

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



**RELACIÓN ENTRE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y LA CALIDAD  
DEL AGUA A PARTIR DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LA  
QUEBRADA AGUA BLANCA – MONZÓN – HUÁNUCO – PERÚ - 2021**

Tesis

**Para optar el título de:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:**

**GRETHY MILAGROS MEJÍA CHUQUIZUTA**

**Tingo María – Perú**

**2023**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°015-2023-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 08 de marzo de 2023, a horas 3:00 p.m. a través de la plataforma virtual Ms Teams de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la Tesis titulada:

### **“RELACIÓN ENTRE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y LA CALIDAD DEL AGUA A PARTIR DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LA QUEBRADA AGUA BLANCA-MONZÓN-HUÁNUCO-PERÚ-2021”**

Presentado por el Bachiller: **MEJÍA CHUQUIZUTA, Grethy Milagros**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENO”**


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

Tingo María, 13 de marzo de 2023

  
Dr. CESAR SAMUEL LOPEZ LOPEZ  
PRESIDENTE



  
Dr. VICTOR MANUEL BETETA ALVARADO  
MIEMBRO

  
Mtblgo. M.Sc. LUIS ALBERTO SANCHEZ ROMERO  
MIEMBRO

  
Dr. LUIS EDUARDO ORE CIERTO  
ASESOR

  
Ing. JUAN DANIEL ORE CIERTO  
CO ASESOR



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL**  
(RIDUNAS)

Correo: [repositorio@unas.edu.pe](mailto:repositorio@unas.edu.pe)



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

**CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 086 - 2023 - CS-RIDUNAS**

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

**CERTIFICA QUE:**

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

Facultad:


Facultad de Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
RELACIÓN ENTRE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y LA CALIDAD DEL AGUA A PARTIR DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LA QUEBRADA AGUA BLANCA – MONZÓN – HUÁNUCO– PERÚ - 2021	GRETHY MILAGROS MEJÍA CHUQUIZUTA	<b>20%</b> <b>Veinte</b>

Tingo María, 11 de abril de 2023

  
**Mg. Ing. García Villegas, Christian**  
Coordinador del Repositorio Institucional Digital (RIDUNAS)

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



**RELACIÓN ENTRE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y LA CALIDAD  
DEL AGUA A PARTIR DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LA  
QUEBRADA AGUA BLANCA – MONZÓN – HUÁNUCO– PERÚ – 2021.**

Autora : Br. Mejía Chuquizuta, Grethy Milagros  
Asesor : Dr. Oré Cierro, Luis Eduardo  
Ing. Oré Cierro Juan Daniel  
Programa de investigación : Ecosistemas y servicios ecosistémicos  
Línea de investigación : Ciencia y Tecnologías Ambientales  
Eje temático : Niveles de Contaminación Ambiental  
Lugar de ejecución : Centro Poblado Agua Blanca  
Duración : Seis meses  
Financiamiento : S/ 2460  
FEDU : No  
Propio : Sí  
Otros : No

**Tingo María – Perú**

**2022**

## DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios por darme la vida,  
fuerza y sabiduría a lo largo de mi vida para  
enfrentar los obstáculos que se han presentado,  
por permitirme seguir adelante en cada etapa  
momentos más difíciles.

A mi mamá Holga y a mi papá Ricardo, por  
Alentarme en todo momento, por brindarme siempre  
Su apoyo tanto moral como económicamente y  
Por siempre saber guiarme durante toda mi vida.

A mis hermanos, mis cuñadas y mis sobrinos,  
Por brindarme su apoyo y estar para mí siempre  
Que los necesitaba durante todo el transcurso de mi vida  
Personal y profesional.

## AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva por la formación académica durante todos estos años.
- A todos los docentes de mi Escuela Profesional, por los conocimientos y apoyo brindados a lo largo de estos 5 años.
- A los Ing. Oré Cierto, Luis Eduardo y Ing. Oré Cierto Juan Daniel, asesores de mi tesis, por el apoyo constante, por brindarme sus conocimientos y experiencias para la culminación de esta tesis.
- Al Blgo. M. Sc. José Luis, Gil Bacilio, por su ayuda con la identificación de macroinvertebrados la orientación y confianza depositada en mí que me llevaron a la culminación de este trabajo.
- A los miembros de mi jurado, Dr. César Samuel López López, Ing. M. Sc. Victor Manuel Beteta Alvarado, M. Sc. Luis Alberto Sanchez Romero
- Al Ing. Richard Sias, por brindarme sus conocimientos y aportes en el análisis de muestras siguiendo el desarrollo de esta tesis.
- A Rubén y Peña que en cada muestreo me ayudaban a llevar los materiales y tomar las fotografías, por su cariño y consideración para conmigo en todo momento para poder culminar mi tesis.
- A Blas y a mi papá quienes también me acompañaron y mostraban el camino para llegar a cada punto de muestreo, a todos los que me apoyaron de alguna u otra manera en todo el trayecto para poder lograr mi objetivo.

## ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria

Agradecimiento

Resumen / Palabras claves

Abstract

Introducción

I.	INTRODUCCIÓN	01
1.1.	Objetivo general	02
1.2.	Objetivos específicos	02
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	03
2.1.	Antecedentes	03
2.1.1.	Antecedentes internacionales	03
2.1.2.	Antecedentes nacionales	04
2.1.3.	Antecedentes locales	07
2.2.	Marco teórico	08
2.2.1.	Ecosistema acuático	08
2.2.2.	Calidad del agua	08
2.2.3.	Alteración de la calidad del agua	09
2.2.4.	Monitoreo y evaluación de la calidad del agua	09
2.2.5.	Parámetros fisicoquímicos	10
2.2.6.	Indicadores biológicos de la calidad del agua	13
2.2.7.	Los macroinvertebrados acuáticos	14
2.2.8.	Principales grupos taxonómicos de macroinvertebrados acuáticos	17
2.2.9.	Índice de calidad ambientales de agua (ICA-PE)	20
2.2.10.	Índice Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica (BMWP-CR)	20
2.2.11.	Estándares de calidad ambiental para el agua superficial (ECA-AGUA)	21
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1.	Lugar de ejecución	23
3.1.1.	Aspectos ambientales	23

3.2.	Materiales y equipos	24
3.3.	Metodología	24
3.3.1.	Identificación de los macroinvertebrados acuáticos de la quebrada Agua Blanca	25
3.3.2.	Determinación de los parámetros fisicoquímicos del agua de la quebrada Agua Blanca	26
3.3.3.	Estimación del índice de calidad del agua a partir del ICA-PE de la quebrada Agua Blanca	27
3.3.4.	Determinación de los parámetros microbiológicos del agua de la quebrada Agua Blanca	30
3.3.5.	Determinar el nivel de relación entre los macroinvertebrados acuáticos mediante el índice de BMWP-CR y la calidad del agua a partir de parámetros fisicoquímicos de la quebrada Agua Blanca	33
3.3.6.	Criterios de estudio	36
3.3.6.1.	Nivel de investigación	36
3.3.6.2.	Tipo de investigación	36
3.3.6.3.	Diseño de investigación	36
3.3.6.4.	Variables de estudio	36
3.3.6.5.	Coefficiente de correlación de Spearman (Rho de Spearman)	37
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
V.	CONCLUSIONES	54
VI.	PROPUESTA A FUTURO	55
VII.	REFERENCIA	56
	ANEXO	63



## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Tabla</b>		<b>Pagina</b>
01	Coordenadas y altitud de las zonas de muestreo	25
02	Parámetros fisicoquímicos determinados en la microcuenca “Agua Blanca”.	26
03	Calificación de los ICA	29
04	Puntaje para las familias identificadas.	34
05	Clasificación de la calidad de agua en función del puntaje obtenido.	35
06	Grado de relación según coeficiente de correlación	37
07	Órdenes de los macroinvertebrados encontrados en los meses y puntos de muestreo	39
08	ICA del agua de la quebrada Agua Blanca.	49
09	Índice biológico de familias por cada punto de muestreo.	51
10	Correlación entre el índice biológico por familias y la calidad del agua de la quebrada Agua Blanca.	53
11	Promedio y cantidad de macroinvertebrados en los meses y puntos de muestreo.	63
12	Caudal del agua (m <sup>3</sup> /s) en la quebrada Agua blanca.	63
13	DBO <sub>5</sub> del agua en la quebrada Agua blanca.	63
14	OD del agua en la quebrada Agua blanca.	64
15	Conductividad eléctrica del agua en la quebrada Agua blanca.	64
16	Nivel de pH del agua en la quebrada Agua blanca.	64
17	STD del agua en la quebrada Agua blanca.	64
18	Temperatura del agua en la quebrada Agua blanca.	65
19	Macroinvertebrados en el primer mes de muestreo.	65
20	Macroinvertebrados en el segundo mes de muestreo.	66
21	Macroinvertebrados en el tercer mes de muestreo.	66
22	Parámetros Fisicoquímicos del agua de la quebrada Agua Blanca.	67
23	Calidad de agua de la quebrada Agua Blanca en base a la categoría Cat.1 Sub.Cat A1.	69

24	Calidad de agua de la quebrada Agua Blanca en base a la categoría Cat.1 Sub.Cat B1.	70
25	Calidad de agua de la quebrada Agua Blanca en base a la categoría Cat.2 Sub.Cat C4.	71
26	Calidad de agua de la quebrada Agua Blanca en base a la categoría Cat.3 Sub.Cat D1.	72
27	Calidad de agua de la quebrada Agua Blanca en base a la categoría Cat.3 Sub.Cat D2.	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Pagina</b>
01	Mapa de ubicación	23
02	Determinación de los microorganismos coliformes totales	30
03	Determinación de los microorganismos coliformes termotolerantes	31
04	Determinación microbiana <i>salmonella sp</i>	31
05	Confirmación presuntiva de <i>salmonella sp</i>	32
06	Determinación microbiana de <i>Vibrio cholerae</i>	33
07	Cantidad de macroinvertebrados en los meses y puntos de muestreo.	40
08	Promedio por puntos del caudal de la quebrada Agua blanca.	42
09	Promedio por puntos de la DBO <sub>5</sub> del agua en la quebrada Agua blanca.	43
10	Promedio por puntos del OD en el agua de la quebrada Agua blanca.	44
11	Promedio por puntos de la CE del agua en (μS/cm) en la quebrada Agua blanca.	45
12	Promedio por puntos del nivel de pH del agua en la quebrada Agua blanca.	46
13	Promedio por puntos de los STD del agua en la quebrada Agua blanca.	48
14	Promedio por puntos de la temperatura del agua en la quebrada Agua blanca.	49
15	Punto 1 en la quebrada Agua Blanca.	74
16	Captura de macroinvertebrados en el punto 1.	74
17	Macroinvertebrados capturados en el punto 1 de muestreo.	75
18	Punto 2 de muestro en la quebrada Agua Blanca	75
19	Viviendas aledañas al punto 2 de muestro en la quebrada Agua Blanca.	76
20	Uso doméstico del agua en el punto 2 en la quebrada Agua Blanca.	76

21	Toma de coordenadas en el punto 2 de muestro en la quebrada Agua Blanca.	77
22	Obtención de parámetros fisicoquímicos en el punto 2 de la quebrada Agua Blanca	77
23	Punto 3 de muestro en la quebrada Agua Blanca.	78
24	Medición de áreas para la obtención del caudal del punto 3 de muestro en laquebrada Agua Blanca.	78
25	Medición de temperatura del recurso hídrico en el punto 3 de muestreo de laquebrada Agua Blanca.	79
26	Toma de muestras para análisis microbiológico de las muestras de agua.	79
27	Análisis fisicoquímicos de muestras en el laboratorio de Microbiología.	80
28	Preparación de sustratos para análisis de muestras microbiológicas.	80
29	Materiales listos para la siembra e identificación de muestras.	81
30	Siembra de muestras para análisis microbiológico.	81
31	Siembra de muestras con apoyo de micropipeta.	82
32	Siembra con asa bacteriológica.	82
33	Cuenta presuntiva de Coliformes totales y termotolerantes.	83
34	Lectura de Numeración de Microorganismos Aerobios Viables de las muestras de agua.	83
35	Lectura de <i>Vibrio Cholerae</i> en Agar TCBS de las muestras de agua.	84
36	Lectura de <i>Staphylococcus</i> de las muestras de agua.	84
37	Lectura de Numeración de Mohos y Levaduras de las muestras de agua.	85
38	Lectura de <i>Salmonella</i> sp. En tetracionato de las muestras de agua.	85
39	Colocando macroinvertebrados en las placas para microscopio.	86
40	Identificación de macroinvertebrados en el laboratorio de Entomología de laUniversidad Nacional Agraria de la Selva.	86

41	Identificación de macroinvertebrados en el laboratorio de Entomología con ayuda del especialista.	87
42	Frasco de vidrio con macroinvertebrados identificados.	87
43	Individuo identificado de la Familia Veliidae.	88
44	Individuo identificado de la Familia Gerridae	88
45	Individuo identificado de la Familia hydropterygidae.	89
46	Individuo identificado de la Familia hydropterygidae.	89
47	Individuo identificado de la Familia hydropterygidae.	90
48	Individuo identificado de la Familia Perlidae	90
49	Individuo identificado de la Familia leptoceratopsidae.	91
50	Individuo identificado de la Familia leptoceratopsidae.	91
51	Individuo identificado de la Familia naucoridae.	92
52	Individuo identificado de la Familia libellulidae.	92
53	Individuo identificado de la Familia Dytiscidae.	93
54	Individuo identificado de la Familia Gyrinidae.	93
55	Mapa de ubicación geográfica en UTM de la quebrada Agua Blanca.	94
56	Mapa con el Índice de Calidad Ambiental de cada punto de muestreo de la quebrada Agua Blanca.	95
57	Mapa de calidad de agua por el Índice BMWP de cada punto de muestreo de la quebrada Agua Blanca.	96
58	Constancia de identificación de macroinvertebrados en el laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.	97
59	Constancia de resultados de las muestras de agua del primer muestreo de la quebrada Agua Blanca en el laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.	98
60	Constancia de resultados de las muestras de agua del segundo muestreo de la quebrada Agua Blanca en el laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.	99
61	Constancia de resultados de las muestras de agua del tercer muestreo de la quebrada Agua Blanca en el laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.	100

## ÍNDICE DE ANEXO

<b>Anexo</b>		<b>Pagina</b>
01	Matriz de datos	63
02	Fotografías	74

## RESUMEN

El estudio se llevó a cabo teniendo como objetivo determinar la relación entre los macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua a partir de los parámetros fisicoquímicos de la quebrada Agua Blanca – Monzón – Huánuco – Perú, 2021. Se seleccionó tres zonas de muestreo en la quebrada Agua Blanca ubicado en el distrito de Monzón, provincia de Huamalíes de la región Huánuco, en donde se colectó los macroinvertebrados empelando la red Surber que posteriormente fueron identificados, luego se midió los parámetros fisicoquímicos, siendo estos la DBO<sub>5</sub>, OD, pH, conductividad eléctrica, STD y temperatura; posteriormente, se determinó la calidad a partir del ICA-PE; finalmente, se correlacionó los parámetros fisicoquímicos con el índice biológico por familias. Como resultado se obtuvo que, en las tres zonas muestreadas de la quebrada en estudio se recolectó 93 macroinvertebrados, de los cuales fue más frecuente la familia Veliidae; todos los parámetros fisicoquímicos del agua de la quebrada en mención se encuentran dentro de los ECAs considerados por el DS N° 004-2017-MINAM; se clasificó como agua de excelente calidad en la Categoría 1: Subcategoría A, Categoría 2: Subcategoría C4 y Categoría 3: Subcategoría D1 y D2, mientras que la calidad fue buena para la Categoría 1: Subcategoría B; en el caso de la relación, solamente el índice biológico (IBF-CR) estuvo relacionado con la DBO<sub>5</sub>. Se concluye que, la quebrada Agua Blanca aun presentan los parámetros de calidad acorde a la normativa en las tres zonas de muestreo siendo poco afectado por la intervención humana.

**Palabras claves:** Indicador, intervención humana, caudal, ecosistema, correlación, índice de calidad ambiental.

## ABSTRACT

The study was carried out with the objective of determining the relationship between the aquatica macroinvertebrates and the quality of the water starting with the physicochemical parameters of the Agua Blanca brook in Monzon, Huánuco, Peru during 2021. Three zones for sampling were selected from the Agua Blanca brook located in the Monzon district of the Huamalies province in the Huánuco region, where the macroinvertebrates were collected using a Surber net, then were identified. Later the physicochemical parameters of the BOD (DBO5 in Spanish), DO (OD in Spanish), pH, electrical conductivity, TDS (STD in Spanish), and temperature were measured. Afterwards the quality was determined parting from the ICA-PE (acronym in Spanish); and finally, the physicochemical parameters were correlated with the biological index by family. As a result, it was obtained that from the three sampling zones in study in the brook, ninety three macroinvertebrates were collected, of which, the most frequent was the Veliidae family. All of the physicochemical parameters of the water from the brook in mention were found to be within the EQS (ECA in Spanish) considered by DS N° 004-2017-MINAM; the water was classified as being of excellent quality in Category 1: Subcategory A; Category 2: Subcategory C4; and Category 3: Subcategory D1 and D2, while the quality was “good” for Category 1: Subcategory B. In the case of the relationship, only the biological index (IBF-CR: acronym in Spanish) was related to the BOD. It was concluded that the Agua Blanca brook still presented quality parameters in accordance with the norms for the three sample zones, barely being affected by human intervention.

**Keywords:** indicator, human intervention, flow, ecosystem, correlation, environmental quality index



## I. INTRODUCCIÓN

Las quebradas, ríos y demás cuerpos de agua nos ofrecen una gran cantidad de beneficios, tanto socioeconómico como ecosistémicos que se encuentran relacionados a distintos usos; para eso, es necesario, establecer diferentes metodologías que nos puedan permitir caracterizar el grado de conservación del ecosistema, de una manera eficiente, así como la presión que se genera con las actividades realizadas por el hombre.

La microcuenca de Agua Blanca está ubicada en el Centro Poblado del mismo nombre, distrito de Monzón, provincia de Huamalíes, departamento de Huánuco. En la actualidad, se ha tenido un incrementado de población, contando con alrededor de 350 habitantes; lo que genera gran cantidad de problemas, tales como: disposición de inadecuados desechos sólidos, pues no se cuenta con un botadero, inexistente sistema de agua y desagüe. Asimismo, en el agua se encuentran desechos, los cuales requieren oxígeno para poder descomponerse, y cuando el número se encuentra en demasía, puede acabar el oxígeno existente en el agua, provocando que resulte imposible que se auto depure. El hecho de agotar el oxígeno genera olores desagradables, por ejemplo, aquellos olores que emanan de algunos estanques. Cuando se aumenta la temperatura, el oxígeno disminuye, es por lo que el calor también podría ser un contaminante (Red Aceite, 2020).

Los macroinvertebrados son utilizados para indicar la calidad del agua en cursos lóticos, esta aplicación ha ganado aceptación a nivel mundial; dentro de las ventajas de la utilización de estas nuevas metodologías, encontramos que los datos son obtenidos rápidamente, que requieren equipos sencillos y relativamente baratos, metodologías simples y una alta confiabilidad (Brown, 1997). A comparación de los costosos y rutinarios análisis microbiológicos y fisicoquímicos, los cuales solo brindan datos exactos e indirectos, la visualización de macroinvertebrados, en los ecosistemas acuáticos, presenta componentes bióticos, de los cuales, la sensibilidad a la alteración del medio físico permite una valoración ambiental más exacta, proporcionando una alternativa precisa en los resultados de la calidad del agua que brinda una serie de informes acerca de las variaciones conforme pasa el tiempo, esto nos muestra que hablamos de herramientas competentes cuando nos referimos a estos métodos para vigilar rutinariamente las cuencas y ríos en general (Gutiérrez, 2006).

La presente investigación tiene como objetivo analizar la riqueza de familias, composición faunística y calidad del agua, como base en el índice biótico (BMWP-CR)

complementado con parámetros fisicoquímicos en la quebrada de Agua Blanca, Monzón que sirve de abastecimiento de agua para parte de la población del caserío Agua Blanca y para las piscigranjas de la finca “Don Nico”, siendo zonas de cultivos de cacao, plátano, café; a lo largo de todo su cauce, por lo tanto de gran cantidad de fungicidas, herbicidas, los cuales terminan en la quebrada, teniendo como antecedente haber sido una zona de cultivos de hoja de coca, datos que se tendrán en cuenta para determinar el Índice de Calidad Ambiental del Agua (ICA-PE), nos mostraran en qué estado se encuentra el recurso según el uso que se le viene dando. Por todos los problemas analizados que pueden afectar el recurso hídrico de la microcuenca y por lo tanto a los macroinvertebrados con los que se va a trabajar, los parámetros fisicoquímicos y el ICA-PE deberán ser evaluados de acuerdo con el uso que se le viene dando.

De acuerdo con lo descrito se formula el siguiente problema de investigación: ¿Cuál es la relación entre los macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua a partir de los parámetros fisicoquímicos de la quebrada Agua Blanca – Monzón – Huánuco – Perú - 2021? y teniendo como hipótesis que existe una relación positiva y significativa entre los macroinvertebrados acuáticos la calidad del agua a partir de los parámetros fisicoquímicos de la quebrada Agua Blanca – Monzón – Huánuco – Perú, 2021.

### **1.1. Objetivo general**

Determinar la relación entre los macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua a partir de los parámetros fisicoquímicos de la quebrada Agua Blanca – Monzón – Huánuco – Perú, 2021

### **1.2. Objetivos Específicos**

- Identificar los macroinvertebrados acuáticos de la quebrada Agua Blanca.
- Determinar los parámetros fisicoquímicos del agua de la quebrada Agua Blanca.
- Estimar el índice de calidad del agua a partir del ICA-PE de la quebrada Agua Blanca.
- Determinar el nivel de relación entre los macroinvertebrados acuáticos mediante el índice de BMWP y la calidad del agua a partir de los parámetros fisicoquímicos de la quebrada Agua Blanca.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Rodríguez et al. (2016), en el año 2012 se desarrolló una investigación sobre la calidad de agua en el río Puyo, siendo este perteneciente a la provincia de Pastaza – Ecuador, la cual es caracterizada por un deterioro ambiental creciente, debido al crecimiento demográfico, la urbanización y, origen de ello, el incremento en los efluentes de inservibles, con la finalidad de realizar una evaluación del recurso hídrico, para determinar su calidad ambiental. Así, se reconoció, como biota acuática indicadora, a los macroinvertebrados, los cuales están relacionados con los parámetros fisicoquímicos.

En la tesis desarrollada por Figueroa et al. (2003), “Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua de ríos del sur de Chile” se analizó la macrofauna bentónica, con ubicación en la cuenca del Río Damas, que se encuentra en el lado sur de Chile. Utilizando el IBF (Índice Biótico de Familias) para evaluar la viabilidad de las aguas. Asimismo, existe una tendencia al aminoramiento de riqueza específica, que se da a partir de la cabecera de la cuenca hasta aguas abajo; caso contrario con la biomasa, abundancias y el IBF, ya que estas mostraron una tendencia inversa a la riqueza específica.

Hahn – Von Hessberg et al. (2009), Universidad de Caldas, determinó las propiedades del recurso hídrico a través de indicadores fisicoquímicos y biológicos de la estación piscícola ubicada en el Municipio de Palestina. Los seleccionados puntos de muestreo son los del ingreso y salida del agua de la Estación, y al trayecto en ella, siendo estas áreas, conforme a los parámetros fisicoquímicos, donde realizó el muestreo de forma puntual para poder realizar el análisis de la calidad. De este modo, se hallaron 55 familias, sobresaliendo las siguientes: Thiaridae con un 26,7%, Palaemonidae con 6,7%, Chironomidae con una presencia del 32,5%, y de toda la población; el resto se encuentra bajo el 5% de representatividad. Según el BMWP/Col., es de clase 3 el agua que circula en la Estación Piscícola, o medianamente contaminada, no tiene un decrecimiento en calidad cuando se devuelve al caño El Berrión o al circular por la estación.

López en el año 2019, partiendo de los macroinvertebrados acuáticos y su variedad, que se encontraban en 3 zonas del río Teusacá-Colombia, determinaron la calidad del

agua. Se midió OD, temperatura, pH y turbidez; además se evaluaron los índices biológicos (BMWP/Col ASTP, IBF, EPT.), y otros de biodiversidad (dominancia de Simpson, Shannon Weaver, Menhinick y Margaleg). Es así como se recogieron, en 3 muestreos entre julio, setiembre y noviembre en el 2017, lo siguiente: 6781 macroinvertebrados acuáticos que pertenecen a 3 phylum, 5 clases, 11 órdenes y 21 familias. Determinando así la calidad del río Teusacá, es cual presenta una contaminación moderada con tendencia a ser muy contaminada. Además, el cuerpo de agua contó con una reducida variedad y predominancia en macroinvertebrados recolectados. Por último, los resultados son independientes de la temporada en la que se llevaron a cabo los respectivos muestreos, según los índices aplicados.

PATIÑO (2015) desarrolló un estudio donde analizó la calidad del agua, mediante macroinvertebrados acuáticos, de la quebrada La Vieja, ubicada en Colombia. Se hizo uso de la recolección de los macroinvertebrados acuáticos, dando a estos la función de indicadores, también realizó la medición de pH, turbiedad, conductividad eléctrica, OD, temperatura, DQO, sólidos disueltos totales y sólidos sedimentables en cuatro puntos de muestreo en julio y agosto del año 2015. Obteniendo así un total de 421 individuos en 22 familias; donde, la familia más abundante fue Simulium, que tenía 250 individuos. Se calculó, asimismo, el sistema BMWP/COL, índices de diversidad alfa y beta, haciendo uso de los resultados bióticos; además, se correlacionaron los parámetros físicos medidos con los macroinvertebrados.

