

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**ESCUELA DE POSGRADO**



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRARIAS**

**PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS**

**TESIS:**

**BIODIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS DEL  
RÍO DOÑANA PROVINCIA DE CHOTA – CAJAMARCA – 2019**

Para optar el Grado Académico de

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL**

Presentada por:

**Bachiller: RONALD ISAÍ DÍAZ OBLITAS**

Asesora:

**Dra. CONSUELO BELANIA PLASENCIA ALVARADO**

**Cajamarca, Perú**

**2022**

COPYRIGHT © 2022 by  
**RONALD ISAÍ DÍAZ OBLITAS**  
Todos los derechos reservados

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



### **UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

#### **PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS**

#### **TESIS APROBADA:**

#### **BIODIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS DEL RÍO DOÑANA PROVINCIA DE CHOTA – CAJAMARCA – 2019**

Para optar el Grado Académico de

#### **MAESTRO EN CIENCIAS**

#### **MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL**

Presentada por:

**Bachiller: RONALD ISAÍ DÍAZ OBLITAS**

#### **JURADO EVALUADOR**

Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado  
Asesora

Dr. Marcial Hidelso Mendo Velásquez  
Jurado Evaluador

Dr. Nilton Eduardo Deza Arroyo  
Jurado Evaluador

Dr. Valentín Víctor Paredes Oliva  
Jurado Evaluador

**Cajamarca, Perú**

**2022**



**Universidad Nacional de Cajamarca**  
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD  
**Escuela de Posgrado**  
CAJAMARCA - PERU



**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

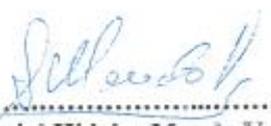
**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

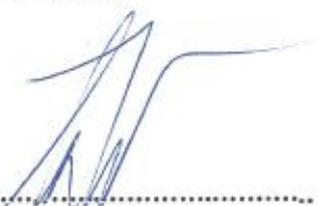
Siendo las 16:00. horas, del día 17 de mayo de dos mil veintidós, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. MARCIAL HIDELSO MENDO VELÁSQUEZ**, **Dr. NILTON EDUARDO DEZA ARROYO**, **Dr. VALENTIN VICTOR PAREDES OLIVA**, y en calidad de Asesor el **Dra. CONSUELO BELANIA PLASENCIA ALVARADO**, Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada **"BIODIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS DEL RÍO DOÑANA PROVINCIA DE CHOTA - CAJAMARCA - 2019."**, presentada por el **Bachiller en Ciencias Forestales, RONALD ISAÍ DÍAZ OBLITAS**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó...APROBADA... con la calificación de 1.0 (BUEENO)... la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Bachiller en Ciencias Forestales, RONALD ISAÍ DÍAZ OBLITAS**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, con Mención en Gestión Ambiental.

Siendo las 19:30 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

  
.....  
**Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado**  
Asesora

  
.....  
**Dr. Marcial Hidelso Mendo Velásquez**  
Jurado Evaluador

  
.....  
**Dr. Nilton Eduardo Deza Arroyo**  
Jurado Evaluador

  
.....  
**Dr. Valentin Victor Paredes Oliva**  
Jurado Evaluador

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación a mis padres, Sixto Díaz Vásquez y Lindaura Oblitas Edquen, por su amor trabajo, sacrificio y consejos que me brindaron en todos estos años, a mis hermanos Rosa, Dilmer e Idel por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis deseos de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por guiarme, cuidarme y permitir el cumplimiento de mis metas trazadas.

A mi familia especialmente a mi hermana Rosa Liduvina por su apoyo incondicional que ella me brindó y hacer posible la culminación del presente trabajo de investigación.

A mi asesora de tesis, la Dra. Consuelo Plasencia Alvarado, docente de la Escuela de Posgrado, por su apoyo incondicional, enseñanzas y sus sabios consejos en el asesoramiento, por sus orientaciones y sugerencias en el término del presente trabajo.

A todos ellos, muchas gracias.

“A largo plazo, el valor de un profesional es su capacidad de reinventarse y aprender de nuevo”.

Virginio Gallardo.

## CONTENIDO

Ítem	Pág.
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
LISTA DE ABREVIACIONES .....	xiv
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. Antecedentes de la investigación .....	4
2.2. Bases teóricas.....	9
2.2.1. Biodiversidad .....	9
2.2.2. Macroinvertebrados bentónicos .....	13
2.2.3. Ecología de macroinvertebrados bentónicos .....	14
2.2.4. Índices Bióticos.....	18
2.2.5. Definición Estándares de Calidad Ambiental (ECA).....	21
2.2.6. Parámetros fisicoquímicos de calidad de agua .....	22
2.2.7. Calidad de Agua.....	24
2.2.8. Contaminación del Agua .....	25

2.3. Marco Normativo .....	25
2.4. Definición de términos básicos.....	25
<b>CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>29</b>
3.1. Ubicación del área de estudio .....	27
3.1.1. Hidrografía.....	29
3.1.2. Sub cuenca río Doñana.....	30
3.1.3. Vías de acceso.....	31
3.1.4. Clima .....	31
3.1.5. Geología.....	31
3.1.6. Suelos .....	33
3.2. Materiales y equipos.....	33
3.3. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	34
3.3.1. Fase de campo.....	34
3.3.2. Fase de laboratorio .....	35
3.4. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	37
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>38</b>
4.1. Parámetros físicos y químicos .....	38
4.1.1. Temperatura del agua .....	38
4.1.2. Potencial de Hidrógeno (pH).....	39
4.1.3. Oxígeno Disuelto (mg/L).....	43
4.2. Resultados de Índice de Margalef, índice biótico andino (ABI), índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) y el índice biótico de familias	

(IBF) de macroinvertebrados bentónicos del río Doñana en la Provincia de Chota – Cajamarca .....	44
4.2.1. Biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos, según Índice de Margalef	44
4.2.2. Índice biótico andino (ABI) .....	49
4.2.3. Índice biótico Trichoptera, Ephemeroptera y Plecoptera (EPT).....	51
4.2.4. Resultados para el índice biótico de familias (IBF) .....	53
4.3. Mapas de índices bióticos de los macroinvertebrados bentónicos de la zona	55
4.3.1. Mapa de Índice biótico andino (ABI), época de lluvia y estiaje.....	55
4.3.2. Índice biótico Trichóptera, Ephemeroptera y Plecoptera (EPT), época de lluvia y estiaje.....	57
4.4. Calidad del agua a través de los estándares de calidad ambiental para agua categoría 3, D1: Riego de vegetales D2: Bebida de animales.....	59
4.5. Contrastación de la hipótesis, según el diseño no experimental tipo transaccional descriptivo se concluyó .....	60
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES .....	67
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	69
CAPÍTULO VII: ANEXOS .....	80
Anexo 1. DS. N° 004- 2017- MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementaria .....	80
APÉNDICES .....	88
Apéndice 1. Panel fotográfico .....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Clases de estado ecológico según el ABI en el Perú .....	19
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de la calidad del agua según el BMWP/Col .....	20
<b>Tabla 3.</b> Clasificación de la Calidad del Agua según el EPT .....	21
<b>Tabla 4.</b> Parámetros fisicoquímicos Clase 3 para agua.....	23
<b>Tabla 5.</b> Georreferenciación de las estaciones de muestreo en el área de estudio.....	29
<b>Tabla 6.</b> Resultados del muestreo de MIB, en época de lluvia y estiaje .....	46
<b>Tabla 7.</b> Clases de estado ecológico según el ABI en el Perú .....	49
<b>Tabla 8.</b> Resultados del índice biótico andino en época de lluvia y época de estiaje ....	49
<b>Tabla 9.</b> Resultados del índice biótico EPT.....	51
<b>Tabla 10.</b> Resultados del índice biótico EPT.....	52
<b>Tabla 11.</b> Resultados del índice biótico IBF .....	53
<b>Tabla 12.</b> Resultados del índice biótico IBF .....	54
<b>Tabla 13.</b> Análisis de varianza de un factor, para especies, época de lluvia .....	60
<b>Tabla 14.</b> Análisis de varianza, prueba Fisher. Época de lluvias .....	61
<b>Tabla 15.</b> Análisis de varianza de un factor, para especies, época de estiaje .....	62
<b>Tabla 16.</b> Análisis de varianza, prueba Fisher. Época de estiaje .....	63
<b>Tabla 17.</b> Número de especies en épocas de lluvias, río Doñana .....	84
<b>Tabla 18.</b> Número de especies en épocas de estiaje, río Doñana .....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Mapa de ubicación del río Doñana en el Distrito de Chota.....	27
<b>Figura 2.</b> Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo en el río Doñana en el distrito Chota .....	28
<b>Figura 3.</b> Temperatura en época de lluvia y estiaje (mayo – diciembre, 2019) .....	38
<b>Figura 4.</b> Potencial de hidrógeno, en época de lluvia y estiaje (abril–diciembre, 2019)40	
<b>Figura 5.</b> Conductividad eléctrica, en época de lluvia y estiaje (mayo – diciembre, 2019) .....	42
<b>Figura 6.</b> Oxígeno Disuelto en época de lluvia y estiaje (abril – diciembre, 2019) .....	43
<b>Figura 7.</b> Mapa de Índice biótico andino (ABI), época de lluvia .....	55
<b>Figura 8.</b> Mapa de Índice biótico andino (ABI), época de estiaje .....	56
<b>Figura 9.</b> Mapa de Índice biótico Trichoptera, Ephemeroptera y Plecoptera (EPT), época de lluvia .....	57
<b>Figura 10.</b> Mapa de Índice biótico Trichóptera, Ephemeroptera y Plecoptera (EPT), época de lluvia .....	58
<b>Figura 11.</b> Abundancia por especie, época de lluvias. Río Doñana .....	61
<b>Figura 12.</b> Abundancia por especie, época de lluvias. Río Doñana .....	63
<b>Figura 13.</b> Riqueza de macro invertebrado en época de lluvias .....	64
<b>Figura 14.</b> Riqueza de macro invertebrado en época de estiaje .....	65

<b>Figura 15.</b> Ubicación de estaciones de muestreo, según la altitud en msnm .....	66
<b>Figura 16.</b> Manual del Multiparametro HI 9828, utilizado para el muestreo fisicoquímico .....	88
<b>Figura 17.</b> Red Surber para colecta de Macroinvertebrados Bentónicos .....	89
<b>Figura 18.</b> Evaluación de parámetros fisicoquímicos con el Medidor Multiparámetro	89
<b>Figura 19.</b> Toma de coordenadas en cada punto de muestreo en Río Doñana.....	90
<b>Figura 20.</b> Colecta de los macroinvertebrados bentónicos con la red Surber en el Río Doñana .....	90
<b>Figura 21.</b> Etiquetado de muestras en el laboratorio .....	91
<b>Figura 22.</b> Lavado de muestras en el laboratorio.....	91
<b>Figura 23.</b> Identificación de muestras de macroinvertebrados en el laboratorio de Biología 1D-101 de la UNC.....	92
<b>Figura 24.</b> Organismo de la familia Baetidae.....	92
<b>Figura 25.</b> Organismo de la familia Chironomidae .....	93
<b>Figura 26.</b> Organismo de la familia Perlidae.....	93
<b>Figura 27.</b> Organismo de la familia Helicopsychidae.....	94
<b>Figura 28.</b> Organismo de la familia Helicopsychidae.....	94
<b>Figura 29.</b> Organismo de la familia Gripopterygidae	95

## LISTA DE ABREVIACIONES

ABI	: Índice Biótico Andino.
pH	: Potencial de hidrógeno.
EPT	: Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera.
IBF	: Índice Biótico de familias.
ECA	: Estándares de calidad ambiental.
MINAM	: Ministerio del Ambiente.
ER	: Efluentes residuales.
EAI	: Efluentes agrícolas industriales.
BMWP-Col	: Índice Biological Monitoring Working Party/Colombia.
BMWP	: Biological Monitoring Working Party.
MIB	: Macroinvertebrados Bentónicos.
DBO	: Demanda bioquímica de oxígeno.
OD	: Oxígeno disuelto.
EIA	: Estudios de Impacto Ambiental
MIB	: Macroinvertebrados bentónicos
ANA	: Autoridad Nacional del Agua

## RESUMEN

El objetivo general de la investigación fue evaluar la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad de agua del río Doñana en la provincia de Chota – Cajamarca, 2019. Frente a esta problemática de contaminación, se utilizó a los macroinvertebrados bentónicos, como indicadores biológicos, también se evaluó los parámetros fisicoquímicos: temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica. Asimismo, se aplicaron Índices bióticos; donde se seleccionaron 3 puntos de muestreo y se trabajó en época de lluvia y de estiaje; para la identificación de los macroinvertebrados se utilizó la Guía de Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos, sistemática y biología. En los resultados para el Índice Biótico Andino (ABI), en época de lluvia, se reveló una calidad del agua desde pésima hasta moderada y en la época de estiaje, presentó una calidad de moderada a mala. Con respecto al Índice EPT (Ephemeroptera, Plecóptera y Trichóptera), para las épocas de lluvia y estiaje se obtuvo una calidad pobre, para el Índice de Margalef, Índice Biótico Andino (ABI), Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) y el Índice Biótico de Familias (IBF) de macroinvertebrados bentónicos se obtuvieron en la época de lluvia un total de 17 especies y 308 individuos y para la época de estiaje, se obtuvo como resultado un total de 13 especies y 277 individuos. Asimismo, se elaboraron mapas de cada uno de los Índices bióticos evaluados. Además, el estudio se complementó con el análisis de algunos parámetros físicos y químicos tales como temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica, los mismos que fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para aguas categoría 3, riego de vegetales y bebida de animales y de acuerdo con el D.S. N°004-2017-MINAM cumplen con los valores establecidos.

**Palabras clave:** biodiversidad, nivel de abundancia, índice biótico, macroinvertebrados bentónicos, río Doñana.

## ABSTRACT

The general objective of the research was to evaluate the biodiversity of benthic macroinvertebrates and its relationship with the water quality of the Doñana river in the province of Chota - Cajamarca, 2019. Faced with this contamination problem, benthic macroinvertebrates were produced as Biological indicators, physicochemical parameters were also evaluated: temperature, pH, dissolved oxygen and electrical conductivity. Likewise, biotic indices will be applied. 3 points were selected and work was done in the rainy and dry seasons; For the identification of macroinvertebrates, the Guide to South American benthic macroinvertebrates, systematics and biology was used. In the results for the Andean Biotic Index (ABI), in the rainy season, a water quality from poor to moderate was revealed and in the dry season, it presented a moderate to poor quality. Regarding the EPT Index (Ephemeroptera, Plecóptera and Trichoptera), for the rainy and dry seasons, a poor quality was obtained, for the Margalef Index, Andean Biotic Index (ABI), Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera Index (EPT) and the Family Biotic Index (IBF) of benthic macroinvertebrates, a total of 17 species and 308 individuals were obtained in the rainy season and for the dry season, a total of 13 species and 277 individuals were obtained as a result. Likewise, maps of each of the biotic indices evaluated were prepared. In addition, the study was complemented with the analysis of some physical and chemical parameters such as temperature, pH, dissolved oxygen, and electrical conductivity, which were compared with the National Environmental Quality Standards for category 3, water vegetable irrigation, and drinking water for animals and according to D.S. N°004-2017-MINAM comply with the established values.

**Keywords:** biodiversity, level of abundance, biotic index, benthic macroinvertebrates, Doñana river.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Las fuentes de agua superficial son los principales suministros de las poblaciones, por otro lado, el desarrollo integral de estas no suele ir acompañado con la disponibilidad del recurso, sino acrecentando las desigualdades en términos de apropiación, uso y calidad de agua. (Portal Agrario,2008). Otro factor para considerar es la gestión del agua que tiene una estructura nacional que difiere de la político-administrativa, lo que dificulta a los municipios el trabajo conjunto e integral dentro de una misma cuenca. De ahí que son vitales los procesos participativos que legitimen las acciones del Estado en la gobernanza del agua a nivel de cuencas y que la calidad y cantidad del agua se deben al dinamismo del ciclo hidrológico en la cuenca hidrográfica. (Hofwegen et al., 2000). Actualmente, el mal uso del agua ha provocado en nuestro país que la calidad de esta disminuya y se une a este problema la escasez del recurso, y la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. La calidad del agua es un factor que limita la disponibilidad del recurso para los diversos fines, por eso es necesario un estudio de los efectos de contaminación en el volumen de agua total disponible. (Solis, 2015)

Algunos de los análisis más importantes para determinar la calidad del cuerpo de agua son los parámetros fisicoquímicos: potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, turbiedad, nitrógeno y fósforo total, así como conductividad y sobre Macroinvertebrados se utilizan el Índice Biótico Andino (ABI), el Índice - EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichóptera) y Índice Biótico de familias (IBF), los cuales han sido considerados en esta investigación, esto permitió determinar el estado en el que se encuentra la calidad del agua del río Doñana. En ese contexto se planteó el siguiente

problema de investigación: ¿Cuál es la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Doñana en la provincia de Chota – Cajamarca 2019? El estudio es muy importante porque, existe la necesidad de una línea de base de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos y de esta manera establecer la calidad del recurso hídrico en la zona, que permita a las autoridades y a los pobladores de la zona conocer la situación actual del ecosistema hídrico, y en un futuro estos resultados, serán utilizado para vigilar a través de sus comités de monitoreo participativo los impactos de las actividades antrópicas en el área de estudio. En esta investigación se ha contemplado la evaluación de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Doñana, aplicando la normatividad vigente. Esto permitió estimar una relación entre la calidad del recurso hídrico y las comunidades de macroinvertebrados. El objetivo general planteado fue evaluar la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Doñana en la Provincia de Chota – Cajamarca, 2019 y como objetivos específicos: identificar la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos en época de lluvia y estiaje, además determinar los parámetros físicos y químicos en época de lluvia y estiaje, del mismo modo contrastar los índices ABI, EPT y IBF de macroinvertebrados bentónicos del río Doñana, elaborar mapas de índices bióticos de los macroinvertebrados bentónicos de la zona y por último, determinar la calidad del agua a través de los estándares de calidad ambiental para agua categoría 3.

El CAPÍTULO I, hace referencia a la problemática, los procedimientos usados y guía de lectura, del trabajo de investigación. En el CAPÍTULO II, se plantea el marco teórico, donde encontramos, antecedentes de la investigación, en ello se analiza los trabajos realizados por otros investigadores a nivel internacional, nacional y regional, también se incluyen las bases teóricas en las cuales se sustenta la investigación y la definición de términos básicos, que se han usado en la investigación, con su respectivo

significado esto es para evitar diferentes interpretaciones. En CAPÍTULO III, se describe los materiales y métodos usados durante la realización de los trabajos de investigación, y finalmente en el CAPÍTULO IV, el análisis de los resultados de las variables fisicoquímicas, consideradas en el estudio como temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, que se compararon con los estándares de calidad ambiental para agua (ECA) de la categoría 3, según el D.S. 004-2017-MINAM. Asimismo, se realizó la correlación con la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos, recolectados, en cada uno de los tres puntos de muestreo, durante dos épocas de lluvia y estiaje, con los índices bióticos, y así determinar la calidad del agua presente en el río Doñana de Chota. Los resultados fueron contrastados con la hipótesis planteada, donde se indicaba que la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Doñana en la provincia de Chota – Cajamarca, es baja. Al finalizar el trabajo de investigación en el CAPÍTULO V, de las conclusiones, se determinó la baja biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Doñana en la provincia de Chota – Cajamarca, según los Índices Bióticos analizados.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Yépez et al. (2017) realizaron un estudio sobre **“Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador”**, los resultados obtenidos de los parámetros físico-químicos no presentaron diferencias entre las estaciones de efluentes residuales (ER) y agrícolas industriales (EAI). No existieron diferencias estadísticas entre la riqueza de familias esperada (CHAO2) y la riqueza observada. La familia Tubificidae mostró la mayor abundancia total con 4574 individuos (90,48%), para ER 3918 individuos (93%) y EAI 656 (76%). La diversidad H en ER y EAI fue baja  $0,49 \pm 0,22$ ;  $1,009 \pm 0,21$  respectivamente, y difirieron significativamente. La dominancia más alta la presentó ER ( $0,78 \pm 0,1$ ), y difirió de EAI ( $0,58 \pm 0,096$ ). El índice BMWP-Col indicó que ER registró calidad de agua “crítica” ( $20 \pm 7,52$ ), en comparación a EAI calidad de agua “dudosa” ( $37 \pm 6,27$ ). El cuerpo hídrico que atraviesa la zona urbana de Quevedo se encontró fuertemente contaminado a causa del urbanismo y las actividades agrícolas e industriales lo que influye negativamente en la estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos.

En el estudio de Roldan (2016) **“Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica”** indica que la comunidad de macroinvertebrados acuáticos mejor estudiada en Colombia es la entomofauna. Los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera son los mejor conocidos en cuanto a su taxonomía, ecología y su utilización como bioindicadores de la calidad del agua. El índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), desarrollado en Europa en el siglo XX a partir de la década de los años setenta, es muy

popular en Colombia y Latinoamérica, pero es necesario hacer adaptaciones para las diferentes regiones en el continente.

Aguirre (2017) investigó la **“Relación entre la composición y estructura de macroinvertebrados acuáticos y la cobertura vegetal ribereña de cuatro tributarios del río Oglán Pastaza-Ecuador”**, Se identificaron un total de 1783 individuos distribuidos en 13 órdenes, 48 familias y 87 géneros. En cuanto a la estructura, 16 géneros son compartidos por los cuatro tributarios muestreados. Con respecto a los microhábitats, el de mayor riqueza presentó en las estaciones abierta y cerrada es corriente, y el más abundante es la estación abierta es rápido, mientras que en la cerrada es corriente. Los tributarios que mayor similitud presentaron fueron: Sanka Yaku y Ñachik Yacu con el 48%. Dentro de los grupos tróficos los que más dominaron fueron los colectores. La calidad de agua para el área de estudio corresponde a aguas limpias y poco contaminadas. Para los cuatro tributarios estudiados, la calidad de bosque de ribereña presenta valores de QBR bastante significativos, denotando el alto grado de conservación que tienen estos bosques. Finalmente, según el coeficiente de Spearman no existe correlación entre el porcentaje de cobertura vegetal de ribera y la comunidad de macroinvertebrados acuáticos.

