : MULTIPARÁMETRO (Sonda de Oxígeno Disuelto)
- Marca / Fabricante : Tietmo SCIENTIFIC
Modelo : ORION STAR A329
Serie : G15785
Serie de la sonda : 887010MD
Procedencia : Estados Unidos
Código de identificación : MDN-291
Intervalo de indicación : 0.00 mg/L a 20.00 mg/L / 0 % a 200 %
Resolución : 0.1 mg/L / 0,1 %
Ubicación : No indica
4. **Lugar de calibración** : Laboratorio de Físico-Química de ENVIROTEST S.A.C.
5. **Fecha de calibración** : 2024-03-14
6. **Método de calibración** :
La Calibración se realizó por comparación directa según el procedimiento MV-LQ-03 Procedimiento de calibración de medidor de oxígeno disuelto, versión 00 de 2022.
7. **Trazabilidad** :

Los resultados presentados corresponden sólo al ítem calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

El certificado de calibración es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regala por las disposiciones penales y civiles en la materia. Sin perjuicio de lo señalado, dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección al consumidor y las que regulan la libre competencia.

Al usuario le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

ENVIROTEST SAC no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización expresa por escrito de ENVIROTEST SAC.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de ENVIROTEST SAC.

Valor Certificado	N° de lote	Certificado de Análisis	Incertidumbre (k=2)
0.0 mg/L	MPC001-04	0095/23	0.34 mg/L
7.93 mg/L	LRAD6164	LRAD6164.01	0.23 mg/L

Código	Instrumento Patrón	N° de Certificado
PT-T-001	Termómetro digital de incertidumbre: 0.0057 °C a 0.051 °C	6412-1304238

8. **Condiciones de calibración** :
- | | Inicio | Final |
|-----------------------|-------------|-------------|
| Temperatura ambiental | 23.5 °C | 23.2 °C |
| Humedad relativa | 61.5 % h.r. | 61.3 % h.r. |



Randy Santiago Jurado
Jefe de Laboratorio de Metrología

5. Resultados :

Valor referencia (mg/L)	Lectura promedio del instrumento (mg/L)	Error promedio encontrado (mg/L)	Incertidumbre (mg/L)
7.93	7.94	0.01	0.26
0.00	0.02	0.02	0.38

Valor de referencia = Lectura del instrumento - Error

Se colocó en el instrumento una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO" y N° de etiqueta LFQA-045-2024

Los resultados son emitidos para la temperatura de referencia de 25 °C .

La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k=2 de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.

*** (FIN DEL DOCUMENTO) ***