PÉREZ et al. (2020) reportaron, en las represas La Copa (Toca) y La Playa (Tuta), las condiciones de calidad de agua usando aspectos fisicoquímicos y macroinvertebrados acuáticos. Las muestras se recolectaron usando la red Surber, en 9 puntos estratégicos de las represas en junio, julio y agosto del 2018. Dentro de los resultados nos muestran que se colectaron 979 insectos que pertenecen a cuatro órdenes, quince familias y diecinueve géneros, siendo el orden con más abundancia la Odonata (4,29%), Coleoptera (13,38%), Hemiptera (25,02%) y la Diptera (57,30%). En la conclusión nos mencionan que, según los índices biológicos, las aguas presentan una ligera contaminación o son de una baja calidad.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Vásquez y Medina (2014) evaluaron la calidad del agua, dando función de bioindicadores a los macroinvertebrados acuáticos, también, parámetros fisicoquímicos como: nitratos, cromo VI HR, nitritos LR, pH, fosfatos y Al, en 8 puntos de muestreo ubicados en la

microcuenca perteneciente al río Tablachaca, de la región Ancash, desde agosto a diciembre del 2014. De este modo, se determinó que los parámetros en mención sí cumplen con el DS 002-2008-MINAM, a diferencia de los fosfatos, pues sobrepasan los LMP de aguas destinadas a bebida para animales y riego de vegetales; además, los ríos Paragón y Puente Hondo, según el índice biótico PeBMWP, contienen agua con aceptable calidad biológica, a comparación del río Pampas, que tiene una pésima calidad biológica.

Valcárcel (2011), a través del uso de macroinvertebrados bentónicos, se logró evaluar la degradación de ecosistemas dulceacuícolas encontradas en el río Uctubamba, Amazonas – Perú. Es así como fijó 6 estaciones de muestreo, las cuales están ubicadas en el río principal y también en sus afluentes, fijando zonas de estudio y control, las cuales se evaluaron en la estación húmeda, que tiene como fecha el mes de febrero del 2009, y estación seca, en septiembre del mismo año. Es así como encontró notables alteraciones en la calidad de agua y en las características ambientales entre ambas épocas, a comparación entre estaciones de muestreo; las medidas de bioindicadores de riqueza y composición, así como los análisis bióticos que exhibieron una gradualidad en los mismos, apoyan a los resultados obtenidos.

Cuevas (2018) de acuerdo con el índice de Sannon – Wiener, la diversidad de macroinvertebrados bentónicos; además, analizó los parámetros fisicoquímicos conforme a los individuos encontradas, utilizándolos como bioindicadores de calidad del agua en el Centro de Investigación y Tratamiento Tecnológico Chucuító, ubicado en Puno; teniendo muestreos mensuales, haciendo presente diferencias muy notorias respecto a los valores y macroinvertebrados que encontraron.

Bullón (2016) caracterizó, mediante el uso de índices biológicos, la calidad del agua perteneciente al río Perene, Chanchamayo, esta caracterización se complementó con parámetros fisicoquímicos. Se tuvo 9 puntos de monitoreo, donde, para determinar parámetros fisicoquímicos y la calidad conforme a los ECA-agua, unió muestras de agua. Usó una red Surber para recolectar muestras de macroinvertebrados bentónicos; asimismo, determinaron los índices de Biological Monitoring Working Party, con adaptación para Colombia (BMWP/col), los índices de Shannon-Weaver, Índice Biótico de Familias (IBF) y el índice de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT). Mostrando afectación por Sólidos Totales, Suspendidos y Coliformes Termo tolerantes, presentes en el área estudiada. En total, se obtuvieron 456 individuos macroinvertebrados, los cuales se distribuyen en 3 clases, 10 órdenes y 25 familias.

García (2021) mediante su investigación, demostró la existencia de patógenos fecales e indicadores en el agua que beben los pobladores que pertenecen a la comunidad nativa Pakún, Centro Poblado de Chiriaco, Distrito de Imaza, en Bagua. La metodología para la obtención de datos fue el probabístico y sistemático; fueron 14 muestras de agua de bebida de la comunidad nativa Pakún aquellas que constituyeron a la muestra; estas fueron recolectadas en 13 viviendas, así como en una captación de agua. Fueron evaluados los Coliformes fecales y Coliformes totales; todo esto siguiendo la Técnica del Número Más Probable. Es así como se evaluaron los siguientes patógenos fecales de géneros microbianos: Shiguella y Salmonella, con el Método de Recuento en Placa, continuando con las técnicas de estría e incorporación. El autor logró determinar que aquellos indicadores fecales que fueron estudiados en el agua que bebe esta comunidad, son coliformes fecales (con valor de 200 NMP/ml) y coliformes totales (con valor de 500 NMP/ml); concluyendo así que el patógeno que se encontró es del género Salmonella. Además, el pH oscila entre los valores de 6.22 a 6.46, lo cual es favorable para la presencia de las bacterias en mención.

Minchola (2021) logró caracterizar, usando macroinvertebrados acuáticos, la calidad del agua del río Negro, Aguaytía. Contando con ocho puntos de muestreo en zonas alteradas por actividades antrópicas y sin alteración antrópica, obteniendo así muestras de agua para poder analizar mediante parámetros fisicoquímicos y poder determinar la calidad de agua, mediante el índice WQINSF. También se usó la red Surber y el índice (BMWP/Col), logrando así recolectar individuos de macroinvertebrados acuáticos. Al evaluar, mediante el índice WQINSF, concluyó que la calidad del agua que no tiene alteración antrópica es Buena, diferente de la que sufre alteración antrópica y presenta una calidad Regular. En el estudio se pudo reconocer 842 organismos, los cuales se distribuyen en cuatro clases, nueve órdenes y doce familias de macroinvertebrados. Asimismo, mediante el índice BMWP/Col, se evaluó que la calidad del agua que no tiene alteración antrópica es Aceptable y la que sufre de alteración por actividad del ser humano, presenta calidad Dudosa y Crítica. Por último, se estableció que existe una correlación positiva y alta entre el índice BMWP y WQINSF, en las todas las fechas de muestreo.

En el estudio desarrollado por ROBLES (2021), se analizó, usando el índice de calidad de agua (ICA-PE) de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), la calidad del agua de los principales ríos de la cuenca Pucara en el período 2012-2020, asimismo, se propuso medidas de manejo ambiental. Se solicitaron los resultados de 19 puntos de monitoreo de la calidad del

Agua de esta cuenca, desarrollado por la ANA, para poder calcular el ICA-PE; es así como se reconoció las fuentes de contaminación de los cuerpos de agua. Dentro de los resultados, las actividades que más resaltan son la actividad minera en la cabecera de la cuenca, la ganadería, la cobertura vegetal predominante es el pajonal andino y la agricultura. Las principales fuentes de contaminación identificados son, primeramente, el vertimiento de aguas residuales industriales (mineros y lácteos), municipales y también botaderos de residuos sólidos, ubicados cerca de los cuerpos hídricos. Además, aquellos puntos de monitoreo que se encuentran al curso alto, medio y bajo, presentan valores que varían en calidad de agua Buena, Regular y Mala; concluyendo que en la cuenca Pucara, los ríos ubicados en la cabecera de cuenca tienen la necesidad de ser intervenidos inmediatamente para recuperar la calidad y que las cuenca media y baja no se vean afectadas en mayor cantidad. Del mismo modo, trabajar en el mejoramiento de los sistemas de tratamiento de agua residual municipal en los distritos de Ocuvi, Santa Rosa, Ayaviri y Macari.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

En el río Tres de Mayo, Parque Nacional de Tingo María, se pudo determinar la calidad del agua, con la utilización de macroinvertebrados acuáticos. Los muestreos se desarrollaron en 2 etapas, en el mes de mayo y de agosto del año 2014. Se hizo uso de la red Surber para recolecta de macroinvertebrados, estas fueron distribuidas en 4 estaciones en todo el cuerpo de agua. En el análisis de laboratorio, se recolectaron muestras de agua, teniendo en consideración la actividad humana. Respecto a la calidad del agua, esta fue aceptable la mayor parte de las veces entre estaciones de muestreo y la etapa de muestreo, según el índice BMWP/Col; del mismo modo, con los índices empleados (H', NSF y BMWP/Col.), se vio que la calidad del agua varía. Del mismo modo, los parámetros que se evaluaron no incumplen con lo establecido en los ECA-agua, Categoría 4, Subcategoría E2.

Suárez (2020), tuvo como objetivo poder determinar la calidad del agua del sistema que abastece a la UNAS y el grado de satisfacción de la comunidad universitaria de las quebradas Córdova, Cocheros y Naranjal del BRUNAS, en Tingo María en el año 2019; es así como determinó el ICA del agua tanto en época de estiaje como de avenida. Según la normativa del ECA para agua y LMP, se clasifica como "Bueno" para el consumo humano, concluyendo que las quebradas de Córdova, Naranjal y Cocheros son buenas para el consumo humano, pero que no tienen una asociación con el nivel de satisfacción de los usuarios.

Dionisio (2021) evaluó la calidad del agua para consumo humano en las fuentes de agua Cushuro, Del Águila y Cocheros, que pertenecen al sistema de abastecimiento de agua de la captación, el reservorio y la red de distribución. Determinó en tres puntos de muestreo, los parámetros de conductividad, pH, temperatura, OD, SST, DBO5, NO3, Nitrato, Coliformes termotolerantes, Fósforo total, Nitrito, Coliformes totales, Dureza, y Escherichia coli; estos se evaluaron en época de estiaje (meses de agosto y septiembre) y época de avenida (meses de octubre y noviembre). En base a la normativa nacional (DS N° 004-2017-MINAM), se ha obtenido que los valores superan los ECAs para el OD en la época de avenida, asimismo Fosfato Total en ambas épocas de la quebrada Cocheros, pH superior e inferior en ambas épocas, OD en época de avenida, Fosfato Total en ambas épocas en la Quebrada Cushuto, pH inferior en época de avenida, OD en el punto P2 en época de avenida, Fosfato Total en ambas épocas de la quebrada del Águila y pH inferior en época de avenida. Dentro de las conclusiones menciona que el estado de calidad del agua, que fue evaluada de acuerdo con el ICA-PE, es clasificado como “Bueno”, por lo cual, la calidad de agua está un poco alejada de su calidad natural.

## **2.2. Marco Teórico**

### **2.2.1. Ecosistema acuático**

Según Smith (2007), lo que conocemos como ecosistemas acuáticos pueden ser dulceacuícolas (agua dulce) o marinos, este último se subdivide en 2 categorías: sistemas de aguas abiertas y costeros; en cambio, el primero se clasifica respecto a la corriente y profundidad; es así como las aguas corrientes, es decir ambientes lenticos, incluyen lagos, estanques y humedales del interior.

La relación entre el ciclo hidrológico y los ecosistemas acuáticos se da por la evaporación del agua que después llega a precipitarse y escurrirse por el suelo; aquel líquido que no llega a filtrarse, mediante factores topográficos y geomorfológicos, además de la gravedad, continúa su curso. Así se forman los ríos, arroyos, cuencas hidrográficas y consecuentemente ecosistemas lóticos, los cuales tienen su desembocadura en el mar (Smith, 2007).

### **2.2.2. Calidad del agua**

La definición de “calidad de agua” es relativa, su importancia está relacionada a su uso. Es decir, un agua lo suficiente limpia para permitir que los peces vivan quizá no sea idónea para



la natación o similar; y un agua beneficiosa para consumo humano podría ser no adecuada para el sector industrial. Para determinar el propósito de un agua, la calidad de esta debe ser en función al uso que se le otorgará. Un agua se encuentra contaminada cuando es alterada por cambios que impactan en su verdadero uso (Barrenechea, citado por Sias, 2014).

### **2.2.3. Alteración de la calidad del agua**

Gallego, citado por Tamani (2014), nos menciona que, al introducir materia o energía que (de manera directa o indirecta) impacta negativamente a la calidad del agua respecto a los futuros usos de esta o con su función ecológica; esta introducción altera las características del agua. Debido a que difícilmente el agua es pura o está en un estado puro, la noción del contaminante puede ser un organismo vivo cualquiera, algún compuesto químico o un mineral; del cual, su concentración impide los usos beneficiosos del agua.

La purificación que posee el agua es la misma que genera que esta sea el habitual vertedero de pesticidas, desechos químicos, residuos, metales pesados, entre otros. Son diversos los resultados causales de degradar al agua, estos dependen de cuál viene a ser el elemento que contamina; los usuales y mayormente visibles son: aumento de enfermedades hídricas (paratosis, hepatitis, cólera, fiebre tifoidea, diarrea) o aparición de nuevas, desaparición y/o disminución de la vida acuática, empeoramiento de la calidad del agua de uso con fin recreativo (buceo, natación, pesca, windsurf, entre otros), costos elevados para potabilizar el agua y la ruptura del equilibrio ecológico, es decir, cuando desaparecen especies que son el alimento de otras (Owen, 2005).

### **2.2.4. Monitoreo y evaluación de la calidad del agua**

Cuando se habla del monitoreo de calidad de agua, se hace referencia a aquella colección presente de datos en específicas ubicaciones e intervalos regulares para obtener aquella necesaria información que define actuales condiciones y determina tendencias, entre otros usos. Respecto a la evaluación de la calidad del agua, es el proceso donde se evalúa la naturaleza biológica, química y física del agua, con respecto a la calidad natural; asimismo a los efectos del ser humano y usos adecuados, especialmente aquellos que podrían alterar la salud del sistema acuático y la del humano (Chapman, citado por Álvarez y Pérez, 2007).

### **2.2.5. Parámetros fisicoquímicos**

Son aquellos parámetros a quienes son más sensibles los organismos son, usualmente, la conductividad eléctrica, OD, la temperatura y el pH (Roldán, 2003).

#### **2.2.5.1. Potencial de Hidrógeno**

Pérez y Rodríguez (2008) nos mencionan que el potencial de hidrógeno (pH) indicador fisicoquímico de la calidad de agua; este nos permite comprender la alteración, por contaminantes o extensión de la contaminación de algún efluente, de un cuerpo hídrico. Aquellas alteraciones que se producen en el pH podrían indicar que han ingresado fertilizantes en el agua, o también podría indicar procesos de eutrofización, siempre y cuando se mida la conductividad al mismo tiempo. En caso de metales pesados como contaminantes, el pH también afecta a la incidencia que se genera en la disposición biológica.

Según Dajoz (2002), el pH toma importancia en la distribución de los animales de origen acuático, como es el caso de las larvas de dípteros del género *Chaoborus*, los cuales existen en aguas de características ácidas; otro ejemplo son las plantas (*Isoetis*), las cuales se encuentran en aguas con pH inferior a 7,5; asimismo, los peces en bloque pueden soportar un pH entre 5 y 9. en la distribución de los animales acuáticos.

El parámetro pH en el agua es importante para evaluar su calidad, en el caso de encontrarse aguas muy ácidas tienden a disolver los metales que se utilizan en las conducciones como es el caso del plomo, zinc o cobre, siendo estos restos ingeridos por las personas y son afectados de manera negativa su salud (Pérez-López, 2016). De acuerdo con Galvín (2003), en el caso del agua considerado para consumo humano y que tenga valores demasiados elevados o bajos traen consecuencias como la irritación en órganos internos, irritación en las mucosas y en algunas ocasiones se observan procesos de ulceración.

García et al. (2019) reportan que el valor del pH se encuentra relacionado de manera positiva o directamente proporcional con elementos como el sulfato y el cloruro contenido en el agua, caso contrario ocurre con el pH y la alcalinidad de dicho medio acuoso, al presentar una relación negativa o inversamente proporcional. Otro factor que hace incrementar el valor del pH está vinculado con la sedimentación atmosférica.

### 2.2.5.2. Oxígeno Disuelto

La solubilidad del Oxígeno Disuelto (OD) en el agua es reducida, pero este cumple un fundamental factor limitante que existe en el sistema acuático, esto a causa de que la temperatura genera que disminuya la solubilidad.

Según Dajoz (2002), es variable la resistencia de distintos organismos acuáticos, en reducidos contenidos de oxígeno, debido a la baja solubilidad de O<sub>2</sub>. Los invertebrados acuáticos tienen pigmentos respiratorios, los cuales permiten que estos puedan subsistir en aguas con carencia de oxígeno, como los oligoquetos.

En los ríos limpios, usualmente el agua está saturada de oxígeno, puesto que la vida dentro del sistema acuático depende de ello. En cambio, si el agua tiene reducidos niveles de oxígeno, esta es encontrada contaminada con septicización, materia orgánica, incapacidad para mantener ciertas formas de vida y mala calidad del agua (Echarri, 2007).

El oxígeno disuelto se relaciona directamente con actividades como la fotosíntesis, difusión de la atmósfera y mezcla turbulenta por factores como las piedras (El Profe DH – Química, 2021; Goyenola, 2007), y se relaciona inversamente con el descomponer sustancias orgánicas, respirar y demás reacciones químicas. En un determinado punto suele encontrarse variaciones de OD, siendo superior posterior al medio día a consecuencia de la fotosíntesis e inferior son los valores en horas de la noche; mientras que las variaciones estacionales, siendo uno de los casos por las mañanas en periodos de verano cuando aún las plantas no realizan la fotosíntesis registran menores valores de OD (Goyenola, 2007).

El autor indicado en el párrafo anterior considera las siguientes categorías:

- Valor de 0: Anoxia con muerte masiva de organismos aerobios.
- Valor entre 0 a 5: Hipoxia debido a que desaparecen los organismos y especies sensibles.
- Valor entre 5 a 8: Aceptable por ser adecuado para que vivan la mayor parte de los peces y demás organismos acuáticos.
- Valor entre 8 a 12: Buena por ser adecuado para que vivan la mayor parte de los peces y demás organismos acuáticos.

- Valor superior a 12: Sobresaturada se caracteriza porque el sistema se encuentra en plena producción fotosintética

Adicional a lo expresado, en el caso de aguas lénticas como los lagos, existe una relación entre la concentración del OD con la profundidad de muestreo y en el caso de los ríos y quebradas dicha relación se vincula con la dimensión horizontal. El OD está relacionada de manera inversa con la temperatura, razón por la cual la adición de agua con elevada temperatura puede disminuir el OD que perjudicarían a muchas formas de vida en dicho medio (Goyenola, 2007).

### **2.2.5.3. Temperatura**

Gww, citado por Javier (2010), nos menciona que la temperatura es un parámetro de gran importancia en el medio acuático, puesto que interviene en la actividad biológica, ya sea en su aceleración o retardo; así como en la cantidad de OD. Asimismo, posee una influencia en los organismos acuáticos, ya que modifica sus hábitos de reproducción, alimentación y a sus tasas metabólicas; también altera a las propiedades químicas y físicas del agua; por último, llega a afectar a la velocidad del reciclado de aquellos nutrientes pertenecientes a un sistema acuático. La temperatura produce una influencia en el crecimiento, reproducción, y estatus fisiológico de todas las entidades con vida. En conjunto, los microorganismos (especialmente las bacterias) muestran una capacidad excepcional para vivir y reproducirse desde temperaturas menores a 0°C, hasta los 113°C. En 4 categorías fue que se agruparon a los microorganismos, basándose en el rango de temperatura óptima para que puedan crecer. Estas categorías son hipertermofílico, termofílico, mesofílico y psicofílico (Brock, citado por Tamani, 2014).

### **2.2.5.4. Conductividad eléctrica**

(Severiche, citado por Tamani, 2014), sostiene que la conductividad eléctrica se halla principalmente determinada por la geología del área, mediante el cual el agua fluye, es decir la cuenca. Un ejemplo claro serían las aguas que corren en sustrato graníticos, se encuentra compuesto por materiales que no se ionizan, lo cual hace que estas tiendan a presentar una conductividad menor. La conductividad aumenta con la descarga de aguas residuales, ya que se aumentan las concentraciones de  $(SO_4)^{-2}$ , Cl,  $NO_3^-$ , u otros iones. Mayormente la conductividad no es modificada ante derrames de compuestos orgánicos (alcohol, fenol, azúcar,

aceites), hidrocarburos (aceites, petróleo) y otros compuestos no ionizables (aunque contaminantes).

Para Solís-Castro et al. (2018), la conductividad, cuando hablamos de situaciones recurrentes, indica indirectamente concentraciones de dureza de calcio y dureza total.

### **2.2.6. Indicadores biológicos de la calidad del agua**

Se emplea como indicadores biológicos a los macroinvertebrados acuáticos (Mosquera y Córdoba, 2017), se complementan con los parámetros fisicoquímicos; debido a que, en el caso de la existencia de alteraciones generadas por las personas, se altera los valores en los parámetros químicos y físicos de dicho medio acuático, limitando la proliferación o el crecimiento poblacional de estos individuos acuáticos (Guevara, 2011). Aun así, los métodos biológicos y fisicoquímicos no se excluyen los unos a los otros, puesto que estos no muestran las variaciones temporales y espaciales que tiene la calidad de un sistema acuático, esto se debe tanto a factores internos como externos al cuerpo hídrico, es por ello por lo que se sugiere la utilización de los dos para conseguir un amplio panorama de cómo se encuentran estos ambientes hídricos (Cadena y Gómez, 2016).

Aquellos medios acuáticos que ofrecen más sustratos y hábitats poseen una alta existencia de insectos en un medio acuático, En estas zonas se perturba el establecimiento y permanencia, debido a las anuales variaciones de la temperatura, temporadas de lluvia /sequía, la saturación de oxígeno y la alta radiación, estos perturban de una manera considerable la permanencia y el establecimiento en estas zonas (Gamboa et al., 2016).

Vásquez (2006) nos menciona la existencia de una nueva metodología para analizar la calidad de agua en un río, se basa en usar como indicadores de calidad ambiental a los organismos biológicos. Es de gran importancia saber que no todos los organismos pueden tener función de bioindicador, esto se debe a los hábitos alimenticios que este podría presentar en su ciclo de vida; en otras palabras, el individuo a quien se le da el uso de bioindicador es aquel individuo del quien se sepa el grado de tolerancia ante la contaminación. Esta técnica ecológica es sustentada en la ausencia o presencia y diversidad de algún organismo en particular.

Mohammad (2005) nos hace mención que hace años se necesitó buscar una herramienta innovadora, esta debía aportar información necesaria para determinar la calidad ambiental en lo que conocemos como sistemas acuáticos; respecto a las perturbaciones que se llevaban a cabo por actividades antropogénicas, ya que esto genera que los cuerpos acuáticos se degradan, lo que es un gran problema para el ser humano y en los últimos tiempos ha sido de gran preocupación.

Nos comenta Mohammad (2005) que, a mediados de los años 50, se inició a usar distintas metodologías para determinar la calidad del agua, con la utilización de organismos indicadores; a inicios de los años 60, comenzaron a usar índices matemáticos que se basaban en usar como información base al concepto de diversidad. Tras el paso del tiempo, se desarrollaron distintos índices, basándose en la abundancia y diversidad de estos organismos con función de indicadores. Recién en 1995 se desarrolló, con el uso de macroinvertebrados biológicos, la determinación biológica de un río.

Alba y Tercedor, (1996), nos dicen que las metodologías analíticas nos permiten obtener una puntual respuesta para conocer la calidad del agua; en cambio, cuando hablamos del monitoreo biológico nos brinda una anterior vista de la calidad del agua. Asimismo, gracias al uso del biomonitoreo se podrá realizar la vigilancia de los ríos periódicamente, generando menos gastos (económicamente hablando) y pudiendo distribuir el dinero de manera eficaz.

### **2.2.7. Los macroinvertebrados acuáticos**

Rosenberg y Resh (1993), nos mencionan que estos son unos organismos de más de 0.5 mm de longitud; estos son todos los organismos visibles para el ojo humano; estos pueden ser atrapados por redes con dimensiones de 200 a 500 mm, es así que se les atribuye el nombre de “macro”.

Según Rodríguez (2009), estos invertebrados pertenecen a aquellos organismos capaces de adaptarse mejor a ecosistemas fluviales, debido a que los encontramos en la mayor parte de ríos y arroyos en todo el mundo, a excepción de los que son muy contaminados o más efímeros. Asimismo, la diversidad y densidad de invertebrados suele ser muy amplia, puesto que se halló incluso mil especies en arroyos que fueron correctamente estudiados. Estos se

encuentran en los sedimentos, ya sean rocosos o blandos, también los vemos en plantas que se encuentran sumergidas.

#### **2.2.7.1. Importancia de los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua**

Roldán y Ramírez (2008), comentan que aquellos macroinvertebrados existentes en aguas dulces cumplen un papel muy importante en lo que conocemos como procesos ecológicos pertenecientes a sistemas hídricos. Enérgicamente, las cadenas alimentarias acuáticas son basadas en el material natural que producen el material no natural que ingresa al sistema acuático desde el exterior o las algas. Se usa a los macroinvertebrados como enlace a fin de movilizar la energía en mención a niveles tróficos de las cadenas alimentarias acuáticas. Estos pueden controlar a los ecosistemas acuáticos, respecto a su productividad primaria; además, consumen, en gran cantidad, algas y demás microorganismos en relación con el perifiton en plancton de lagos o ríos. Este consumo, muchas veces puede aumentar esta productividad primaria, puesto que elimina el tejido que no es muy productivo y los nutrientes son mineralizados.