El estudio del ecosistema acuático es utilizado con más frecuencia para llevar a cabo evaluaciones de impacto ambiental como el caso de (Daza et al., 2016) quienes realizaron un estudio a lo largo del río Gaira que hace parte de la vertiente de la Sierra Nevada de Santa Marta, en Colombia, la finalidad del trabajo fue evaluar la densidad poblacional de macroinvertebrados acuáticos de acuerdo a las épocas lluviosas y secas del año en conjunto con la medición de parámetros fisicoquímicos. Encontrándose que el río presenta un buen sistema de depuración de la contaminación de sus aguas debido a que los valores de los parámetros fisicoquímicos fueron buenos en general y en parte

porque la pendiente es alta, finalmente con relación a los macroinvertebrados se halló que los Dípteros, Ephemeroptera y Tricópteros presentaron la mayor riqueza de organismos en los muestreos realizados en la época seca mientras que en el período lluvioso se presentó la menor densidad esto debido a que el aumento del caudal arrastra los organismos disminuyéndolos significativamente.

Custodio y Chanamé (2016) analizaron la **“Biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú”**, sobre los resultados de DBO5 de aguas residuales de la actividad piscícola fueron 7,70 mg/L, de la actividad pecuaria 869 mg/L y de la actividad urbana 428,3 mg/L. respecto a los parámetros físico-químicos y bacteriológicos mostraron diferencias significativas para la conductividad, temperatura y sólidos totales disueltos. La presión antrópica sobre los macroinvertebrados bentónicos permitieron identificar 4 phyla, 7 clases, 12 órdenes y 26 familias de macroinvertebrados bentónicos. Concluyeron que las descargas de aguas residuales de las actividades pecuaria y urbana son presiones antrópicas significativas sobre la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos. Los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de la calidad del agua determinados, según sector y época de muestreo, estuvieron en el rango de los ECA para agua de río. La riqueza, abundancia y diversidad de macroinvertebrados bentónicos, según sector y época de muestreo, presentaron diferencias significativas.

Asimismo, Peralta (2019) estudió la **“Situación de la calidad de agua de la laguna Huacachina en base a indicadores biológicos”**, en base a indicadores biológicos relacionados con los parámetros físico químicos; para ello se establecieron 4 estaciones de muestreo donde se analizaron parámetros físico químicos de temperatura, transparencia, oxígeno disuelto, DQO, pH y conductividad, se tomaron muestras de microalgas y macroinvertebrados; como resultados de los análisis fisicoquímicos se

obtuvo 31°C que fue el registro de mayor temperatura del agua, la transparencia fue más notable en la estación de invierno, el DQO varió entre 16,7 mgO<sub>2</sub>/L y 14 mg O<sub>2</sub>/L. Con respecto al oxígeno disuelto entre 7 mg O<sub>2</sub>/L y 2,7 mg O<sub>2</sub>/L, en el caso de las microalgas se registró un total de 28 especies y en macroinvertebrados 20 especies pertenecientes a las familias Chironomidae, Thiaridae y Planorbidae, asimismo los índices de bioindicación arrojaron como resultado que el agua de la Laguna fue de estado Muy Crítico.

En el estudio macroinvertebrados bentónicos del departamento de Lambayeque, Perú trabajaron tres cuencas, las que presentaron comunidades con alta diversidad y especies particulares lo que determinaría distintas estructuras comunitarias a pesar de su cercanía y similares condiciones hidrológicas y geográficas. Sin embargo, esto podría estar relacionado también a 10 intervenciones humanas que modifican el ambiente. Concluyendo que las cuencas de los ríos Zaña, La Leche y Cañariaco presentan comunidades de macroinvertebrados bentónicos poco similares, lo que implica una alta biodiversidad para el departamento de Lambayeque. (Juárez y Gonzales, 2017).

Correa y Vega (2015) en su trabajo de investigación de la calidad ecológica del río Mashcón en Cajamarca y Marga Marga en Viña del mar de Chile, realizaron una comparación sobre calidad del agua, concluyeron que el río Mashcón, tenía una buena calidad del agua, sin embargo no estaba en un rango óptimo, puesto que este río se encuentra en zonas donde la población humana arroja residuos sólidos y a la vez realizan actividades agrícolas en partes aledañas a este, por otro lado, el río Marga Marga presentó una mala calidad, debido a que este se encuentra con mayor influencia de las actividades antrópicas más fuertes.

En el estudio denominado **“Desarrollo de una herramienta de vigilancia ambiental ciudadana basada en macroinvertebrados bentónicos en la Cuenca del Jequetepeque (Cajamarca, Perú)”**, indicaron que la cuenca de Jequetepeque está amenazada por la contaminación minera y ésta es una de las principales causas de los conflictos socio ambientales. La vigilancia ciudadana de sus cuerpos de agua, con macroinvertebrados bentónicos, puede generar alertas tempranas de contaminación y acciones pertinentes de conservación. En los resultados de la evaluación ciudadana con una evaluación científica realizada por personal calificado, en ambas evaluaciones obtuvieron los mismos resultados, cuatro órdenes de Insecta y similar cantidad de familias: 11 y 14 respectivamente; así también calificaciones similares respecto a calidad de agua: “Buena” y “Aceptable” en los índices ABI y BMWP/Col. Las familias más fácilmente identificadas por los ciudadanos fueron las de mayor tamaño (Leptophlebiidae), abundancia (Chironomidae) y con características particulares (Elmidae). Concluyeron que, con la metodología aplicada y validada es posible realizar vigilancia ambiental ciudadana de la calidad del agua en zonas mineras, a la vez que la propuesta puede alcanzar mayor eficiencia bajo una capacitación completa. (Flores y Huamantínco, 2017)

En el estudio **“Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca”**. Indican que la calidad del agua se altera, producto de las diversas actividades antrópicas y naturales. En sus resultados identificaron 8 órdenes y 17 familia de MIB, que destacan Díptera, Ephemeroptera y Coleóptera, con el índice EPT la calidad del agua fue “pobre”, con respecto al índice BMWP, en el punto QC-R tuvo una calidad ligeramente contaminada, en los puntos QC-01, QC-02 calidad dudosa y los puntos QC-03, QC-04, presentaron calidad crítica. Por otro lado, se realizó una

caracterización fisicoquímica con los siguientes parámetros: caudal, temperatura, pH conductividad eléctrica, DBO y oxígeno disuelto, estando la mayoría de estos dentro de límites de la normatividad peruana a excepción del OD, el cual se encontró por debajo de las Subcategoría D2 Bebida de animales del DS 004-2017-MINAM. (Romero y Tarrillo, 2017).

Linares (2018) en su estudio en la “**Caracterización fisicoquímica y de macro invertebrados bentónicos de los ríos Perlamayo y Tacamache, Distrito de Chugur Cajamarca**”, trabajó en 7 puntos de muestreo, teniendo como resultado, la identificación de 6 órdenes y 16 familia de MIB, de las que destacaron Leptophlebiidae, Griptopterygidae, Leptoceridae, Hydrobiosidae, Hyalellidae, Chironomidae, en cuanto a la aplicación de los índices bióticos, el índice ETP obtuvo una calidad pobre, con respecto al índice BMWP/Bol y BMWP/Col, la calidad fue crítica, con el índice ABI y CERA con una calidad moderada, respectivamente; por otro lado se realizó una caracterización fisicoquímica con los siguientes parámetros: temperatura, pH conductividad eléctrica, y oxígeno disuelto, estando la mayoría de estos dentro de los ECAs para agua, a excepción del pH, en los puntos P1 y P2 con una condición de acidez y en P5 y P6 con una condición alcalina, el Oxígeno Disuelto, en P6 en el mes de julio, se halló por debajo del valor, señalada para la subcategoría para bebida de animales y riego de vegetales, no cumpliendo con los parámetros de acuerdo al D.S.N°004-2017.MINAM.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Biodiversidad**

Es la variedad de seres vivos y los patrones naturales que la conforman, resultado de miles de millones de años de evolución según procesos naturales y la influencia de las actividades antrópicas que se encuentran en un ecosistema, esta es dinámica por lo que

pueden variar en tiempo y espacio en relación de varios factores como: la extensión de las especies, y su evolución en el tiempo y espacio. Hoy en día, el número de especies no es todo en la biodiversidad, sino, que también tienen en cuenta todos los niveles de organización biológica (Jiménez et al., 2010).

Existen varios tipos de biodiversidad, entre los que se destacan:

#### **A. Diversidad Alfa**

En ecología, la diversidad alfa es la diversidad de especies promedio en sitios o hábitats a escala local, es decir es el promedio del número de especies en las diferentes localidades (Baselga y Gómez, 2019).

La gran mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies se refieren a la diversidad dentro de las comunidades (alfa). Para diferenciar los distintos métodos en función de las variables biológicas que se miden.

##### **- Índice de Margalef**

Fue propuesto por el biólogo y ecólogo catalán Ramón Margalef, generalmente usado en ecología para determinar la biodiversidad de una comunidad en un ecosistema, basándose en la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número total de individuos en la muestra. En gran parte de los ecosistemas el índice da valores entre los 0,5 y 5, sin embargo, el rango normal está entre los 2 y los 3, cabe resaltar que, entre más valor, mayor es la biodiversidad (Moreno, 2001).

Este índice se calcula bajo la siguiente fórmula:

$$I = \frac{(S - 1)}{\ln N}$$

Donde:

S=número de especies

N=número total de individuos

**Métodos basados en la estructura de la comunidad**, se refiere a la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie (abundancia relativa de los individuos, su biomasa, cobertura, productividad, etc.) como es el caso del índice de Shannon-Wiener- Pielou y Simpson (Moreno, 2001).

- ***Índice de Shannon-Weaver***

Generalmente se usa en la ecología para determinar la biodiversidad específica de un ecosistema, es decir, se basa en la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema. En gran parte de los ecosistemas el índice da valores entre los 0,5 y los 5, sin embargo, el rango normal está entre los 2 y los 3, cabe resaltar que, entre más valor, mayor es la biodiversidad (Moreno, 2001).

Este índice se calcula bajo la siguiente formula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Donde:

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Siendo:

$n_i$ = número de individuos en el sistema de la especie determinada  $i$

$N$ = número total de individuos.

$S$ = número total de especies.

- ***Índice de Pielou***

Denominado también índice de equidad, es usado generalmente en ecología para determinar la equidad entre especies en un ecosistema, basándose en la medición de la

proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Los valores del índice se encuentran desde 0 a 1, siendo 1 donde la mayoría de especies son abundantes (Moreno, 2001). Este índice se calcula bajo la siguiente formula:

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S}$$

Donde:

$H'$  = Índice de Shannon-Weaver

$\log_2 S$  = Es la diversidad máxima ( $H'_{max}$ ) que se obtendría si las distribuciones de las abundancias de las especies en la comunidad fuesen perfectamente equitativas.

$$H'_{max} = -S \left( \frac{1}{S} \times \log_2 \frac{1}{S} \right) = \log_2 S$$

### - *Índice de Simpson*

Fue el primer índice de diversidad usado en ecología, indica la medida de dominancia, donde a las especies comunes se les da más peso que a las especies raras. Este índice se deriva de la teoría de la probabilidad y funciona como la probabilidad de extraer dos individuos al azar que sean de la misma especie. Se calcula de la siguiente manera:  $1-D = 1 - \sum (n_i/N)^2$ , donde  $n_i$  es el número de individuos de la especie  $i$  y  $N$  es el número total de individuos de todas las especies. Este índice está fuertemente influenciado por las especies dominantes, su valor es inverso a la equidad por ende el índice de diversidad de Simpson se puede calcular como  $1-D$  (Moreno, 2001).

### **B. Diversidad Beta**

Es el número de especies que se encuentran entre hábitats en un mismo ecosistema, es decir, es la variación de especies entre un hábitat y otro. Para medir esta diversidad,

se utilizan índices de similitud (Jaccard, el cual, para este caso, establece las similitudes entre las diferentes lagunas) y disimilitud entre muestras (Moreno, 2001).

- **Índice de Jaccard**

Generalmente usado en ecología para determinar la similitud o disimilitud que puede haber entre dos hábitats en un mismo ecosistema. El índice brinda valores entre los 1 y los 5, sin embargo, el rango normal está entre los 2 y los 3, cabe resaltar que, entre más valor, mayor es la biodiversidad (Moreno, 2001).

Este índice se calcula bajo la siguiente formula:

$$I_j = \frac{c}{a+b-c}$$

Donde:

A=número de especies presentes en el primer hábitat.

b=número de especies presentes en el segundo hábitat.

c=número de especies presentes en ambos hábitats.

**2.2.2. Macroinvertebrados bentónicos (MIB)**

Los Macroinvertebrados Bentónicos (MIB) representan actualmente el registro más valioso para la determinación del estado de salubridad o estado ecológico de un río, este término abarca más que solo la calidad del agua debido a que el establecimiento de comunidades biológicas no solo depende de las características fisicoquímicas de la masa de agua, también está en relación con los procesos ambientales como regímenes de caudales, erosión, estabilidad de riberas, etc. Un ejemplo de ello es que, la Unión Europea considera primordial, en este tipo de estudios de calidad del agua, a la indicación biológica. Pese a ello existe un gran problema en Latinoamérica debido a que los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) que evalúan la calidad del agua se basan mayormente en análisis fisicoquímicos (Acosta, 2009).

Palma (2013) denomina Macroinvertebrados a todos los organismos acuáticos que se pueden observar a simple vista (tamaño superior a 0,5 mm de largo) y define al término bentos o fauna béntica a todos aquellos organismos que viven, o por lo menos en alguna fase del ciclo de vida, en el fondo de los cuerpos de agua adheridos a algún sustrato como rocas, troncos, residuos vegetales, etc.

Los macroinvertebrados (MI) son los que más se utilizan como bioindicadores para la determinación del estado metabólico de un ecosistema, ya que, por ser sedentarios y con ciclos de vida relativamente largos, pueden ser empleados para evaluar la calidad del agua en un lugar, a lo largo de un período de tiempo. Otra ventaja es que los monitoreos con macroinvertebrados acuáticos no requieren de grandes inversiones de tiempo, económicas o de capital humano, como por ejemplo lo hacen los análisis fisicoquímicos. Un estudio de monitoreo de los insectos y otros organismos que viven en determinado cuerpo de agua puede generar información válida para conocer el grado de contaminación presente en él (Salazar et al., 2001).

### **2.2.3. Ecología de macroinvertebrados bentónicos**

Los macroinvertebrados acuáticos son animales invertebrados que tienen tamaños superiores a 0.5 mm de largo, siendo visibles a simple vista, como las esponjas, hidras, planarias, anélidos, insectos, arácnidos, crustáceos y moluscos. El conocimiento de los macroinvertebrados es aún escaso y su información es dispersa en muchas publicaciones europeas, norteamericanas y sudamericanas (Roldán y Ramírez, 2008). La distribución y composición de los macroinvertebrados acuáticos está en función de la estacionalidad; al parecer ante estos cambios estacionales, los organismos evolucionaron en diversas estrategias de vida para poder afrontarlos de la mejor manera (Ortiz, 2012).

Los Macroinvertebrados acuáticos son un grupo variado de organismos que no tienen espina dorsal y que son fáciles de ver sin la necesidad de un microscopio, además de ser una fuente de energía para los animales más grandes. Estos son utilizados para monitoreos biológicos por su sensibilidad a cambios externos que afectan la composición de sus poblaciones, otros indicadores, como los peces, pueden no ser buenos indicadores de la calidad del agua debido a su movilidad. En ese sentido, la mayoría de los Macroinvertebrados benthicos no pueden moverse grandes distancias para evitar la contaminación por lo que pueden representar adecuadamente las características locales del río (Roldán, 2003). Así, una muestra de estas comunidades acuáticas ofrece más información sobre la contaminación o la calidad general del agua a través de un periodo más largo de tiempo que el que brindan, por ejemplo, análisis químicos. De acuerdo con la Water Resources Commissioner [WRC] (2001) los macroinvertebrados son sensibles a distintas condiciones físicas y químicas, por lo que un cambio en la calidad del agua podría cambiar también la estructura y composición de las comunidades acuáticas. Por ende, la riqueza y la composición de la comunidad de macroinvertebrados pueden ser utilizadas para proveer un estimado de la salud de un cuerpo de agua.

#### **A. Importancia ecológica de los macroinvertebrados acuáticos**

Los macroinvertebrados son considerados un eslabón importante en la cadena trófica, especialmente para los peces. Un alto número de invertebrados se alimentan de algas y bacterias, las cuales se encuentran en la parte baja de la cadena alimentaria. Algunos deshacen hojas y se las comen mientras otros comen materia orgánica presente en el agua. Debido a la abundancia de los macroinvertebrados benthicos, en la cadena alimentaria acuática, ellos juegan un papel crítico en el flujo natural de energía y nutrientes. Al morir los macroinvertebrados benthicos, se descomponen dejando atrás

nutrientes que son aprovechados por plantas acuáticas y otros organismos que pertenecen a la cadena (Roldán, 2003).

## **B. Descripción de los principales órdenes de macroinvertebrados bentónicos**

### ***Ephemeroptera***

Los organismos de esta especie viven por lo regular en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas; sólo algunas especies parecen resistir cierto grado de contaminación. En general se consideran indicadores de buena calidad del agua. Sus hábitats de preferencia son sustratos rocosos, troncos, hojas o vegetación sumergida (Roldán, 2016).

### ***Plecoptera***

Se caracterizan por ser tolerantes y vivir en aguas rápidas, bien oxigenadas, debajo de piedras, troncos, ramas y hojas. Su presencia en ciertos casos que son especialmente abundantes en ríos con sustrato rocoso, de corrientes rápidas y muy limpias situadas alrededor de los 2000 m de altura. Son, por tanto, indicadores de aguas muy limpias y oligotróficas (Roldán, 2016).

### ***Trichoptera***

En los ambientes acuáticos especialmente ríos y quebradas, los Trichoptera juegan un papel importante, tanto en las cadenas alimentarias como el reciclaje de nutrientes. Debido a su gran diversidad y el hecho de que las larvas poseen distintos ámbitos de tolerancia y según la familia o el género al que pertenecen, son muy útiles como bioindicadores de calidad de agua y la salud del ecosistema, también son buenos indicadores de aguas oligotróficas (Springer, 2010).

### ***Coleoptera***

La mayoría de Coleoptera acuáticos viven en aguas continentales lóxicas y lénticas. En las zonas lóxicas los sustratos más representativos son troncos y hojas en

descomposición, grava, piedras, arena y la vegetación sumergida y emergente. Las zonas más ricas son, las aguas someras en donde la velocidad de la corriente no es fuerte y son aguas limpias, con concentraciones de oxígeno alto y temperaturas medias (Roldán,2016).

### ***Odonata***

Se conocen comúnmente como libélulas de agua, son insectos hemimetábolos cuyo periodo larval es acuático, empleando desde dos meses hasta tres años su desarrollo adulto, de acuerdo a su tipo de especie y clima. Es estado adulto viven entre tres días hasta tres meses. Viven en pozos, pantanos, márgenes de lagos y corrientes lentas y poco profundas, por lo regular, rodeados de abundante vegetación acuática sumergida o emergente. Su distribución está más indicada hacia aguas limpias o ligeramente eutroficadas (Roldán, 2016).

### ***Diptera***

Los dípteros, son los gusanos de la mosca, no tienen patas articuladas cuando son larvas, se encuentran en zonas rápidas, cascadas o estancadas, debido a sus preferencias relacionadas con la respiración, es por ello que en esta orden hay requerimientos ambientales distintos entre familias, por ejemplo, existen especies exigentes en cuanto a calidad de agua y otras no, es decir que algunas familias son resistentes a cambios en cuanto a la calidad de agua (Oscoz, 2009).

### ***Amphipoda***

Este orden puede alcanzar a grandes cantidades debido a que se alimentan de materia orgánica degradada siendo muy tolerantes a la contaminación (Flores, 2014).

### ***Annelida***

Tienen la forma de gusanos alargados que en cantidades excesivas de estos gusanos demuestra una zona muy contaminada debido que algunos son parásitos de peses y camarones, siendo su alimento materia orgánica degradada (Flores, 2014).

### ***Collembola***

Esta orden vive en la superficie del agua precisamente en la hojarasca y troncos caídos, en cuanto a sus características poseen seis patas y una cola larga llegando alcanzar un tamaño de 1 a 3 mm. (Palma, 2013 y Flores, 2014)

### ***Gasteropoda***

Son pequeños caracoles que poseen una sola concha enrollada en forma espiral viviendo debajo de piedras y vegetación soportan varios tipos de hábitats (Oscosz, 2009).

## **2.2.4. Índices Bióticos**

Los Índices Bióticos unimétricos representan la manera más sencilla de evaluar la calidad ecológica del agua por medio del valor de una característica importante de la comunidad (siendo la más usada, el número de taxa), la cual responda claramente a la perturbación que interesa estudiar. Estos índices están basados en valores numéricos de sensibilidad o tolerancia ambiental a la contaminación de los diferentes taxa, los valores de tolerancia y sensibilidad se han designado a nivel de Familia, estos dan respuestas a las perturbaciones indicando aumento o disminución de tales características (Prat et al., 2009).

Los índices bióticos se sustentan sobre los valores de sensibilidad o tolerancia ante distintos tipos de contaminación, principalmente orgánica, de acuerdo con las respuestas de cada familia; estos índices fueron elaborados con la finalidad de registrar de una manera rápida a los MIB en campo y llegar a una conclusión de la integridad biótica y calidad del agua de los ríos (Prat et al., 2009).

## A. Índice Biótico Andino (ABI)

Es una propuesta de índice biótico cualitativo usado para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental y estudios ecológicos (Acosta, 2009); este índice es una adaptación del BMWP (Biological Monitoring Working Party) para ríos de la zona de los andes con altitudes mayores a 2000 msnm, que cuenta con una lista taxonómica de macroinvertebrados bentónicos para esta zona (Prat et al., 2009; Cota et al., 2002).

El ABI asigna un valor de sensibilidad a la contaminación a cada familia, de esta manera al encontrar una cantidad específica de familias el valor final de este índice será la sumatoria de los valores de sensibilidad (Rosero y Fossati, 2009). Ver Tabla 1.

Para la aplicación de este índice se debe realizar un muestreo multihábitat en campo, no se pueden usar datos de un solo tipo de hábitat ya que la intención es, obtener la representación de casi todo el área de estudio y el muestreo debe de seguir hasta no encontrar nuevas familias (Acosta, 2009). En la Tabla 1 se presenta los rangos y el estado ecológico del ABI.