Roldán y Ramírez (2008), nos dicen que, cuando hablamos de sistemas que se basan en material alóctono, los macroinvertebrados fragmentadores son realmente necesarios para poder trasladar (como en el caso de la hojarasca), a otros niveles tróficos, esta energía. Quienes usan las partículas grandes (ejemplo: hojas que caen al río) para degradarlas, son los fragmentadores. Dentro de esta actividad, ellos generan pequeños fragmentos de materia orgánica, los cuales son alcanzables a demás organismos (filtradores y recolectores). Asimismo, los macroinvertebrados filtradores (ejemplo: larvas de Simuliidae), cumplen la función de convertir en partículas fecales a aquellas partículas finas del agua que removieron; estas son más densas, se hunden y sirven para alimentar a otros invertebrados acuáticos. Es así como estos procedimientos pueden garantizar que los nutrientes que se encuentran en las partículas no se exporten del ecosistema y que los lleven hacia el mar, mediante la corriente.

Los estudios comparativos, según Álvarez y Pérez (2007), son posibles en cualquier lugar, puesto que encontramos macroinvertebrados en todas las aguas; estos son bien diversos, con distintos grados de tolerancia a la contaminación, lo cual puede permitir la posible indicación de algún tipo de contaminación, al no haber presencia de aquellas familias con mayor sensibilidad a la contaminación.

Roldán y Ramírez (2008), nos mencionan que la mayoría de estas especies tiene poca movilidad, esto permite poder detectar si hay alguna afectación de una fuente acuática; además, la disposición de estos en el agua puede facilitar que se altere una fuente hídrica, así como el desarrollo de muestreos cuantitativos, ya que se tienen métodos que fueron validados en distintos ríos del mundo.

Cuando se encuentran a los individuos de las familias Chironomidae (moscas) o Tubificidae (anélidos), nos pueden indicar que la fuente de agua presenta una considerable contaminación; en cambio, si encontramos individuos de familias como Hydrachnidae (arácnidos), Ptilodactilidae (escarabajos) o Zygoptera (libélulas), que habitan en aguas limpias y claras; estas familias no se pueden adaptar a condiciones con contaminación hídrica (Abarca, 2007 y Endara, 2012).

#### **2.2.7.2. Ventajas de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua**

Los organismos fueron utilizados, según Figueroa (2003) para determinar la calidad del agua y el monitoreo biológico, pero no todos presentarán las ventajas que presentan los macroinvertebrados bentónicos. En un monitoreo biológico, los organismos en mención nos ofrecen las siguientes ventajas:

- Brinda información respecto a perturbaciones y efectos que padece un cuerpo hídrico, esto se da mediante un análisis espacial. Generalmente se debe a su naturaleza sedentaria.
- Son numerosos aquellos métodos para analizar datos, como índices bióticos y biodiversidad, los cuales también se usan en biomonitoreos.
- El muestreo y análisis de datos pueden ser realizados de forma barata y simple.
- Se pueden realizar estudios comparativos, puesto que los macroinvertebrados pueden hallarse en todos los ambientes acuáticos.
- Debido a que la taxonomía de estos grupos ha sido muy estudiada, es sencillo reconocer, mediante ilustraciones y fichas técnicas, a un organismo.

Los organismos que constituyen el bento en distintos grados de exposición ante un contaminante cuentan con un nivel de respuesta o tolerancia, el cual viene a ser el sustento



del estudio de macroinvertebrados bentónicos. El estudio, para saber si un organismo es tolerante a un ambiente contaminado, es respecto a la ausencia o presencia de taxa y mediante la abundancia de este; además, cuando se presentan alteraciones a nivel fisiológico, de desarrollo o morfológico, podría ser indicador de que las condiciones químicas y físicas superan sus límites naturales (Figueroa, 2003).

Según Vásquez (2006), la tolerancia, por ejemplo, es la relación existente de los metales pesados con los anélidos oligoquetos, ya que pueden vivir por amplios periodos de tiempo en el agua, pero se bioacumulan al tener contacto con metales pesados; gracias a ello, nos brindan una respuesta acerca del grado de contaminación del cuerpo de agua. Otro ejemplo son las aguas limpias y bien oxigenadas, puesto que en estas podemos encontrar especies de distintos órdenes, como la Plecoptera, Trichoptera y Ephemeroptera; en cambio, en aguas contaminadas encontramos determinados moluscos, dípteros y oligoquetos, aunque en ocasiones algunas especies indicadoras de aguas limpias.

## **2.2.8. Principales grupos taxonómicos de macroinvertebrados acuáticos**

### **2.2.8.1. Orden Ephemeroptera**

Los efemeróperos (Ephemeroptera) se conocen también como efémeras, “mayflies” (en inglés), cachipollas o efímeras; estas son un orden de insectos pterigotos. Este orden es de los insectos alados más antiguos que se tiene en el presente. Son 42 familias y superior a 3000 especies conocidas en todas las regiones biogeográficas, a excepción de la Antártida y algunas remotas islas oceánicas. Encontramos, en la región Neotropical (zonas tropicales del continente americano) a la mayor diversidad de géneros que pertenecen a este orden.

Domínguez (2009) nos menciona que la principal característica del orden Ephemeroptera, es que sus larvas ninfales mudan y pasan por un estadio de subimago, previo a poderse desarrollar como imago, que es su etapa adulta. Es por ello por lo que se efectuaron varias investigaciones en la región sudamericana, teniendo de resultado que existe una serie de clases taxonómicas para identificar este orden, haciendo que las investigaciones sean más sencillas y aumentando el conocimiento acerca de especies aún no conocidas y estudiar en el subcontinente americano.

Muchos mencionan que el orden Ephemeroptera es de los que tienen mayor sensibilidad ante la contaminación, este es el motivo que es usado para analizar un índice importante en el estudio biológico de los cuerpos de agua, el EPT (índice basado en la presencia de tricópteros, efemerópteros y plecópteros). En este orden se distingue a las familias por contar con distintos grados de tolerancia a la contaminación (Hanson, 2010)

#### **2.2.8.2. Orden Plecóptera**

Gutiérrez (2010), nos menciona que también se la conoce con el nombre “moscas de piedra”, grupo reducido de insectos. Las moscas de piedra poseen relación filogenética que tiene vínculo con el grupo Neoptera. Estos están presentes en ríos con corrientes fuertes, pero algunas especies se adaptaron a ambientes lénticos oligotróficos, lagos profundos o sistemas temporales. Asimismo, son insectos que no tienen metamorfosis completa (hemimetábolos); en otras palabras, solo tienen 3 etapas de desarrollo: huevo, ninfa y adulto.

Según Gutiérrez (2010), respecto a su alimentación, las ninfas pueden ser herbívoras, detritívoras o carnívoras; pero ello varía según el estado de desarrollo en el que se encuentran e inclusive la hora del día. En el caso de los adultos, no se alimentan, en la mayor parte de las especies, pero varios comen alimentos sólidos como líquenes, polen, retoños de hojas y hongos o beben sustancias azucaradas. Lo que más sobresale de estos es, probablemente, la respuesta a cambios en el ambiente, puesto que tienen una alta sensibilidad, haciéndolos excelentes indicadores de calidad de agua.

Los plecópteros son de gran importancia en los sistemas acuáticos lénticos, puesto que estructuran a las comunidades animales, al regular la abundancia y distribución de las especies; ayudando de esta manera al equilibrio de la cadena alimentaria en los cuerpos de agua (Gamboa, 2010).

#### **2.2.8.3. Orden Odonata**

Los ordonatos, también conocidos como libélulas cuando son adultos, poseen colores muy llamativos, es por eso por lo que adquieren nombre como pilipachas, gallegos, caballitos del diablo, entre otros. Estas libélulas poseen un tórax que puede soportar las 4 alas membranosas que salen de él, grandes ojos compuestos, tienen abdomen delgado y largo. Tener

el conocimiento que las ninfas en mención son acuáticas, y que poseen un aparato bucal con precisión para cazar a sus presas, es muy importante, ya que estos son depredadores (Ramírez, 2010).

En este orden se conocen a 5700 especies en todo el mundo; Brasil es el país con más especies conocidas en Sudamérica, a este le sigue Venezuela y Perú; pero hay áreas aún no estudiadas; por ello, es poco conocida la fauna en este orden. Con el tiempo se tiene conocimiento de nuevas especies, especialmente las de suborden Zygoptera; por ello, todavía no se encuentra bien establecida su sistemática. Respecto a las larvas, estas crecen mediante varios estadios larvales; la cantidad de mudas llegan a variar conforme a la disponibilidad de alimento y temperatura. Acerca de su alimentación, estas ingieren invertebrados acuáticos, insectos, otros odonatos e incluso renacuajos y pequeños peces, es así como se los determina como depredadores dentro de este sistema dulceacuícola. (Domínguez, 2009).

#### **2.2.8.4. Orden Hemiptera**

Los Heterópteros o hemípteros son clasificados en dos tipos: en Neopomorpha, que son aquellos que viven bajo la superficie del agua, y en Gerromorpha (aquellos que viven en la superficie del agua). Entre todos los órdenes, este es el más común alrededor del mundo, más que nada en zonas tropicales, a excepción de la Antártida; los encontramos en una gran variedad de ambientes lóticos y lénticos, naturales, oceánicos y costeros, también en ambientes terrestres húmedos y en fitotelmata. Cuentan con 11 familias, 140 géneros, y 2309 especies de Neopomorpha y 8 familias, 161 géneros y 2120 especies en Gerromorpha (Domínguez, 2009). Cuando dominan alguna presa, según Domínguez (2009), esta se vuelve en su alimento; por ejemplo, a los microcrustáceos, pequeños peces, insectos y renacuajos; es así como son depredadores y carroñeros en el sistema acuático. Aquellos que representan este orden tiene un rol de gran importancia en los ecosistemas acuáticos, puesto que brindan información acerca de la calidad biológica en hábitats acuáticos; además, es útil para el hombre, puesto que se alimenta de larvas de mosquitos y es alimento de peces, lo cual aporta económicamente al ser humano sobre la salud y el control de plagas.

#### **2.2.8.5. Orden Coleoptera**

Los coleópteros vienen a ser el grupo más numeroso conocido, este incluye 350000 especies, las cuales se distribuyen en 170 familias y 4 subórdenes. La mayor parte de

estas especies son terrestres, sin embargo, 10000 de estas son acuáticas en alguno de sus estadíos en desarrollo; a excepción de lagos muy contaminados, las encontramos en todas las aguas continentales. Encontramos a la mayor diversidad de estas especies en ambientes lénticos, pero hay familias que se encuentran, exclusivamente, en aguas bien oxigenadas y ambientes lóticos, formando parte de las comunidades bentónicas (Domínguez, 2009).

En el ciclo biológico de las aguas, en cadenas tróficas y en redes, este orden es muy importante, puesto que es fuente de alimento de anfibios y peces. En la actualidad, es reconocido, en la bioindicación de la calidad del agua, como uno de los órdenes importantes, puesto que algunas de sus especies son excelentes organismos para determinar si un ambiente acuático se encuentra contaminado (Domínguez, 2009).

#### **2.2.9. Índice de calidad ambiental de agua (ICA- PE)**

Según Ball y Church (1980), cuando hablamos de índice de calidad de agua, nos referimos a una combinación algo compleja de un número de parámetros que nos sirven para poder medir la calidad del agua. Este índice se puede representar por un rango, número, descripción verbal, color o un símbolo. La ventaja es que la información puede ser interpretada con una mayor facilidad que en una lista de solo valores numéricos. Entonces, un índice de calidad de agua nos sirve como herramienta para poder transmitir información. Si bien los ingenieros ambientales y sanitarios, biólogos, entre otros, usan esta información y la entienden al estar relacionados a ella; también el público en general puede comprender rápidamente lo que expresa el índice como contaminación inexistente, media o excesiva, además de otras. Sin embargo, uno y otro podría contener una idea clara de lo que manifiesta el índice como contaminación inexistente, excesiva o media, entre otras, de fácil entendimiento y abstracción.

#### **2.2.10. Índice Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica (BMWP-CR)**

Es un índice biótico, según Astorga y Martínez (2007), el cual se considera hasta la familia que está presente en la muestra de macroinvertebrados. Esto es presentado en la tabla que se usa para asignar las puntuaciones. La modificación de este índice, realizado por Astorga y Martínez en el 2007, fue realizado por la República de Costa Rica, usándolo en el reglamento vigente del país. Integra una valoración relativa a nivel de las familias (donde cada familia tiene

un puntaje entre 1 al 9), calificándose en función a la calidad de agua, siendo el puntaje de 9 quien indica las familias que no aceptan contaminantes y el 1 aquellas que tienen una gran tolerancia a estos).

### **2.2.11. Estándares de calidad ambiental para el agua superficial (ECA- Agua)**

Los ECA para agua son obligatorios para determinar los usos de cuerpos de agua, ya sea atendiendo a sus niveles de fondo o condiciones naturales; también son obligatorios en el diseño de normas legales y políticas públicas, las cuales van en conformidad con la ley N° 28611, Ley General del Ambiente (MINAM, 2017).

Las categorías establecidas en los ECA son las siguientes: (1) Poblacional y Recreacional, la cual cuenta con 3 subcategorías (para aguas destinadas a la producción de agua potable y 2 subcategorías cuando las aguas son destinadas a la recreación: Contacto primario y secundario); (2) Aguas para actividades marino costeras, contando con 3 subcategorías; (3) Aguas para riego de vegetales y bebida de animales y (4) Aguas para la conservación del ambiente acuático, que cuenta con las subcategorías de ríos de costa y sierra, ecosistemas marinos, lagunas y lagos, y ríos de selva (MINAM, 2017).

Las variables que son consideradas para determinar el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, que tienen como referente obligatorio a los parámetros de los ECA-agua, son los siguientes: a) Aquellos parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente de la actividad productiva o al proyecto, extractiva o de servicios. b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no fueron alteradas por causas antrópicas. c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que brindan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos, d) El efecto de otras descargas en la zona, tomando en consideración los impactos ambientales sinérgicos y acumulativos que se encuentran presenten aguas arriba y aguas abajo de la descarga del efluente, y que tengan relación con el estado de la calidad ambiental de los cuerpos hídricos donde se lleva a cabo la actividad, e) Demás características particulares del entorno o actividad que pueden influir en la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua.

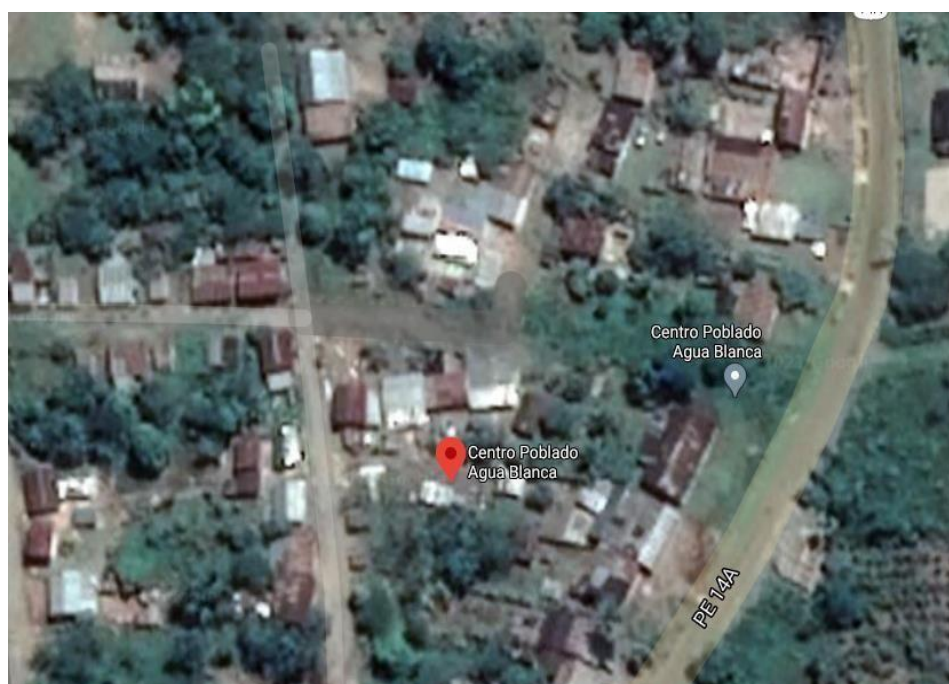
Las categorías 1. “Poblacional y Recreacional” para la subcategoría B: “Aguas superficiales destinadas para recreación” B1: “Contacto primario. También la categoría 2.

“Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales”. Subcategoría C4. “Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas”. Por último, la categoría 3. “Riego de vegetales y bebida de animales” con la subcategoría D1. “Riego de vegetales” y subcategoría D2. “Bebida de animales”, son de gran interés para el estudio de calidad en un ambiente acuático, puesto que se hacen las comparaciones planteadas en los parámetros definidos para cada una de ellas MINAM (2017).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de Ejecución

El centro poblado de Agua Blanca (Figura 1) lugar en donde se realizó la investigación, ubicado en el distrito de Monzón, provincia de Huamalíes de la región Huánuco. Geográficamente se encuentra ubicado entre las coordenadas  $9^{\circ} 16' 07''$  S  $76^{\circ} 05' 01''$  W.



**Figura 1.** Mapa de ubicación Google Maps.

##### 3.1.1. Aspectos Ambientales

La cuenca del Monzón es considerada, bosques muy húmedo-Premontano tropical (bmtPT); bosque muy húmedo-Tropical (bmh-T); bosque pluvial-Premontano Tropical (bp-PT) y bosque pluvial-Montano Bajo Tropical (bp-MBT), clasificaciones determinadas según Holdridge (1978). Esta cuenca no cuenta con estaciones meteorológicas, pero debido a que cuenta con una similitud bioclimática y altimétrica con la estación que se encuentra más alejada, en la ciudad de Tingo María, es posible deducir que en el centro poblado Agua Blanca, el patrón climático estaría definido por rangos de temperatura que varían entre los  $19,3^{\circ}\text{C}$  y  $29,4^{\circ}\text{C}$  y un régimen pluvial del orden de los  $3,100\text{ mm/}$ anuales.

Respecto a la humedad, existe un reporte que indica que esta oscila entre 86,29% y 81,87%, donde el mínimo valor se encuentra en el mes de septiembre y el máximo en el mes de marzo, teniendo vientos durante el mediodía en la dirección Este a Oeste, con una velocidad media de 2,9 m/s (10,4 km/h) aproximadamente.

Respecto a la morfología, esta área cuenta con estructuras morfológicas de la cordillera subandina y la oriental; donde, mediante grandes procesos tectónicos y geodinámicos, con el pasar de los años, han intervenido en el modelado del relieve actual, conformando lomas, colinas, planicies y montañas.

## **3.2. Materiales y equipos**

### **3.2.1. Materiales**

La red surber, botas, machete, frascos pequeños de vidrio, guantes, alcohol al 70%, glicerina, pinzas metálicas, bandejas plásticas blancas, matraces, placas petri, pipetas, tubos de ensayo, papel filtro, estufa, mecheros, vasoprecipitado, agua destilada, picetas, caja de tecnopor, frascos de vidrio de 500 mL con tapa hermética, wincha de 50 m. Además, se consideró a los materiales de escritorio como la Guía de identificación de macroinvertebrados, lapiceros, marcadores indelebles, rotuladores, libreta de campo, lápices y borradores.

En el caso de los equipos, el GPS Garmin map62s, termómetro digital, pH metro, multiparámetro – Modelo HANNA, oxímetro LAMOTTE – DO6PLUS, estereoscopio, cámara fotográfica, microscopio, balanza analítica y laptop Toshiba. Y en el caso de los programas se consideró el uso de Microsoft Word, Microsoft Excel, Power Point, SPSS.

## **3.3. Metodología**

Según se requiera para cada objetivo, se realizó la metodología, durante los meses de avenida entre Febrero, Marzo y Abril, se identificó los puntos de muestreo, para esto, dentro del análisis de la bibliografía respecto al lugar de estudio, en este caso la microcuenca “Agua Blanca”, se valoró aspectos generales relativos a hidrografía, cartografía, estudios ecológicos, terrestres o acuáticos, hechos previamente para poder seleccionar la información pertinente, la cual ayudó a poder seleccionar nuestros puntos de



muestreo. Ya con la documentación bibliográfica obtenida, tanto de la zona como de la selección de puntos, se examinó la zona para corroborar la veracidad de los ya obtenidos datos y definir los puntos a muestrear.

### 3.3.1. Identificación de los macroinvertebrados acuáticos de la quebrada Agua Blanca

El primer paso para realizar la identificación de los macroinvertebrados es desarrollado en base a los criterios que estableció el MINAM (2014) en su guía “Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú” y el “Manual de monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua.” por Carrera y Fierro (2021).

Para la investigación se determinaron tres (03) zonas de muestreo de macroinvertebrados en la quebrada Agua Blanca; la zona alta: buscando ubicarlo en un sistema natural que no ha sido alterado por el ser humano: zona media: área con influencia humana y como ultima zona a la desembocadura de la quebrada (Tabla 1), también se tuvo en cuenta que fuese accesible y homogénea para simplificar la colecta de macroinvertebrados.

**Tabla 1.** Coordenadas y altitud de las zonas de muestreo.

Zonas de muestreo	Este	Norte	Altitud (msnm)
Sistema natural	379973	8975100	776
Área con influencia humana	380962	8975036	709
Desembocadura	393400	8964207	689

Se delimitó 20 metros de largo en cada zona de muestreo, esta área se dividió en 3 secciones para hacer el muestreo más sencillo, haciendo uso del método de la red Surber, que consiste en colocar en la parte baja el marco metálico de 30 cm x 30 cm, contra la corriente, todo ello con el fin de atrapar a los organismos que son arrastrados por la corriente. Para esto se ha tenido que remover el fondo en cada punto de muestreo durante un minuto esto por 3 veces en cada punto, la recolección de los organismos se realizó empleando pinzas metálicas y se colocó en frascos con alcohol al 90% para su mejor conservación, unopor cada

sección, estos estuvieron debidamente rotulados, luego fueron trasladados al laboratorio de Entomología en donde, con cuidado de no maltratar a los organismos y con ayuda del estereoscopio y el Biólogo José Luis Gil Bacilio, se procedió a la identificación de las especies hasta nivel de Familias. Además de las actividades descritas, se procedió a la toma de imágenes fotográficas decada actividad llevada a cabo.

### 3.3.2. Determinación de los parámetros fisicoquímicos del agua de la quebrada Agua Blanca

Tomando como referencia a los puntos en donde se muestrearon los macroinvertebrados, se recolectó una muestra simple o puntual de agua en cada punto de muestreo en las 3 zonas, siguiendo la metodología del ANA (2016), se utilizó botellas de vidrio cuya capacidad fue de 500 mL. Se inició con utilizar una indumentaria acorde e instrumentos limpios para evitar la contaminación de la muestra, seguidamente se ubicó en un punto medio de la corriente principal buscando que fuese lo más homogénea posible, evitando aguas estancadas y poco profundas, posteriormente con el frasco con tapa, estéril y debidamente rotulado, se sumergió la botella de 20 a 30 cm en dirección opuesta al flujo del agua, se llenó considerando un espacio del 1,0% de su capacidad, se realizó las mediciones respectivas de los parámetros con los equipos correspondientes (Tabla 2).

**Tabla 2.** Parámetros fisicoquímicos determinados en la microcuenca “Agua Blanca”.

Variable	Parámetro	Unidad	Método
Fisicoquímico	STD	mg/L	Multiparámetro
	pH	unidades	Multiparámetro HANNAN modelo HI 98128
	Temperatura	°C	Termómetro digital s
	Caudal	L/s	$Q = \text{Volumen} * \text{Área}$
	Oxígeno disuelto	mg/L	La Motte modelo DO 6 PLUS
	DBO5	mg/L	La Motte modelo DO 6 PLUS
	Conductividad	μS/cm	Multiparámetro HANNAN

Estos parámetros determinados fueron procesados mediante el uso de los promedios considerando como repetición a los meses de la toma de lectura de los datos, estos se colocaron en tablas y se añadió un diagrama de barras.

### 3.3.3. Estimación del índice de calidad del agua a partir del ICA-PE de la quebrada Agua Blanca

Para estimar el Índice de Calidad Ambiental (ICA) de un punto de muestreo, en un curso de agua fue necesario tener información proveniente de las actividades desarrolladas por la ANA en el marco del control y la vigilancia de los recursos hídricos; en esta, no se especifica un número máximo de parámetros, aplicándose desde un punto de monitoreo a más puntos que corresponden a una región de un cuerpo de agua. Es primordial, para la ANA, monitorear la calidad del agua de las cuencas, dentro de la gestión de los recursos hídricos (ANA, 2016).

Se realizó la estimación del ICA – PE, basándose en las siguientes categorías de los ECAS- AGUA según los usos que la quebrada posee:

- Categoría 1. Poblacional y Recreacional
  - ✓ Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, A1: Aguas que podrían ser potabilizadas con desinfección.
  - ✓ Subcategoría B: Aguas superficiales con uso para recreación, B1: Contacto primario.
- Categoría 2. Extracción, cultivo y demás actividades marino-costeras y continentales
  - ✓ Subcategoría C4. Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagunas o lagos.
- Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales
  - ✓ Subcategoría D1. Riego de vegetales
  - ✓ Subcategoría D2. Bebida de animales.