**Tabla 1.** Clases de estado ecológico según el ABI en el Perú.

Rangos	Estado ecológico
>74	Muy Bueno
45-74	Bueno
27-44	Moderado
<27	Malo
< 11	Pésimo

**Fuente:** Acosta (2009)

## B. Índice Biological Monitoring Working Party/Colombia (BMWP/Col)

Este índice requiere llegar hasta la determinación de familia y los datos que se usan son cualitativos de presencia o ausencia, por ende, no tiene en cuenta su abundancia, evitando el sesgo generado por familias abundantes. (Roldán, 2003)

Se basa en la asignación de puntuaciones de sensibilidad a la contaminación orgánica para cada familia, asigna valores enteros del uno (01) al diez (10), siendo menos sensibles las menores puntuaciones y más sensibles los de mayor puntuación (Cammaerts et al., 2008). Finalmente se califica el estado de calidad del río mediante la 15 suma de los puntajes de sensibilidad de las familias, el cual hará referencia a los tipos de calidad del índice en el sitio de evaluación ver Tabla 2.

**Tabla 2.** Clasificación de la calidad del agua según el BMWP/Col.

CLASE	BMWP/Col	Significado	Calidad del agua
I	>150, 101-120	Aguas muy limpias a limpias	Bueno
II	61-100	Aguas Ligeramente Contaminadas	Aceptable
III	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Dudosa
IV	16-35	Aguas Muy Contaminadas	Critica
V	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Muy critica

**Fuente:** Roldán (2003)

## C. Índice - EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera)

Este índice considera el porcentaje en abundancia de tres órdenes taxonómicos (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), estos reflejan la calidad del agua por ser organismos intolerantes a efectos de perturbación (Metcalf, 1994).

La metodología para hallar este índice es: primero ordenar por columnas, en la primera columna de debe colocar el total de organismos clasificados, en la segunda se coloca la abundancia de estos y en la tercera columna la abundancia de los EPT, y finalmente el total de individuos pertenecientes a los órdenes EPT se divide entre el total de individuos de la zona evaluada y se multiplica por 100. Este índice tiene aplicación para evaluar la calidad del agua debido a la polución orgánica, pero es cuestionable en otros tipos de perturbación (Endara, 2012). Los resultados se deben de comparar con la tabla de clasificaciones que se presenta en el Tabla 3.

Un ejemplo de la aplicación de este índice es que Moya (2006) demuestra que estos tres órdenes son sensibles a la polución, por lo que responden negativamente a las perturbaciones y son buenas variables para integrar el índice multimétrico como el estudio realizado en la cuenca del río Chipiriri, Bolivia.

**Tabla 3.** Clasificación de la Calidad del Agua según el EPT.

Rangos	Calidad de agua
75%-100%	Muy buena
50%-74%	Buena
25%-49%	Regular
0%- 24%	Mala

**Fuente:** Endara (2012), Carrera y Fierro (2001)

### 2.2.5. Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el agua, aire y

suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente (Ministerio del Ambiente, 2017)

Los estándares se establecen de acuerdo a cuatro categorías: (1) Poblacional y Recreacional con tres sub categorías, cuando las aguas son destinadas para la producción de agua potable y dos sub categorías cuando las aguas son destinadas para la recreación (Contacto primario y secundario); (2) Aguas para actividades marino costeras con tres sub categorías; (3) Aguas para riego de vegetales y bebida de animales y (4) Aguas para la conservación del ambiente acuático que tiene las sub categorías de lagunas y lagos, ríos de costa y sierra, ríos de selva, estuarios y ecosistemas marinos, actualmente es la referencia de la Ley de los Recursos Hídricos.

#### **2.2.6. Parámetros fisicoquímicos de calidad de agua**

Álvarez y Pérez (2007) indican que los parámetros fisicoquímicos con aquellos donde los organismos son más sensibles, a menudo son el pH, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto y la temperatura.

En cuanto a los parámetros de temperatura no se registran valores como máximos y mínimos de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental para agua, sin embargo, el pH, conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto y DBO<sub>5</sub> establecidos por el (MINAM, 2017) en el D.S. N° 004-2017 indican lo siguiente.

Que tanto para aguas superficiales destinadas para recreación en la subcategoría 1 - B, como el riego de vegetales y bebida de animales en la categoría 3, deben cumplir con los valores adecuados de los parámetros. Para el pH, debe registrar entre 6,5 y 8,5 en ambas sub categorías, un valor máximo de conductividad eléctrica de 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en cultivos y 5000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para bebida de animales, y un valor mínimo de 4 mg/L de oxígeno disuelto para cultivos de tallo alto y bajo. Estos datos se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Parámetros fisicoquímicos según Categoría 3. Riego de vegetales y Bebida de animales

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>D1: Riego de vegetales</b>	<b>D2: Bebida de animales</b>
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8.5	6,5 – 8,4
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 4	≥ 5
Conductividad	μS/cm	2500	5000
Temperatura	°C	3	Δ 3

**Fuente:** Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

#### **A) Potencial de hidrógeno (pH)**

Según Prieto (2004) el pH no mide el valor de la acidez o alcalinidad, sino que la determinación del pH en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o su alcalinidad. Un pH menor de 7 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un pH mayor de 7 muestra una tendencia hacia la alcalinidad. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 4 y 9, aunque muchas de ellas tienen un pH ligeramente básico debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos.

#### **B) Conductividad eléctrica (CE)**

Es la capacidad de una solución acuosa de conducir una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones, su concentración total, movilidad y valencia, así como la temperatura de las medidas. Las soluciones de los compuestos orgánicos por lo general son buenos conductores y las moléculas de compuestos orgánicos que no se disocian en soluciones acuosas poco o nada contribuyen con flujo de corriente (Prieto, 2004).

### **C) Oxígeno disuelto (OD)**

Es la cantidad de oxígeno en el agua el cual es esencial para los riachuelos y lagos saludables; puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir. Este indicador depende de la temperatura, puesto que el agua más fría puede guardar más oxígeno en ella, que el agua más caliente (Prieto Bolívar, 2004).

Los niveles típicamente pueden variar de 0-18 partes por millón (ppm) aunque la mayoría de los ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5-6 ppm para soportar una diversidad de vida acuática. Por otro lado, numerosos estudios científicos sugieren que 4-5ppm de oxígeno disuelto es la mínima cantidad que soportará una gran y diversa población acuática (Oscoz, 2009).

### **D) Temperatura**

La temperatura del agua tiene gran importancia por el hecho de que los organismos requieren determinadas condiciones para sobrevivir (organismos estenotérmicos y euritérmicos). Este indicador influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el OD, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas (Oscoz, 2009).

#### **2.2.7. Calidad de Agua**

Se refiere a las características químicas, físicas, biológicas del agua. Es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito. Se utiliza con mayor frecuencia por referencia a un conjunto de normas contra los cuales puede evaluarse el cumplimiento. Los estándares más comunes utilizados para evaluar la calidad del agua se relacionan

con la salud de los ecosistemas, seguridad de contacto humano y agua potable (Sierra, 2011).

### **2.2.8. Contaminación del Agua**

Es la acumulación indeseable de sustancias, organismos y cualquier forma de energía en un sistema hídrico. En cuanto a las aguas del país, es la acumulación de diversos elementos y sustancias aportados por vertimiento de aguas residuales crudas o insuficientemente tratadas que superan la capacidad de asimilación y/o autodepuración del cuerpo receptor generando concentraciones en el cuerpo de agua que exceden el estándar de calidad normado en la zona sometida a regulación (Mejía, 2016).

### **2.3. Marco Normativo**

#### **Estándares de Calidad Ambiental para el Agua Superficial (ECA- Agua)**

**Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y Establecen Disposiciones Complementarias.** quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

**Resolución Jefatural N° 010 – 2016 – ANA,** Aprueban el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.

### **2.4. Definición de términos básicos**

#### **2.4.1. Macroinvertebrados bentónicos**

Se considera a los animales invertebrados que tienen un tamaño superior a 500  $\mu\text{m}$ ; constituye grupo dominante en los ríos, aunque también se encuentran en la zona litoral y el fondo de lagos y lagunas (Gonzales y Maestre, 2014).

#### **2.4.2. Bentos**

Es una comunidad ya sea de animales invertebrados o no, los cuales se caracterizan por habitar el fondo y la superficie de hábitat acuático (Gonzales y Maestre, 2014).

#### **2.4.3. Bioindicador**

Según (Álvarez y Pérez 2007), un bioindicador puede ser una especie o especies que en su presencia o ausencia indica variables físicas o químicas en los requerimientos que estas poseen en cuanto a su límite de tolerancia.

#### **2.4.4. Índice biótico**

Conforme a la Confederación Hidrográfica del Ebro (2005) el índice biótico transcribe la información obtenida en una lista faunística o vegetal en valores ya establecidos, el cual permite comprobar y comparar cambios en las comunidades biológicas.

#### **2.4.5. Calidad de agua**

Es la aptitud que presenta el agua en cuanto a su uso ya sea, para consumos humanos y animales, riego y recreación (Correa, 2000).

#### **2.4.6. Época de lluvia**

González y Maestre (2014) afirman que la época de recarga, se caracteriza por el aumento del caudal de los ríos producto de las lluvias intensas, la cual en el Perú tiene un periodo de los meses de diciembre a abril.

#### **2.4.7. Época de estiaje**

González y Maestre (2014) dicen que la época de estiaje o también llamada época seca es el periodo de disminución de las lluvias y por ende del caudal de los ríos, este periodo dura entre los meses de junio a septiembre.

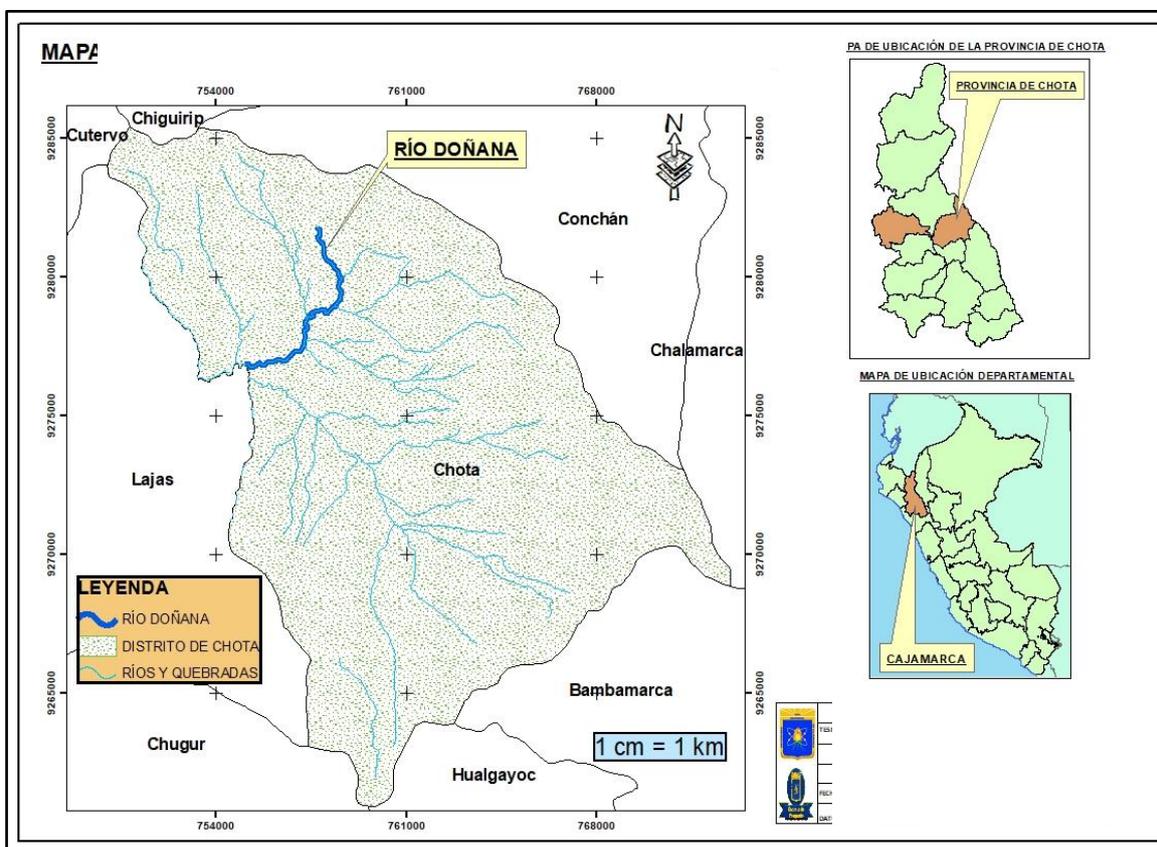
## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del área de estudio

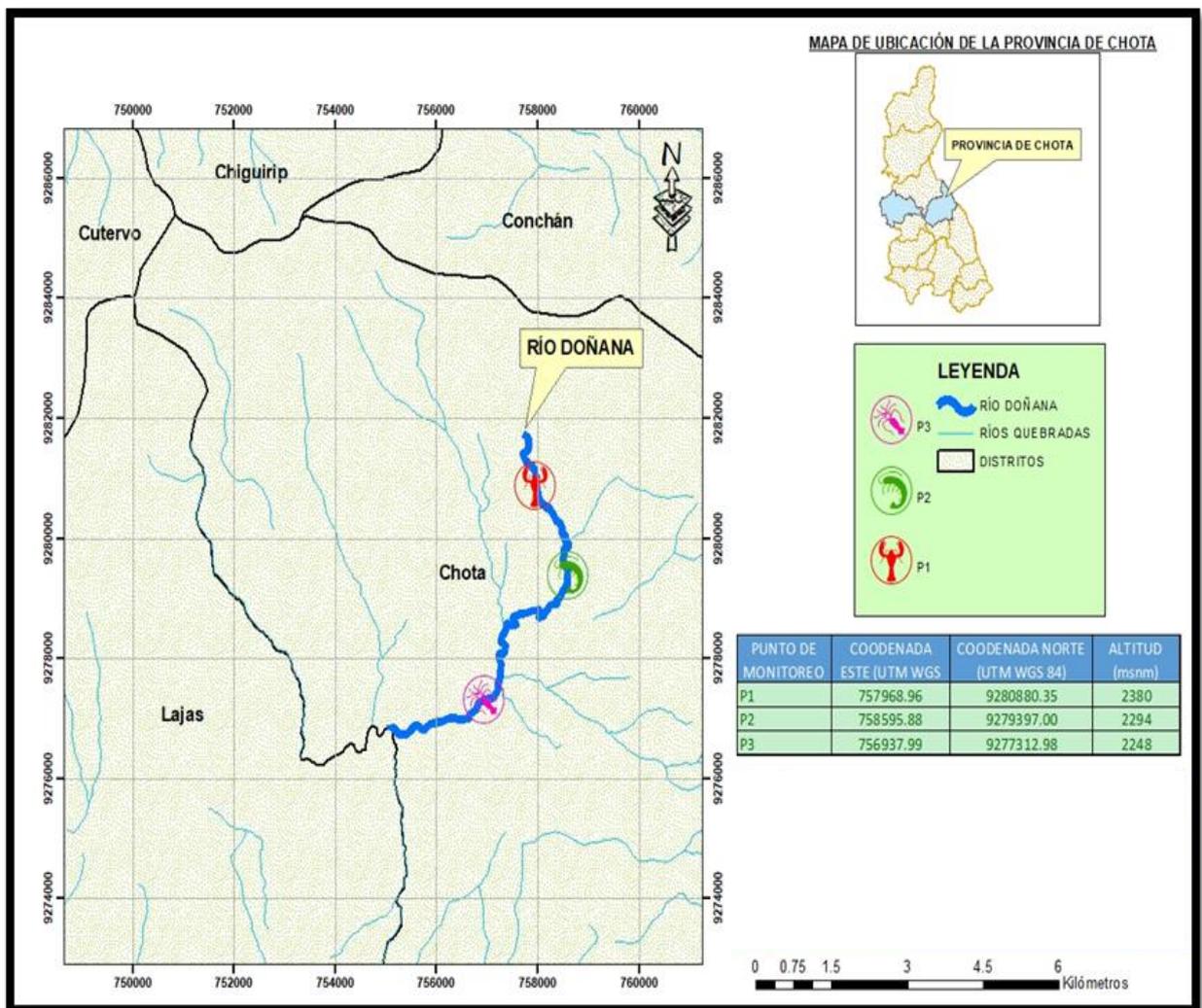
El estudio se realizó en el río Doñana, que pertenece al distrito y provincia de Chota, departamento de Cajamarca. El distrito de Chota se encuentra ubicado en la parte central de la provincia, en la región andina norte del Perú, su capital se encuentra en la meseta de Acunta a 2,388 msnm y a 150 km al norte de Cajamarca y a 219 km al este de Chiclayo, Lambayeque, como se aprecia en la figura 1. El territorio del distrito de Chota es de 261,75 km<sup>2</sup>; esto representa el 6,9% del total provincial. (3,795.10 km<sup>2</sup>). Este distrito limita por el Norte con los distritos de Chiguirip y Conchán. Por el Oeste con el distrito de Lajas. Por el sur con Bambamarca, distrito y capital de Hualgayoc y por el Este con el distrito de Chalamarca (Carvajal, 2014).

**Figura 1.** Mapa de ubicación del río Doñana en el distrito de Chota-Cajamarca



Se establecieron 3 estaciones de muestreo, que se observan en la figura 2, todas ellas localizadas en el curso principal del río Doñana y georreferenciadas según el sistema de coordenadas sexagesimal (Datum WGS 84), tomando un total de 6 muestras 3 en época de estiaje y 3 en época de lluvia.

**Figura 2.** Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo en el río Doñana en el distrito de Chota.



Para la elección de las estaciones de muestreo se consideró la gradiente altitudinal, la influencia de la actividad antropogénica. Geográficamente se ubicaron en el sistema de coordenadas proyectadas. UTM datum horizontal: WGS – 84 en la zona o huso horario 17 sur, que se indican en la tabla 6.

**Tabla 5.** Georreferenciación de las estaciones de muestreo en el área de estudio.

<b>Estación de muestreo</b>	<b>Río</b>	<b>Coordenada Este (UTM) WGS84</b>	<b>Coordenada Norte (UTM) WGS84</b>	<b>Altitud (msnm)</b>
P1	río Doñana	757968.96	9280880.35	2380
P2	río Doñana	758595.88	9279397.00	2294
P3	río Doñana	756937.99	9277312.98	2248

#### **Descripción de las estaciones de muestreo:**

**P1:** Inicio del río Doñana antes del vertido de aguas residuales y antes de los criaderos de truchas existentes en la ribera del río, este punto de muestreo no recibe ningún tipo de residuos contaminantes ya que es la naciente de este río.

**P2:** Parte media del río, donde ya se avista presencia de criaderos de truchas, presencia de animales y vegetación en ambas márgenes del río.

**P3:** Parte baja del río, en esta parte del río la población aldeaña lo utiliza como lavadero de ropa y carros, existe vegetación.

#### **3.1.1. Hidrografía**

Según Carvajal en su publicación Geografía de Chota (2014), menciona que el Distrito esta irrigado por cuencas de corta extensión y que en su conjunto forman la cuenca del río Chotano entre los principales ríos tenemos los siguientes:

- **Río Chotano.** Nace entre los cerros Chiquirilla y Condorcancha cerca del caserío de Yuracyacu y desciende hacia el noreste; pasando al sur de la capital, para luego ingresar al distrito de Lajas, sus afluentes en el distrito de Chota son, por la margen

derecha el Colpamayo, San Mateo y Doñana y por la margen izquierda el río Lopesmayo y Sucsacucho. (Carvajal, 2014)

- **Río Doñana.** Es también conocido con el nombre de Yayuyacu, se une con el río Chotano en el lugar denominado el Paraíso. (Carvajal, 2014)
- **Río Yanayacu.** Este río nace en el cerro Clarinorco, describe un recorrido de sur a norte para desembocar en el río Chotano. Las aguas de ese río han sido desviadas a través de un canal para abastecer a la central hidroeléctrica de “agua blanca”, que por mucho tiempo suministro de alumbrado eléctrico a la ciudad de Chota y actualmente a las comunidades de Cabracancha, Chimchin y Yuracyacu. (Carvajal, 2014)
- **Río Bebedero.** Ubicado el sector de Vista Alegre (Yuracyacú). (Carvajal Atencio, 2014)
- **Río Rangranillo.** Nace en la comunidad de Cuyumalca, su recorrido lo realiza de este a sur; desemboca en el río Chotano en el sector de San Francisco, es importante porque en su transcurso superior sus aguas son canalizadas en meses de verano para aprovecharlas en riegos. (Administración Local de Agua Chotano q- Llaucano). (Carvajal, 2014)

### **3.1.2. Sub cuenca río Doñana**

Es también conocido con el nombre de Yayuyacu, se une con el río Chotano en el lugar denominado el Paraíso. Tiene su nacimiento en el distrito de Conchan, provincia de Chota, departamento de Cajamarca, tiene 4,213 metros de longitud y 2.5 de diámetro, deriva el agua proveniente del río Tunel Conchano en una masa promedio anual de 90 millones de metros cúbicos. Sus aguas son bombeadas para el agua potable para ciudad de Chota. Además, con sus aguas se irriega el fértil valle Doñana. Las aguas de este río son utilizadas como potencial hidro energético en la Central Hidroeléctrica de

Carhuaquero, convirtiéndose en eje desarrollo industrial de la costa, especialmente del Departamento de Lambayeque. (Carvajal, 2014)

### **3.1.3. Vías de acceso**

El distrito de Chota se encuentra a 150 km al norte de la ciudad de Cajamarca a través de la Carretera Longitudinal de la Sierra (PE - 3N) de sur a norte, bordeando las localidades de Hualgayoc y Bambamarca, a unas tres horas y media en automóvil por carretera parcialmente asfaltada y afirmada. También se puede llegar desde Chiclayo, la cual se encuentra a 219 km al oeste a través de una carretera asfaltada (PE - 6A), a unas cinco horas en automóvil. (Carvajal, 2014)

### **3.1.4. Clima**

La temperatura de la mayor parte del territorio es de clima templado; sin embargo, en las partes más bajas (Tuctuhuasi - Valle Doñana) el clima templado presenta una ligera variación al templado caluroso; mientras que en las partes más altas como: Sitacucho, Lingán, Silleropata, Negropamapa, Chaupelanche, Progreso Pampa, Condorpullana, Colpatuapampa, Huayrac, Shotorco, La Palma, es un clima templado frío. Las épocas de lluvias son de noviembre a abril, y su época de sequía de mayo a octubre. La temperatura promedio es de 17,8°C. Las precipitaciones pluviales, pueden convertirse en un factor que ocasionen eventos adversos especialmente en viviendas ubicadas en las faldas de los cerros y en vías de comunicaciones terrestre (puentes, carreteras) o dañando terrenos de cultivo. (Carvajal, 2014)

### **3.1.5. Geología**

El territorio Chotano presenta siete unidades geológicas: Nm-vh / Volcánico Huambos; Ks-yu / formación Yumagual; Pr-vll / Volcánico Llama; Ki-chu / formación Chulec; Ki-pa / formación Pariatambo; Ks-ce / formación Celendín y Ki-g / Grupo Goyllarisquiza. (Poma y Alcantara, 2004). Que a continuación se describen:

Nm-vh / Volcánico Huambos, forma llanuras delimitadas por farallones, se aprecia la estratificación. Está compuesto por rocas ígneas volcánicas denominadas tobas y brechas de composición ácida, donde se encuentran fragmentos de cuarzo de hasta 3 mm; tiene un grosor promedio de 50 a 100 metros (Poma y Alcántara, 2004).

Ki-chu / formación Chulec, se extiende por la zona norte de nuestro país, tiene una secuencia bastante fosilífera de rocas calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas, las que han adquirido un aspecto terroso amarillento debido al interperismo, sus grosores varían de 200 a 250 metros. Ocupan un área relativamente pequeña de la parte baja de la cuenca de Chugur junto a las formaciones Ki-pa / formación Pariatambo, Ks-ce / formación Celendín y Ki-g / Grupo Goyllarisquizga, en la zona conocida como el infiernillo. Ki-pa / formación Pariatambo, contiene una alternancia de lutitas con lechos delgados de calizas bituminosas negruzcas, presentan estratos calcáreos con nódulos silíceos y dolomíticos, con un característico olor fétido cuando son fracturadas (Poma y Alcántara, 2004).

Ks-ce / formación Celendín, constituye la última secuencia calcárea del Cretáceo superior en el norte de nuestro país; suprayace concordantemente a la formación Cajamarca e infrayace a los depósitos continentales de la formación Chota. Consiste en una intercalación de lutitas, margas y calizas delgadas de color claro amarillento o crema debido al interperismo, también es bastante fosilífera<sup>23</sup>. Ki-g / Grupo Goyllarisquizga, está ubicado en el cuadrángulo de Jaén, es una secuencia de 650 metros de grosor, se constituye por estratos macizos de 20 a 80 cm. de grosor de areniscas cuarzosas bien clasificadas de grano medio a grueso, algunas capas son conglomerados con guijarros pequeños de cuarzo. Presentan una coloración gris clara a blanca ligeramente amarillenta que por meteorización toman colores amarillentos y rojizos debidos al material ferruginoso que contiene (Poma y Alcántara, 2004).

### **3.1.6. Suelos**

Según el estudio de suelos de Zonificación Ecológica Económica y Ordenamiento territorial de la Región de Cajamarca, se identificaron cuatro tipos de suelos en el distrito de Chota, siendo estos, Paramosol-Leptosol, Paramo andosol – Leptosol, Paramo andosol, y Phaeozem-Leptosol (Poma y Alcantara, 2004).

### **3.2. Materiales y equipos**

#### **Materiales**

- Fichas de registro de campo
- Etiqueta para la identificación de frascos
- Libreta de campo
- Cinta adhesiva
- Lápices
- Balde plástico transparente
- Bandejas blancas de plástico (30 x 20 cm)
- Bolsas plásticas transparentes
- Coolers grandes y pequeños
- Pizeta
- Tamices de 5 mm de poro
- Gotero
- Agua destilada
- Frascos de vidrio
- Frascos de polietileno
- Viales de plástico y otros recipientes con tapones herméticos
- Pinzas entomológicas

- Alcohol al 70 %
- Glicerina
- Red Surber de 500  $\mu$
- Placas Petri
- Guantes
- Material cartográfico
- Cámara fotográfica, marca Nikon modelo D5600
- Termómetro

### **Equipos**

- GPS Garmin etrex
- Multiparámetro marca Hanna, modelo HI 9829
- Estereoscopio

## **3.3. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.3.1. Fase de campo**

#### *Parámetros fisicoquímicos*

Para la evaluación de los parámetros fisicoquímicos, temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica, se realizaron directamente en el río, en cada uno de los tres puntos de muestreo, los que se realizaron, de acuerdo con las indicaciones del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Los parámetros de campo se registraron de manera inmediata, para lo cual se utilizó el Medidor Multiparámetro de calidad de agua, con la ayuda de un balde plástico se extrajo agua del cauce del río, luego dentro del balde se introdujo el medidor sensor, manteniéndolo hasta lograr un dato estable de cada uno de los parámetros fisicoquímicos.

Los resultados de las evaluaciones de los parámetros fisicoquímicos: oxígeno disuelto (mg/L), conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y pH, se contrastaron con los valores del D.S. N° 004 – 2017 – MINAM. Clase 3, D1: riego de vegetales y D2: bebida de animales:

El estudio se realizó en época de lluvia (abril) y en época de estiaje (diciembre).

### ***Para evaluación de los macroinvertebrados bentónicos***

Para la colecta de los macroinvertebrados bentónicos se utilizó la Guía sobre: Métodos de Colecta, Identificación y Análisis de Comunidades Biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas Continentales del Perú (MINAM, 2014).

Asimismo, para la colecta de los macroinvertebrados bentónicos se utilizó la red Surber para ello se colocó en el fondo del río y en contra de la corriente y con las manos se removió el material del fondo, de esta manera quedaron atrapados los organismos en la red; esta operación se repitió tres veces en cada estación de muestreo. El material colectado se vació en una bolsa y se preservó con alcohol al 70% para ser transportados al laboratorio (Samanez et al., 2014).

Para la evaluación del índice Biótico Andino (ABI) y el Índice - EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), se realizó la descripción de las características del río, identificando los tipos de hábitats y características principales (Flores, 2014).

### **3.3.2. Fase de laboratorio**

Las muestras preservadas en alcohol se trasladaron al laboratorio de biología 1D-101 de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Las muestras se lavaron y se cernieron para separar los sedimentos finos, luego los macroinvertebrados se separaron en placas Petri y se observaron en un microscopio estereoscópico.

Para la identificación de los macroinvertebrados, se utilizó la Guía de Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos, sistemática y biología de Domínguez y Fernández (2009). También se fotografiaron cada uno de los organismos colectados, para facilitar su identificación y tener una base de datos.

***Para evaluar la biodiversidad y el nivel de abundancia de los macroinvertebrados bentónicos***

Para el análisis de la biodiversidad y el nivel de abundancia de macroinvertebrados bentónicos se calculó el **Índice de Margalef**. Este índice se calcula bajo la siguiente fórmula (Moreno, 2001).

$$I = \frac{(S - 1)}{\ln N}$$

Donde:

S=número de especies

N=número total de individuos

***Procedimiento para la elaboración de mapas de índices bióticos***

Para la elaboración de los mapas de índices bióticos se tuvieron en cuenta las coordenadas tomadas en campo con el equipo GPS en cada punto de muestreo. La información recolectada se procesó con el software Arc Map 10.3, también se analizaron los resultados obtenidos para cada índice biótico y así se determinó la calidad del agua en cada estación de muestreo las mismas que están representadas en los respectivos mapas.

### **3.4. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Para el procesamiento de información se elaboró una matriz con la herramienta Software Microsoft Excel 2016, también se utilizó el programa informático Arc Map 10,3 para la elaboración de información geográfica, mapas de ubicación, delimitación y mapas de índices bióticos.

En la investigación se hizo uso de la estadística descriptiva con análisis de varianza con la prueba de Fisher. Cabe destacar que Sabino (1992), plantea que el diseño de la investigación es posible categorizarla en función del tipo de datos a ser recogidos, clasificándole en dos (2) grandes grupos: por una parte, la investigación de tipo bibliográfico, y por otra la investigación de campo.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

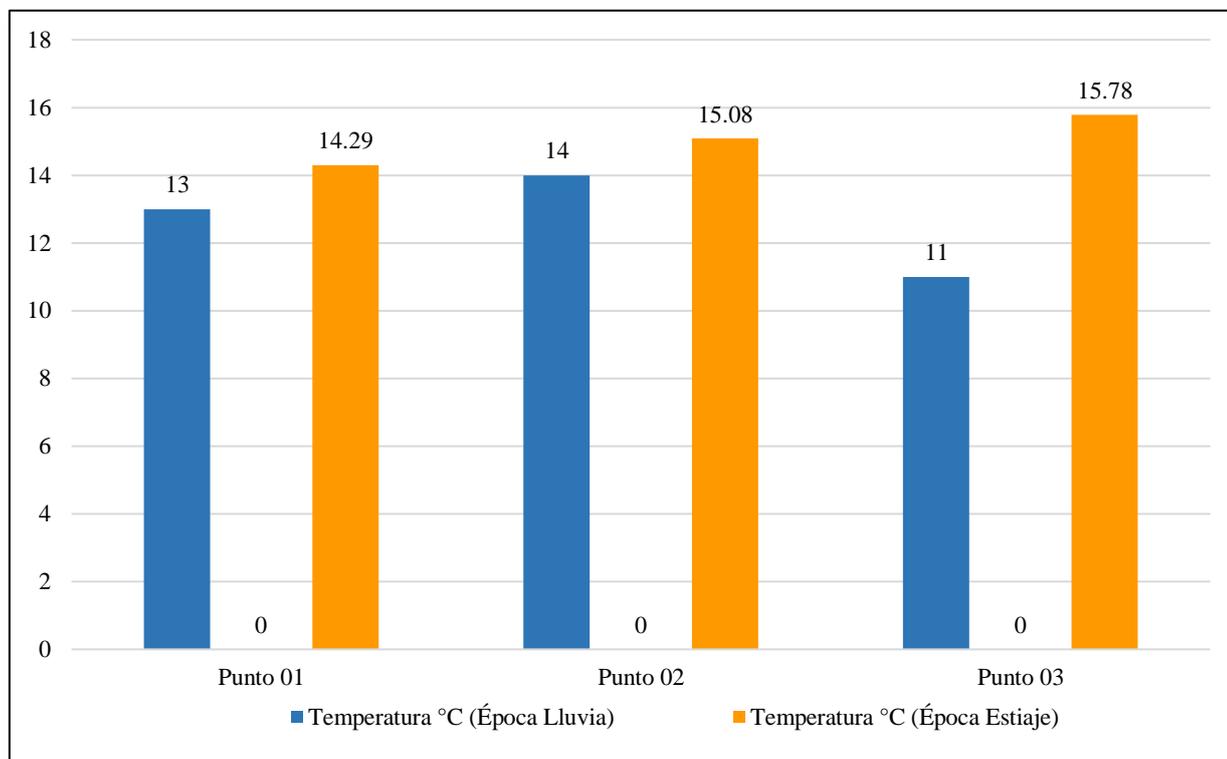
#### 4.1. Parámetros físicos y químicos

##### 4.1.1. Temperatura del agua

Este parámetro es un factor relevante para determinar la calidad del agua que influye en la dilución de gases, así como el aumento o disminución de microorganismos. En la siguiente figura 3, se indica un rango de variabilidad de la temperatura que va desde los 11 °C hasta 15,78 °C.

La variación registrada en la temperatura se debe a la ubicación altitudinal de los puntos de muestreo, parte alta a 2380 msnm y parte baja a 2248 msnm. El promedio de temperatura en el agua, en los tres puntos de muestreo durante la época de lluvia fue de 12,67 °C. y para la época de estiaje fue de 15,05 °C.

**Figura 3.** Temperatura en época de lluvia y estiaje (mayo – diciembre, 2019)



Los datos obtenidos en campo de la temperatura del agua, mostraron que hubo mayor temperatura en época de estiaje que en lluvia, los datos fueron comparados con los rangos establecidos por el D.S N° 004-2017- MINAM, en la categoría 3, cumpliendo con respecto al promedio mensual multianual del área evaluada y del rango mayor a partir de 3°C.

Linares (2018) en su estudio “Caracterización fisicoquímica y de macroinvertebrados bentónicos de los ríos Perlamayo y Tacamache, Distrito de Chugur Cajamarca”, obtuvo para la época de lluvia una temperatura promedio de 10,94 °C y para la época de estiaje una temperatura promedio de 13,23 °C, concordando con el presente estudio realizado, además ambos estudios cumplen con los rangos establecidos por el D.S N° 004-2017- MINAM, en la categoría 3.

Asimismo, Romero y Tarrillo (2017), en la “Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca”, obtuvo como valor máximo de temperatura 15,9°C en época de estiaje y temperatura mínima de 13,9 °C en época de lluvia, no obstante, en la investigación se obtuvo época de lluvia 12,67 °C y para la época de estiaje 15,05 °C dicha diferencia encontrada en ambos estudios se debe a que se realizaron en diferentes áreas y condiciones climáticas.

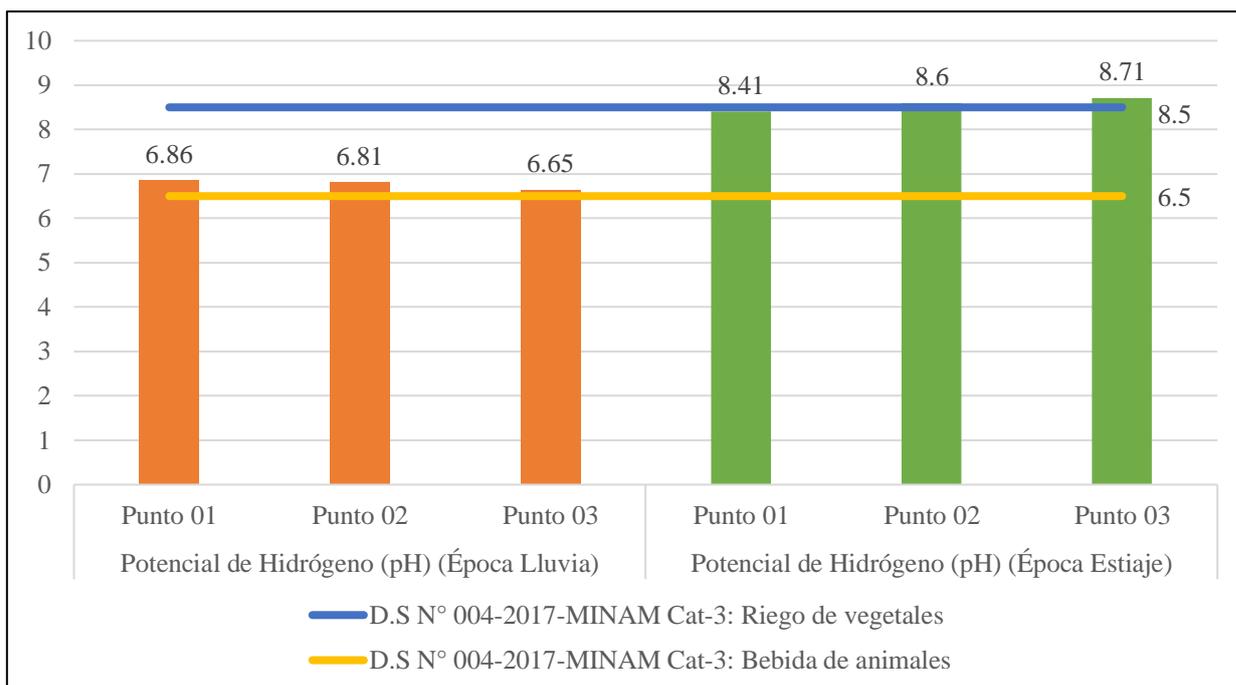
Es importante resaltar que, a una temperatura baja de 10,4° C se presenta menor calidad de agua, ya que la temperatura influye de manera directa en el desarrollo de la flora y fauna, puesto que aumenta la toxicidad de algunas sustancias disueltas produciendo la disminución del oxígeno disuelto (Mora et al., 2020).

#### **4.1.2. Potencial de Hidrógeno (pH)**

Como se observa en la figura 4, durante la época de lluvia los valores de pH, en los puntos de muestreo, P1 presentó un valor de 6,86; P2 con 6,81 y P3 con 6,65, siendo

este el valor más bajo registrado, es decir con ligera tendencia a la acidéz. Y los valores más alcalinos fueron en la época de estiaje, en las estaciones de muestreo, P1 con un valor de 8,41; P2 con un valor de 8,6 y P3 con un valor de 8,71, siendo este el valor más alcalino registrado.

**Figura 4.** Potencial de hidrógeno, en época de lluvia y estiaje (abril–diciembre, 2019).



Comparando los resultados del pH, con el ECA nacional destinada para agua de riego y bebida de animales, categoría 3, del D.S N° 004-2017- MINAM, cuyo rango es de 6,5 – 8,5 en la época de lluvia se cumple con los establecido en el ECA, por el contrario, en la época de estiaje en el punto de muestreo P2– P3, sobrepasan ligeramente con lo establecido en el ECA.

Las fluctuaciones en el pH, se debe al aumento de temperatura, ya que las moléculas tienden a separarse en sus elementos hidrógeno y oxígeno, al aumentar la proporción de moléculas descompuestas se produce más hidrogeno, lo cual a su vez aumenta el potencial de hidrógeno. Otros factores externos que pueden causar las variaciones en el

pH, son los desechos provenientes de la agricultura y de los criaderos de truchas. Por otro lado, Guerrero-Bolaño et al., 2003 menciona que los valores bajos de pH pueden tener efectos negativos en los organismos acuáticos e indicar posible contaminación del cuerpo de agua.

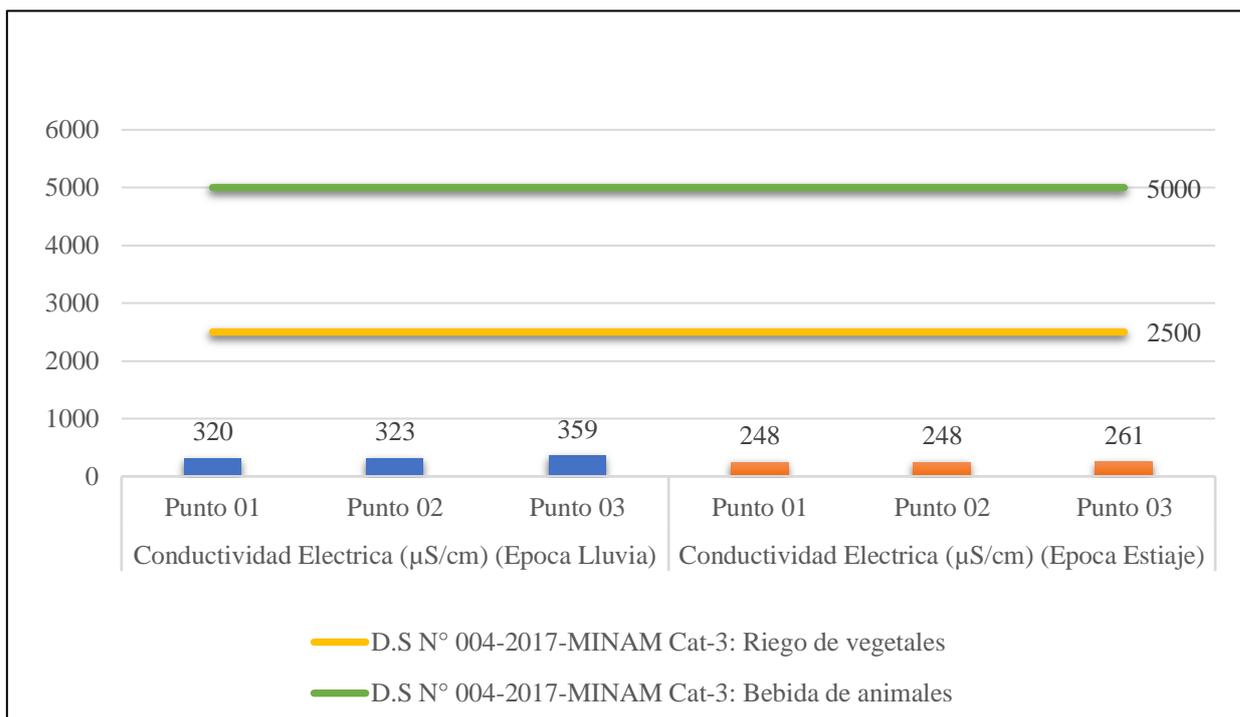
Linares (2018) en su estudio “Caracterización fisicoquímica y de macro invertebrados bentónicos de los ríos Perlamayo y Tacamache, Distrito de Chugur Cajamarca”, registró valores de pH más ácidos durante las dos épocas en el punto de monitoreo P1, el pH fue 2,97 y en P2, fue 3,0 y valores más alcalinos se registraron en los puntos de monitoreo P5, con 9,1 y P6, con 9,2. Mientras que en el presente estudio los valores de pH, más ácidos fueron durante la época de lluvia y los valores más alcalinos alcanzados fueron en la época de estiaje.

Esta tendencia del pH estaría relacionada, entre otros factores con las condiciones edáficas por la que atraviesa la corriente del agua, también a la actividad agrícola y a las descargas de aguas residuales que se realizan directamente al cauce del río (Córdova *et al.*, 2009). Otro factor no menos importante que estaría contribuyendo en la variación del pH del agua sería la actividad fotosintética (CO<sub>2</sub>) que acontece durante el día (Ortega *et al.*, 2010)

### **Conductividad Eléctrica (µS/cm)**

En la figura 5, se aprecia que los mayores valores de conductividad, se registraron en época de lluvia (mes de abril 2018), principalmente en el punto de muestreo P3, con un valor de 359 uS/cm y con valores menores en época de estiaje (mes de diciembre 2018), principalmente en los puntos de muestreo P1 – P2, se obtuvieron valores de 248 uS/cm, para ambos casos.

**Figura 5.** Conductividad eléctrica, en época de lluvia y estiaje (mayo – diciembre,



2019).

Los 6 puntos de muestreo cumplen con el ECA de acuerdo D.S N°004-2017

MINAM- Categoría 3.

Según Álvarez y Pérez (2007) la conductividad eléctrica es la capacidad de una solución acuosa de conducir una corriente eléctrica, esta capacidad depende de la presencia de iones disueltos, sus concentraciones absolutas y relativas, su movilidad y su valencia y de la temperatura y la viscosidad en la solución.