#### 3.3.3.1. Cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA-PE)

Para determinar el índice de calidad de agua, se aplicó la fórmula canadiense; esta se basa en 3 factores (frecuencia, amplitud y alcance), el resultado matemático es un valor único (entre 0 y 100), este representará y describirá el estado de la calidad del agua de un punto de monitoreo, un curso de agua, un río o cuenca. Estos 3 factores son los siguientes:

**F1 – Alcance.** Cantidad de parámetros de calidad que no llegan a cumplir con los valores

establecidos en la normativa (ECA- Agua) vigente, con respecto al total de parámetros evaluados.

$$F1 = \frac{\# \text{ de parámetros que INCUMPLEN los ECA-Agua}}{\# \text{ total de parámetros a evaluar}} \dots\dots\dots(1)$$

**F2 – Frecuencia.** Cantidad de datos que no cumplen con la normativa ambiental (ECA- Agua) con respecto al total de datos de los parámetros evaluados (los cuales corresponden a los resultados de un mínimo de 4 monitores).

$$F2 = \frac{\# \text{ de parámetros que INCUMPLEN los ECA-Agua de los datos evaluados}}{\# \text{ total de datos evaluados}} \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

Datos: Resultados de los monitoreos

**F3 – Amplitud.** Medida de la desviación existente en los datos; se determina por la suma normalizada de excedentes (excesos de todos los datos respecto al número total de datos).

$$F3 = \left( \frac{\text{Suma normalizada de excedentes}}{\text{Suma normalizada de excedentes}+1} \right) * 100 \dots\dots\dots(3)$$

En donde, la Suma Normalizada de Excedentes (nse):

$$nse = \text{suma normalizada de excedentes} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedente}_i}{\text{Total de datos}} \dots\dots\dots(4)$$

Excedente, se da para cada parámetro, siendo el valor que representa la diferencia del valor ECA y el valor del dato respecto al valor del ECA- Agua.

**Caso 1:** Se da en situaciones donde la concentración del parámetro es mayor a lo establecido en el ECA -Agua, se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Excedente}_i = \left( \frac{\text{Valor del parámetro que INCUMPLE con el ECA-Agua}}{\text{Valor establecido del parámetro en el ECA-Agua}} \right) - 1 \dots\dots\dots(5)$$

**Caso 2:** Se da cuando la concentración del parámetro es inferior al valor establecido en el ECA- Agua, incumpliendo la condición que se señala en el mismo; por ejemplo: OD (> 4,0), pH (>6,5, <8,5), el cálculo del excedente se realizó de la siguiente manera:

$$\text{Excedente}_i = \left( \frac{\text{Valor que se establece en el parámetro del ECA-AGUA}}{\text{Valos del parámetro que INCUMPLE el ECA-Agua}} \right) - 1 \dots\dots\dots(6)$$

Cuando ya fueron obtenidos los valores de los factores (F1, F2, y F3) se procedió a

calcular del Índice de Calidad de Agua (ICA): que es la diferencia de un rango de 0 a 100, siendo 100 el valor que representa una excelente calidad y 0 el valor que representa una mala calidad, en el ICA; la diferencia se desarrolla con el valor que viene dado por la raíz cuadrada del promedio de la suma de cuadrados de los tres factores,  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$ , la cual se muestra en la siguiente ecuación matemática:

$$CCME_{WQI} = 100 - \left( \sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}} \right) \dots\dots\dots (7)$$

El valor para el índice es un número adimensional que está entre 1- 100, este establece escalas en 5 rangos, los cuales son niveles de sensibilidad que expresan y califican el estado de la calidad del agua, como Excelente, Buena, Favorable, Regular y Mala. Esta calificación cualitativa se asocia a una escala cromática (cada calificación tendrá un color definido), esto se realiza para que la comunicación y comprensión del estado de la calidad del agua, sea más sencilla.

**Tabla 3.** Calificación de los ICA.

ICA - PE	Calificación	Interpretación
95 - 100	Excelente	Las condiciones del agua son muy cercanas a niveles deseados o naturales, puesto que la calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas.
80 - 94	Buena	Las condiciones deseables pueden encontrarse con algunas amenazas o con daños de reducida magnitud, es por ello que se puede decir que la calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua.
60 - 79	Regular	La calidad del agua normalmente se encuentra lejos de los valores que se desean, la calidad del agua natural de vez en cuando es amenazada o dañada. Los usos, en considerable cantidad, requieren tratamiento.
40 - 59	Malo	Las condiciones que se desean están amenazadas o dañadas, es así como la calidad del agua no cumple con los objetivos de esta; además, mucho de los usos requieren tratamiento.
0 - 39	Muy Malo	Las condiciones que se desean casi siempre están amenazadas o dañadas, además, la calidad del agua no cumple con los objetivos de esta. Los usos, en su totalidad, requieren previo tratamiento

Fuente: ANA (2016).

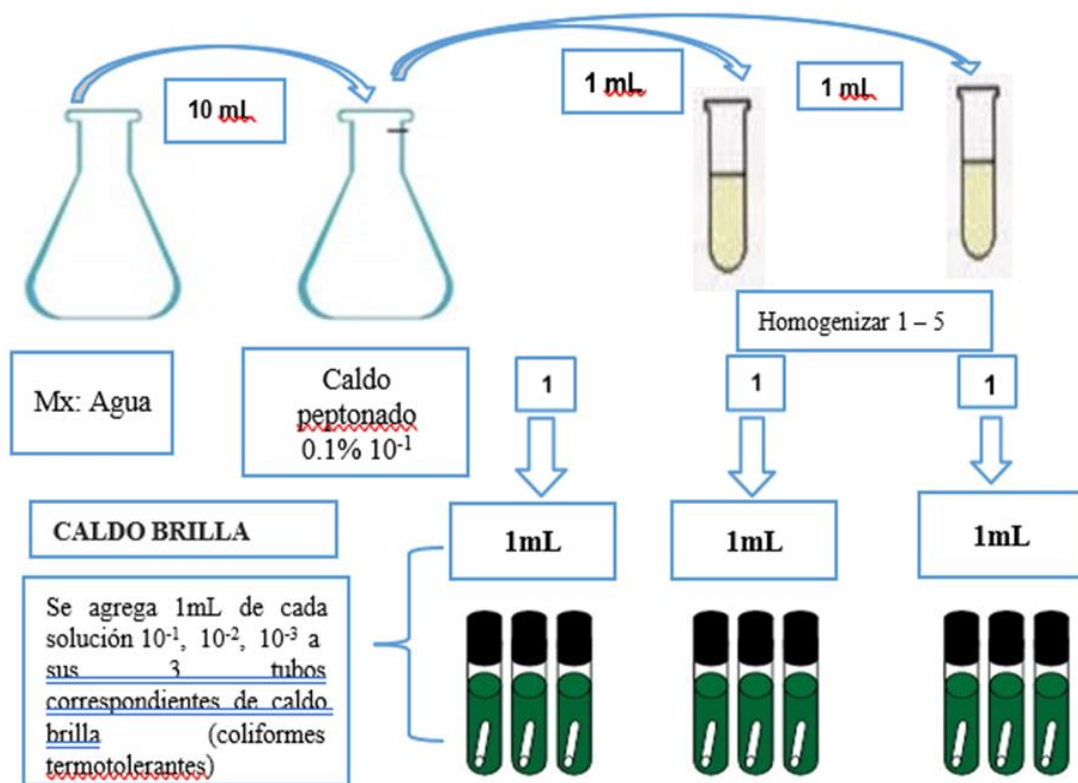
Además de los parámetros físicos, en esta calificación del ICA-PE, se optó por incluir indicadores del parámetro microbiológico para cada una de las categorías del uso de agua que se le pueda atribuir, los resultados fueron expresados en tablas con el valor del ICA-PE y la clasificación por colores.

### 3.3.4. Determinación de los parámetros microbiológicos del agua de la quebrada Agua Blanca

Para determinar estos parámetros, se prosiguió lo que plasmó López (2012), donde describe y menciona el protocolo de prácticas de Microbiología Ambiental que se debe seguir para realizar los análisis de los parámetros microbiológicos.

#### 3.3.4.1. Evaluación microbiana por Coliformes totales

Los procesos para determinar coliformes totales de las muestras de agua obtenidas de la quebrada Agua Blanca se observa en la Figura 2.

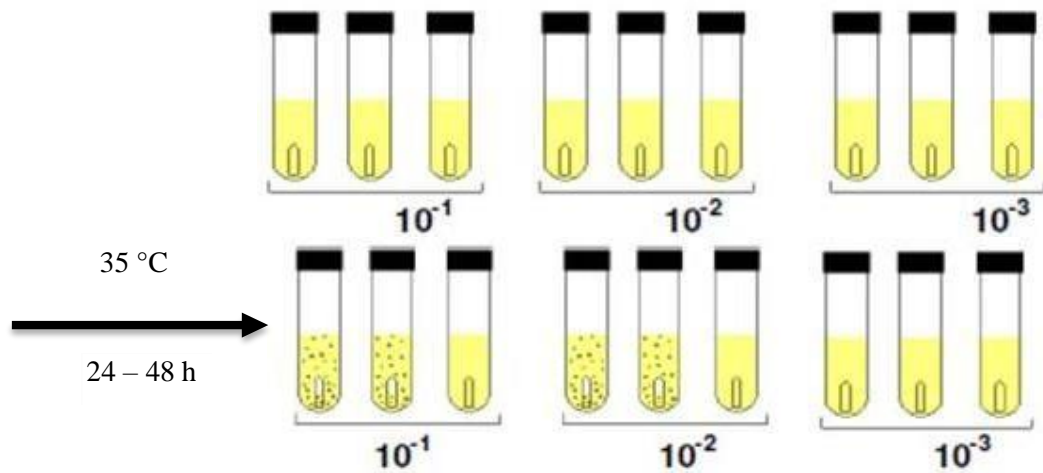


**Figura 2.** Determinación de los microorganismos coliformes totales.

Fuente: López (2012)

#### 3.3.4.2. Cálculo de los microorganismos coliformes termo tolerantes

Los procesos para calcular los microorganismos coliformes termotolerantes de las muestras de agua obtenidas de la quebrada Agua Blanca se observa en la Figura 3.



**Figura 3.** Determinación de los microorganismos coliformes termotolerantes.

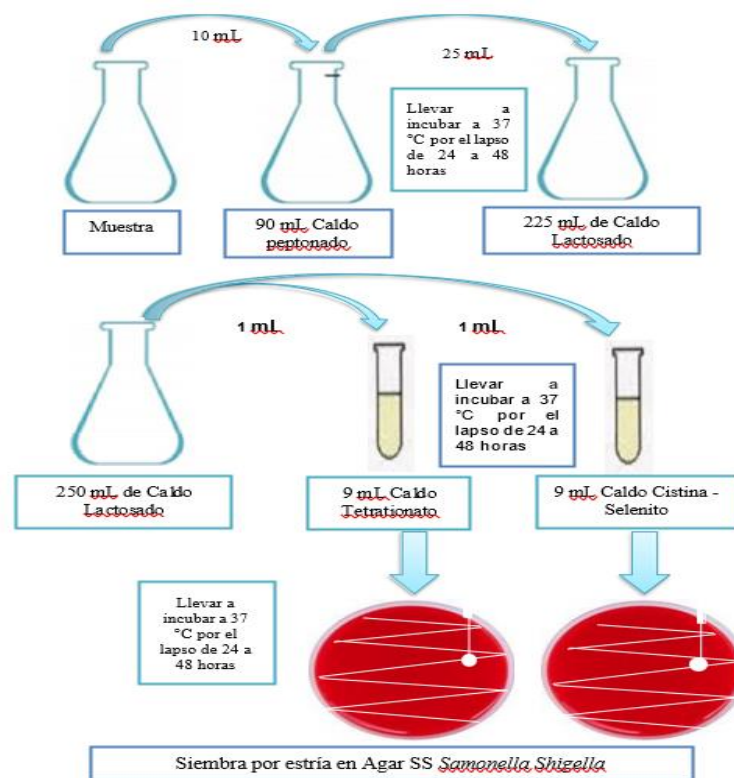
Fuente: López (2012)

Calculamos el NMP/100mL

$$\frac{NMP}{100 \text{ mL}} = \frac{\text{indice NMP (tabla)} * \text{dilucion intermedia}}{100}$$

### 3.3.4.3. Evaluación microbiana del *Salmonella sp*

Los procesos para determinar la *Salmonella typhi*, se observa en la Figura 4

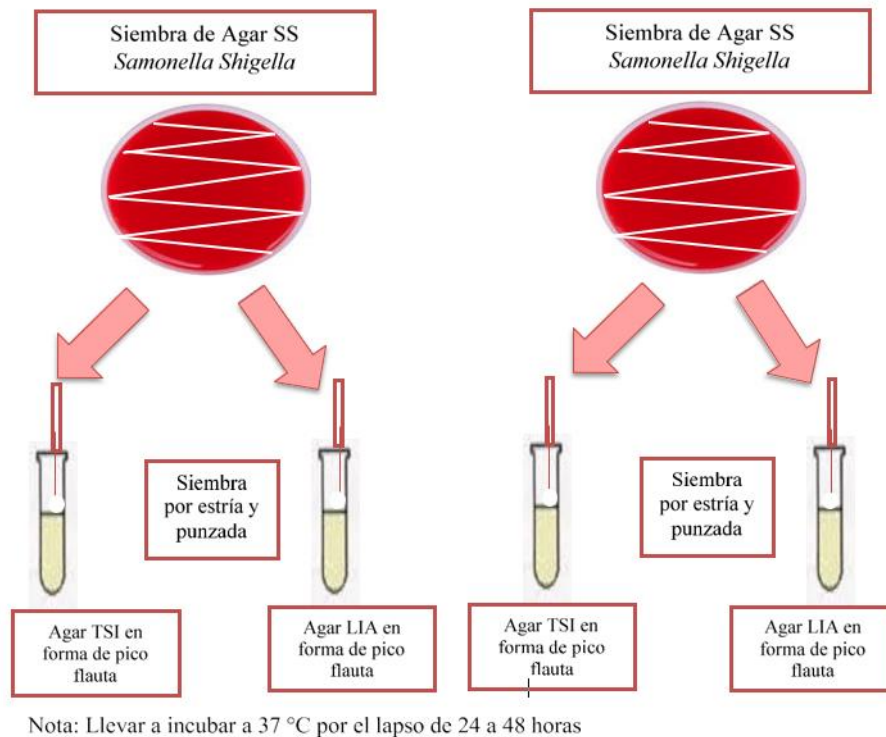


**Figura 4.** Determinación microbiana *salmonella sp*.

Fuente: López (2012.)

### Confirmación Presuntiva

Los procesos para la confirmación presuntiva de las muestras de agua obtenidas de la quebrada Agua Blanca se observan en la Figura 5.



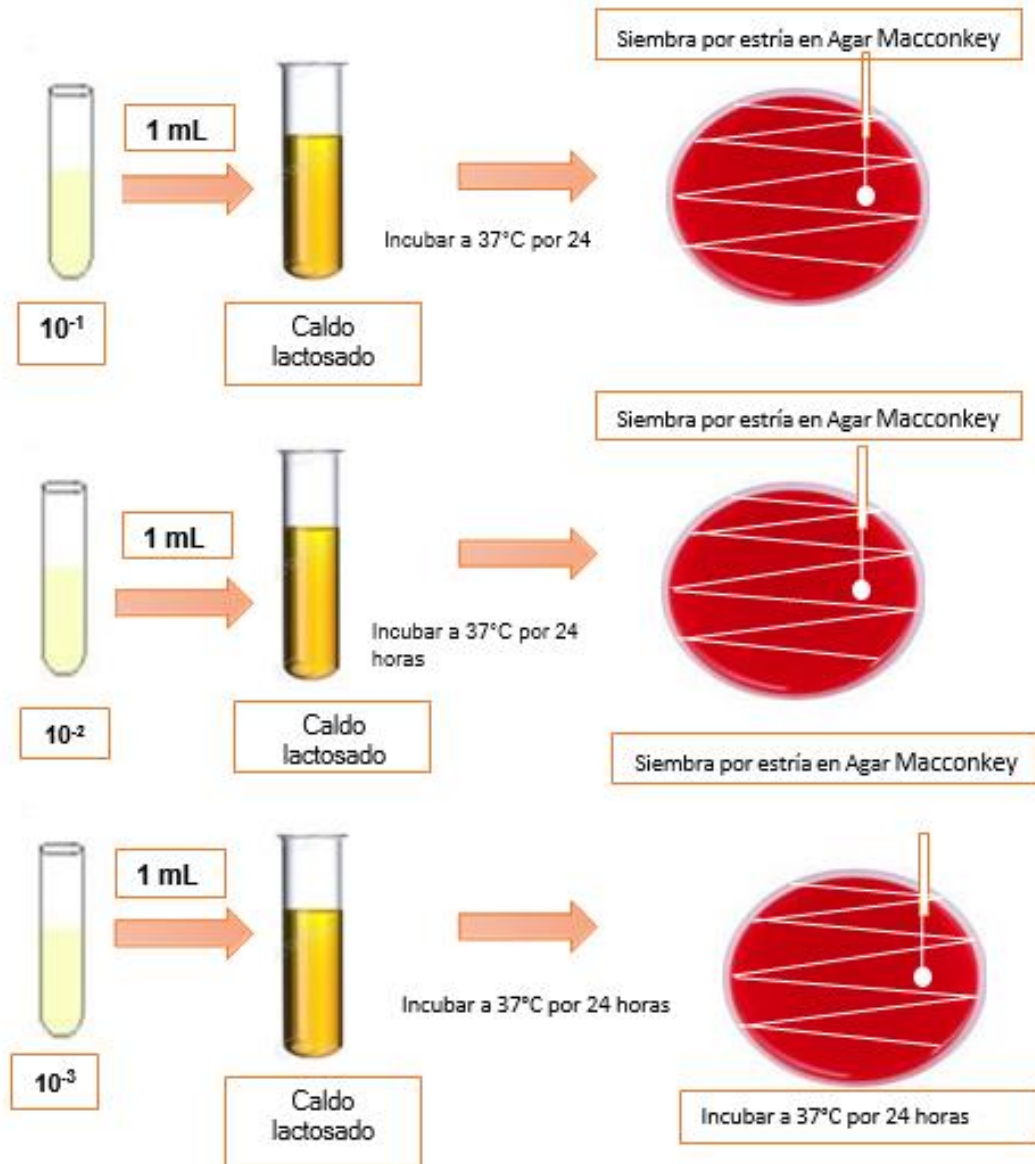
**Figura 5.** Confirmación presuntiva de *salmonella*

Fuente: López (2012.)

#### 3.3.4.4. Evaluación microbiana del *Vibrio Cholerae*

Para la determinación de *V. cholerae*, se filtró 100 mL de la muestra; tras retirar los filtros, estos fueron depositados en agua peptonada alcalina y se incubaron a  $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  entre 6 a 8 horas. Una vez que transcurrió el tiempo de incubación, se tomó un inóculo de los cultivos, se lo aisló en agar (TCBS), y se mantuvo en incubación a  $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  de 18 a 24 horas. Tras ello, se seleccionó de 3 a 5 colonias con imagen presuntiva de *V. cholerae* (colonias amarillas, debido a la fermentación de sacarosa; se caracterizaban por tener forma redonda, ser grandes de 2 a 4 mm, lisas, brillantes y ligeramente aplanadas) y se estriaron en agar Infusión Cerebro Corazón incubándose a temperatura de  $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  por un periodo de 18 horas. Solo se ha tenido que seleccionar un punto, de los resultados obtenidos en cada dilución (Figura 6).





**Figura 6.** Determinación microbiana de *Vibrio cholerae*.

Fuente: López (2012)

### 3.3.5. Determinar el nivel de relación entre los macroinvertebrados acuáticos mediante el índice de BMWP-CR y la calidad del agua a partir de parámetros fisicoquímicos de la quebrada Agua Blanca

Usando los datos que se obtuvieron en la identificación de los macroinvertebrados acuáticos que semuestran, se desarrolló el cálculo del índice BMWP, y la abundancia de individuos de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$IBF-CR = \sum V_i$$

Donde:

IBF-CR = Índice biológico IBF-CR para un determinado punto

$V_i$  = Valor constante de calidad de agua para la familia  $i$  (valor establecido del 1 al 9 para cada familia).

**Tabla 4.** Puntaje para las familias identificadas.

<b>Puntaje</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>
<b>9</b>	T	Lepidostomatidae, Odontoceridae, Hydrobiosidae, Ecnomidae
	E	Heptageniidae
	D	Blephariceridae, Athericidae
	O	Polythoridae
	P	Perlidae
<b>8</b>	B	Blaberidae
	T	Limnephilidae, Calamoceratidae, Leptoceridae, Glossosomatidae
	E	Leptophlebiidae
	O	Cordulegastridae, Corduliidae, Aeshnidae, Perilestidae
<b>7</b>	T	Philopotamidae
	Cr	Talitridae, Gammaridae
	O	Gomphidae, Leslidae, Megapodagrionidae, Protoneuridae, Platystictidae
	C	Ptilodactylidae, Psephenidae, Lutrochidae
<b>6</b>	T	Hydroptilidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae
	E	Euthyplociidae, Isonychidae
	M	Corydalidae
<b>5</b>	O	Libellulidae
	Cr	Crustacea
	C	Dryopidae, Hydraenidae, Elmidae, Limnichidae
	L	Pylaridae
	E	Leptohiphidae, Oligoneuriidae, Polymitarcyidae, Baetidae
	Tr	Turbellaria
	T	Hydropsychidae, Helicopsychidae
<b>4</b>	D	Muscidae, Sciomyzidae, Ceratopogonidae, Stratiomyidae, Tabanidae
	H	Belostomatidae, Coxidae, Naucoridae, Pleidae, Nepidae,

		Notonectidae, Veliidae, Gerridae, Corixidae
	C	Chrysomelidae, Curculionidae, Haliplidae, Lampyridae, Staphilinidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Scirtidae, Noteridae, Dixidae, Simulidae, Tipulidae, Dolichopodidae, Empididae
	E	Caenidae
	Hi	Hidracarina
	O	Coenagrionidae
	D	Psycodidae
	Cr	Asellidae
3	A	Hirudinea, Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae
	Mo	Vlvatidae, Hidrobiidae, Lymnacididae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeridae, Ampullariidae
	C	Hydrophilidae
2	D	Chironomidae, Culicidae, Ephydriidae
1	A	Oligochaeta (todas las clases)
	D	Syrphidae

Fuente: Astorga (2007)

C: Coleoptera; A: Annelida; P: Plecoptera;; B: Blattodea; O: Odonata; Cr: Crustacea; E: Ephemeroptera; L: Lepidoptera; D: Diptera; H: Hemiptera;; T: Trichoptera; Tr: Tricladida; Mo: Molusco; M: Megaloptera.

Luego que se obtuvo el puntaje, se procedió a clasificar las aguas, lo cual depende esto de la puntuación resultante que da valores entre 0 y un máximo indeterminado, que habitualmente no sobrepasa los 200. Se establecerán seis niveles según el puntaje obtenido (ASTORGA, 2007).

**Tabla 5.** Clasificación de la calidad de agua en función del puntaje obtenido.

Nivel de Calidad	BMWP -CR	Color
Aguas de Excelente calidad	>120	Azul
Aguas de Buena calidad, no contaminadas alteradas de manera sensible	101 - 119	Azul
Aguas de Regular calidad, eutrofia, moderada contaminación	61 - 100	Verde
Aguas de Mala calidad, aguas contaminadas	36 - 60	Amarillo
Aguas de Mala calidad, muy contaminadas	16 - 35	Naranja
Aguas de Muy mala calidad, extremadamente contaminadas	<15	Rojo

### 3.3.6. Criterios de estudio

#### 3.3.6.1. Nivel de investigación

En cuanto al nivel de investigación a aplicar es el relacional puesto que se va a analizar el grado de relación que pueda existir entre una variable y otra, en el caso de macroinvertebrados y la calidad del agua a partir de los parámetros fisicoquímicos (Hernández, 2014).

#### 3.3.6.2. Tipo de investigación

El presente trabajo se realizó una investigación aplicada, puesto que, se utilizó todos aquellos conocimientos adquiridos anteriormente sobre las ciencias básicas para fundamentar los resultados obtenidos. (Hernández, 2014).

#### 3.3.6.3. Diseño de investigación

Se utilizó el diseño no experimental, del tipo Longitudinal – tendencia, debido a que las variables no se manipularon, únicamente se visualizó cada uno de estas en cada uno de la toma de datos durante el tiempo determinado. (Hernández, 2014).

#### 3.3.6.4. Variables de estudio

##### a. Variables

**Vx: Independiente** - Macroinvertebrados Acuáticos

**Vy: Dependiente** - Calidad de agua a partir de los Parámetros Fisicoquímicos

**Vi: Interviniente** – Microcuenca Agua Blanca

##### b. Indicadores

X1: Gyrinidae

X2: Dysticidae

X3: Leptohyphidae

X4: Veliidae

X5: Gerridae

X6: Naucoridae

X7: Libellulidae

X8: Perlidae

X9: Hydropsychidae

Y1: DBO5

Y2: OD

Y3: STD

Y4: Conductividad

Y5: Temperatura

Y6: pH

### 3.3.6.5. Coeficiente de correlación de Spearman (Rho de Spearman)

Se utiliza para saber el nivel de relación entre estas variables se utilizó el coeficiente rho de Spearman, calculando así, la independencia o correlación de las variables en estudio. (Elorza y Medina, 1999). La siguiente ecuación es:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Siendo:

$d_i = x_i - y_i$

$x_i$  = el rango de sujetos  $i$  con respecto a una variable

$n$  = la cantidad de sujetos que se clasifican

$y_i$  = el rango de sujetos  $i$  con respecto a una segunda variable

Donde  $d_i$ , es la desigualdad de los intervalos X e Y, el rango de Spearman oscila entre -1.0 a +1.0, esto nos permite interpretar de la siguiente manera: el valor cercano a +1.0, indica una relación perfecta, el valor cercano a -1.0 muestra una correlación negativa perfecta y por último tenemos al valor de 0, nos muestra que no existe correlación (Anderson *et al.*, 2008).