Respecto al análisis fisicoquímico de Peralta (2019) que ejecutó un estudio titulado “Situación de la calidad de agua de la laguna Huacachina en base a indicadores biológicos”, donde la toma de muestras se realizó en tres momentos de diferentes estaciones del año (marzo, agosto y diciembre) y se obtuvieron como resultados niveles muy parecidos a los de los Humedales de Eten, promediando los 3 muestreos se obtuvo que el pH fue de 7.8, la conductividad eléctrica de 1251.89 µS/cm y el oxígeno disuelto de 4.7 mgO<sub>2</sub>/L. En la presente investigación la conductividad eléctrica en

época de lluvia tiene un de valor de 359 uS/cm en época de estiaje (mes de diciembre 2018), se obtuvo valores de 248 uS/cm.

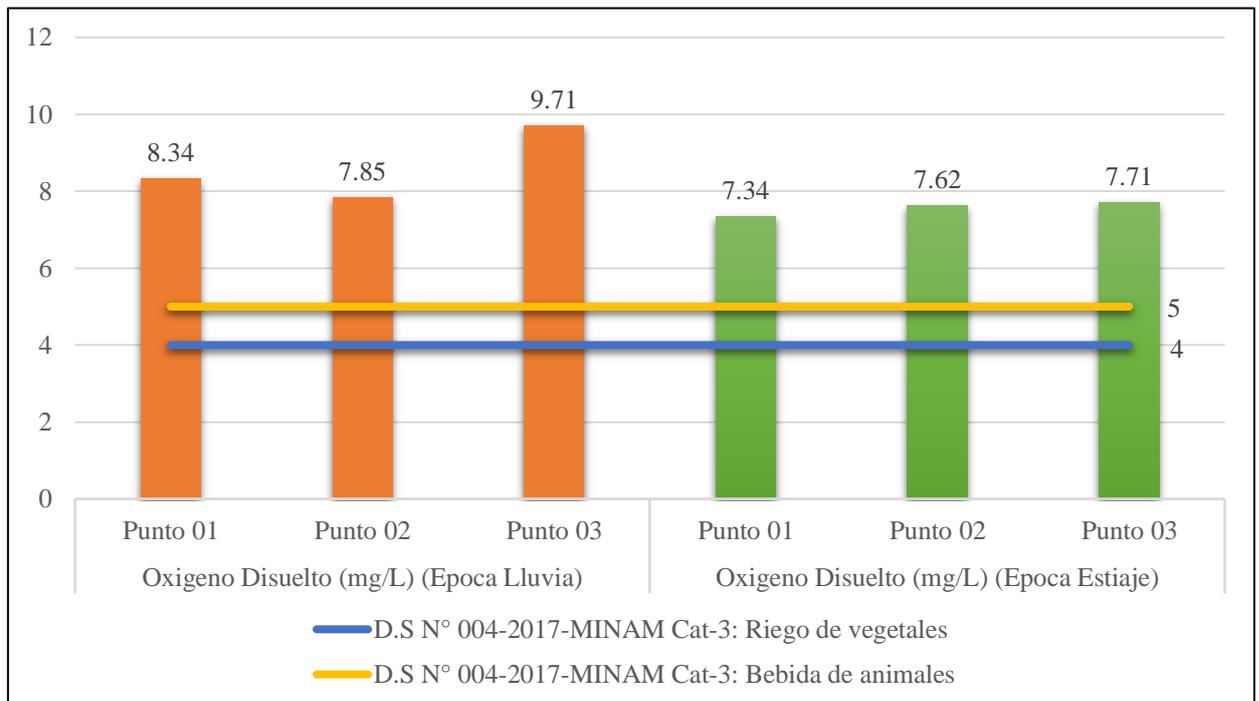
#### 4.1.3. Oxígeno Disuelto (mg/L)

La concentración de oxígeno disuelto (OD) está en función de la temperatura, presión atmosférica y salinidad del agua.

Álvarez y Pérez (2007), indican que el OD constituye un indicador del soporte del agua a la vida vegetal y animal, y está muy relacionado con la temperatura del agua, ya que menor temperatura mayor cantidad de oxígeno, además también menciona que el oxígeno disuelto es un indicador de la calidad de agua, y es un parámetro de gran importancia porque refiere que tan contaminada está el agua.

Los valores de oxígeno disuelto de la investigación se presentan en la figura 6, y todos los valores fueron similares en los puntos de muestreo en las dos épocas de evaluación y se encuentran dentro de lo establecido en D.S. 004-2017-MINAM.

**Figura 6.** Oxígeno Disuelto en época de lluvia y estiaje (abril – diciembre, 2019).



Así mismo para Daza, (2016) el oxígeno disuelto es el parámetro más importante para medir la calidad de un cuerpo de agua ya que es esencial para la vida, adicionalmente de este depende los procesos biológicos de fauna acuática. Para Álvarez y Pérez (2007), el OD constituye un indicador del soporte del agua a la vida vegetal y animal, menciona también que este indicador está muy relacionado con la temperatura del agua, ya que menor temperatura mayor es la cantidad de oxígeno.

#### **4.2. Resultados de Índice de Margalef, Índice Biótico Andino (ABI), Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) y el Índice Biótico de Familias (IBF) de macroinvertebrados bentónicos del río Doñana en la Provincia de Chota – Cajamarca**

Los resultados que se presentan a continuación están en función a las dos épocas de monitoreo (lluvia y estiaje) y a los 3 puntos de muestreo.

##### **4.2.1. Biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos, según Índice de Margalef**

Para el análisis de la biodiversidad y el nivel de abundancia de macroinvertebrados bentónicos se calculó el índice de Margalef. Este índice se calcula bajo la siguiente fórmula (Moreno, 2001).

$$I = \frac{(S - 1)}{\ln N}$$

Dónde:

S=número total de especies presentes

N=número total de individuos encontrados

##### **a. Índice de Margalef en época de lluvia**

Donde:

S= 17

N°=308

$$I = \frac{(17 - 1)}{\ln 308}$$

$$I = \frac{(16)}{5,73}$$

$$I = 2,79$$

Según el Índice de Margalef si obtenemos valores inferiores a 2,0 son considerados como zonas de baja biodiversidad y valores superiores a 5,0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad (Moreno, 2001).

Mediante la aplicación de la formula, para la época de lluvia se obtiene un valor de 2,79, lo cual nos indica que el río Doñana es un ecosistema con biodiversidad media.

**b. Índice de Margalef en época de estiaje**

$$I = \frac{(13 - 1)}{\ln 207}$$

$$I = \frac{(12)}{5,62}$$

$$I = 2,13$$

El resultado para la época de estiaje fue de 2,13, lo cual nos indica una diversidad media. La baja biodiversidad de Macroinvertebrados Bentónicos en ambas épocas se debe a la presencia de actividades antrópicas existentes en la zona de estudio como son los criaderos de truchas, arrojamiento de aguas residuales domésticas al río, manejo inadecuado de los residuos sólidos, entre otros.

En la siguiente Tabla 6, se observan los Macroinvertebrados Bentónicos (MIB) identificados por estación y época de muestreo.

**Tabla 6.** Resultados del muestreo de MIB, en época de lluvia y estiaje.

		<b>ÉPOCA DE LLUVIA</b>				
		<b>N°</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>N° Individuos</b>	<b>N° Especies</b>
<b>Estación de muestreo 1</b>	<b>1</b>		Ephemeroptera	Baetidae	29	3
	<b>2</b>		Ephemeroptera	Caenidae	1	
	<b>3</b>		Diptera	Chironomidae	2	
<b>Total</b>					<b>32</b>	
<b>Estación de muestreo 2</b>	<b>4</b>		Ephemeroptera	Baetidae	45	8
	<b>5</b>		Ephemeroptera	Caenidae	3	
	<b>6</b>		Díptera	Chironomidae	29	
	<b>7</b>		Diptera	Simuliidae	1	
	<b>8</b>		Diptera	Ceratopogonidae	1	
	<b>9</b>		Coleoptera	Elmidae	9	
	<b>10</b>		Plecoptera	Gripopterygidae	1	
	<b>11</b>		Ampypoda	Hyalellidae	13	
<b>Total</b>					<b>102</b>	
<b>Estación de muestreo 3</b>	<b>12</b>		Diptera	Chironomidae	61	6
	<b>13</b>		Diptera	Simuliidae	3	
	<b>14</b>		Ephemeroptera	Baetidae	95	
	<b>15</b>		Ephemeroptera	Caenidae	11	
	<b>16</b>		Coleoptera	Elmidae	1	
	<b>17</b>		Trichoptera	Hydroptilidae	3	
	<b>Total</b>					
		<b>ÉPOCA DE ESTIAJE</b>				
		<b>N°</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>N° Individuos</b>	<b>N° Especies</b>
<b>Estación de muestreo 1</b>	<b>1</b>		Ephemeroptera	Baetidae	5	3
	<b>2</b>		Diptera	Chironomidae	24	

	<b>3</b>	Trichoptera	Helicopsychidae	1	
<b>Total</b>				<b>30</b>	
	<b>4</b>	Diptera	Chironomidae	44	
	<b>5</b>	Diptera	Simuliidae	1	
<b>Estación de muestreo 2</b>	<b>6</b>	Ephemeroptera	Baetidae	12	5
	<b>7</b>	Coleoptera	Elmidae	1	
	<b>8</b>	Trichoptera	Hydroptilidae	9	
<b>Total</b>				<b>67</b>	
	<b>12</b>	Diptera	Chironomidae	156	
	<b>13</b>	Trichoptera	Hydrobiosidae	2	
<b>Estación de muestreo 3</b>	<b>14</b>	Plecoptera	Perlidae	13	5
	<b>15</b>	Ephemeroptera	Tricorythidae / Caenidae	4	
	<b>16</b>	Ephemeroptera	Baetidae	5	
<b>Total</b>				<b>180</b>	<b>13</b>

Como se aprecia en la Tabla 6, para la época de lluvia se obtuvo un total de 17 especies y 308 individuos, se reconoció la presencia de los siguientes ordenes, Ephemeroptera, Coleoptera, Plecoptera, Diptera, Ampypoda y las siguientes familias, Baetidae, Caenidade, Chironomidae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Elmidae, Griptopterygidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, siendo las familias con menor número de individuos: Caenidade, Simuliidae, Ceratopogonidae, Griptopterygidae, Elmidae, todas ellas con 1 individuo y las familias con mayor número de individuos: Baetidae (95), Chironomidae (61) y Hyalellidae (13).

Para la época de estiaje, se obtuvo como resultado un total de 13 especies y 277 individuos, entre ellos a las siguientes ordenes: Ephemeroptera, Diptera, Trichoptera,

Coleoptera, Plecoptera y las siguientes familias: Baetidae, Chironomidae, Helicopsychidae, Simuliidae, Elmidae, Hydroptilidae, Perlidae, Tricorythidae, las familias con menor número de individuos durante esta época fueron: Helicopsychidae, Simuliidae, Elmidae, cada uno con 1 individuos y las familias con mayor número de individuos fueron: Chironomidae (156), Perlidae (13), Baetidae (12).

El orden Diptera (Tabla 6) presentó el mayor número de individuos, ya que es un orden ampliamente distribuido y de mayor diversidad, sus larvas acuáticas están adaptadas para vivir en una variedad de hábitats como ambientes con elevadas corrientes y concentraciones de oxígeno, mientras que otras son especies oportunistas, adaptadas a vivir en ecosistemas con ciertas perturbaciones e incluso en condiciones extremas; por lo que hay especies con requerimientos muy diferentes en cuanto a la calidad de agua (Ladrela, 2012).

De acuerdo con Gonzales y Tarrillo (2017), en el estudio “Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca”, lograron identificar 8 órdenes y 17 familia de MIB, en las cuales destacan las siguientes familias Díptera, Ephemeroptera y Coleóptera, concordando con el presente estudio realizado.

Por otro lado, para la determinación de la calidad del agua, Cedeño y Moreira (2019) utilizaron el índice biótico EPT que utiliza ordenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecóptera, que suelen indicar buena calidad, concluyendo que el agua presentó una calidad “Regular”, esta calificación es porque no se encontraron individuos del orden Trichoptera y Plecóptera, y que los individuos del orden Ephemeroptera no superaron la suma total de individuos que pertenecen a ambientes alterados tales como Díptera y Hemíptera.

#### 4.2.2. Índice biótico andino (ABI)

El índice ABI se calculó asignando un valor de sensibilidad a la contaminación a cada familia encontrada en cada punto de muestreo, tanto en época de lluvia como de estiaje, de esta manera al encontrar una cantidad específica de familias el valor final de este fue la sumatoria de los valores de sensibilidad como se muestran en la tabla 8 (Rosero y Fossati, 2009).

**Tabla 7.** Clases de estado ecológico según el ABI en el Perú.

Rangos	Estado ecológico
>74	Muy Bueno
45-74	Bueno
27-44	Moderado
<27	Malo
< 11	Pésimo

**Fuente:** Acosta (2009)

**Tabla 8.** Resultados del Índice Biótico Andino (ABI) en época de lluvia y época de estiaje.

Puntos de muestreo	ABI (época de lluvia)	ABI (época de estiaje)
Punto 1	10	16
Punto 2	40	22
Punto 3	26	28

Los resultados obtenidos se compararon con los rangos ecológicos según el ABI en el Perú, ver tabla 7.

Según los valores ABI obtenidos en la época de lluvia, los puntos de muestreo presentaron una calidad del agua desde pésima hasta moderada. El punto de muestreo que presentó el mayor valor fue P2, con calidad de agua moderada seguido de P3 calificado con calidad de agua mala y el que presentó menor valor fue el punto de monitoreo P1, considerada como calidad de agua pésima.

En la época de estiaje los puntos de muestreo presentaron una calidad del agua desde malo hasta moderado. El punto de muestreo que presento el mayor valor fue el P3, con una calidad de agua moderado, seguidos del punto de muestreo P1 y P2 fueron calificados como puntos de muestreo de calidad mala.

Según Flores y Huamantínco (2017) en el estudio denominado “Desarrollo de una herramienta de vigilancia ambiental ciudadana basada en macroinvertebrados bentónicos en la Cuenca del Jequetepeque (Cajamarca, Perú)”, determinaron que el agua presentó una calidad de buena y aceptable con los índices ABI y BMWP/Col.

En ese mismo sentido, Linares (2018) en la “Caracterización fisicoquímica y de macro invertebrados bentónicos de los ríos Perlamayo y Tacamache, Distrito de Chugur Cajamarca”, trabajó en 7 puntos de muestreo y sus resultados concuerdan en la valoración del índice ABI, ya que también encontró aguas con una calidad moderada. Se muestra los valores obtenidos al aplicar el índice ABI en cada punto y época de monitoreo, de acuerdo a Medina (2011), en su investigación del río Chili obtuvo una puntuación de las familias aplicando el índice ABI encontró una calidad de agua moderada a mala, comparando estos resultados, las aguas de este río Doñana también presentan calidad de agua moderada a pésima.

#### 4.2.3. Índice biótico Trichoptera, Ephemeroptera y Plecoptera (EPT)

Los resultados durante las dos épocas, para el índice biológico EPT, podemos interpretar que presentan limitaciones en sus habitats en los puntos de muestreo P1, P2 y P3, ya que no se ha logrado encontrar todas las ordenes.

##### *Época de lluvia*

**Tabla 9.** Resultados del índice biótico EPT.

<b>Puntos de muestreo</b>	<b>Puntaje EPT</b>
Punto 1	2
Punto 2	3
Punto 3	3

Los resultados, en la estación P1 en época de lluvia se encontraron especímenes del orden Ephemeroptera con las familias Baetidae y Caenidae y se obtuvo un puntaje de 2 correspondiéndole calidad pobre.

Para el punto P2 se encontraron organismos del orden Ephemeroptera con las familias Baetidae y Caenidae; y orden Plecóptera con la familia Gripopterygidae, se obtuvo un puntaje de 3 correspondiendo un nivel de calidad pobre.

Para el punto P3 se encontraron organismos del orden Ephemeroptera con las familias Baetidae y Caenidae; orden Plecóptera con la familia Perlidae y el orden Trichoptera con la familia Hydrobiosidae, se obtuvo un puntaje de 3 correspondiendo un nivel de calidad pobre.

### *Época de estiaje*

**Tabla 10.** Resultados del índice biótico EPT.

<b>Puntos de muestreo</b>	<b>EPT</b>
Punto 1	2
Punto 2	2
Punto 3	4

Los resultados en la época de estiaje en las estaciones P1 y el P2 se encontraron las especies de las órdenes Ephemeroptera y Trichoptera con las familias Baetidae, Helicopsychidae y Hydroptilidae donde se obtienen un puntaje de 2 correspondiendo un nivel de calidad pobre.

Para el P3 se encontraron las especies de los órdenes Ephemeroptera con las familias Baetidae y Caenidae; orden Plecóptera con la familia Perlidae y la orden Trichoptera con la familia Hydrobiosidae, se obtiene un puntaje de 4 correspondiendo a un nivel de calidad pobre.

Los resultados para el Índice EPT durante las dos épocas, presentaron limitaciones en su habitat en los tres puntos de muestreo, presentaron un nivel de calidad un nivel de calidad de agua de pobre, esto se debe principalmente que los cauces del río Doñana, son contaminados por diferentes actividades como: vertido de aguas residuales provenientes de las piscigranjas de truchas, arrojado de residuos sólidos, malas prácticas agrícolas, vertido directo de aguas residuales domésticas, todo lo cual altera la calidad de las aguas de este río.

Gonzales y Tarrillo, (2017) realizaron la “Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca”, sus resultados concuerdan con la valoración obtenida usando el índice EPT, que calificó una calidad del agua pobre.

Esos mismos resultados fueron obtenidos por Linares (2018), en su estudio en la “Caracterización fisicoquímica y de macro invertebrados bentónicos de los ríos Perlamayo y Tacamache, Distrito de Chugur Cajamarca”, encontró que el índice EPT valoró una calidad pobre, lo cual concuerda con el estudio realizado.

Cuando se aplica el Índice Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera (EPT), los puntajes se encuentran en el rango de 0 a 6; lo obtenido en este estudio guarda relación con Custodio et al., (2016), en su investigación donde el número de taxa de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) decreció aguas abajo, lo que nos indica menor calidad de agua; sin embargo González, et al. (2012), en su estudio de evaluación de la calidad del agua de quebradas con macroinvertebrados bentónicos a más de 2300 m.s.n.m. concluye que la quebrada Romerales por el puntaje encontrado, tiene una calidad Regular a una calidad muy buena.

#### **4.2.4. Resultados para el índice biótico de familias (IBF)**

El índice biótico de familias les da menor puntaje a las familias de MIB menos tolerantes a la contaminación y mayor puntaje a los más tolerantes, en este índice se contó la cantidad de MIB por cada familia u se multiplicó por el puntaje otorgado, con lo cual se obtuvo el siguiente resultado.

#### ***Época de lluvia***

**Tabla 11.** Resultados del índice biótico IBF.

<b>Puntos de muestreo</b>	<b>IBF</b>
Punto 1	5.0625
Punto 2	5.5490
Punto 3	5.3448

Los resultados de índice biótico de familias en época de lluvia del P1 al P3, se considera una calidad de agua mala, debido a una contaminación muy considerable.

### *Época de estiaje*

**Tabla 12.** Resultados del índice biótico IBF.

<b>Puntos de muestreo</b>	<b>IBF</b>
Punto 1	5.7333
Punto 2	5.5223
Punto 3	5.6055

Los resultados de índice biótico de familias en época de estiaje del P1 al P3, se considera una calidad de agua mala.

Para la evaluación de la calidad de agua en ecosistemas acuáticos, como los ríos; se usan macroinvertebrados ya que proporcionan una excelente información para determinar su calidad (Mesa, 2010). Por ello su uso es un buen método que puede complementar los análisis fisicoquímicos, ya que proporciona ciertas ventajas sobre otros análisis, porque permiten tener una idea de la contaminación días antes de la toma de muestra; esto se interpreta que cuando se realiza el análisis de calidad de agua usando los métodos tradicionales (fisicoquímicos) solo se determina la presencia de materiales contaminantes en el momento que se realiza el monitoreo, sin embargo, cuando se ejecuta el análisis de aguas usando bioindicadores como los macroinvertebrados bentónicos se puede detectar evidencia de contaminación pasada, mediante la ausencia o presencia de diversas familias de macroinvertebrados, para lo cual se aplican parámetros e índices establecidos (Vásquez y Medina, 2015).

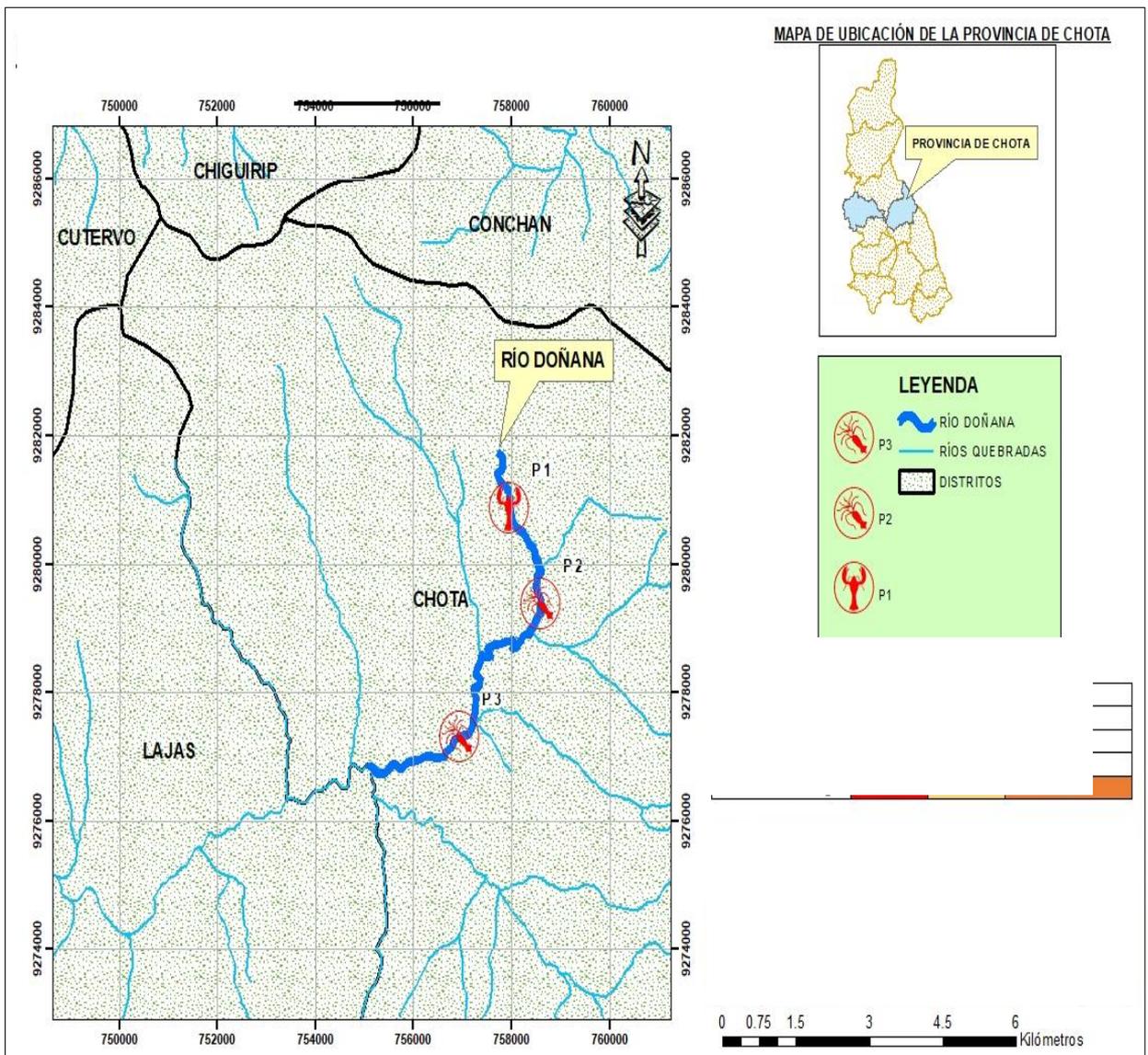
### 4.3. Mapas de índices bióticos de los macroinvertebrados bentónicos de la zona

Los mapas de Índices Bióticos son importantes porque permiten caracterizar los ríos y tener una ubicación de los macroinvertebrados bentónicos por zonas y en el mismo mapa identificar la calidad del agua.

#### 4.3.1. Mapa de Índice biótico andino (ABI), época de lluvia y estiaje

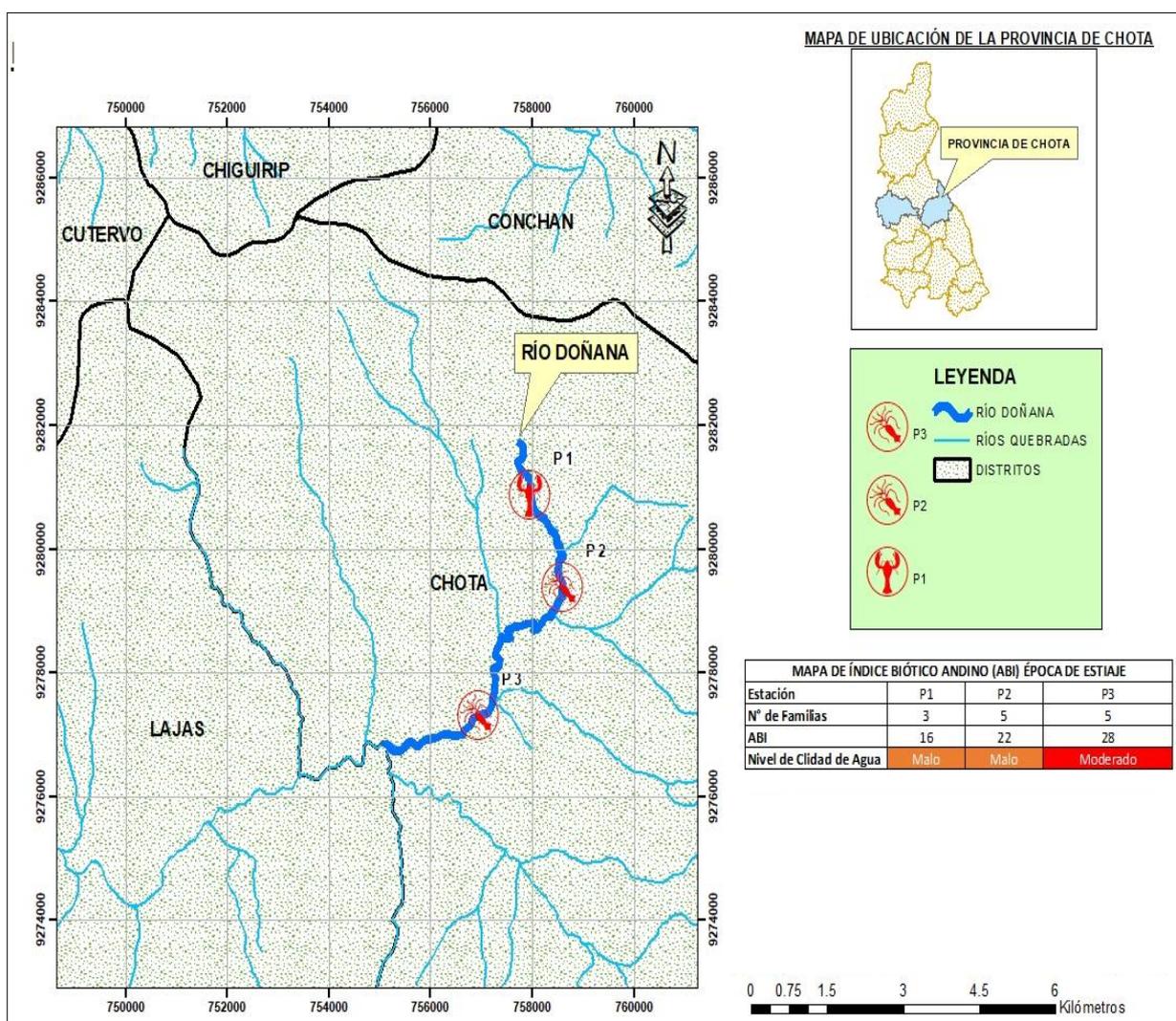
EL ABI es un índice que pretende valorar de forma global la calidad del ecosistema fluvial, incluyendo la ribera además de la calidad de las aguas y de la comunidad de macroinvertebrados, tal como se presenta en la Figura 7.

**Figura 7.** Mapa de Índice Biótico Andino (ABI), época de lluvia.



En esta figura se representa en un mapa los resultados del Índice Biótico Andino (ABI), de los tres puntos de muestreo en época de lluvia, se aprecia que en el punto de muestreo P1, la calidad de agua es pésimo, en el punto de muestre P2, nos da una calidad de agua moderada y en el punto de muestreo P3, la calidad del agua fue malo. La etapa de lluvia, incrementa la turbiedad del agua del río, lo cual impacta negativamente a los MIB y de esta manera baja su puntaje.

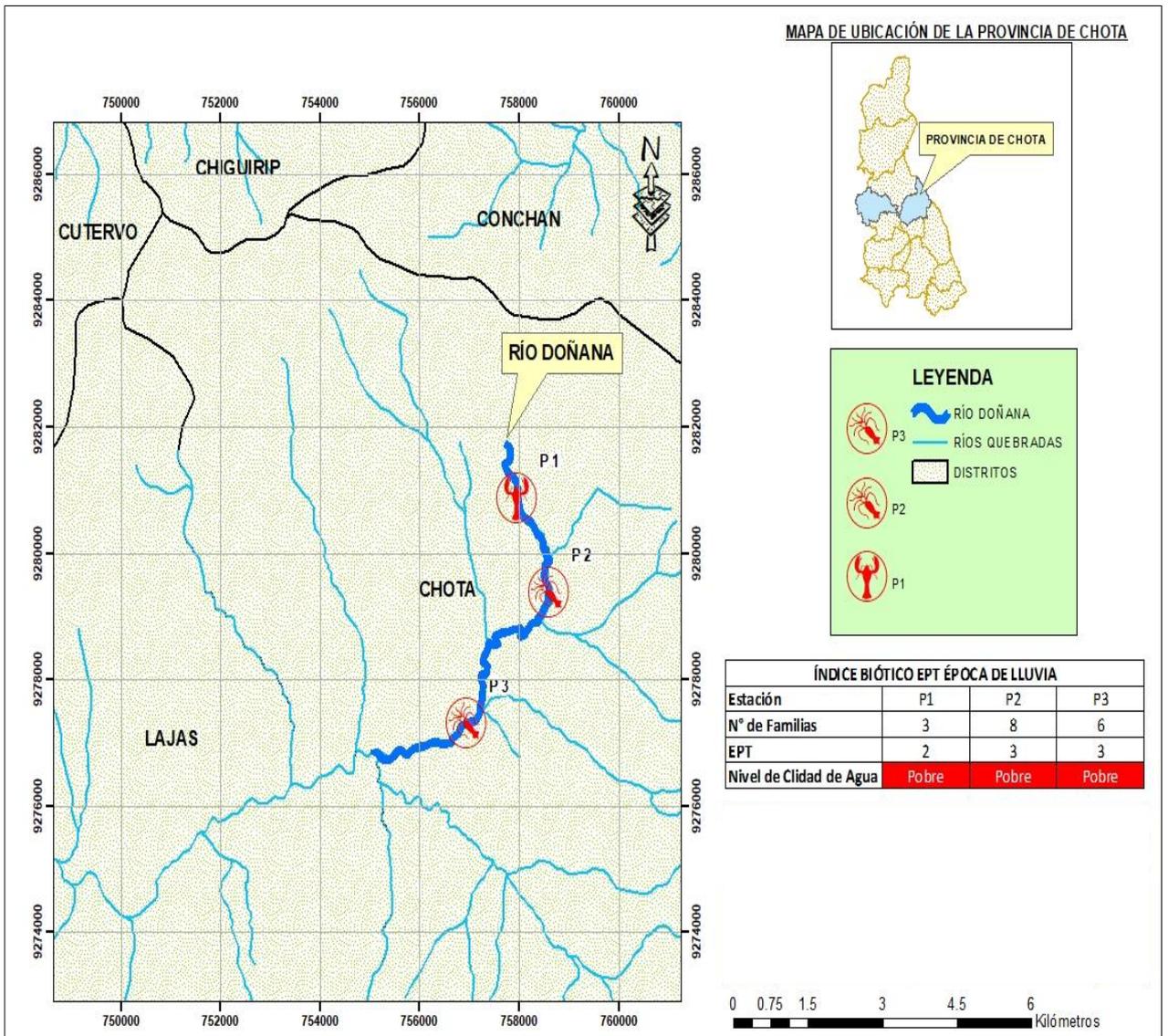
**Figura 8.** Mapa de Índice Biótico Andino (ABI), época de estiaje.



Según se observa en la figura, los resultados para el ABI en época de estiaje, en los puntos de muestreo P1, P2, nos arroja una mala calidad del agua y en el punto P3 la calidad de agua es Moderada. Este puntaje se interpreta de acuerdo al número de familias, ya que varía entre 3 a 5.

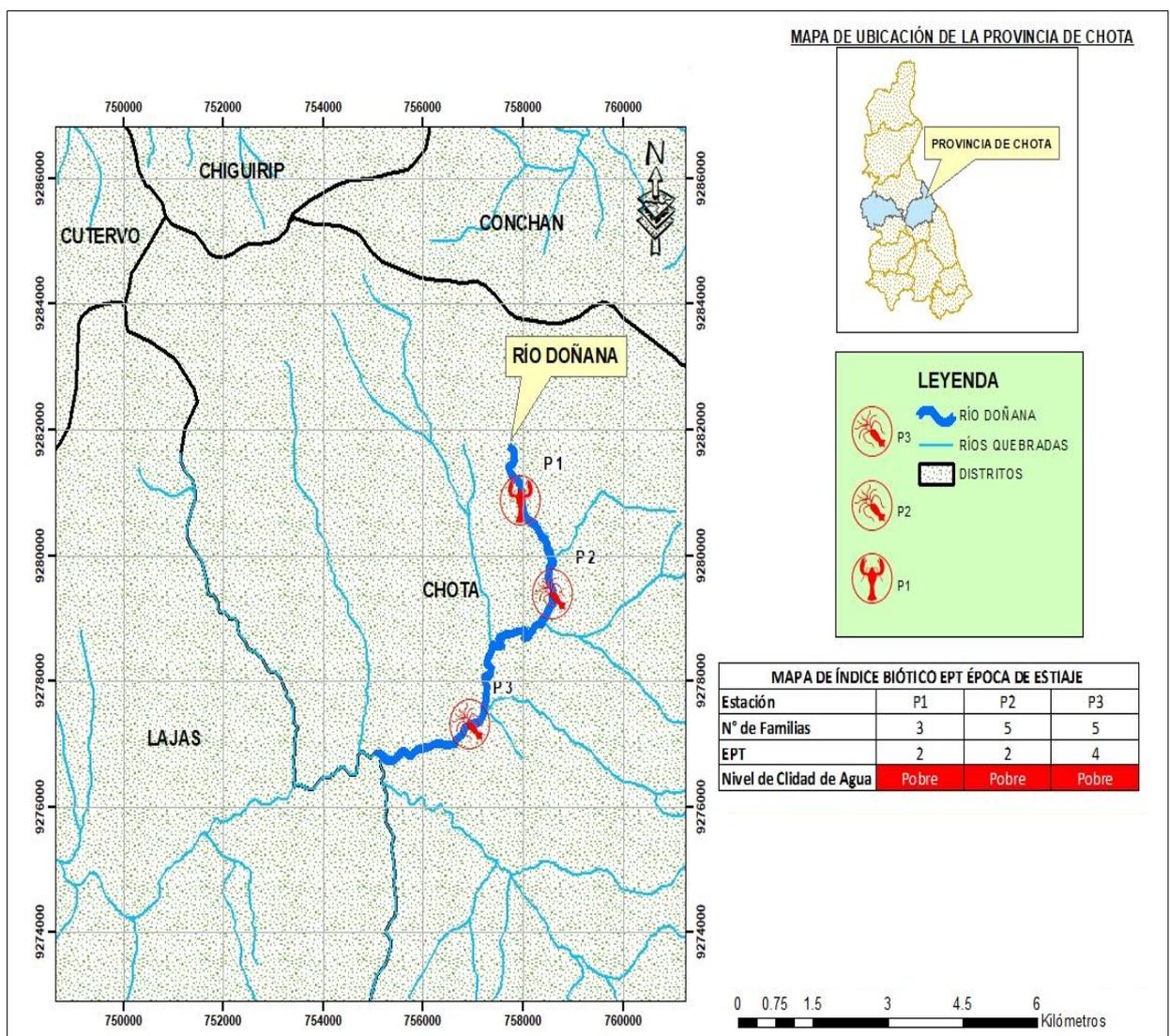
#### 4.3.2. Índice biótico Trichoptera, Ephemeroptera y Plecoptera (EPT), época de lluvia y estiaje.

**Figura 9.** Mapa de Índice biótico Trichoptera, Ephemeroptera y Plecoptera (EPT), época de lluvia.



Según la figura 9, en época de lluvia, se observa que el índice EPT, valora la calidad de agua como pobre, en los tres puntos de muestreo P1, P2, P3. Considerando que los organismos de este índice se usan para evidenciar la buena calidad del agua, su ausencia indica que las aguas de este sector del río Doñana están fuertemente contaminadas.

**Figura 10.** Mapa de Índice biótico Trichóptera, Ephemeroptera y Plecoptera (EPT), época de lluvia.



En la figura 10, se presentan los resultados del índice EPT en época de estiaje, los tres puntos de muestreo presentaron una pobre calidad del agua. Se interpretan estos datos, debido a que este tipo de especies son altamente sensibles en aguas muy contaminadas, lo que se ha comprobado con los resultados obtenidos (Roldán Pérez, 2016).

Se esperaba que el P1, fuera un referente, porque se ubica antes del vertido de aguas residuales y de los criaderos de truchas, mientras que en el P2 ya se avista los criaderos de truchas, presencia de animales y vegetación en ambas márgenes del río. Y en P3 como se ubica en la parte baja del río, existe vegetación y que sería el hábitat de los macroinvertebrados, pero además la población aledaña vierte los residuos sólidos y lo utilizan como lavadero de ropa y carros.

#### **4.4. Calidad del agua a través de los estándares de calidad ambiental para agua categoría 3, D1: Riego de vegetales D2: Bebida de animales**

La temperatura obtenida en los tres puntos de muestreo, para la época de lluvia y estiaje, cumplen con lo establecido en el D.S. N° 004-2017-MINAM.

Los resultados registrados para el pH, en los tres puntos de muestreo en la época de lluvia cumplen con lo establecido en el mismo Decreto, por el contrario, en la época de estiaje en el punto de muestreo P2, P3, no cumplen con lo establecido en el ECA.

Para la conductividad eléctrica en época de lluvia y estiaje en los tres puntos de muestreo cumplen con lo establecido para la categoría 3.

Los resultados del oxígeno disuelto comparados con el ECA para agua, de acuerdo al D.S N°004-2017 MINAM- Categoría 3, D1: Riego de vegetales D2: Bebida de animales en todos los puntos de muestreo cumplen con lo establecido, en las dos épocas de muestreo.

**4.5. Contrastación de la hipótesis, según el diseño no experimental tipo transaccional descriptivo se concluyó:**

**Hipótesis de la investigación**

- Hi=La biodiversidad de macro invertebrados bentónicos del río Doñana en la provincia de Chota – Cajamarca es baja.

**Hipótesis estadística**

- Hipótesis nula: La biodiversidad de macro invertebrados bentónicos del río Doñana en la provincia de Chota – Cajamarca no es baja.

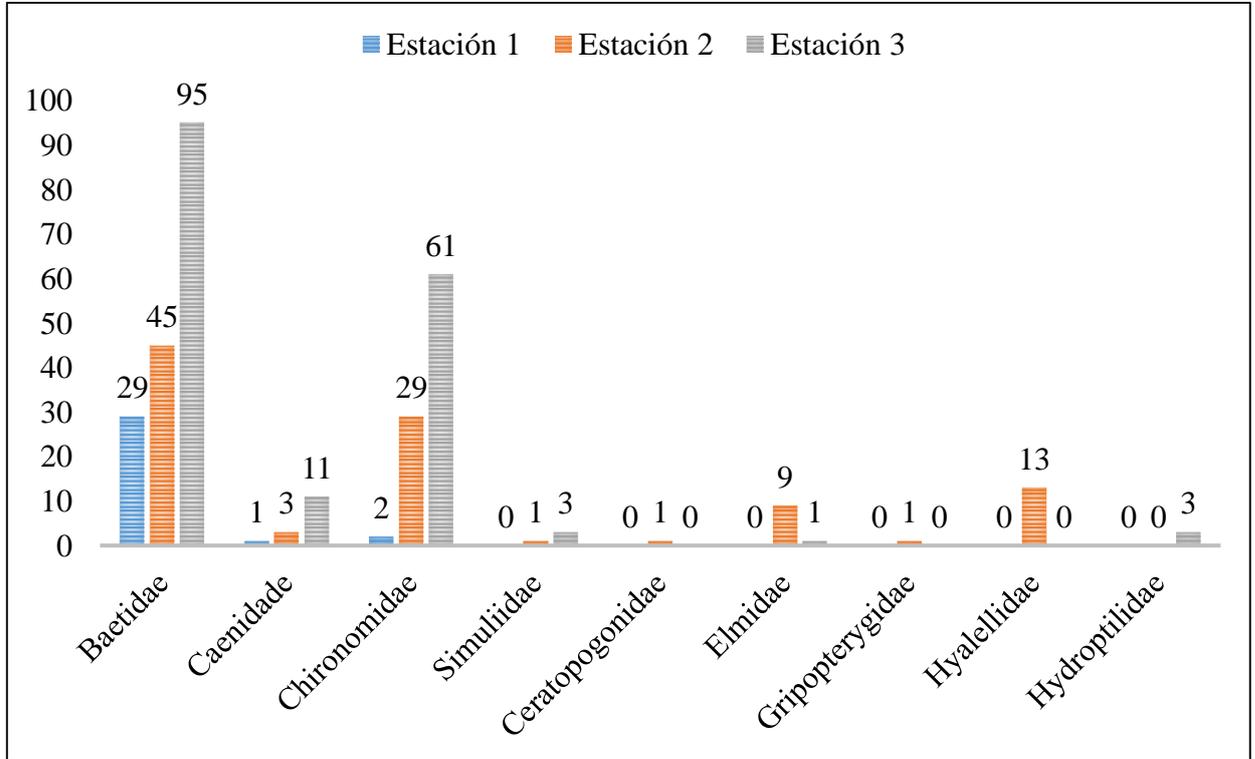
**Tabla 13.** Análisis de varianza de un factor, para especies, época de lluvia.

<b>Familia</b>	<b>N° de Estaciones de muestreo</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio</b>	<b>Varianza</b>
Baetidae	3	169	56.33	1185.33
Caenidade	3	15	5.00	28.00
Chironomidae	3	92	30.67	872.33
Simuliidae	3	4	1.33	2.33
Ceratopogonidae	3	1	0.33	0.33
Elmidae	3	10	3.33	24.33
Gripopterygidae	3	1	0.33	0.33
Hyaellidae	3	13	4.33	56.33
Hydroptilidae	3	3	1.00	3.00

La Tabla 13, muestra el promedio y cantidad de especies de macro invertebrado del río Doñana para época de lluvias. Siendo la familia más abundante la Baetidae (169), seguida de Chironomidae (92). Se identifica que la familia menos abundante fue Ceratopogonidae (1) y Gripopterygidae (1). En la Figura 11, se muestra la abundancia

de especies por estación de muestreo en el río Doñana y corresponde a la estación de muestreo 3.