**Tabla 6.** Grado de relación según coeficiente de correlación

Rango	Relación
+0.91 a +1.00	Correlación positiva perfecta
+0.76 a +0.90	Correlación positiva muy fuerte
+0.51 a +0.75	Correlación positiva considerable
+0.11 a +0.50	Correlación positiva media
+0.01 a +0.10	Correlación positiva débil

---

0	No existe correlación
-0.01 a -0.10	Correlación negativa débil
-0.11 a -0.50	Correlación negativa media
-0.51 a -0.75	Correlación negativa considerable
-0.76 a - 0.90	Correlación negativa muy fuerte
-0.91 a - 1.00	Correlación negativa perfecta

---

Fuente: Anderson (2008).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Identificación de los macroinvertebrados acuáticos de la quebrada Agua Blanca

Se logró capturar 93 macroinvertebrados que se encontraban distribuidos en 10 órdenes, mostrando mayor predominancia el orden Hemíptera en los puntos de muestreo establecidos (Tabla 7).

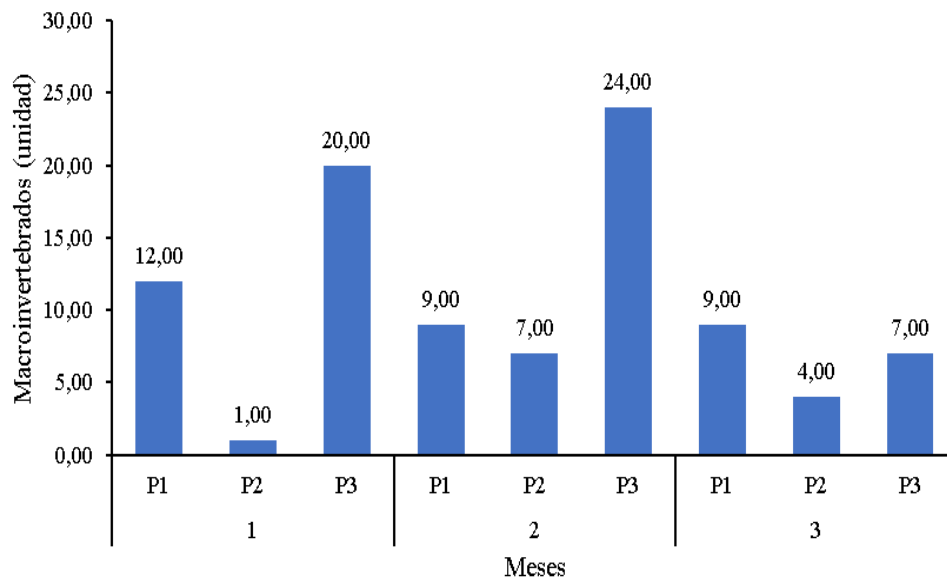
**Tabla 7.** Órdenes de los macroinvertebrados encontrados en los meses y puntos de muestreo.

Orden	Suborden	Familia	Mes 1			Mes 2			Mes 3		
			P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Araneae	Araneomorphae	Lycosidae	X					X			
		Segestriidae				X					
		Theridiidae						X			
										X	
Coleoptera	Adephaga	Gyrinidae	X			X				X	
		Dytiscidae	X								
Cyprinodontiformes	Cyprinodontoidei	Poeciliidae			X						
Decapoda	Natantia	Atyidae			X						
Ephemeroptera	Pannota	Leptohyphidae			X	X				X	
Hemiptera	Heteroptera	Veliidae	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Gerridae	X	X			X				
		Naucoridae			X						
Hymenoptera	Apocrita	Formicidae	X				X	X			X
		Odontomachus	X								
		Braconidae					X				
Odonata	Anisoptera	Libellulidae			X						
Plecoptera	Arctoperlaria	Perlidae	X								
Trichoptera	Annulipalpia	Hydropsychidae	X				X				

Se observa variabilidad de familias en los tres puntos de muestreo (Tabla 7), el cual no es concordante con el reporte de Minchola (2021) quien evaluó la calidad del agua del río Negro de Aguaytía y encontró que los valores del índice de diversidad de los macroinvertebrados disminuyeron mientras el río se encontraba con mayor intervención antrópica, disminuyendo de una moderada diversidad en el punto inicial de evaluación hasta una baja diversidad en el punto ocho de muestreo.

Una de las familias con mayor presencia en las evaluaciones fue la Veliidae (Tabla 7), pero no siempre se observan en los ríos, ya que Minchola (2021) en el río Negro de Aguaytía no reportó su presencia, mientras que en el estudio llevado a cabo por Pérez et al. (2020) en el país de Colombia, lo reportaron, pero en baja tasa de frecuencia para esta familia (0,20%).

La totalidad de macroinvertebrados por cada punto de muestreo y en los diferentes meses de evaluación fue reportado por cada mes de evaluación y punto de muestreo (Figura 7). Ver datos (Tabla 8) en anexos.



**Figura 7.** Cantidad de macroinvertebrados en los meses y puntos de muestreo.

La cantidad de individuos como la riqueza a nivel de familias fue variable en los tres puntos de muestreo, sin proseguir una frecuencia de disminución o aumento progresivo (Tabla 7, Tabla 8 en Anexos y Figura 7), dichos resultados discrepan a lo reportado por Minchola (2021) en el río Negro de Aguaytía al colectar en ocho puntos de muestreo y en tres meses diferentes a 842 individuos, distribuidos en 4 clases, 9 órdenes y 12 familias de macroinvertebrados, los cuales llevaron una secuencia de disminución de la cantidad de familias y de manera similar el valor de su diversidad mientras más se alejaba el punto de muestreo del área donde no existía la intervención antrópica a dicho río, tal es el caso que en la cantidad de familias en el punto uno fue de 12 y en el punto ocho solamente se observó solamente tres familias, mientras que en el caso del presente estudio en el punto uno se registró a 10 familias, luego disminuyó en el punto dos a seis familias y finalmente en el punto tres



solamente se volvió a observar a 10 familias de macroinvertebrados, pero no necesariamente fueron las mismas que se encontraron en las partes más altas de muestreo.

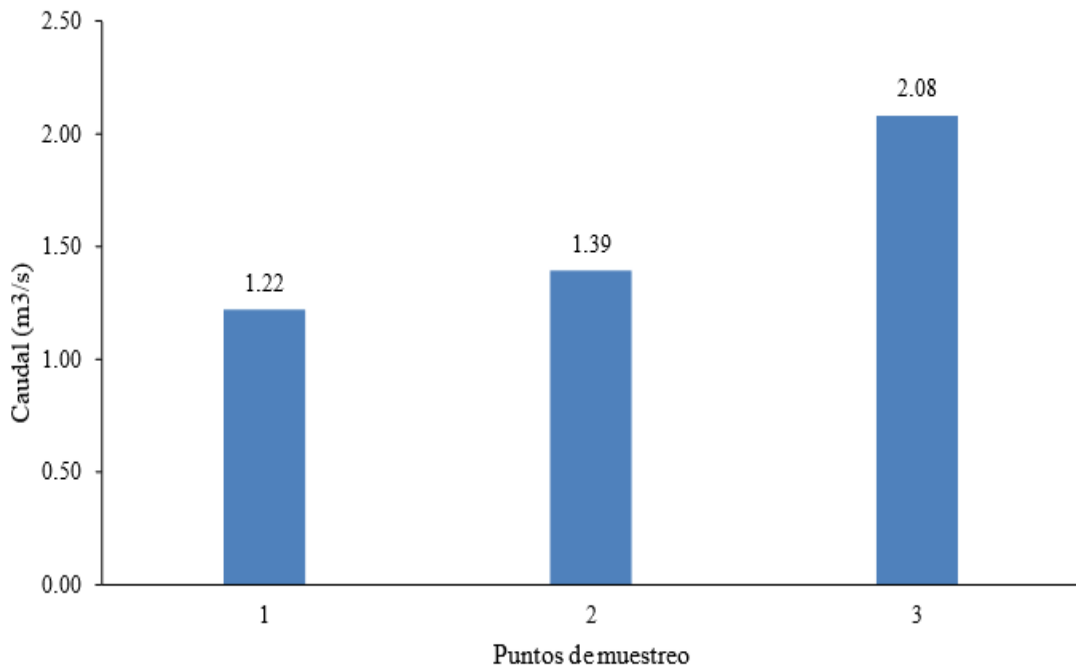
En el presente estudio se capturó 93 individuos, distribuidos en 10 órdenes y 17 familias (Tabla 7, Tabla 8 en Anexos y Figura 7), valores muy inferiores a los registros reportados por Minchola (2021) en el río Negro de Aguaytía con 842 individuos y Pérez et al. (2020) que colectaron 979 macroinvertebrados, variación de resultados que aparte de brindar información del grado de contaminación del medio acuático se debe en muchos casos a la cantidad de puntos de muestreo y la repetición temporal; además, Figueroa et al. (2003), encontraron diferentes resultados en la Cuenca Hidrográfica del Río Damas (Chile) al analizar 15 puntos de muestreo y encontraron 55 familias que fueron disminuyendo en su riqueza de especies en relación a los puntos de muestreo desde la parte alta hacia los puntos que se encontraban aguas abajo, comportamiento atribuido a que en dicha cuenca los pobladores vienen desarrollando la ganadería y agricultura en un 78,2 % de su superficie.

No se registró variación significativa de la cantidad de insectos respecto a los puntos de muestreo, resultados contrarios muestran Rodríguez et al. (2016) quienes al muestrear cuatro sitios encontraron 2808 individuos pertenecientes a 14 órdenes y 40 familias, siendo más notorios las familias Leptohipidae con 23.3% de frecuencia y la familia Hydropsychidae con un 18,7%, mientras que en la zona en estudio sobresalió la familia Veliidae. Además, se encontró variación de los resultados con respecto a los meses de muestreo en el que se ejecutó el estudio, este comportamiento no es acorde a lo publicado por López et al. (2019) al muestrear tres zonas del río Teusacá en Colombia, en donde concluyen que el cuerpo de agua mostró una baja biodiversidad y una dominancia alta en las especies capturadas de macroinvertebrados; además, dichos resultados son independientes a la temporalidad del muestreo.

## **4.2. Determinación de los parámetros fisicoquímicos del agua de la quebrada Agua Blanca**

### **4.2.1. Caudal de la quebrada**

El caudal del agua en la quebrada Agua Blanca registró variaciones respecto al punto de muestreo, de manera similar en el caso de los meses de muestreo (Tabla 9 en Anexos y Figura 8).

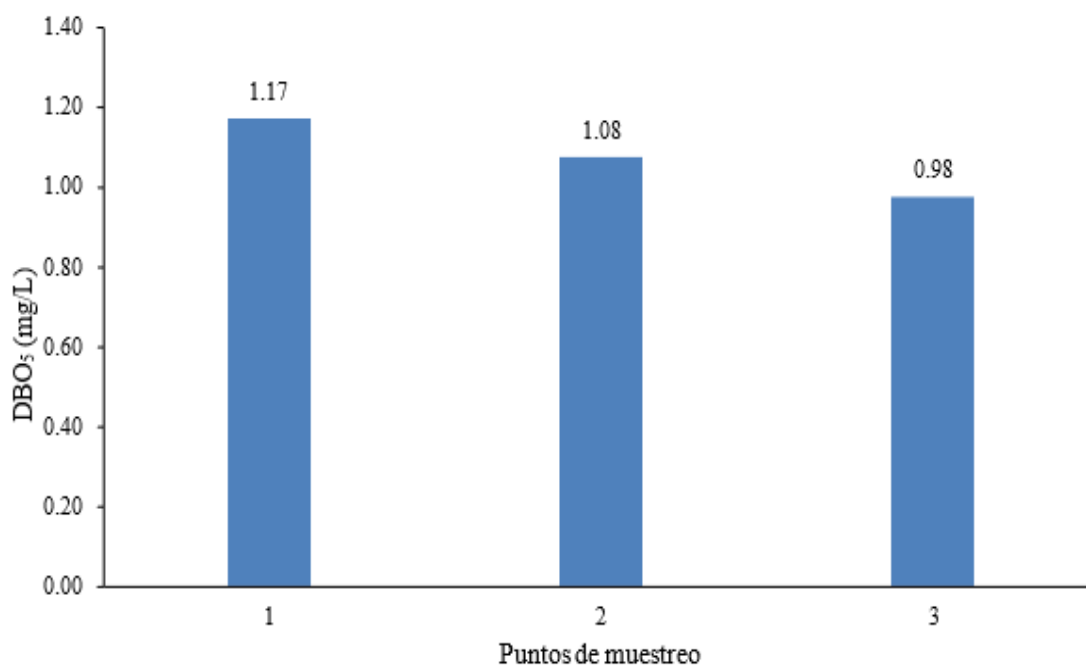


**Figura 8.** Promedio por puntos del caudal de la quebrada Agua blanca.

Se registra variación del caudal entre los puntos de muestreo y también entre los meses de muestreo (Tabla 9 en Anexos y Figura 8), resultados concordante al estudio de Minchola (2021) que evaluó la calidad del agua del río Negro de Aguaytía y encontró el valor del caudal desde  $4,05\text{m}^3/\text{s}$  en los primeros meses de medición hasta  $6,07\text{m}^3/\text{s}$  que registró al final de su estudio, este incremento fue atribuido a la presencia de lluvias, siendo un factor primordial para la variación del caudal acompañado por las pequeñas fuentes de agua que se juntan en el tramo en estudio.

#### 4.1.1. DBO<sub>5</sub> del agua

La DBO<sub>5</sub> del agua en la quebrada Agua blanca registró disminución respecto al punto de muestreo, de manera similar en el caso de los meses de muestreo (Tabla 10 en Anexos y Figura 9).



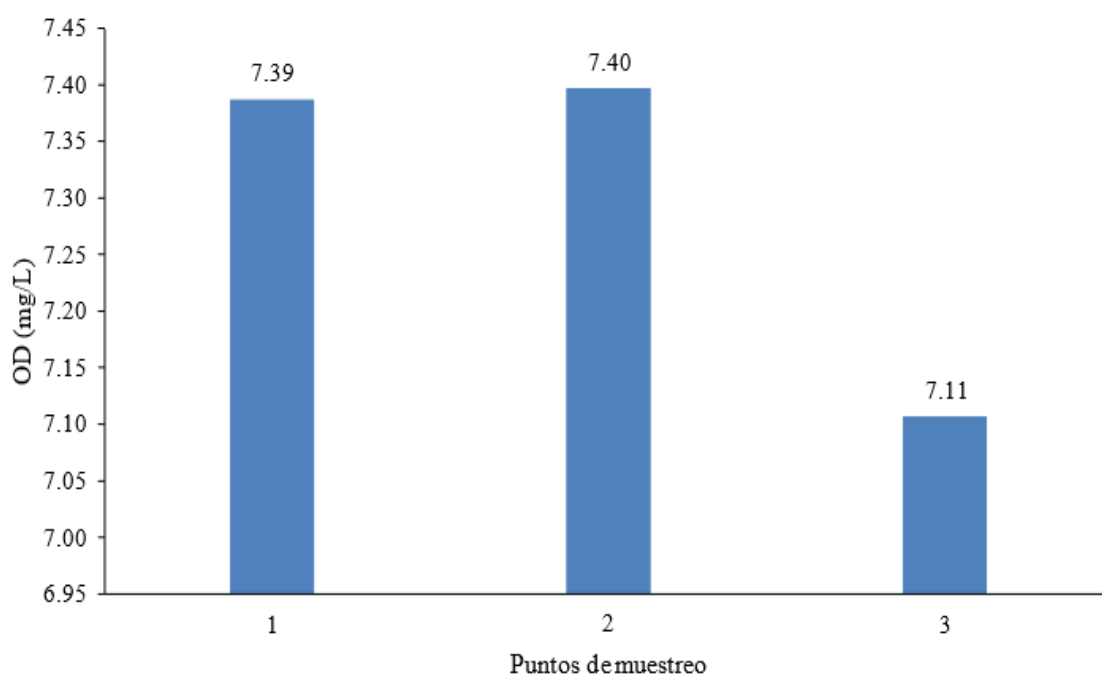
**Figura 9.** Promedio por puntos de la DBO<sub>5</sub> del agua en la quebrada Agua blanca.

La DBO<sub>5</sub> está dentro de los ECA-agua para las ser empleadas como aguas que pueden potabilizarse desinfectándolas (3 mg/L), contacto primario (5 mg/L), extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas (10 mg/L), riego de vegetales (15 mg/L) y bebida de animales (15 mg/L) en base al DS N° 004-2017-MINAM, resultados similares lo registra Dionisio (2021) al estudiar diferentes zonas de las quebradas Cocheros, Del Águila y Cushuro, estos valores muchas veces se deben a que las quebradas se encuentran aún vinculados a la vegetación que se encuentran en sus alrededores las que garantizan en cierta medida que la calidad del agua no se disminuya, esto fue ratificado por Suarez (2020) que evaluó la calidad del agua de las quebradas Cochero, Córdova y Naranjal en Tingo María, registrando en época de estiaje que la DBO<sub>5</sub> tiende a incrementarse su valor desde la colina súper baja hacia la colina alta en época de estiaje.

Los valores favorables de la DBO<sub>5</sub>, es un indicador muy favorable para que se garantice la calidad del agua, el cual de acuerdo a Abarca (2007) y Endara (2012) son indicadores que dicho medio acuático puede ser el hábitat de individuos de familias como Hydrachnidae (arácnidos), Ptilodactilidae (escarabajos), o Zigoptera (libélulas); las cuales, en condiciones acuáticas con contaminantes presentes, no pueden adaptarse; dicho de otra manera, el cuerpo de agua que fue estudiado es agua limpia en base a este indicador.

#### 4.1.2. OD del agua

El oxígeno disuelto del agua en la quebrada Agua blanca registró variaciones respecto al punto de muestreo, de manera similar en el caso de los meses de muestreo se observó ligeroincremento de los valores desde el punto uno hacia el punto tres a excepción del primer mes de evaluación (Tabla 11 en Anexos y Figura 10).



**Figura 10.** Promedio por puntos del OD en el agua de la quebrada Agua blanca.

La diferencia de los puntos de muestreo sobre la concentración de OD (Tabla 11 en Anexos y Figura 10), esto pudo atribuirse además de lo comentado a la existencia de piedras en las partes más altas como es el caso del punto uno y punto dos de muestreo en donde el agua pudo contener más oxígeno debido a la acción adicional de las pequeñas olas por un evento de tipo mecánico que generaron una aireación adicional y por ende el oxígeno disuelto en dicho medio (El Profe DH – Química, 2021; Goyenola, 2007).

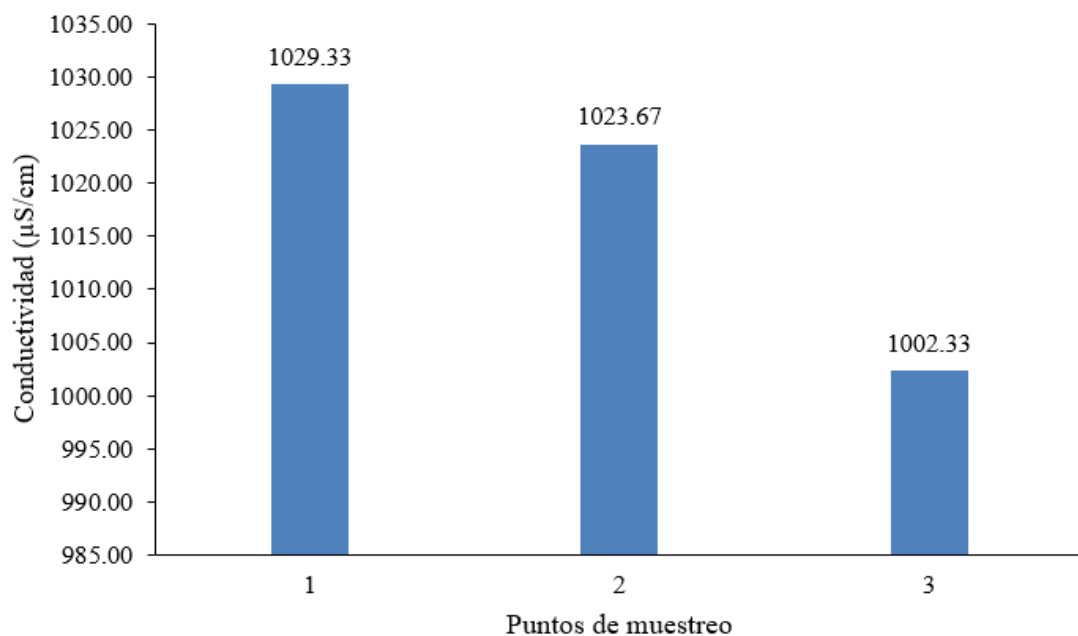
El valor promedio de dicho medio acuático que fue 7,30 mg/L (Tabla 10 en Anexos) ratifica que es un medio adecuado de acuerdo con la normativa nacional (DS N° 004-2017-MINAM), además, de acuerdo con Goyenola (2007) en un agua de calidad aceptable (5 - 8) y con este valor garantiza la supervivencia de casi todas las especies de peces y también otros organismos existentes en dicha quebrada en estudio.

La pequeña disminución del OD en el último punto de muestreo puede atribuirse a que el medio se encontraba más despejado con mayor llegada de los rayos solares y también como hubo viviendas aledañas tanto en el punto dos y las familias en ocasiones tienden a votar agua con elevadas temperaturas hacia la quebrada (Goyenola, 2007), pudo alterar en cierta medida al OD registrado en dicho medio.

Los resultados del OD sufren variaciones por factores como las estaciones del año, al respecto Dionisio (2021) ratifica esta definición debido a que encontró resultados inferiores en los meses de poca precipitación respecto a los meses de elevada precipitación en las quebradas Cocheros, Del Águila y Cushuro, este comportamiento pudo estar vinculado entre otros factores al caudal de las quebradas debido a que con la presencia de lluvias se eleva el volumen del agua y por la presencia de piedras se generan pequeñas olas que oxigena al agua elevándose el valor del oxígeno disuelto lo que favorece a las vidas acuáticas existente en dichas quebradas.

#### 4.1.3. Conductividad eléctrica del agua

En la quebrada Agua blanca, la conductividad eléctrica del agua registró disminución respecto al punto de muestreo, mientras que, en el caso de comparar los meses de muestreo se reportan que valores determinados fueron iguales o presentaron una alta homogeneidad de los datos (Tabla 12 en Anexos y Figura 11).

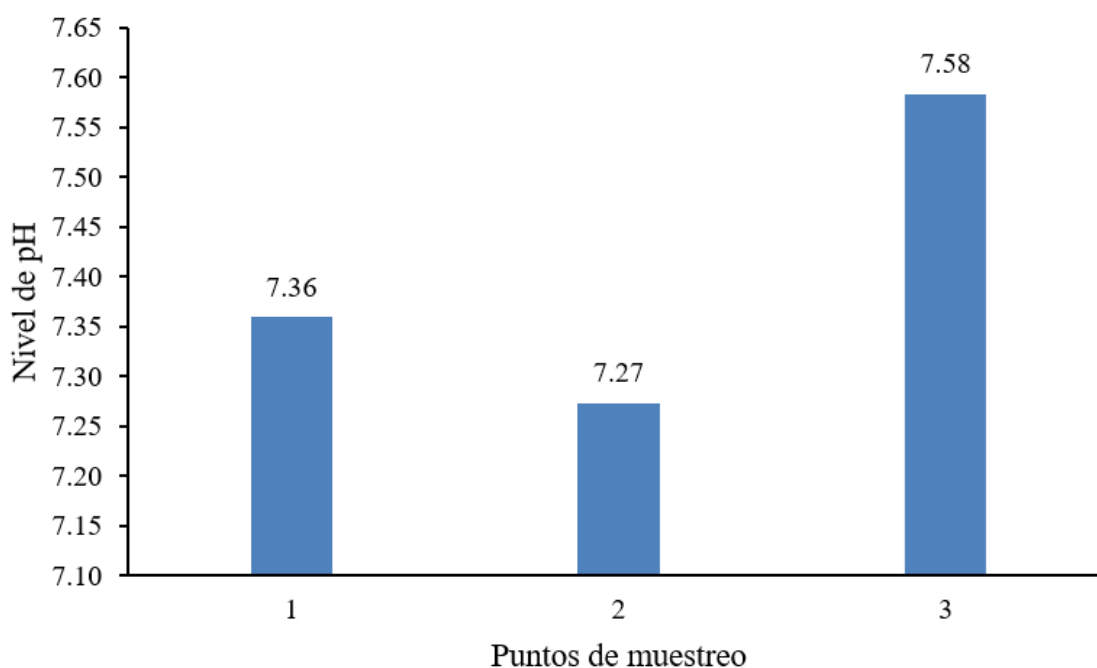


**Figura 11.** Promedio por puntos de la CE del agua en (µS/cm) en la quebrada Agua blanca.

La conductividad eléctrica registró valores desde los 1002,33  $\mu\text{S}/\text{cm}$  hasta los 1029,33  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Tabla 12 en Anexos y Figura 11), valores que se encuentran en los ECA-Agua para ser empleadas como aguas que pueden potabilizarse mediante la desinfección (1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), riego de vegetales (2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y bebida de animales (5000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en base al DS N° 004-2017-MINAM, resultados inferiores lo registra Dionisio (2021) al estudiar diferentes zonas de las quebradas Cocheros, Del Águila y Cushuro, estos valores difieren por las características geológicas por donde fluyen el agua, siendo en el caso de la zona en estudio el agua posee un alto valor de conductividad lo cual según Solís-Castro et al. (2018) y bajo condiciones normales dichas aguas presentan elevada dureza total y dureza de calcio.

#### 4.1.4. Nivel del pH del agua

El nivel de pH del agua en la quebrada Agua blanca registró variaciones respecto al punto de muestreo, mientras que, en los meses de muestreo los valores fueron similares (Tabla 13 en Anexos y Figura 12).



**Figura 12.** Promedio por puntos del nivel de pH del agua en la quebrada Agua blanca.

El nivel del pH en el agua registró un promedio de 7,41, muy superior a lo registrado por García (2021) al analizar agua de 14 viviendas en la comunidad nativa Pakún, región Amazonas, donde se encontró una variación del pH desde los 6,22 hasta los 6,46 la cual

puede estar vinculado a otros factores como el sulfato y cloruro que se encuentran relacionadas de manera directa con el pH, mientras que en el caso de la alcalinidad del agua se relaciona de manera inversa con el pH, además, el incremento del valor del pH también puede estar afectado por la sedimentación atmosférica (García et al., 2019) que no solamente se deba a que en el medio se emane partículas contaminantes, sino que pudieron ser transportados de otros lugares aledaños a la quebrada en estudio.

Los datos del pH fueron variables en los diferentes puntos de muestreo (Tabla 13 en Anexos y Figura 12), esto es similar a los reportes de Dionisio (2021) al estudiar la calidad del agua en las quebradas Cocheros, Del Águila y Cushuro en donde consideró este indicador de calidad, registrando variabilidad de los datos del nivel de pH, obteniendo en algunas observaciones valores inferiores al rango considerado por el ECA (DS N° 004-2017-MINAM), específicamente en periodos donde el caudal fue menor a consecuencia de la estación seca del año correspondientes a los meses de agosto y septiembre, mientras que en el mes donde la precipitación fue mayor, los valores del pH se encontraron dentro del rango considerado por el ECA.

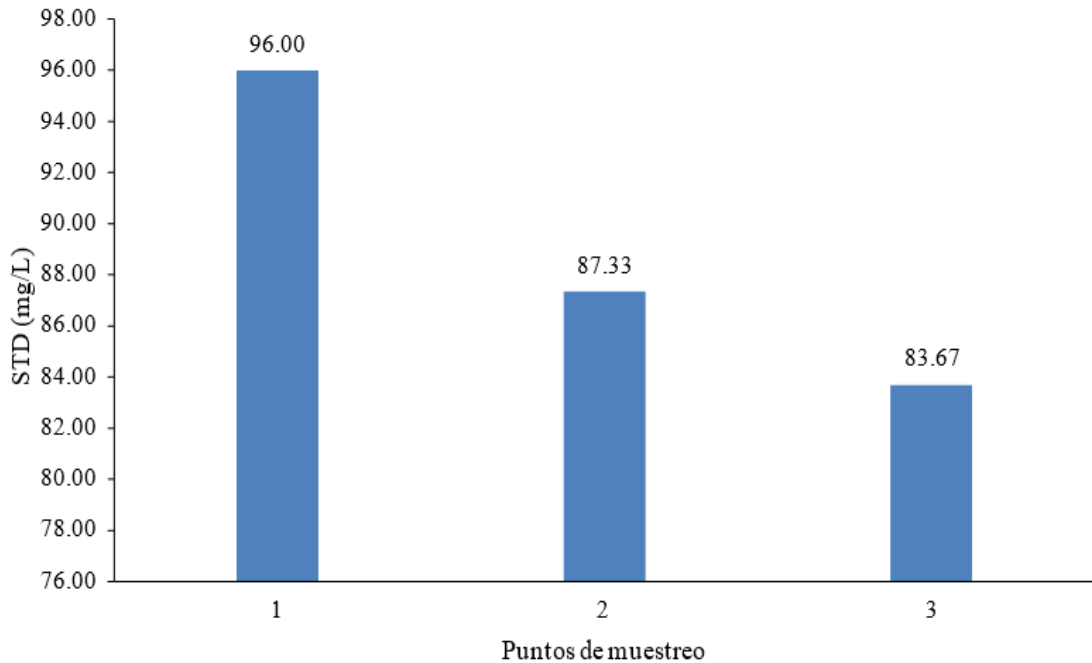
El nivel del pH en los tres puntos de muestreo se encontraron dentro del rango establecido por la normativa nacional que es desde 6,5 hasta los 8,5 (Tabla 13 en Anexos y Figura 12) considerada como agua que puede ser potabilizada con desinfección (DS N° 004-2017-MINAM), esto es favorable para la población aledaña debido a que su consumo previo al tratamiento mediante acciones de ponerlos a hervir se puede consumir sin que ocasionen daños a su salud (Galvín, 2003).

#### **4.1.5. STD del agua**

Los STD del agua en la quebrada Agua blanca registró una disminución respecto al punto de muestreo, de manera similar en el caso de los meses de muestreo se observó disminución respecto al mes evaluado (Tabla 14 en Anexo y Figura 13).

Los STD se encontraron dentro de ECA-agua para las serempladas como aguas que pueden potabilizarse mediante la desinfección (1000 mg/L) en base al DS N° 004-2017-MINAM, resultados similares lo registra Dionisio (2021) en las quebradas Cocheros, Del Águila y Cushuro, aunque también encontró que existen variaciones de los valores de acuerdo

a la temporada de estudio, siendo ligeramente inferior en época de estiaje e incrementándose de su valor en la temporada de avenida, el cual se debe a la presencia de lluvias que acarrean más material aledaño al cuerpo de agua; además, Suarez (2020) lo ratifican y añaden que, al evaluar la calidad del agua de las quebradas Cochero, Córdova y Naranjal en Tingo María, registró relación directa entre el nivel altitudinal y la cantidad de STD.



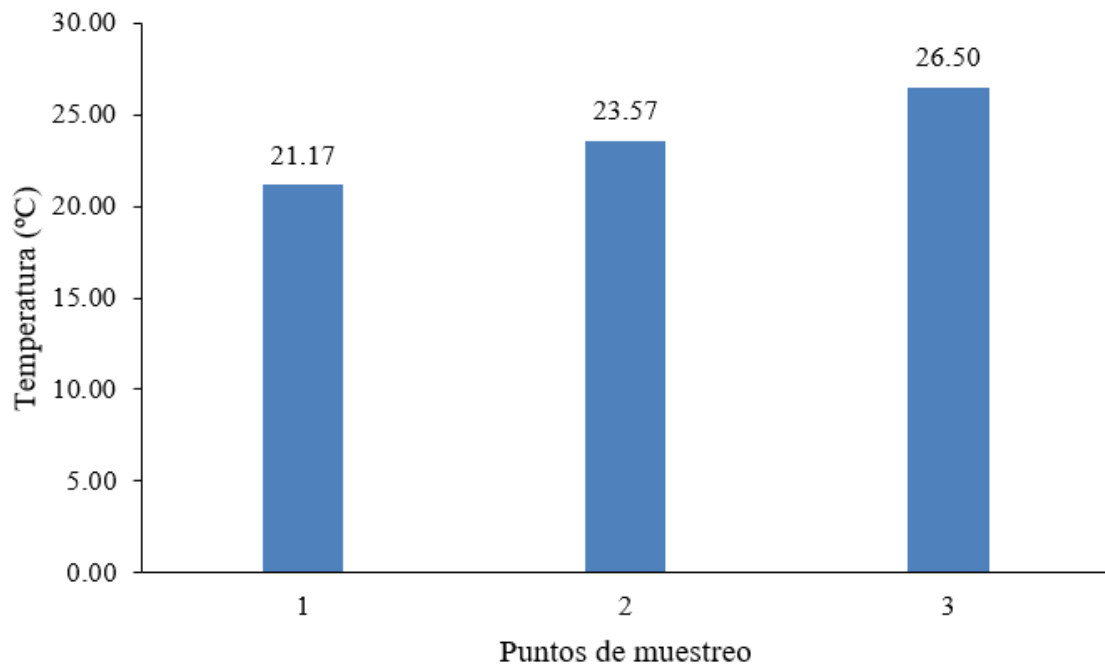
**Figura 13.** Promedio por puntos de los STD del agua en la quebrada Agua blanca.

#### 4.1.6. Temperatura del agua

En la quebrada Agua blanca, la temperatura del agua registró incremento de sus valores respecto al punto de muestreo, mientras que, el promedio de los meses de muestreo estuvo entre 21°C y 27.5°C. (Tabla 15 en Anexos y Figura 14).

La temperatura fue incrementándose mientras se recorría la quebrada (Tabla 15 en Anexos y Figura 14), este comportamiento lo registró también Suarez (2020) al estudiar la calidad del agua de las quebradas Cochero, Córdova y Naranjal en Tingo María, en donde la temperatura se va elevando mientras más recorre la quebrada, este comportamiento se puede atribuir a que la vegetación de la parte alta donde se realizó el muestreo lo conformaba en mayor abundancia mientras que la parte baja hubo espacios libres donde la luz solar llegaba directamente al agua.





**Figura 14.** Promedio por puntos de la temperatura del agua en la quebrada Agua blanca.

#### 4.3. Estimación del índice de calidad del agua a partir del ICA-PE de la quebrada Agua Blanca

La mayoría de la categorización correspondiente a la calidad del agua lo califican comoun recurso con excelente calidad, a excepción de la categoría poblacional y recreacional correspondiente a la subcategoría contacto primario que lo califican como agua de calidad buena (Tabla 08).

**Tabla 08.** ICA del agua de la quebrada Agua Blanca.

Categorías de uso	Puntos de muestreo	ICA-PE	Calificación
Cat.1 Sub.Cat A1	Punto 1	100,00	Excelente
	Punto 2	100,00	Excelente
	Punto 3	100,00	Excelente
Cat.1 Sub.Cat B1	Punto 1	100,00	Excelente
	Punto 2	100,00	Excelente
	Punto 3	89,50	Buena
	Punto 1	100,00	Excelente

Cat. 2 Sub.Cat. C4	Punto 2	100,00	Excelente
	Punto 3	100,00	Excelente
Cat. 3 Sub.Cat. D1	Punto 1	100,00	Excelente
	Punto 2	100,00	Excelente
	Punto 3	100,00	Excelente
Cat. 3 Sub.Cat. D2	Punto 1	100,00	Excelente
	Punto 2	100,00	Excelente
	Punto 3	100,00	Excelente

La calificación del agua de la quebrada Agua blanca como excelente en la mayoría de las categorizaciones siendo superior a lo registrado por Dionisio (2021) al evaluar la calidad del agua de las quebradas Del Águila, Cushuro y Cocheros que son utilizados para consumo de la población en donde utilizó 12 indicadores de calidad y concluyó que la calidad del agua muestreada es Bueno, la diferencia en los resultados puede atribuirse a los indicadores empleados, además, se encontró la presencia de *Salmonella* sp. en el punto 3 de muestreo, razón por la cual la clasificación disminuyó a categoría como agua de buena calidad.

La presencia de *Salmonella* sp. en el recurso hídrico como lo reportado en el presente estudio por lo general es debido a que dicha agua se encuentra contaminada por heces, estos resultados son inferiores a lo reportado por García (2021) quien estudió 14 muestras de agua que representaban a 14 viviendas escogidas al azar comunidad nativa Pakún en la región Amazonas, reportando que en todas las muestras fue positivo la observación para el patógeno de contaminación fecal como es la *Salmonella* sp. que es causante de enfermedades como es la salmonelosis (Apella y Araujo, 2011).

No se registró variación de la calidad del agua en la quebrada en estudio (Tabla 16), resultado similar lo reporta Hahn-VonHessberg et al. (2009) al concluir que la calidad del agua que entra, circula y sale en la estación piscícola en el Municipio de Palestina se encuentra medianamente contaminada y no se encontró de variación alguna en mejora o disminución de dicha calidad, el resultado obtenido también pudo atribuirse a la cantidad de parámetros empleados en la determinación del ICA-PE ya que solo en el presente estudio se consideró siete parámetros, mientras que autores como Robles (2021) llegó a emplear 16 parámetros que le otorga resultados más certeros respecto a la categorización de la calidad del agua en un

determinado cuerpo hídrico.

La variabilidad de los resultados siempre va estar presente entre puntos de muestreo y las épocas de muestreo, esto lo registró Vásquez y Medina (2014) al evaluaron la calidad del agua en la microcuenca del río Tablachaca - región Ancash, mostrando resultados para los ríosParagón y Puente Hondo donde la calidad biológica del fue aceptable, mientras que, en el río Pampas obtuvo una pésima calidad, Robles (2021) diagnosticó la calidad del agua de los principales ríos de la cuenca Pucara, encontrando diferentes categorizaciones en las zonas de muestreo cuya dependencia lo atribuye a los efluentes de los sistemas de tratamiento de agua residual municipal, las actividades ganaderas y agrícolas aledañas a los ríos, mientras que en el caso de Valcárcel (2011) que estudió el agua de la cuenca baja del río Uctubamba (Amazonas) encontró solamente variaciones notables en la calidad del agua entre las épocas de muestreo con y sin abundante precipitación o variabilidad temporal, sin reportar diferencias significativas de sus valores entre puntos de muestreo.

#### **4.4. Determinación del nivel de relación entre los macroinvertebrados acuáticos mediante el índice de BMWP y la calidad del agua a partir de los parámetros fisicoquímicos de la quebrada Agua Blanca**

En la quebrada Agua Blanca, la calidad del agua fue clasificada como un medio con aguas de calidad mala o muy mala que se encuentran entre muy contaminadas y extremadamente contaminadas (Tabla 09).

**Tabla 09.** Índice biológico de familias por cada punto de muestreo.

Orden	Suborden	Familia	Puntos de muestreo		
			Punto1	Punto 2	Punto 3
Araneae		Lycosidae			
Araneae	Araneomorphae	Segestriidae			
Araneae		Theridiidae			
Araneae					
Coleoptera	Adephaga	<b>Gyrinidae</b>	4		
Coleoptera	Adephaga	<b>Dytiscidae</b>	4		
Cyprinodontiformes	Cyprinodontoidei	Poeciliidae			
Decapoda	Natantia	Atyidae			

Ephemeroptera	Pannota	<b>Leptohyphidae</b>	5	5
Hemiptera	Heteroptera	<b>Veliidae</b>	4	4
Hemiptera	Heteroptera	<b>Gerridae</b>	4	4
Hemiptera	Heteroptera	<b>Naucoridae</b>		4
Hymenoptera	Apocrita	Formicidae		
Hymenoptera	Apocrita	Odontomachus		
Hymenoptera	Apocrita	Braconidae		
Odonata	Anisoptera	<b>Libellulidae</b>		6
Plecoptera	Arctoperlaria	<b>Perlidae</b>	9	
Trichoptera	Annulipalpia	<b>Hydropsychida</b>	5	5
		<b>e</b>		
	<b>IBF-CR</b>		<b>30</b>	<b>14</b>
				<b>23</b>

Anaranjado: Aguas de calidad mala, muy contaminadas

Rojo: Aguas de calidad muy malas, extremadamente contaminadas

Celdas vacías son familias no poseen puntuaciones.

La clasificación de la calidad del agua por medio del índice biológico determinó que dicho medio presentaba aguas de calidad mala a muy mala, lo cual no es tiende a ser muy real debido a que estos resultados pudieron estar afectados por el periodo de muestreo en donde había presencia de lluvias, al respecto Patiño (2015) concluyó que en muchos casos hay factores como la turbiedad del agua que se ocasiona por la presencia de lluvias suele tener influencia sobre la presencia de macroinvertebrados, resaltando que en la situación de que se tenga un cuerpo de agua con gran cantidad de partículas suspendidas se tiene comprometido la vida de estos animalitos.

El índice biológico (IBF-CR) se encuentra relacionado con el nivel de DBO<sub>5</sub>, mientras que con las demás propiedades físicas y químicas del agua no hubo correlación estadística significativa (Tabla 17). El índice biológico de familias estuvo correlacionado de manera directa con la DBO<sub>5</sub> (Tabla 18), resultados ratificados por Minchola (2021) en río Negro – Aguaytía, mientras que a parte de esta correlación, Figueroa et al. (2003), en la Cuenca Hidrográfica del Río Damas, registraron correlaciones directas de la temperatura, CE, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Nitrito y DBO con el índice biótico de familia, además, hubo correlación inversa con oxígeno disuelto, posiblemente atribuido a que en dicha cuenca se practicaba la agricultura intensiva y los agricultores empleaban acciones de fertilización de manera intensiva.

**Tabla 10.** Correlación entre el índice biológico por familias y la calidad del agua de la quebrada Agua Blanca.

Parámetros del agua	Estadísticos	IBF-CR
DBO <sub>5</sub>	Coeficiente de correlación (rho)	0,724
	Sig. (bilateral)	0,028
	N	9
OD	Coeficiente de correlación (rho)	0,272
	Sig. (bilateral)	0,478
	N	9
Conductividad	Coeficiente de correlación (rho)	0,187
	Sig. (bilateral)	0,631
	N	9
pH	Coeficiente de correlación (rho)	0,135
	Sig. (bilateral)	0,730
	N	9
STD	Coeficiente de correlación (rho)	0,370
	Sig. (bilateral)	0,328
	N	9
Temperatura	Coeficiente de correlación (rho)	0,188
	Sig. (bilateral)	0,627
	N	9

Otros reportes de correlación lo reportan en Ecuador, Rodríguez et al. (2016) al concluir que, la calidad de agua en el río Puyo desciende drásticamente ante la influencia de la zona urbana y que, de acuerdo al índice IBF-SV hay una correlación inversa con el oxígeno disuelto; mientras que, Valcárcel (2011) en la cuenca baja del río Uctubamba (Amazonas) encontró correlación ( $r: 0,954$ ) altamente significativa entre la riqueza de taxas con el nivel de pH del agua, mientras que en el resto de los parámetros del agua (T, OD, conductividad, STD, sulfatos, fosfatos, coliformes totales y coliformes fecales) no hubo correlación alguna; estas variaciones de correlación significativa entre los estudios puede estar perjudicado por criterios técnicos como la cantidad de datos que se recolecta para un determinado estudio, el tamaño de los cuerpos de agua, la cantidad de zonas de muestreo, condiciones climáticas y la intervención humana.

## V. CONCLUSIONES

1. En los tres puntos muestreo de la quebrada Agua Blanca se recolectó 93 macroinvertebrados, siendo más frecuente los individuos de la familia Veliidae.
2. A pesar de las variaciones existentes entre los puntos de muestreo, los parámetros fisicoquímicos como el DBO<sub>5</sub>, OD, conductividad eléctrica, pH, STD y la temperatura de la quebrada Agua Blanca se encuentran dentro de los ECAs considerados por el DS N° 004-2017-MINAM.
3. El agua de la quebrada Agua Blanca según el ICA-PE es de excelente para emplearlas como aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, extracción y cultivo de especies hidrobiológicas, riego de vegetales y como bebida de animales, pero cambia de clasificación a un agua de calidad buena para emplearla como contacto primario debido a que en un punto de muestreo se encontró *Salmonella* sp. lo cual afecta a la salud del ser humano.
4. Solo se encontró relación significativa del índice biológico (IBF-CR) con el parámetro DBO<sub>5</sub> de la quebrada Agua Blanca.

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

1. Realizar estudios de calidad del agua en la quebrada Agua Blanca en donde se considere las estaciones del año con la finalidad de evaluar indicadores de calidad como es el caso del oxígeno disuelto que varía con relación al caudal de una determinada quebrada.
2. En estudios similares incluir mayor número de parámetros como es el caso de la turbidez que es de suma importancia debido a que durante el periodo de mayor presencia de lluvias la calidad se ve perjudicada por este parámetro, también aumentar las zonas de muestreo y repeticiones, con el fin de obtener resultados más certeros y acertados.
3. Crear grupos de trabajo con pobladores de la zona y brindarles conocimientos para que sean capaces de calificar su recurso hídrico basándose en los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad, así; logren obtener datos de manera.
4. Para contribuir al cuidado del recurso hídrico y mantener la calidad actual, a futuro se podría organizar a la población y generar en ellos la educación ambiental mediante capacitaciones, charlas sobre el cuidado de su recurso, incentivar a la realización de proyectos para mejorar los problemas ambientales que presenta la comunidad hoy en día.

## VII. REFERENCIAS

- Abarca, H. (2007). El uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. *Biocenosis*. 20(1), 95-104.
- Acosta, M., Vargas, J., Velásquez, A., Etchevers, J. (2002). Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México. *Agrociencia*. 36(1), 725-736.
- Alba, J. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y la calidad de las aguas de los ríos. *SIAGA*. 2(1), 203-213.
- Álvarez, S. (2019). Contaminación del suelo, resumen qué es y causas. Consultado 20 enero del 2023. [En Línea]: IBERDROLA. (<https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/contaminacion-del-suelo-causas-efectos-soluciones> documento del 29 de abril del 2019).
- Álvarez, S. y Pérez, L. (2007). *Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras*. [Tesis pregrado, Universidad Zamorano]. Repositorio Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/524>
- Anderson, D., Sweeney, D., & Williams, T. (2008). Estadística para administración y economía. <https://www.upg.mx/wp-content/uploads/2015/10/LIBRO-13-Estadistica-para-administracion-y-economia.pdf>
- Solís, Y., Zúñiga, L., y Mora, D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *DIALNET* 31(1), 35-46.
- Astorga, Y., Martínez, J. (2007). Contaminación del suelo, resumen qué es y causas. Consultado 20 enero del 2023. [En Línea]: BINASS. (<https://www.binasss.sa.cr/opac-ms/media/digitales/Evaluaci%C3%B3n%20y%20clasificaci%C3%B3n%20de%20la%20calidad%20de%20cuerpos%20de%20agua%20superficiales.pdf> documento del 29 de abril del 2007).
- ANA (2016). Metodología para la determinación del Índice de Calidad del Agua de los recursos hídricos superficiales en el Perú. Consultado 20 enero del 2023. [En Línea]: BINASS. ([https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/propuesta\\_metodologia\\_ica-pe.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/propuesta_metodologia_ica-pe.pdf) documento del 29 de abril del 2016).
- Baptista, D. (2001). Diversity and habitat preference of aquatic insects along longitudinal gradient of the Macaé river basin, Rio de Janeiro, Brazil. *BRAZ*. 61(2), 249-258.



- Barber, H. (2008). Global diversity of mayflies (Ephemeroptera, Insecta) in freshwater. *Hydrobiology*. 595(2), 339-350.
- Bullón, V. (2016). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua en la cuenca del Río Perene, Chanchamayo*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3462>
- Cadena, J., Gómez, R. (2016). Evaluación de la calidad del agua del río Tejo (Ocaña, Colombia) mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos. *NGENIO UFPSO*. 9(1), 121-132.
- Carrera, C., y Fierro, K. (2021). Manual de monitoreo. Los Macroinvertebrados Acuáticos como indicadores de la Calidad del Agua. Consultado 20 enero del 2023. [En Línea]: BINASS. (<https://ecociencia.org/manual-de-monitoreo-los-macroinvertebrados-acuaticos-como-indicadores-de-la-calidad-del-agua/> documento del 29 de abril del 2001).
- Cuevas, A. B. (2018). *Macroinvertebrados bentónicos como referentes de la calidad de aguas del Lago Titicaca en el centro de investigación y tratamiento tecnológico Chucuito – Puno*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Del Altiplano]. Repositorio UNAP. [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/9155/Cuevas\\_Alav\\_e\\_Ana\\_Belen.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/9155/Cuevas_Alav_e_Ana_Belen.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Dajoz, R. (2002). *Tratado de Ecología*. Mundiprensa
- Della. (2004). Ficha técnica del Hedonal. Consultado 20 enero del 2023. [En Línea]: BINASS. (<https://agroservicios.bayer.com/productos/herbicidas/hedonal-6#tab-3> documento del 09 de abril del 2004).
- DEVIDA. (2013). *Monitoreo de Cultivos de Coca 2013*. UNODC.
- Domínguez, E., Fernández, H. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y Biología*. Fundación Miguel Lillo
- El Profe DH. (20 de agosto del 2021). Oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y ORP. [Archivo de Vídeo]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=nmXzHwjwifg>
- Elorza, H., Medina, J.(1999). *Estadística para las ciencias sociales y del comportamiento*. <https://www.uv.mx/rmipe/files/2015/09/Estadistica-para-las-ciencias-sociales-del-comportamiento-y-de-la-salud.pdf>
- Endara, A. (2012). Identificación de macroinvertebrados bentónicos en los ríos: Pindo, Mirador,

- Alpayucu y Pindo Grande; determinación de su calidad de agua. *Enfoque UTE*. 3(2), 33-41.
- Figueroa, R., Valdovinos, C., Araya, E., y Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *SCIELO*. 76(1), 275-285.
- Galvín, R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas*. <https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788490522103.pdf>
- Gamboa, M. (2010). Estado poblacional del orden Plecoptera (Insecta) en el Parque Nacional Sierra Nevada en Venezuela y sus implicaciones para planes de conservación. *SCIELO*. 58(4), 1299-1310.
- Gamboa, R., Cifuentes, G., Rocha, Z. (2016). Indicadores bacterianos de contaminación fecal en el agua del embalse La Copa, municipio de Toca, Boyacá/ Colombia. *Investigación, Innovación, Ingeniería*. 3(1), 10-23.
- García, F. (2021). Indicadores y patógenos fecales en el agua de bebida de la comunidad nativa Pakún, Amazonas. *UNTRM*. 4(1), 14-18.
- García, S., Arguello, A., Parra, R., Pilay, M. (2019). Factores que influyen en el pH del agua mediante la aplicación de modelos de regresión lineal. *INNOVA*. 4(2), 59-71.
- Goyenola, G. (2007). *Guía para la utilización de las Valijas Viajeras. Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos* [En Línea]: RED MAPSA. (<https://docplayer.es/16508760-Red-de-monitoreo-ambiental-participativo-de-sistemas-acuaticos-red-mapsa.html> documento del 07 de junio del 2007).
- Guevara, M. (2011). Insectos acuáticos y calidad del agua en la cuenca y embalse del río Peñas Blancas, Costa Rica. *SCIELO*. 59(2), 635-654.
- Gutiérrez, P. (2010). Plecoptera. *Biología Tropical*. 58(4), 139-148.
- Hahn-VonHessberg, C., Toro, D., Grajales, A., Duque, G., Serna, L. (2009). Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, universidad de caldas, municipio de palestina, Colombia. *Boletín Científico Museo de Historia Natural*. 13(2), 89-105.
- Hanson, P. (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Biología Tropical*. 58(4), 3-37.
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Holdridge, R. (1978). *Ecología basada en zonas de vida*. [En Línea]: Instituto Interamericano

- de Ciencias Agrícolas - IICA. (<https://repositorio.iica.int/handle/11324/7936> documento del 07 de enero del 1978).
- Holzenthal, R. (2007). *Order Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta)*. [En Línea]: Zootaxa. (<https://repositorio.iica.int/handle/11324/7936> documento del 21 de diciembre del 2007).
- Mónica, J. (2010). “*Diagnóstico de la Calidad del Agua del río Pixquiac durante la temporada de estiaje en el Municipio de Coatepec, Veracruz*. [Diplomado, Universidad Veracruzana]. Repositorio UV <https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/42184>
- López, S., Huertas, D. F., Jaramillo, Á. M., Calderón, D. S., y Díaz, J. L. (2019). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia). *REDALYC*. 37(2), 269-288.
- Minchola, G. (2021). *Macroinvertebrados acuáticos indicadores de la calidad del agua del Río Negro – Aguaytía*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/1980>
- MINAM (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. <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>
- MINAM (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias* <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Mohammad, H. (2005). *Los Indicadores Biológicos en la Evaluación de la Contaminación por Agroquímicos en Ecosistemas Acuáticos y Asociados*. *DIALNET*. 6(2), 6-20.
- Mosquera, Z., Córdoba, K. (2017). Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en tres ciénagas de la cuenca media del Atrato, Chocó – Colombia. *Investigación, Biodiversidad y Desarrollo*. 34(1), 22-35.
- Patiño, G. (2015). *Evaluación de la calidad del agua por medio de bioindicadores macroinvertebrados acuáticos en la quebrada la vieja*. [Tesis pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio UDISTRITAL. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/4724>
- Pérez, A., Rodríguez, A. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Biología Tropical*. 56(4), 1905-1918.