**Figura 11.** Abundancia por familia en época de lluvias.



**Tabla 14.** Análisis de varianza Prueba Fisher en época de lluvias.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	P-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	9001.85	8.00	1125.23	4.66	0.0	2.51
Dentro de los grupos	4344.67	18.00	241.37			
Total	13346.52	26.00				

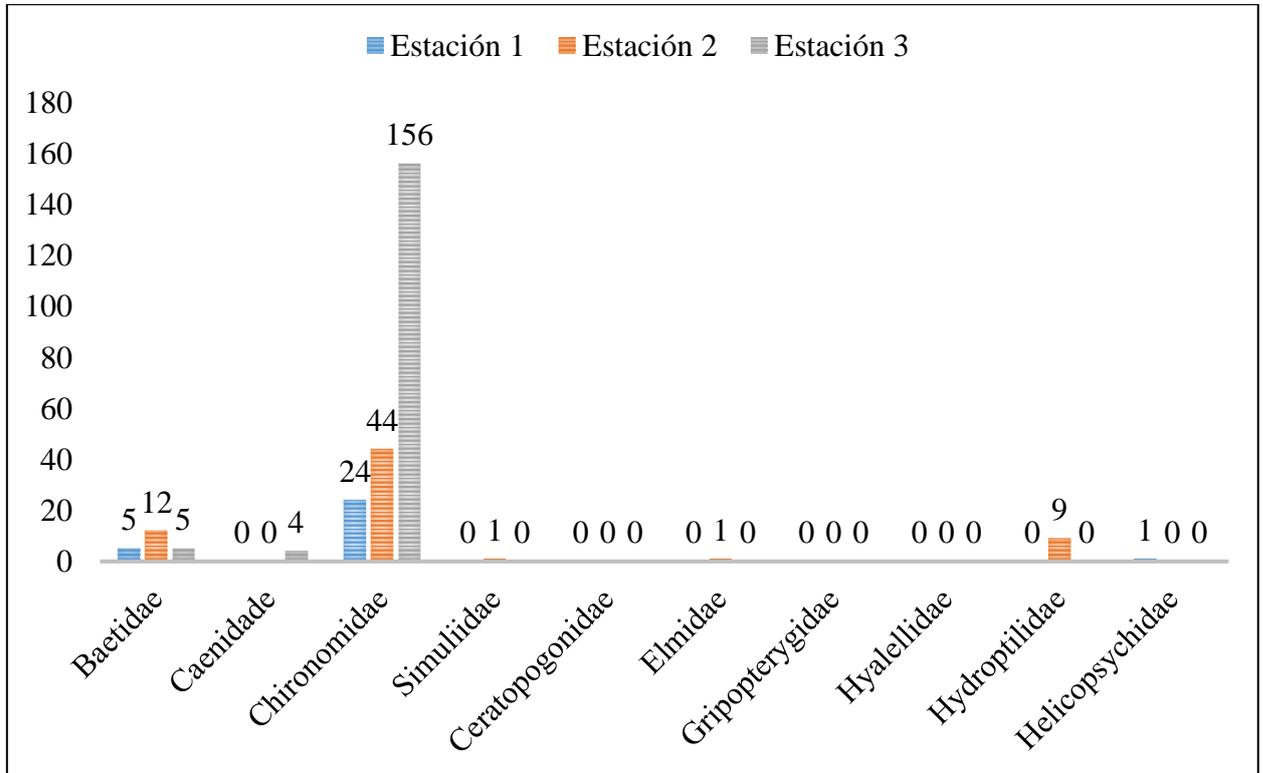
Se observa en la Tabla 14 que, en época de lluvia, el P-valor es menor al nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ), por tanto, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa. Se corrobora que el F crítico es menor que el estadístico F, por tanto, se acepta la hipótesis alternativa. Esta señala que la biodiversidad de macro invertebrados bentónicos del río Doñana en la provincia de Chota – Cajamarca es baja.

**Tabla 15.** Análisis de varianza de un factor para familias en época de estiaje.

<b>Familia</b>	<b>N° de Estaciones de muestreo</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio</b>	<b>Varianza</b>
Baetidae	3	22	7.33	16.33
Caenidade	3	4	1.33	5.33
Chironomidae	3	224	74.67	5061.33
Simuliidae	3	1	0.33	0.33
Ceratopogonidae	3	0	0.00	0.00
Elmidae	3	1	0.33	0.33
Gripopterygidae	3	0	0.00	0.00
Hyaellidae	3	0	0.00	0.00
Hydroptilidae	3	9	3.00	27.00
Helicopsychidae	3	1	0.33	0.33
Hydrobiosidae	3	2	0.67	1.33
Perlidae	3	13	4.33	56.33

La Tabla 15, muestra el promedio y cantidad de familias de macro invertebrado del río Doñana para época de estiaje. Siendo la más abundante la Chironomidae (224), seguida de Baetidae (22). Se identifica que la familia menos abundante fue Simuliidae (1), Helicopsychidae (1) y Elmidae (1), correspondiente a la estación de muestreo 1 y 2. Por otro lado, no se lograron identificar las especies Ceratopogonidae (0), Gripopterygidae (0), Hyaellidae (0) en época de estiaje. En la Figura 12, se muestra, que, en épocas de estiaje, Chironomidae fue más abundante sobre las demás especies identificadas, en la estación de muestreo 3.

**Figura 12.** Abundancia por familia, época de lluvias. Río Doñana.



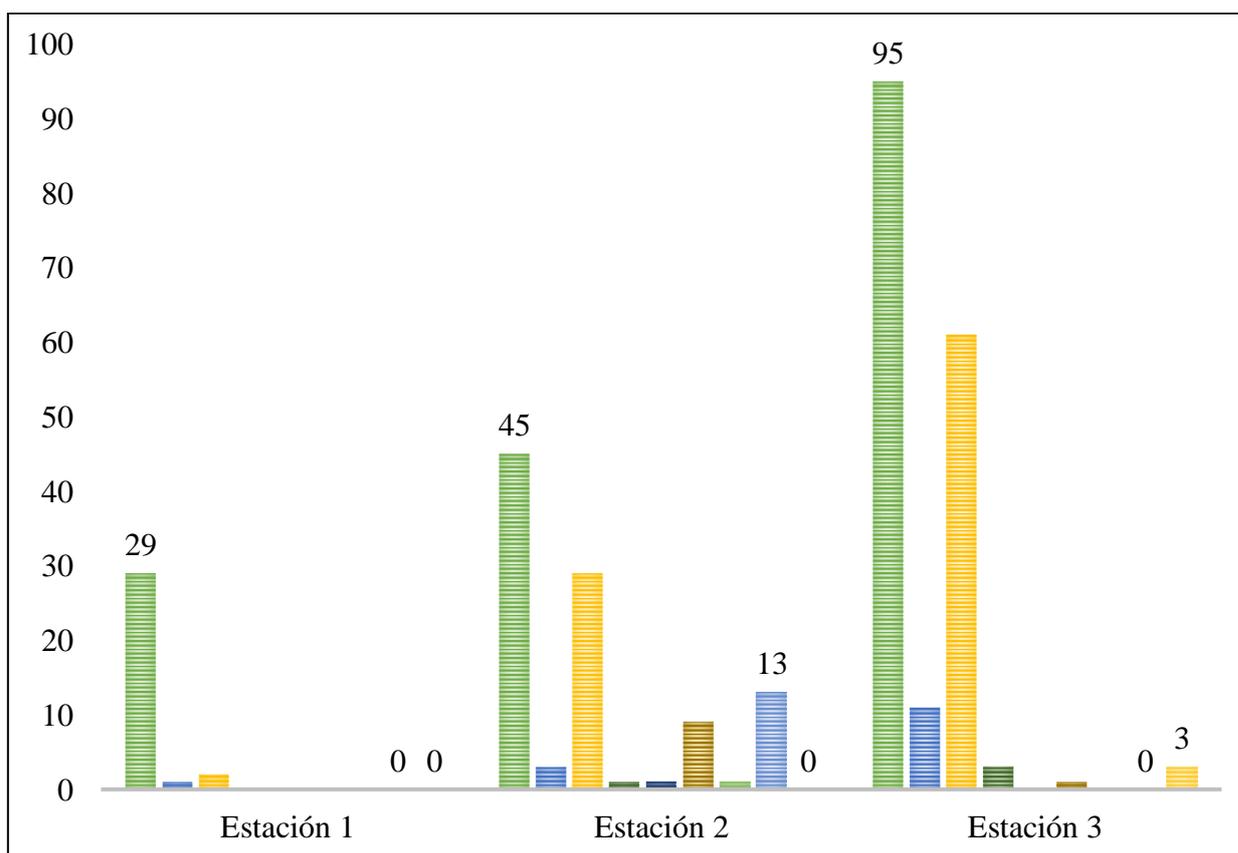
**Tabla 16.** Análisis de varianza, prueba Fisher. Época de estiaje

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	P-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	14846.31	11.00	1349.66	3.13	0.01	2.22
Dentro de los grupos	10337.33	24.00	430.72			
Total	25183.64	35.00				

Se observa en la Tabla 16, que el P-valor es menor al nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ), por tanto, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa. Asimismo, se corrobora que el F crítico es menor que el estadístico F, por tanto, se acepta la hipótesis alternativa. Esta señala que la biodiversidad de macro invertebrados bentónicos del río Doñana en la provincia de Chota – Cajamarca es baja. Este análisis se realizó con información tomada en época seca.

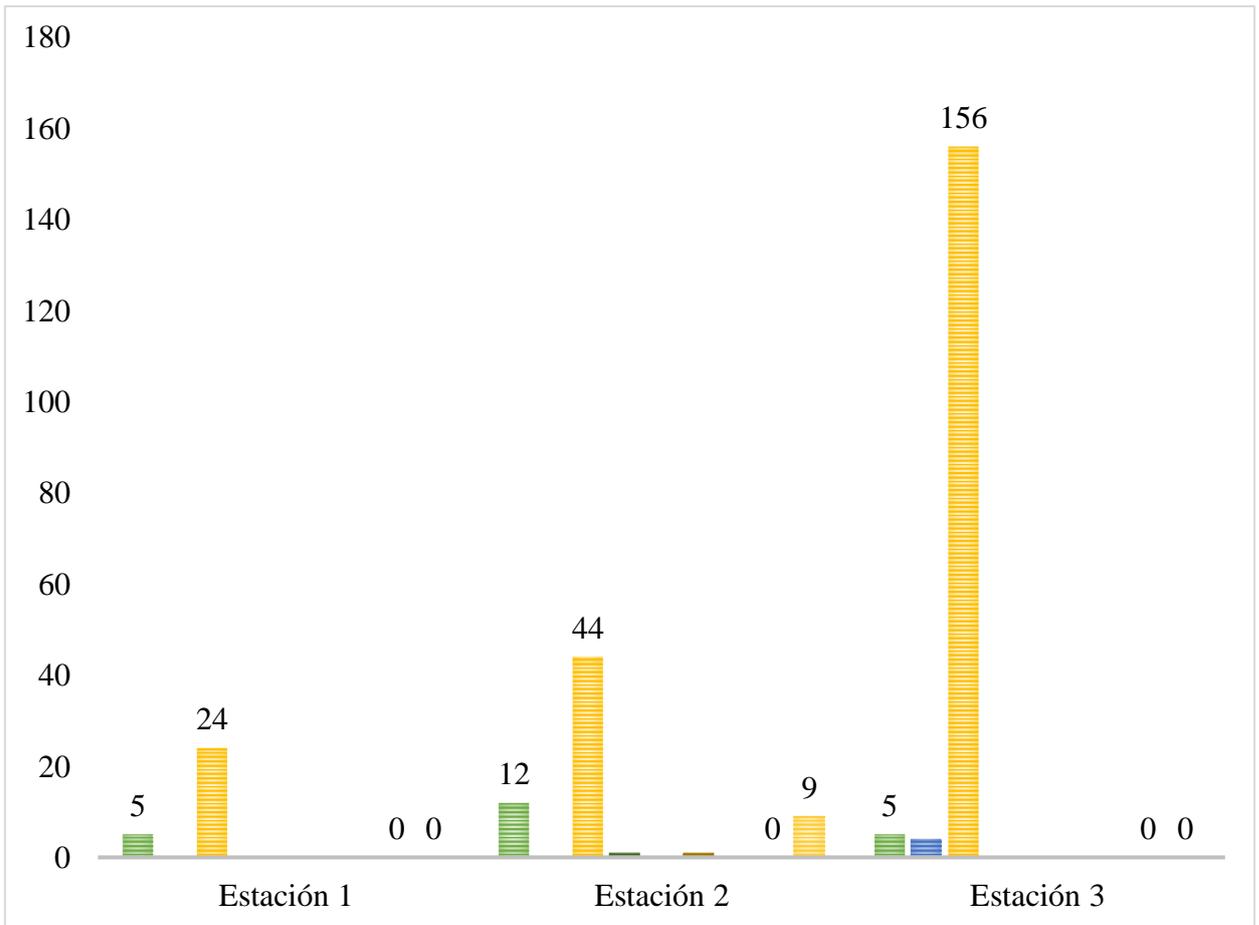
Finalmente comprobamos que la biodiversidad de macro invertebrados bentónicos del río Doñana en la provincia de Chota – Cajamarca es baja, tanto en los meses lluvias y épocas de estiaje, según se corrobora en el análisis estadístico. Esta hipótesis se fundamenta, cuando se identifica la abundancia, ver Figura 11 y 12. Asimismo, identificamos la riqueza de las estaciones de muestreo 1, 2 y 3, tanto para épocas de lluvias y estiaje del río Doñana, que se presentan en las Figura 13 y Figura 14. Donde resalta, la estación de muestro 3, ya que presenta mayor riqueza de especies que las estaciones de muestreo 1 y 2, en época de lluvia.

**Figura 13.** Riqueza de macro invertebrado en época de lluvias.



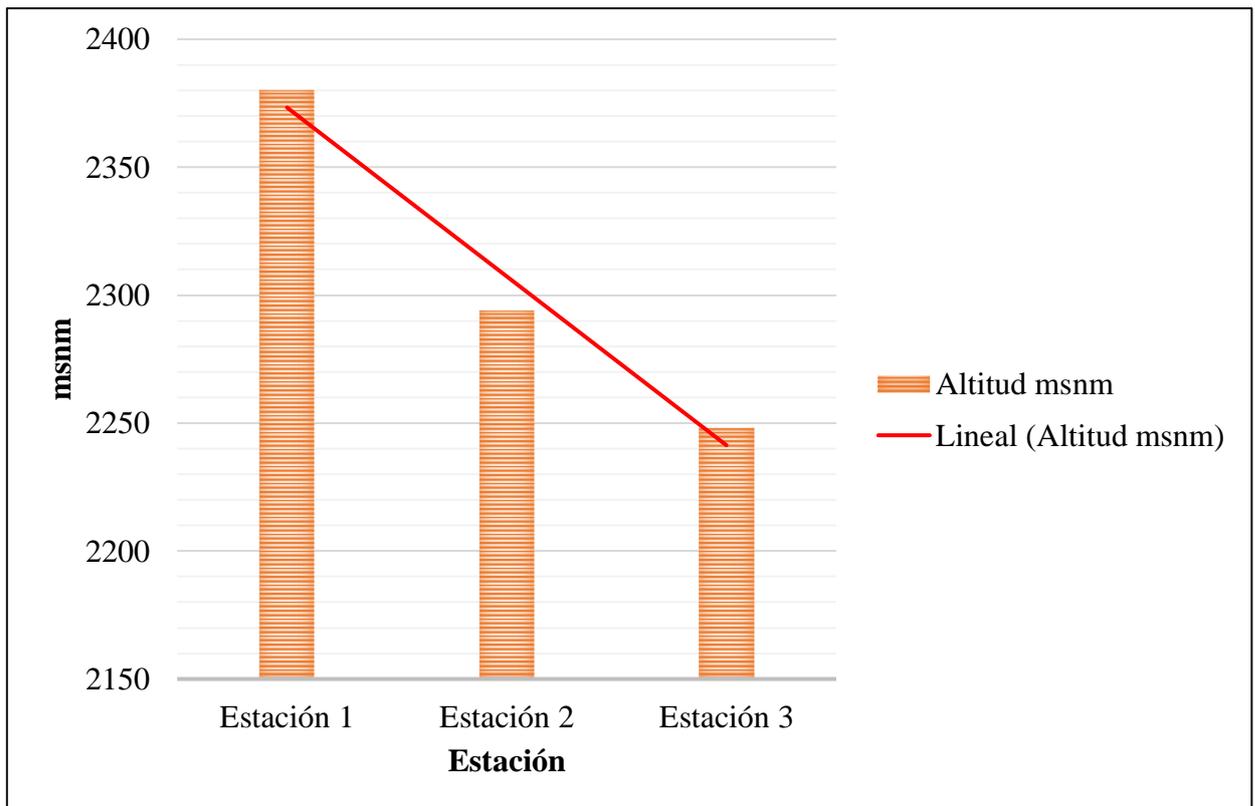
Se observa que la Figura 14, la estación de muestro 3, presenta mayor riqueza de especies que las estaciones de muestreo 1 y 2, en época de estiaje.

**Figura 14.** Riqueza de macro invertebrado en época de estiaje.



En la época de lluvias, la estación de muestra 2 y 3, presentan mayor número de especies. Y en época de estiaje la estación de muestra 3, presenta bajo número de especies. Por otro lado, el factor geomorfológico del río, es decir, pendiente, ancho y profundidad de corriente influye en alta y baja abundancia y riquezas de las especies del río Doñana. Asimismo, la Figura 15 demuestra que la abundancia y riqueza de las especies están influenciadas por la altitud topográfica, es decir, existe una relación directa entre las especies identificadas en la muestra 3 y el transporte de sedimentos depositados por el régimen de caudales en la parte baja.

**Figura 15.** Ubicación de estaciones de muestreo, según la altitud en msnm.



## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES**

Se evaluó la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Doñana en la Provincia de Chota – Cajamarca y se determinó que para la época de lluvia y estiaje se obtuvo los valores de 2,79 y 2,13, respectivamente lo cual nos indica que el río Doñana es un ecosistema con biodiversidad media.

Se identificó la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Doñana en época de lluvia, con un total de 17 especies y 308 individuos, se observaron los siguientes ordenes, Ephemeroptera, Coleoptera, Plecoptera, Diptera, Ampypoda y las siguientes familias, Baetidae, Caenidade, Chironomidae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Elmidae, Gripopterygidae, Hyalellidae, Hydroptilidae. Las familias con menor número de individuos fueron: Caenidade, Simuliidae, Ceratopogonidae, Gripopterygidae, Elmidae, todas ellas con 1 individuo y las familias con mayor número de individuos: Baetidae (95), Chironomidae (61) y Hyalellidae (13). En época de estiaje, se identificaron un total de 13 especies y 277 individuos, de los siguientes ordenes: Ephemeroptera, Diptera, Trichoptera, Coleoptera, Plecoptera y las siguientes familias: Baetidae, Chironomidae, Helicopsychidae, Simuliidae, Elmidae, Hydroptilidae, Perlidae, Tricorythidae, siendo las familias con menor número de individuos durante esta época fueron: Helicopsychidae, Simuliidae, Elmidae, cada uno con 1 individuos y las familias con mayor número de individuos fueron: Chironomidae (156), Perlidae (13), Baetidae (12).

Se determinó la calidad de agua a través de los parámetros físicos y químicos como el oxígeno disuelto (mg/L), conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y pH evaluados en el río Doñana en época de lluvia y estiaje, y los resultados obtenidos en las tres

estaciones, se encuentran dentro del ECA D.S. N° 004-2017-MINAM, para la categoría 3 y sub categoría D1, riego de vegetales y D2, bebida de animales, con la excepción en la época de estiaje en el punto de muestreo P2, P3, los resultados para el pH, no cumplieron con lo establecido en el ECA.

Se contrastó los índices ABI, EPT y IBF de macroinvertebrados bentónicos del río Doñana, Chota-Cajamarca, donde se obtuvo que la calidad ecológica del agua para los 3 puntos de muestreo en épocas de lluvia y estiaje fueron de condición moderada a mala.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R. (2009). *Estudio de la cuenca alto andina del río Cañete (Perú): distribución altitudinal de la comunidad de Macroinvertebrados bentónicos y caracterización hidroquinona de sus cabeceras cársticas*. Tesis Doc. Barcelona, ES. Universidad de Barcelona. Recuperado de [http://www.ub.edu/riosandes/docs/TESIS\\_RAUL\\_ACOSTA.pdf](http://www.ub.edu/riosandes/docs/TESIS_RAUL_ACOSTA.pdf)
- Aguirre Pesantez, J. (2017). *Relación entre la composición y estructura de macroinvertebrados acuáticos y la cobertura vegetal ribereña de cuatro tributarios del río Oglán Pastaza-Ecuador*: Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Central del Ecuador. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/11042>
- Alvares, S., & Pérez, L. (2007). *Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras*. Honduras: Tesis de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómicos y Ambiente, Universidad de Zamorano. Honduras. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/e315914f-3926-41cd-b071-f325ff7010e5/content>
- Baselga, A. & Gómez Rodríguez, C. (2019). *Diversidad alfa, beta y gamma: ¿cómo medimos diferencias entre comunidades biológicas?* Nova Acta Científica Compostelana (Biología), 26: 39-45 (2019) - ISSN 2340-0021. Recuperado de <http://webspersoais.usc.es/persoais/andres.baselga/pdfs3/Baselga-Gomez-Rodriguez2019.pdf>

- Cammaerts, D; Cammaerts, R; Riboux, A; Vargas, M; Laviolette, F. (2008). *Bioindicación de la Calidad de los cursos de agua del valle central de Tarija (Bolivia) mediante Macroinvertebrados acuáticos*. Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental 22:19-40. Recuperado de <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BE2021104703>
- Carvajal Atencio, Marco Abel. (2014). *Geografía de Chota. Perfil Antropológico de la provincia de Chota*. Editorial: Sociedad Geográfica De Lima. Edición:1 / 2014. ISBN: 978-612-46668-6-5. Recuperado de <https://www.socgeolima.org.pe/images/publicaciones/Geografia-de-Chota.pdf>
- Carrera, C., Fierro, K. (2001). *Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. 1ra edición. Editorial Eco Ciencia. Quito - Ecuador. Recuperado <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>
- Cedeño, Y., y Moreira, M. (2019). *Calidad de Agua mediante Macroinvertebrados Acuáticos en el Humedal la Segua. (Tesis de Pregrado)*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Ecuador.
- Córdova, S.; Gaete, H.; Aránguiz, F.; Figueroa, R. 2009. *Evaluación de la calidad de las aguas del estero Limache (Chile central), mediante bioindicadores y bioensayos*. Lat. Am. J. Aquat. Res. 73: 199-209. Recuperado de [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-560X2009000200007&script=sci\\_abstract](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-560X2009000200007&script=sci_abstract)
- Correa, I. (2000). *Desarrollo de un índice biótico para evaluar la calidad de ecológica del agua*. Departamento de Biología. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias Universidad de los Andes. Venezuela. Recuperado de

[https://www.researchgate.net/profile/Samuel-Segnini/publication/44377870\\_Desarrollo\\_de\\_un\\_indice\\_biotico\\_para\\_evaluar\\_la\\_calidad\\_ecologica\\_del\\_agua\\_en\\_los\\_rios\\_de\\_la\\_Cuenca\\_Alta\\_del\\_Rio\\_Chama\\_utilizando\\_macroinvertebrados\\_benticos\\_Ingrit\\_Y\\_Correa\\_A/links/02e7e538fc345baeae000000/Desarrollo-de-un-indice-biotico-para-evaluar-la-calidad-ecologica-del-agua-en-los-rios-de-la-Cuenca-Alta-del-Rio-Chama-utilizando-macroinvertebrados-benticos-Ingrit-Y-Correa-A.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Samuel-Segnini/publication/44377870_Desarrollo_de_un_indice_biotico_para_evaluar_la_calidad_ecologica_del_agua_en_los_rios_de_la_Cuenca_Alta_del_Rio_Chama_utilizando_macroinvertebrados_benticos_Ingrit_Y_Correa_A/links/02e7e538fc345baeae000000/Desarrollo-de-un-indice-biotico-para-evaluar-la-calidad-ecologica-del-agua-en-los-rios-de-la-Cuenca-Alta-del-Rio-Chama-utilizando-macroinvertebrados-benticos-Ingrit-Y-Correa-A.pdf)

Cota, L; Goulart, M; Moreno, P; Castillo, M. (2002). *Evaluación rápida de la calidad del agua del río mediante un índice BMWP adaptado: una herramienta práctica para evaluar la salud del ecosistema*. Verh. Internat. Verein. Limnol 28, 1-4.