- Pérez, J., Martínez, L., Castellanos, L., Mora, A., Rocha, Z. (2020). Macroinvertebrados bioindicadores de calidad de agua en sistemas hídricos artificiales del Departamento de Boyacá, Colombia. *Producción + Limpia* 15(1), 35-48.
- Pérez, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. 29(3), 3-14.
- Ramírez, A. (2010). Métodos de Recolección. de Costa Rica. *Neotropical*. 58(4), 42-46.
- Robles, A. (2021). *Diagnóstico de la calidad del agua de los principales ríos de la cuenca hidrográfica Pucara mediante el cálculo del índice de calidad de agua (ICA-PE) para el período (2012-2020) y propuesta de medidas de manejo ambiental* [Tesis pregrado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio UCSM. <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12920/11307>
- Rocha, H. (2020). *Contaminación biológica del agua*. [En Línea]: REDACEITE. (<http://www.redaceite.com.ar/index.php/noticias/contaminacion-biologica-del-agua> documento del 25 de octubre del 2020).
- Rodríguez, C., Gaudes, A., Tamonova, S. (2009). *La biota de los ríos: los invertebrados. Conceptos y técnicas en ecología*. [https://www.fbbva.es/microsites/ecologia\\_fluvial/pdf/cap\\_14.pdf](https://www.fbbva.es/microsites/ecologia_fluvial/pdf/cap_14.pdf)
- Rodríguez, L., Ríos, P., Espinosa, M., Ceñedo, P., y Jiménez, G. (2016). Caracterización de la calidad de agua mediante macroinvertebrados bentónicos en el río Puyo, en la Amazonía Ecuatoriana. *Hidrobiológica*. 26(3), 497-507.
- Roldán, G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/07/wbp13.pdf>
- Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP/Col*. <https://books.google.com.co/books?id=ZEjgIKZTF2UC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Roldán, G., Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de Limnología Neotropical* [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)
- Rosenberg, D., Resh, V. (1993). *Fundamentos de Limnología Neotropical* [https://www.researchgate.net/profile/Richard-Johnson-17/publication/292130029\\_Freshwater\\_biomonitoring\\_using\\_individuals\\_organisms\\_populations\\_and\\_species\\_assemblages\\_of\\_benthic\\_macroinvertebrates/links/5771274308ae6219474a372b/Freshwater-biomonitoring-using-individuals-](https://www.researchgate.net/profile/Richard-Johnson-17/publication/292130029_Freshwater_biomonitoring_using_individuals_organisms_populations_and_species_assemblages_of_benthic_macroinvertebrates/links/5771274308ae6219474a372b/Freshwater-biomonitoring-using-individuals-)

[organisms-populations-and-species-assemblages-of-benthic-macroinvertebrates.pdf](#)

- Severiche, C.; Castillo, M (2013). *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas*. <https://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/index.htm>
- Sias, D. (2014). *Evaluación de la calidad del agua mediante índice de Oregon en el sistema de abastecimiento poblacional proveniente de la Quebrada Cocheros*. (Practica preprofesional). Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Smith, T. (2007). *Ecología*. [https://ele.chaco.gob.ar/pluginfile.php/724686/mod\\_resource/content/1/ECOLOG%20C3%8DA%20.PDF](https://ele.chaco.gob.ar/pluginfile.php/724686/mod_resource/content/1/ECOLOG%20C3%8DA%20.PDF)
- Springer, M. (2010). Biomonitorio acuático. *Biología Tropical*. 58(4), 53-59.
- Suarez, J. (2020). *Calidad del agua del sistema de abastecimiento y el nivel de satisfacción de la comunidad universitaria de las quebradas Naranjal, Cochero y Cordova del BRUNAS – Tingo María, 2019*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/1822>
- Tamani, Y. (2014). *Evaluación de la calidad de agua del Rio Negro, provincia de Padre Abad, Aguaytía*. (Practica preprofesional). Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Valcárcel, D. (2011). *Evaluación de la degradación de ecosistemas dulceacuícolas en la cuenca baja del río Uctubamba (Amazonas - Perú) mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio UMMSM. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/1356>
- Vásquez, G. (2006). Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua *El Hombre y su Ambiente, UAM-X*. 40(1), 41-48.
- Vásquez, M., Medina, C. (2014). Calidad del agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en la cuenca del Río Huacamarcanga (La Libertad, Perú). *Investigación Científica REBIOL*. 40(1), 85-98.

# **ANEXO**

### ANEXO 01. Matriz de datos

**Tabla 11.** Promedio y cantidad de macroinvertebrados en los meses y puntos de muestreo.

Mes	Puntos	Promedio (unidad)	Suma
1	P <sub>1</sub>	4,00	12,00
	P <sub>2</sub>	0,33	1,00
	P <sub>3</sub>	6,67	20,00
2	P <sub>1</sub>	6,67	9,00
	P <sub>2</sub>	2,33	7,00
	P <sub>3</sub>	8,00	24,00
3	P <sub>1</sub>	3,00	9,00
	P <sub>2</sub>	1,33	4,00
	P <sub>3</sub>	2,33	7,00

**Tabla 12.** Caudal del agua (m<sup>3</sup>/s) en la quebrada Agua blanca.

Meses de evaluación	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Promedio
Mes 1	1,06	1,37	1,73	1,39
Mes 2	1,20	1,83	2,54	1,86
Mes 3	1,40	0,98	1,98	1,45
Promedio	1,22	1,39	2,08	1,57

**Tabla 13.** DBO<sub>5</sub> del agua en la quebrada Agua blanca.

Meses de evaluación	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Promedio
Mes 1	1,47	0,98	1,15	1,20
Mes 2	0,89	1,01	0,93	0,94
Mes 3	1,16	1,24	0,85	1,08
Promedio	1.17	1.08	0.98	

**Tabla 14.** OD del agua en la quebrada Agua blanca.

Meses de evaluación	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Promedio
Mes 1	8,12	7,87	7,76	7,92
Mes 2	6,56	6,64	6,69	6,63
Mes 3	7,48	7,68	6,87	7,34
Promedio	7.39	7.40	7.11	

**Tabla 15.** Conductividad eléctrica del agua en la quebrada Agua blanca.

Meses de evaluación	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Promedio
Mes 1	1024,00	1024,00	1012,00	1019.33
Mes 2	1036,00	1014,00	980,00	1010,00
Mes 3	1024,00	1033,00	1015,00	1026,00
Promedio	1029.33	1023.67	1002.33	

**Tabla 16.** Nivel de pH del agua en la quebrada Agua blanca.

Meses de evaluación	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Promedio
Mes 1	7.62	6.61	7.17	7.13
Mes 2	7.11	7.76	7.93	7.60
Mes 3	7.35	7.45	7.65	7.48
Promedio	7.36	7.27	7.58	

**Tabla 17.** STD del agua en la quebrada Agua blanca.

Meses de evaluación	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Promedio
Mes 1	109,00	92,00	85,00	95,33
Mes 2	97,00	85,00	83,00	88,33
Mes 3	82,00	85,00	83,00	83,33
Promedio	96.00	87.33	83.67	



**Tabla 18.** Temperatura del agua en la quebrada Agua blanca.

Meses de evaluación	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Promedio	Promedio total
Mes 1	21,60	23,70	27,50	24,27	
Mes 2	20.90	22.50	25.00	22.80	23,74
Mes 3	21.00	24.50	27.00	24.17	
Promedio	21.17	23.57	26.50		

**Tabla 19.** Macroinvertebrados en el primer mes de muestreo.

Puntos de muestreo	Orden	Suborden	Familia	Cantidad	
Punto 1	Plecoptera	Arctoperlaria	Perlidae	1	
	Punto (1,1)	Hemiptera	Heteroptera	Veliidae	4
		Hemiptera	Heteroptera	Gerridae	1
		Coleoptera	Adephaga	Gyrinidae	1
		Hymenoptera	Apocrita	Formicidae	1
	Punto (1,2)	Hemiptera	Heteroptera	Veliidae	1
		Trichoptera	Annulipalpia	Hydropsychidae	1
		Punto (1,3)	Coleoptera	Adephaga	Dytiscidae
Hymenoptera	Apocrita		Odontomachus	1	
Punto (2,1)				0	
Punto 2				0	
Punto 3	Punto (2,3)	Araneae	Lycosidae	1	
		Decapoda	Natantia	Atyidae	2
	Punto (3,1)	Odonata	Anisoptera	Libellulidae	1
		Hemiptera	Heteroptera	Veliidae	2
		Hemiptera	Heteroptera	Naucoridae	3
		Punto (3,2)	Odonata	Anisoptera	Libellulidae
	Cyprinodontiformes	Cyprinodontoidei	Poeciliidae	1	

	Ephemeroptera	Pannota	Leptohyphidae	1
	Hemiptera	Heteroptera	Veliidae	3
Punto	Hemiptera	Heteroptera	Gerridae	4
(3,3)	Cyprinodontiformes	Cyprinodontoidei	Poeciliidae	2

**Tabla 20.** Macroinvertebrados en el segundo mes de muestreo.

Puntos de muestreo	Orden	Suborden	Familia	Cantidad
Punto 1	Hemiptera	Heteroptera	Veliidae	1
	Coleoptera	Adephaga	Gyrinidae	5
	Hemiptera	Heteroptera	Veliidae	1
	Araneae	<u>Araneomorphae</u>	Segestriidae	1
Punto (1,3)	Hemiptera	Heteroptera	Veliidae	1
Punto 2	Hemiptera	Heteroptera	Veliidae	2
	Trichoptera	Annulipalpia	Hydropsychidae	1
	Hemiptera	Heteroptera	Veliidae	1
	Ephemeroptera		Leptophlebiidae	1
	Hymenoptera	<u>Apocrita</u>	Formicidae	1
	Hymenoptera	Apocrita	Braconidae	1
Punto (2,3)				0
Punto (3,1)	Hemiptera	Heteroptera	Veliidae	6
	Hymenoptera	<u>Apocrita</u>	Formicidae	1
Punto 3	Hemiptera	Heteroptera	Veliidae	3
	Araneae		Theridiidae	1
	Araneae		Lycosidae	1
Punto (3,3)	Hemiptera	Heteroptera	Veliidae	9
	Hemiptera	Heteroptera	Gerridae	3

**Tabla 21.** Macroinvertebrados en el tercer mes de muestreo.

Puntos de muestreo	Orden	Suborden	Familia	Cantidad
Punto 1	Hemiptera	Heteroptera	Veliidae	1
	Coleoptera	Adephaga	Gyrinidae	5
	Hemiptera	Heteroptera	Veliidae	1

		Araneae			1
	Punto (1,3)	Hemiptera	Heteroptera	Veliidae	1
	Punto (2,1)	Hemiptera	Heteroptera	Veliidae	2
		Hemiptera	Heteroptera	Veliidae	1
				Leptophlebiidae	1
Punto 2	Punto (2,2)			Formicidae	1
				Braconidae	1
					0
	Punto (2,3)	Hemiptera	Heteroptera	Veliidae	6
		Hymenoptera	<u>Apocrita</u>	Formicidae	1
Punto 3	Punto (3,2)				0
	Punto (3,3)				0

**Tabla 22.** Parámetros Fisicoquímicos del agua de la quebrada Agua Blanca.

Parámetros Fisicoquímicos	Unidad de Medida	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Primer mes				
Caudal	m <sup>3</sup> /s	1,06	1,374	1,729
DBO5	mg/L	1,47	0,98	1,15
OD	mg/L	8,12	7,87	7,76
Conductividad	μS/cm	1024	1012	1012
pH	Unid.	7,62	6,61	7,17
STD	mg/L	109	92	85
Temperatura	°C	21,6	23,7	27,5
Segundo mes				
Caudal	L/s	1,2	1,834	2,539
DBO5	mg/L	0,89	1,01	0,93
OD	mg/L	6,56	6,64	6,69
Conductividad	μS/cm	1024	1012	1012
pH	Unid.	7,62	6,61	7,17
STD	mg/L	97	85	83
Temperatura	°C	21,6	23,7	27,5
Tercer mes				

---

Caudal	m <sup>3</sup> /s	1,4	0,976	1,977
DBO5	mg/L	1,16	1,24	0,85
OD	mg/L	7,48	7,68	6,87
Conductividad	μS/cm	1024	1012	1012
pH	Unid.	7,62	6,61	7,17
STD	mg/L	82	85	83
Temperatura	°C	21,6	23,7	27,5

---

**Tabla 23.** Calidad de agua de la quebrada Agua Blanca en base a la categoría Cat.1 Sub.Cat A1.

Parámetros	Indicadores	Unidad de Medida	Sub.Cat A1	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 1	Mes 2	Mes 3
Fisicoquímico	DBO5	mg/L	3	1.47	0.89	1.16	0.98	1.01	1.24	1.15	0.93	0.85
	OD	mg/L	≥ 6	8.12	6.56	7.48	7.87	6.64	7.68	7.76	6.69	6.87
	Conductividad	μS/cm	1500	1022	1036	1030	1024	1014	1033	1012	980	1015
	pH	Unid.	6.5- 8.5	7.62	7.11	7.35	6.61	7.76	7.45	7.17	7.93	7.65
	STD	mg/L	1000	109	97	82	92	85	85	85	83	83
	Temperatura	°C	Δ3	21.6	20.9	21	23.7	22.5	24.5	27.5	25	27
Microbiológicos	Coliformes Totales	NMP/100ml	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Col. termotolerantes	NMP/100ml	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Vibrio Cholerae</i>	Presencia/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de parámetros que no cumplen ECA				0			0			0		
<b>Datos</b> Número total de parámetros a evaluar				9			9			9		
Número de datos que no cumplen ECA				0			0			0		
Número total de datos				7			27			27		
<b>F1</b>				0			0			0		
<b>F2</b>				0			0			0		
<b>Sumatoria normalizada de excedentes</b>				0			0			0		
<b>F3</b>				0			0			0		
<b>ICA</b>				100			100			100		
<b>Valor de tabla</b>				Excelente			Excelente			Excelente		

**Tabla 24.** Calidad de agua de la quebrada Agua Blanca en base a la categoría Cat.1 Sub.Cat B1.

Parámetros	Indicadores	Unidad de Medida	Sub.Cat B1	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 1	Mes 2	Mes 3
Fisicoquímicos	DBO5	mg/L	5	1.47	0.89	1.16	0.98	1.01	1.24	1.15	0.93	0.85
	OD	mg/L	≥ 5	8.12	6.56	7.48	7.87	6.64	7.68	7.76	6.69	6.87
	pH	Unid.	6.0- 9.0	7.62	7.11	7.35	6.61	7.76	7.45	7.17	7.93	7.65
Microbiológicos	Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Salmonella sp.</i>	Presencia/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	Pres	0
	<i>Vibrio Cholerae</i>	Presencia/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de parámetros que no cumplen ECA				0			0			0		
Número total de parámetros a evaluar				6			6			6		
Número de datos que no cumplen ECA				0			0			1		
Número total de datos				18			18			18		
<b>F1</b>				0			0			0		
<b>F2</b>				0			0			0.06		
<b>Sumatoria normalizada de excedentes</b>				0			0			0.22		
<b>F3</b>				0			0			18.18		
<b>ICA</b>				100			100			89.5		
Valor de tabla				Excelente			Excelente			Buena		

**Tabla 25.** Calidad de agua de la quebrada Agua Blanca en base a la categoría Cat.2 Sub.Cat C4.

Parámetros	Indicadores	Unidad de Medida	Cat. 2 Sub.Cat. C4	Punto 1			Punto 2			Punto 3			
				Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 1	Mes 2	Mes 3	
Fisicoquímicos	DBO5	mg/L	10	1.47	0.89	1.16	0.98	1.01	1.24	1.15	0.93	0.85	
	OD	mg/L	≥ 5	8.12	6.56	7.48	7.87	6.64	7.68	7.76	6.69	6.87	
	pH	Unid.	6.0- 9.0	7.62	7.11	7.35	6.61	7.76	7.45	7.17	7.93	7.65	
	Temperatura	°C	Δ3	21.6	20.9	21	23.7	22.5	24.5	27.5	25	27	
Microbiológicos	Coliformes												
	Termotolerantes	NMP/100ml	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Datos</b>	Número de parámetros que no cumplen ECA				0		0		0		0		
	Número total de parámetros a evaluar				5		5		5		5		
	Número de datos que no cumplen ECA				0		0		0		0		
	Número total de datos				15		15		15		15		
<b>F1</b>					0.00		0.00		0.00		0.00		
<b>F2</b>					0.00		0.00		0.00		0.00		
<b>Sumatoria normalizada de excedentes</b>					0.00		0.00		0.00		0.00		
<b>F3</b>					0.00		0.00		0.00		0.00		
<b>ICA</b>					100.00		100.00		100.00		100.00		
<b>Valor de tabla</b>					Excelente			Excelente			Excelente		

**Tabla 26.** Calidad de agua de la quebrada Agua Blanca en base a la categoría Cat.3 Sub.Cat D1.

Parámetros	Indicadores	Unidad de Medida	Cat. 3 Sub.Cat. D1	Punto 1			Punto 2			Punto 3		
				Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 1	Mes 2	Mes 3
Fisicoquímicos	DBO5	mg/L	15	1.47	0.89	1.16	0.98	1.01	1.24	1.15	0.93	0.85
	OD	mg/L	≥ 4	8.12	6.56	7.48	7.87	6.64	7.68	7.76	6.69	6.87
	Conductividad	μS/cm	2500	1022	1036	1030	1024	1014	1033	1012	980	1015
	pH	Unid.	6.5- 8.5	7.62	7.11	7.35	6.61	7.76	7.45	7.17	7.93	7.65
	Temperatura	°C	Δ3	21.6	20.9	21	23.7	22.5	24.5	27.5	25	27
Microbiológicos	Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Número de parámetros que no cumplen ECA				0			0			0	
	Número total de parámetros a evaluar				6			6			6	
<b>Datos</b>	Número de datos que no cumplen ECA				0			0			0	
	Número total de datos				18			18			18	
	<b>F1</b>				0			0			0	
	<b>F2</b>				0			0			0	
	<b>Sumatoria normalizada de excedentes</b>				0			0			0	
	<b>F3</b>				0			0			0	
	<b>ICA</b>				100			100			100	
<b>Valor de tabla</b>				Excelente			Excelente			Excelente		



**Tabla 27.** Calidad de agua de la quebrada Agua Blanca en base a la categoría Cat.3 Sub.Cat D2.

Parámetros	Indicadores	Unidad de Medida	Cat. 3 Sub.Cat. D2	Punto 1			Punto 2			Punto 3			
				Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 1	Mes 2	Mes 3	
Fisicoquímicos	DBO5	mg/L	15	1.47	0.89	1.16	0.98	1.01	1.24	1.15	0.93	0.85	
	OD	mg/L	≥ 5	8.12	6.56	7.48	7.87	6.64	7.68	7.76	6.69	6.87	
	Conductividad	μS/cm	5000	1022	1036	1030	1024	1014	1033	1012	980	1015	
	pH	Unid.	6.5- 8.4	7.62	7.11	7.35	6.61	7.76	7.45	7.17	7.93	7.65	
	Temperatura	°C	Δ3	21.6	20.9	21	23.7	22.5	24.5	27.5	25	27	
Microbiológicos	Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Datos</b>	Número de parámetros que no cumplen ECA				0			0			0		
	Número total de parámetros a evaluar				6			6			6		
	Número de datos que no cumplen ECA				0			0			0		
	Número total de datos				18			18			18		
	<b>F1</b>				0			0			0		
	<b>F2</b>				0			0			0		
	<b>Sumatoria normalizada de excedentes</b>				0			0			0		
	<b>F3</b>				0			0			0		
	<b>ICA</b>				100			100			100		
	<b>Valor de tabla</b>				Excelente			Excelente			Excelente		

**ANEXO 02. Fotografías**

**Figura 15.** Punto 1 en la quebrada Agua Blanca.



**Figura 16.** Captura de macroinvertebrados en el punto 1.





**Figura 17.** Macroinvertebrados capturados en el punto 1 de muestreo.



**Figura 18.** Punto 2 de muestro en la quebrada Agua Blanca





**Figura 19.** Viviendas aledañas al punto 2 de muestro en la quebrada Agua Blanca.



**Figura 20.** Uso doméstico del agua en el punto 2 en la quebrada Agua Blanca.





**Figura 21.** Toma de coordenadas en el punto 2 de muestro en la quebrada Agua Blanca.



**Figura 22.** Obtención de parámetros fisicoquímicos en el punto 2 de la quebrada Agua Blanca





**Figura 23.** Punto 3 de muestro en la quebrada Agua Blanca.



**Figura 24.** Medición de áreas para la obtención del caudal del punto 3 de muestro en la quebrada Agua Blanca.





**Figura 25.** Medición de temperatura del recurso hídrico en el punto 3 de muestreo de la quebrada Agua Blanca.



**Figura 26.** Toma de muestras para análisis microbiológico de las muestras de agua.



**Figura 27.** Análisis fisicoquímicos de muestras en el laboratorio de Microbiología.



**Figura 28.** Preparación de sustratos para análisis de muestras microbiológicas.





**Figura 29.** Materiales listos para la siembra e identificación de muestras.



**Figura 30.** Siembra de muestras para análisis microbiológico.



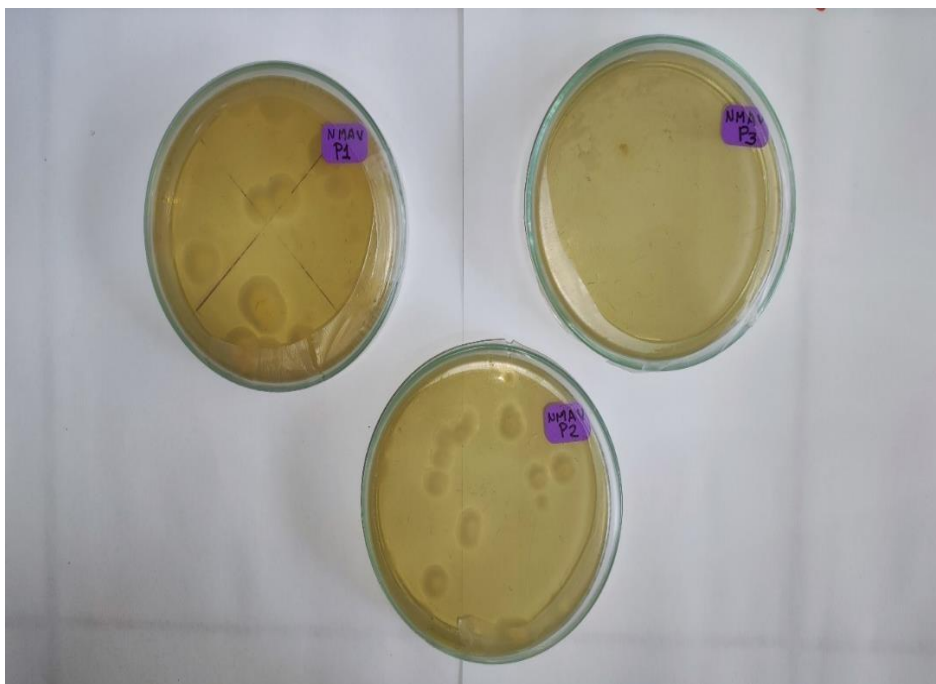
**Figura 31.** Siembra de muestras con apoyo de micropipeta.