Custodio, M., Chanamé, F. (2016). *Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú*. UPG, Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente, Universidad Nacional del Centro del Perú. Av. Mariscal Castilla. N° 3989-4089, Huancayo-Perú. Recuperado [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2077-99172016000100004](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172016000100004)

Daza Rodríguez, M. & Patiño Ramírez, D. (2016). *Bioindicación de la Calidad del Agua de Río Subachoque Mediante el Uso de Macroinvertebrados Acuáticos y Parámetros Físicoquímicos como una Integración Espacial Y Temporal*. Recuperado <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4289/Pati%C3%B1oDerlyDazaMar%C3%ADa2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Domínguez, E & Fernández, H. (2009). *Guía de Identificación: Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos, Sistemática y Biología. 1a ed.* - Tucumán:

Fundación. Miguel Lillo. Recuperado de [https://www.academia.edu/29060016/Macroinvertebrados\\_bent%C3%B3nicos\\_Sudamericanos\\_Sistem%C3%A1tica\\_y\\_Biolog%C3%ADa](https://www.academia.edu/29060016/Macroinvertebrados_bent%C3%B3nicos_Sudamericanos_Sistem%C3%A1tica_y_Biolog%C3%ADa)

Endara, A. (2012). *Identificación de macroinvertebrados bentónicos en los ríos: Pindo Mirador, Alpayacu y Pindo Grande; determinación de su calidad de agua.* Enfoque UTE 3(2), 33-41. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/5722/572260836003.pdf>

Flores, D. (2014). *Guía para la vigilancia ambiental con macroinvertebrados bentónicos en Cajamarca.* Cajamarca, Perú: Asociación Catalana D Eginyeria Sense Fronters. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/259587195/Guia-de-Vigilancia-Ambiental-Con-MIB-GRUFIDES>

Guerrero-Bolaño F, Manjarres- Hernández A, Nuñez-Padilla N. 2003. *Los macroinvertebrados bentónicos de Pozo Azul (cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua.* Acta Biol Colomb 8: 43-55. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/26670>

Gonzales, C., & Maestre, J. (2014). *Bentos (Macroinvertebrados). En la Universidad Nacional de San Marcos, Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú.* Recuperado <https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/M%C3%A9todos-de-Colecta-identificaci%C3%B3n-y-an%C3%A1lisis-de-comunidades-biol%C3%B3gicas.compressed.pdf>

- González Gónzales, Sulay; Ramírez, Yuly; Meza S., Ana; Dias, Lucimar (2012). *Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales*. *BOLETÍN CIENTÍFICO MUSEO DE HISTORIA NATURAL*. Recuperado <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v16n2/v16n2a12.pdf>
- Jiménez, C., Torres, R., Martínez, P., (2010). *La biodiversidad biológica nacional es un capital amenazado por la desaparición de especies y ecosistemas. Este es el escenario*. p 8. Recuperado de [https://www.uam.mx/difusion/casadeltiempo/36\\_iv\\_oct\\_2010/casa\\_del\\_tiempo\\_eIV\\_num36\\_09\\_16.pdf](https://www.uam.mx/difusion/casadeltiempo/36_iv_oct_2010/casa_del_tiempo_eIV_num36_09_16.pdf)
- Ladrela, R. (2012). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. Páginas de Información Ambiental N° 39. Recuperado de [https://www.ehu.eus/ikastorratza/11\\_alea/macro.pdf](https://www.ehu.eus/ikastorratza/11_alea/macro.pdf)
- Linares Zelada, JF. (2018). “*Caracterización fisicoquímica y de macro invertebrados bentónicos de los ríos Perlamayo y Tacamache, Distrito de Chugur Cajamarca.*” Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2485>
- Metcalfé, L. (1994). *Evaluación biológica de la calidad del agua de los ríos: uso de comunidades de macroinvertebrados*. En: Peter C., Jeffrey E.P. (eds). *El Manual del Río: Principios Hidrobiológicos y Ecológicos*. Blackwell Scientific Publications press, Oxford.
- Mejía Burgos, O. 2016. *Contaminación de agua por metales producto de la actividad minera metálica en el río Zaña, ChiclayoLambayeque – junio 2014- abril 2015*.

- Tesis Ingeniero Ambiental. Universidad de Lambayeque. Recuperado de <http://repositorio.udl.edu.pe/handle/UDL/76>
- Mesa, L. (2010). Hydraulic parameters and longitudinal distribution of macroinvertebrates in subtropical Andean basin. *Interciencia* 35(10):759-764.
- Medina, Y. 2011. *Macroinvertebrados bentónicos indicadores de contaminación en el río Chili entre junio a agosto del 2011*. Universidad Nacional de San Agustín.
- MINAM. (2017). D.S N° 004-2017-MINAM. LIMA, PERÚ: Ministerio del Ambiente, Lima, Perú.
- Mora Tisnado M., Medina Tafur C., Polo-Corro JL., Hora RevillaM. 2020. *Calidad Del Agua Según Los Macroinvertebrados Bentónicos Y Parámetros Fisicoquímicos En La Cuenca Del Río Huacamaranga (La Libertad, Perú)*. Revista de Investigación Científica REBIOL ISSN 2313-3171, Año 2020, Número 40 (1): 85 – 98. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.01.10>
- Moreno, CE. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA*, vol.1. Zaragoza. Recuperado de <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Moya, N. (2006). *Índice multimétrico de integridad biótica para la Cuenca del Río Chipiriri*, Cochabamba-Bolivia. Tesis Mag. Sc. La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Bolivia. Recuperado de <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/463>
- Ortiz, W. (2012). *Distribución Espacio – Temporal de la Comunidad de Trichoptera (Insecta) en tributarios de pequeño orden del río Rímac, Huarochirí, Lima*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Recuperado de  
[https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/1428/Ortiz\\_mw.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/1428/Ortiz_mw.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ortega, H.; Chocano, L.; Palma, C.; Samanez, I. 2010. *Biota acuática en la Amazonia Peruana: diversidad y usos como indicadores ambientales en el Bajo Urubamba (Cusco – Ucayali)*. Rev. Peru. Biol. 17: 29-35. Recuperado de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-99332010000100003](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332010000100003)

Oscoz, J. (2009). *Macroinvertebrados de la Cuenca de Ebro: descripción de taxones y guía de identificación* Publicación para la identificación de los macroinvertebrados fluviales en relación a la estimación de índices bióticos. Barcelona: Barcelona, España. recuperado de <https://docplayer.es/18701694-Macroinvertebrados-de-la-cuenca-del-ebro-descripcion-de-taxones-y-guia-de-identificacion.html>

Palma, A. (2013). *Guía para la identificación de invertebrados acuáticos*. Chile. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Alejandro\\_Palma4/publication/318970118\\_GUIA\\_PARA\\_LA\\_IDENTIFICACION\\_DE\\_MACROINVERTEBRADOS\\_ACUATICOS\\_DE\\_CHILE/links/5988e63aaca27266ada4db7b/GUIA-PARA-LA-IDENTIFICACION-DE-MACROINVERTEBRADOS-ACUATICOS-DE-CHILE.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alejandro_Palma4/publication/318970118_GUIA_PARA_LA_IDENTIFICACION_DE_MACROINVERTEBRADOS_ACUATICOS_DE_CHILE/links/5988e63aaca27266ada4db7b/GUIA-PARA-LA-IDENTIFICACION-DE-MACROINVERTEBRADOS-ACUATICOS-DE-CHILE.pdf)

Peralta, E. (2019). *Situación de la calidad de agua de la laguna Huacachina en base a indicadores biológicos*. (Tesis de Maestría). Universidad Ricardo Palma, Perú.

Recuperado de <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2422?locale-attribute=en>

Prat, N., Ríos, B., Acosta R. y Rieradevall, M. (2009). *Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas*. En E. Domínguez y H. Fernández (Ed.), *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología* (pp. 631-654). San Miguel de Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo. Recuperado de <http://www.ub.edu/riosandes/docs/MacroIndLatinAmcompag0908.pdf>

Prieto, J. (2004). *El agua, sus formas, efectos, abastecimiento, usos, daños, control y conservación*. Bogotá: Eco Ediciones. Recuperado de <https://www.worldcat.org/title/agua-sus-formas-efectos-abastecimientos-usos-danos-control-y-conservacion/oclc/56573136>

Portal Agrario. «*Historia del Riego y Drenaje en Perú*». Portal Agrario. Archivado desde el original el 7 de marzo de 2008. Recuperado en [http://www.minag.gob.pe/hidro\\_drenaje.shtml](http://www.minag.gob.pe/hidro_drenaje.shtml).

Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col*. Universidad de Antioquia, Antioquia, Colombia. Recuperado de <https://books.google.com.co/books?id=ZEjgIKZTF2UC&printsec=frontcover>

Roldan, G. (2016). *Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica*. Colombia: Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 40(155), 254-274. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v40n155/v40n155a07.pdf>

- Roldán, G. & Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. Recuperado de [https://www.academia.edu/41460514/FUNDAMENTOS\\_DE\\_LIMNOLOGIA\\_NEOTROPICAL\\_2DA\\_ED\\_ROLDAN\\_RAMIREZ](https://www.academia.edu/41460514/FUNDAMENTOS_DE_LIMNOLOGIA_NEOTROPICAL_2DA_ED_ROLDAN_RAMIREZ)
- Romero Gonzáles, DJ; Tarrillo Sánchez, HJ. 2017. *Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca, durante agosto, diciembre 2016 y marzo 2017*. (Tesis de pregrado). Universidad de Lambayeque Perú. Recuperado de <http://repositorio.udl.edu.pe/handle/UDL/97>
- Rosero, D; Fossati, O. (2009). *Comparación entre dos índices bióticos para conocer la calidad del agua en ríos del páramo de Papallacta*. *Índices Bióticos*. AguAndes: GEUA, IRD. Recuperado de <https://docplayer.es/24218764-Comparacion-entre-dos-indices-bioticos-para-conocer-la-calidad-del-agua-en-rios-del-paramo-de-papallacta.html>
- Sabino, Carlos (1992). *El proceso de la investigación*. Ed. Panapo, Caracas, 216 págs. Publicado también por Ed. Panamericana, Bogotá, y Ed. Lumen, Buenos Aires. Recuperado de [http://paginas.ufm.edu/sabino/ingles/book/proceso\\_investigacion.pdf](http://paginas.ufm.edu/sabino/ingles/book/proceso_investigacion.pdf)
- Samanez, I., Rimarachín, V., Palma, C., Arana, J., Ortega, H., Correa, V., Hidalgo, M. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Museo de Historia Natural Departamentos de Limnología e Ictiología, ISBN: 978-612-4174-15-5. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp->

content/uploads/sites/21/2014/02/M%C3%A9todos-de-Colecta-  
identificaci%C3%B3n-y-an%C3%A1lisis-de-comunidades-  
biol%C3%B3gicas.compressed.pdf

Sierra Ramírez, CA. (2011). *Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico*. Universidad de Medellín, 1ª edición. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11407/2568>

Solis, David (2015). *Financiamiento Ambiental y Climático* (1ra edición). Lima, Perú. Recuperado de [https://cies.org.pe/wp-content/uploads/2016/07/019-david\\_solis.pdf](https://cies.org.pe/wp-content/uploads/2016/07/019-david_solis.pdf)

Springer, M. (2010). *Biomonitoreo acuático*. Revista de Biología Tropical. Revista de Biología Tropical VI. 58(4):53. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/449/44922967003.pdf>

Van Hofwegen, Paul & Frank Jaspers (2000), *Marco analítico para el manejo integrado de recursos hídricos: lineamientos para la evaluación de marcos institucionales*, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), febrero de 2000, Washington, D.C. Recuperado de <http://www.iadb.org/sds/doc/ENV%2DPVanHofwegenS.pdf>

Vásquez, A.V. 2014. Diseños experimentales con SAS. Edita CONCYTEC FONDECYT. Cajamarca, Perú. Pag: 133-135. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v18n1/a07v18n1.pdf>

Vásquez, V., y Medina T. (2015). Evaluación de la calidad de agua según los macro invertebrados bentónicos y algunos parámetros físico –químicos en la microcuenca del río Tablachaca, Pampas, Pallasca. Ancash. Perú 2014. *Rebiol* Vol. 35 (2): 75-89.

Water Resources Commissioner (WRC). (2001). *Hechos del agua*. 2 ed.

Yépez Rosado, Ángel; Yépez Yanez, Ángel; Urdánigo Zambrano, Juan; Carolina Morales Cabezas, Diana; Guerrero Chuez, NormaCecili; TayHing, Carolina (2017). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador*. *Cienc Tecn UTEQ*, 10, 27 – 34. Recuperado de <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/citationstylelanguage/get/acm-sig-proceedings?submissionId=196&publicationId=194>

## **CAPÍTULO VII**

### **ANEXOS**

**ANEXO 1:** DS. N° 004- 2017- MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementaria.

## **Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias**

**DECRETO SUPREMO  
N° 004-2017-MINAM**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;

Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para agua;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad,

publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

### **Artículo 1.- Objeto de la norma**

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

### **Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua**

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

### **Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua**

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

#### **3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional**

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

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

##### **- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección**

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

##### **- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional**

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

##### **- A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado**

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

##### **b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación**

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente.

**- B1. Contacto primario**

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

**- B2. Contacto secundario**

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

**3.2 Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales**

**a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras**

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (Ej.: ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabrillas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (Ej.: erizos y estrella de mar) y tunicados.

**b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras**

Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

**c) Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras**

Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras marino portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

**d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas**

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

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

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

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

**- Agua para riego no restringido**

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

**- Agua para riego restringido**

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

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

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno,

equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

**3.4 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático**

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

**a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos**

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

**b) Subcategoría E2: Ríos**

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

**- Ríos de la costa y sierra**

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

**- Ríos de la selva**

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

**c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos**

**- Estuarios**

Entiéndase como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.

**- Marinos**

Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precísese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reuso.

**Artículo 4.- Asignación de categorías a los cuerpos naturales de agua**

4.1 La Autoridad Nacional del Agua es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías establecidas en el presente Decreto Supremo atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente.

4.2 En caso se identifique dos o más posibles categorías para una zona determinada de un cuerpo natural de agua, la Autoridad Nacional del Agua define la categoría aplicable, priorizando el uso poblacional.

**Artículo 5.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio**

5.1 Los parámetros de los ECA para Agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.

b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.

c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos,

recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de dicha Autoridad.

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA  
DEROGATORIA**

**Única.- Derogación de normas referidas a Estándares de Calidad Ambiental para Agua**

Derógase el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los seis días del mes de junio del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD  
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN  
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS  
Ministra del Ambiente

GONZALO TAMAYO FLORES  
Ministro de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ-CALDERÓN  
Ministro de la Producción

PATRICIA J. GARCÍA FUNEGRA  
Ministra de Salud

EDMER TRUJILLO MORI  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

**ANEXO**

**Categoría 1: Poblacional y Recreacional**

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

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

**Tabla 17.** Número de especies en épocas de lluvias, río Doñana

id	Baetidae	Caenidae	Chironomidae	Simuliidae	Ceratopogonidae	Elmidae	Gripopterygidae	Hyaellidae	Hydroptilidae
<b>Estación 1</b>	29	1	2	0	0	0	0	0	0
<b>Estación 2</b>	45	3	29	1	1	9	1	13	0
<b>Estación 3</b>	95	11	61	3	0	1	0	0	3

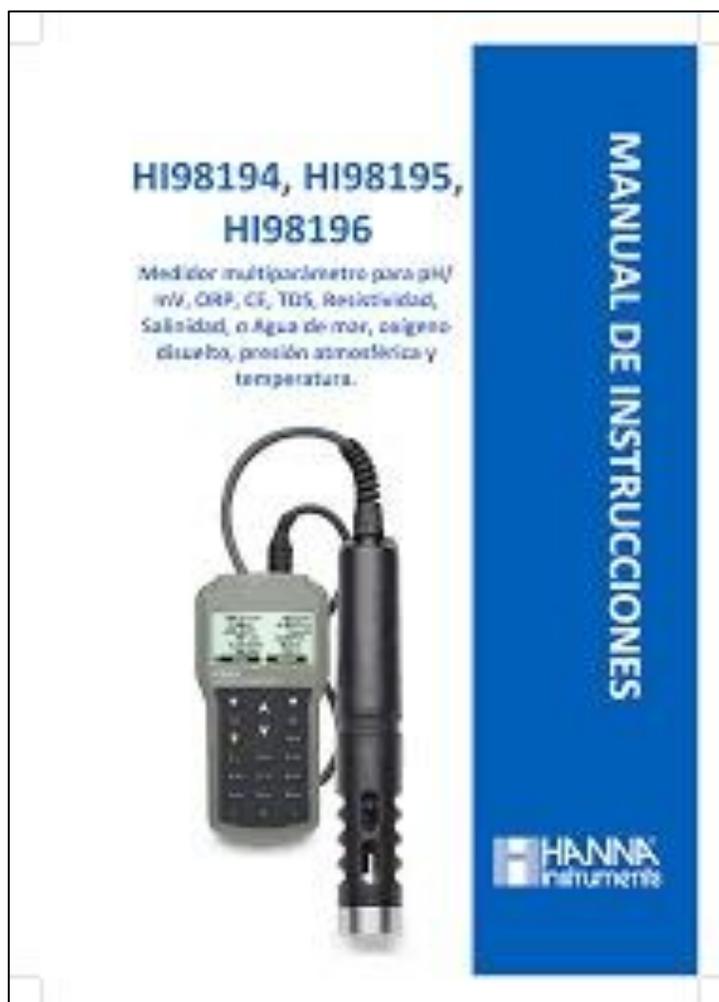
**Tabla 18.** Número de especies en épocas de estiaje, río Doñana

id	Baetidae	Caenidae	Chironomidae	Simuliidae	Ceratopogonidae	Elmidae	Gripopterygidae	Hyaellidae	Hydroptilidae	Helicopsychidae	Hydrobiosidae	Perlidae
<b>Estación 1</b>	5	0	24	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<b>Estación 2</b>	12	0	44	1	0	1	0	0	9	0	0	0
<b>Estación 3</b>	5	4	156	0	0	0	0	0	0	0	2	13

# APÉNDICES

## APÉNDICE 1: Panel fotográfico

**Figura 16.** Manual del Multiparametro HI 9828, utilizado para el muestreo fisicoquímico.



**Figura 17.** Red Surber para colecta de Macroinvertebrados Bentónicos.



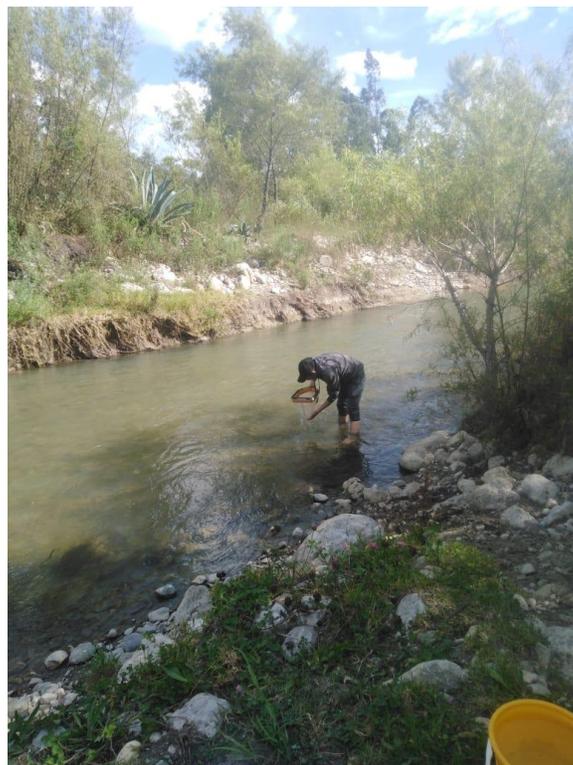
**Figura 18.** Evaluación de parámetros fisicoquímicos con el Medidor Multiparámetro.



**Figura 19.** Toma de coordenadas en cada punto de muestreo en Río Doñana.



**Figura 20.** Colecta de los macroinvertebrados bentónicos con la red Surber en el Río Doñana.



**Figura 21.** Etiquetado de muestras en el laboratorio.



**Figura 22.** Lavado de muestras en el laboratorio.



**Figura 23.** Identificación de muestras de macroinvertebrados en el laboratorio de Biología 1D-101 de la UNC.



**Identificación de algunas familias de macroinvertebrados que permitieron determinar los Índices bióticos.**

**Figura 24.** Organismo de la Familia Baetidae.



**Figura 25.** Organismos de la Familia Chironomidae.



**Figura 26.** Organismo de la Familia Perlidae.



**Figura 27.** Organismos de la Familia Helicopsychidae.



**Figura 28.** Organismo de Familia Helicopsychidae.



**Figura 29.** Organismo de la Familia Gripopterygidae.