**Figura 32.** Siembra con asa bacteriológica.



**Figura 33.** Cuenta presuntiva de Coliformes totales y termotolerantes.

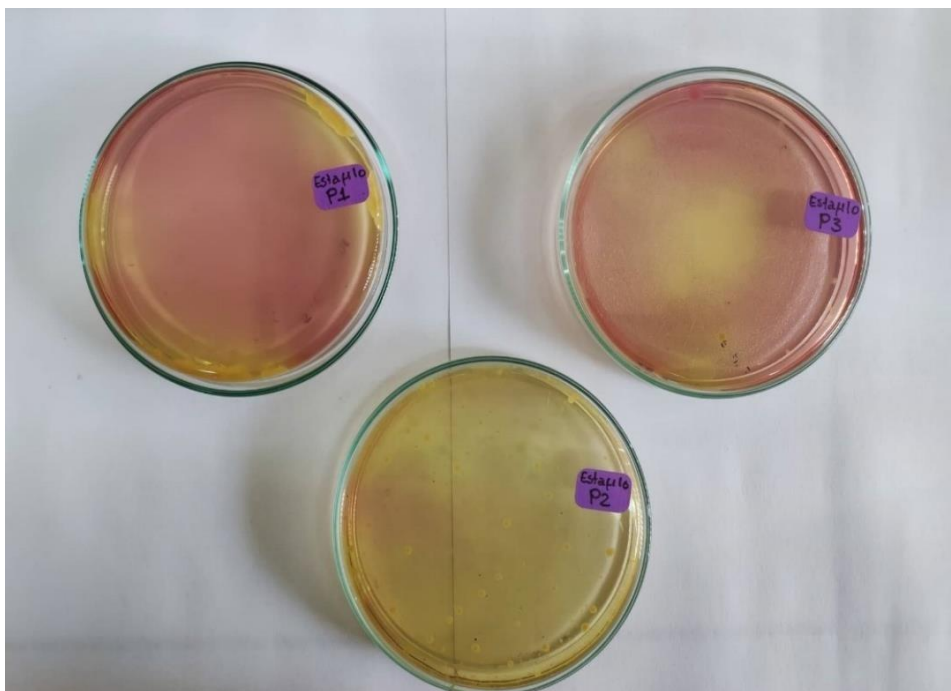


**Figura 34.** Lectura de Numeración de Microorganismos Aerobios Viables de las muestras de agua.

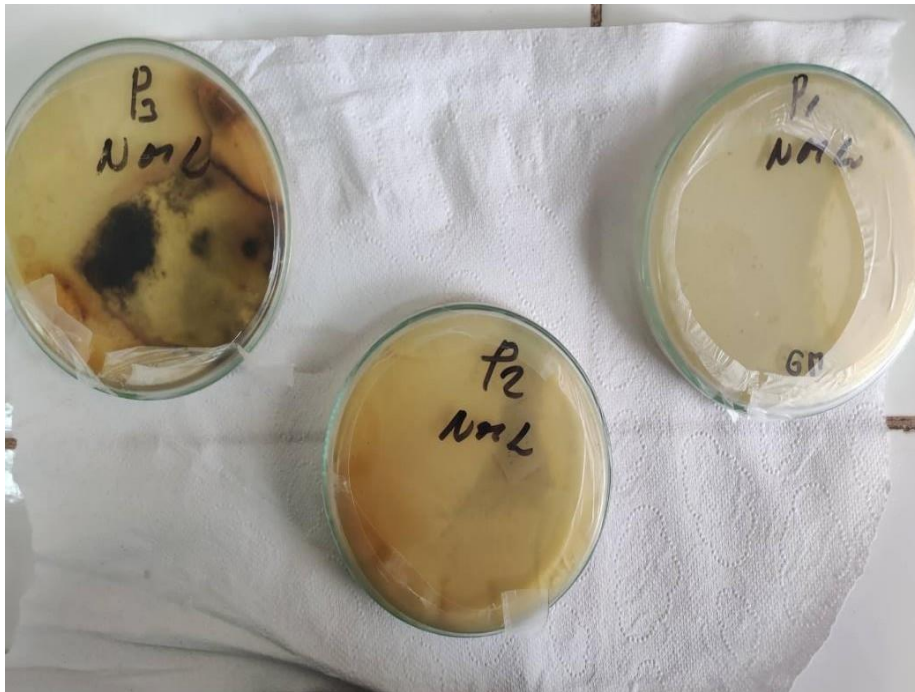




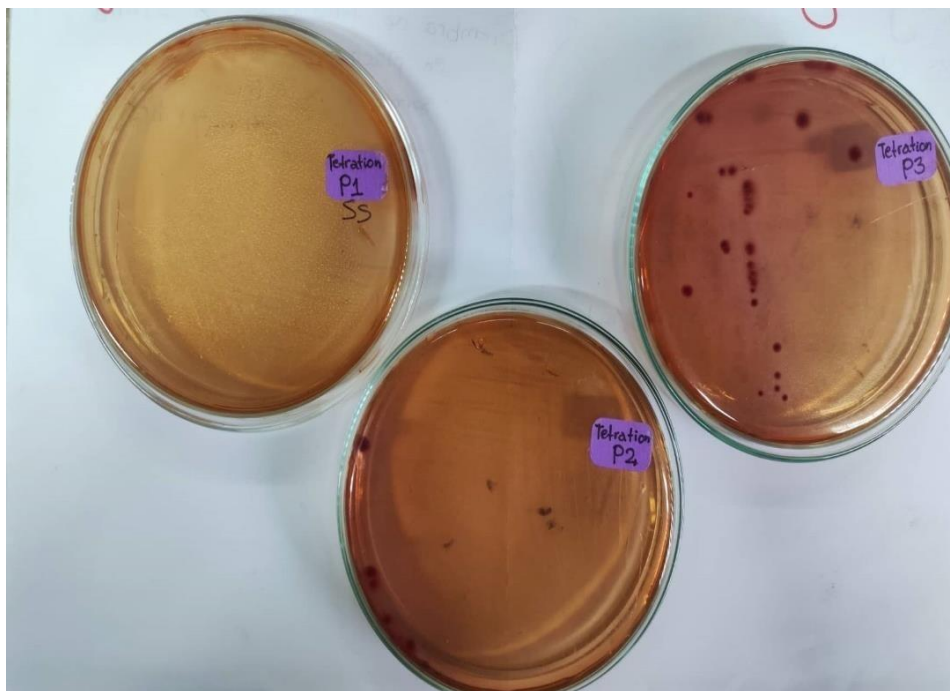
**Figura 35.** Lectura de *Vibrio Cholerae* en Agar TCBS de las muestras de agua.



**Figura 36.** Lectura de *Staphylococcus* de las muestras de agua.



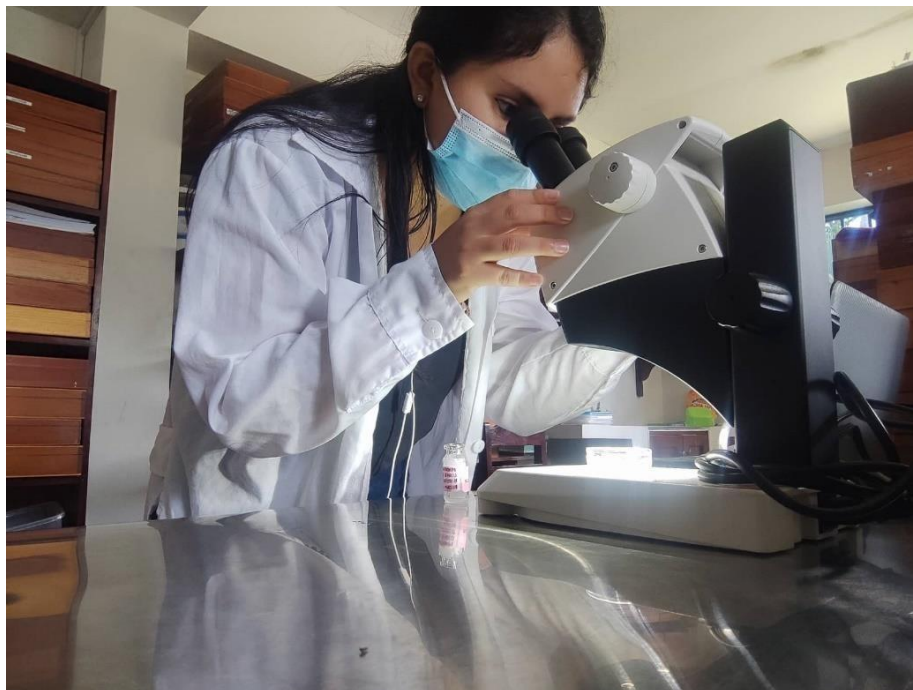
**Figura 37.** Lectura de Numeración de Mohos y Levaduras de las muestras de agua.



**Figura 38.** Lectura de *Salmonella sp.* En tetratonato de las muestras de agua.



**Figura 39.** Colocando macroinvertebrados en las placas para microscopio.



**Figura 40.** Identificación de macroinvertebrados en el laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.





**Figura 41.** Identificación de macroinvertebrados en el laboratorio de Entomología con ayuda del especialista.



**Figura 42.** Frasco de vidrio con macroinvertebrados identificados.



**Figura 43.** Individuo identificado de la Familia Veliidae.



**Figura 44.** Individuo identificado de la Familia Gerridae





**Figura 45.** Individuo identificado de la Familia hydropsychidae.



**Figura 46.** Individuo identificado de la Familia hydropsychidae.



**Figura 47.** Individuo identificado de la Familia *hydropsychidae*.



**Figura 48.** Individuo identificado de la Familia *Perlidae*



**Figura 49.** Individuo identificado de la Familia leptohyphidae.



**Figura 50.** Individuo identificado de la Familia leptohyphidae.



**Figura 51.** Individuo identificado de la Familia naucoridae.



**Figura 52.** Individuo identificado de la Familia libellulidae.



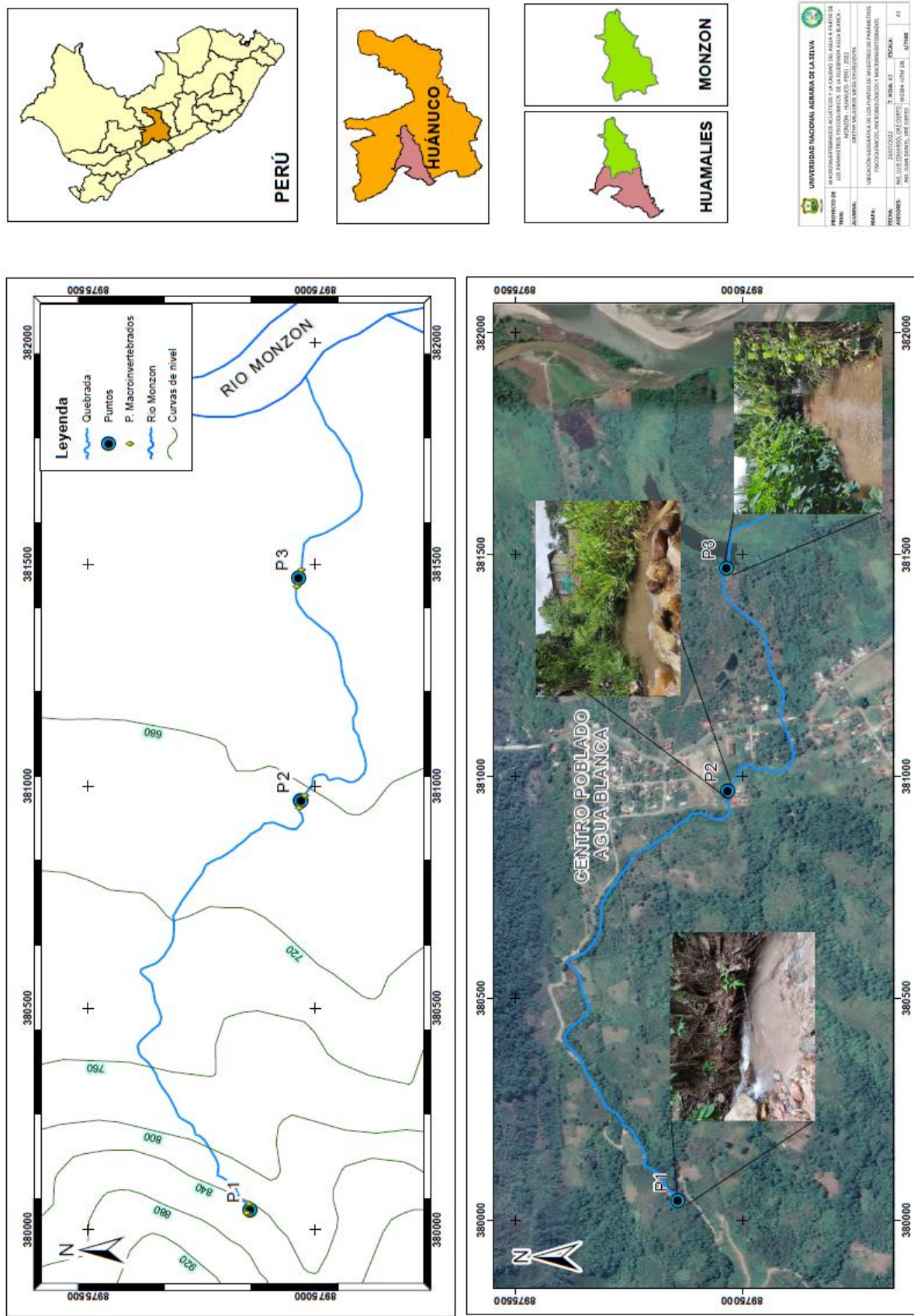
**Figura 53.** Individuo identificado de la Familia Dytiscidae.



**Figura 54.** Individuo identificado de la Familia Gyrinidae.



**MAPA DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LA QUEBRADA**



**Figura 55.** Mapa de ubicación geográfica en UTM de la quebrada Agua Blanca.

**MAPA DE ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA AGUA BLANCA**

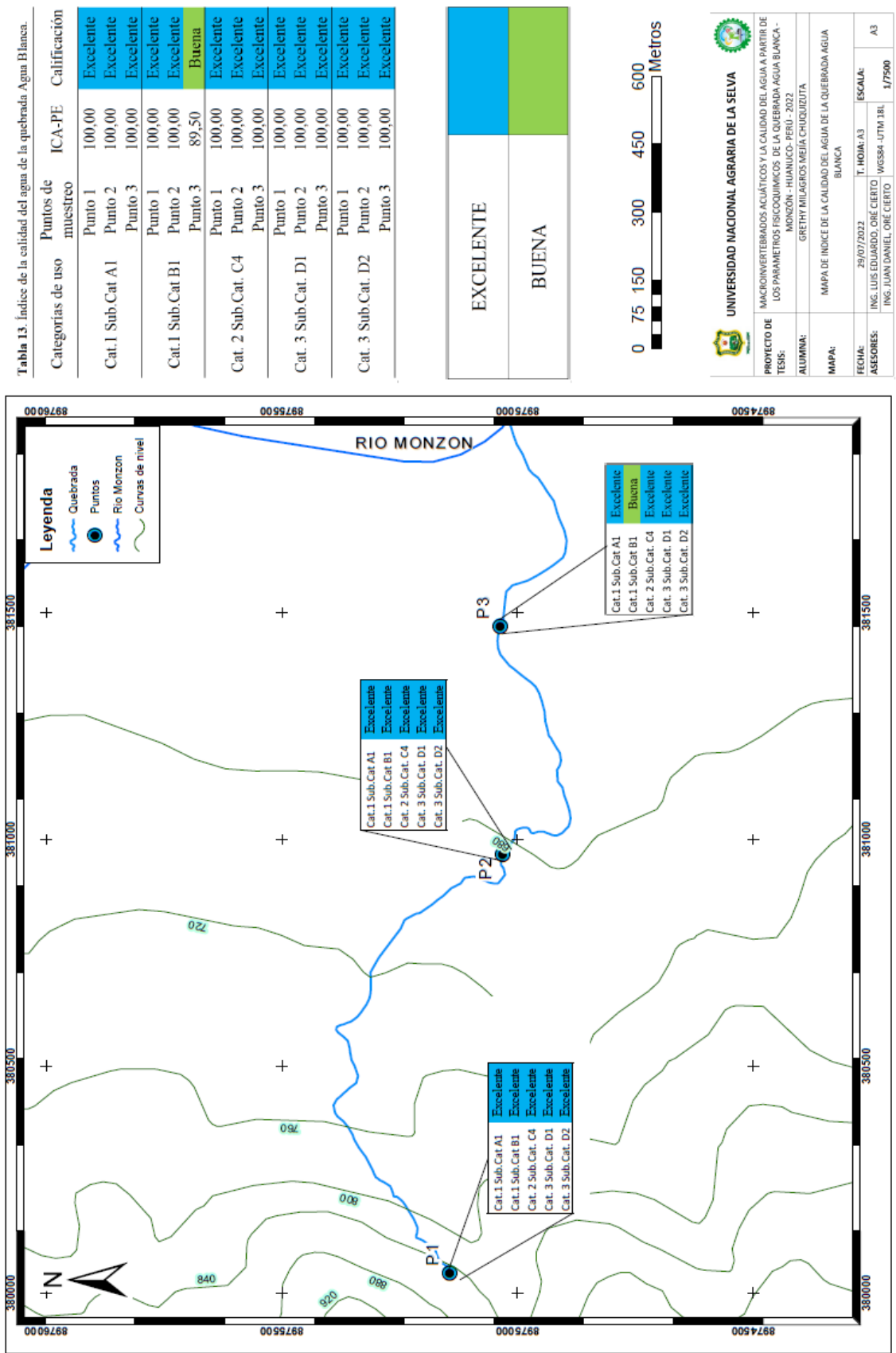
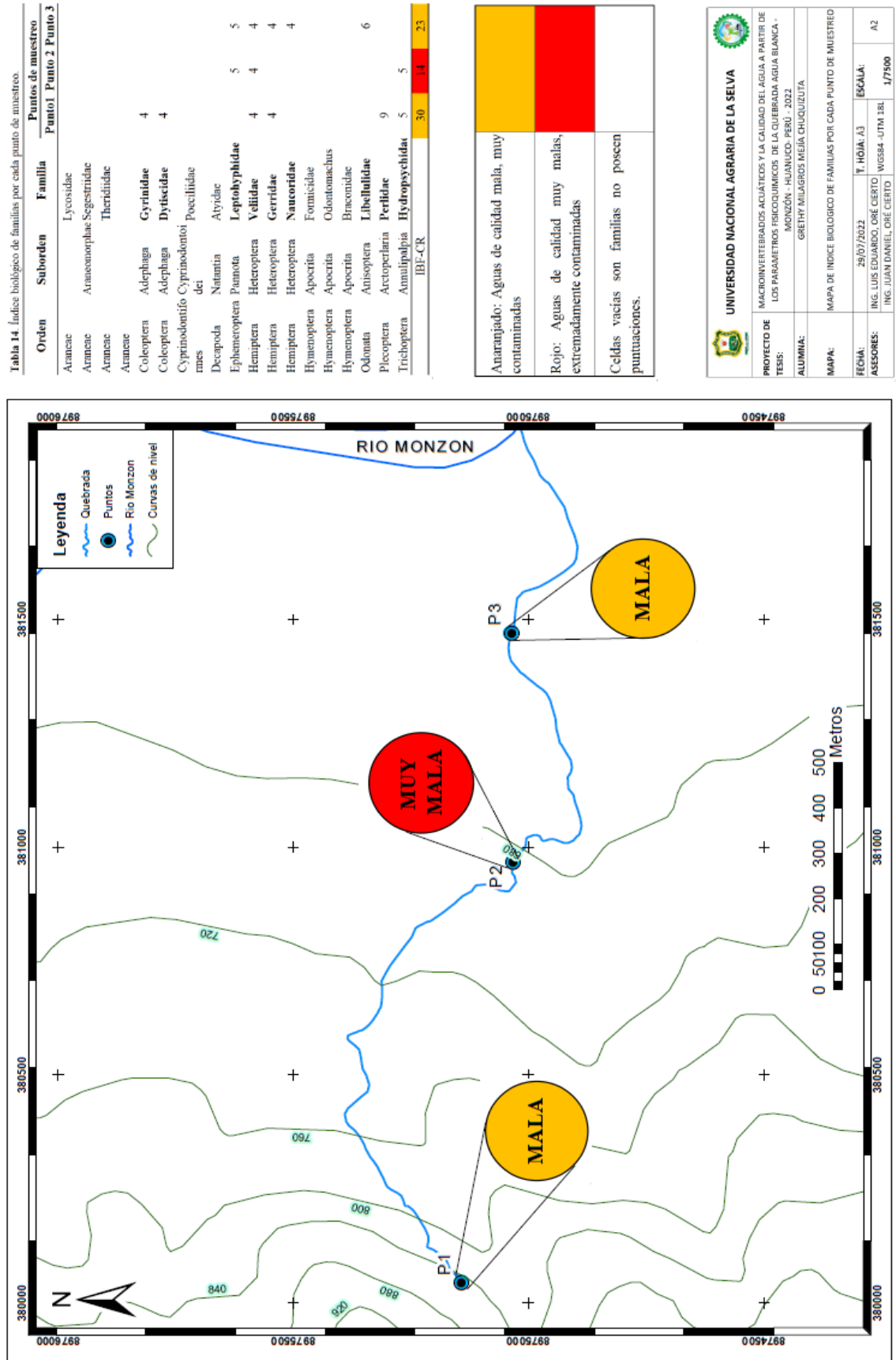


Figura 56. Mapa con el Índice de Calidad Ambiental de cada punto de muestreo de la quebrada Agua Blanca.

**MAPA DE INDICE BIOLÓGICO DE FAMILIAS POR CADA PUNTO DE MUESTREO**



**Figura 57.** Mapa de calidad de agua por el Índice BMWP de cada punto de muestreo de la quebrada Agua Blanca.





**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
 Tingo María  
 Departamento Académico de Ciencias Agrarias  
**LABORATORIO DE ENTOMOLOGIA**



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

EL JEFE DEL LABORATORIO DE ENTOMOLOGIA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA – TINGO MARIA, CERTIFICA:

QUE, DE LAS 40 MUESTRAS DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS COLECTADAS EN DE LA QUEBRADA AGUA BLANCA – MONZÓN POR LA SRTA. GRETHY MILAGROS MEJIA CHUQUIZUTA, BACH. EN CIENCIAS AMBIENTALES PARA OBTENCIÓN DE SU TITULO PROFESIONAL, SE HAN IDENTIFICADO LOS SIGUIENTES ESPECIMENES:

Orden	Suborden	Familia	Mes 1			Mes 2			Mes 3		
			P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Araneae	Araneomorphae	Lycosidae		X				X			
		Segestriidae					X				
		Theridiidae						X			
										X	
Coleoptera	Adephaga	Gyrinidae	X			X				X	
		Dytiscidae	X								
Cyprinodontiformes	Cyprinodontoidei	Poeciliidae				X					
Decapoda	Natantia	Atyidae				X					
Ephemeroptera	Pannota	Leptobyphidae				X	X			X	
Hemiptera	Heteroptera	Veliidae	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Gerridae	X	X			X				
		Naucoridae			X						
Hymenoptera	Apocrita	Formicidae	X				X	X			X
		Oxotomachus	X								
		Braconidae					X				
Odonata	Anisoptera	Libellulidae				X					
Plecoptera	Arctoperlaria	Perlidae	X								
Trichoptera	Annulipalpia	Hydropsychidae	X				X				

SE OTORGA EL PRESENTE DOCUMENTO PARA LOS FINES QUE CREA CONVENIENTE.

TINGO MARIA, 10 DE JULIO DE 2022.

  
**Jefe del Laboratorio de Entomología**  
 Celular: 937514633

**Figura 58.** Constancia de identificación de macroinvertebrados en el laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.



Universidad Nacional Agraria de la Selva  
**Laboratorio de Microbiología General**  
 Tingo María

**SERVICIO DIAGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO**

Recibo N° : 001- 0644506

**Muestra** : Quebrada  
**Procedencia** : Agua Blanca – Distrito de Monzón – Provincia Huamalfes, Huánuco  
**Atención a** : Bach. Mejía Chuquizuta, Grethy Milagros  
**Fecha recepción** : 17 - 02- 2022  
**Análisis solicitados:**

- Número más probable *Coliformes* Totales (NMP)
- Número más probable de *Escherichia Coli* (NEC)
- Investigación DE *Vibrio Cholerae*
- Investigación de *Salmonella*
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBOs)
- Oxígeno Disuelto (OD)

**RESULTADOS:**

Determinación	Resultados			Valor referencial				
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Cat.1 Sub.Cat A1	Cat.1 Sub.Cat B1	Cat.2 Sub.Cat C4	Cat.3 Sub.Cat D1	Cat.1 Sub.Cat A1
- Número más probable <i>Coliformes</i> Totales	Ausencia	Ausencia	Ausencia	50 NMP/100 mL	-	-	-	-
- Número más probable de <i>Escherichia Coli</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	20NMP/100 mL	200NMP/100 mL	200NMP/100 mL	1000NMP/100 mL	1000NMP/100 mL
- Investigación DE <i>Vibrio Cholerae</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Presencia/100ml	Presencia/100ml	-	-	-
- Investigación de <i>Salmonella</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	-	Presencia/100ml	-	-	-
- <i>Estafilococos</i>	Ausencia	Ausencia	Presencia	-	-	-	-	-
- DBO5	1.47 mg/L	0.98mg/L	1.15mg/L	3 mg/L	5 mg/L	10 mg/L	15 mg/L	15 mg/L
- OD	8.12 mg/L	7.87mg/L	7.76mg/L	≥6mg/L	≥5mg/L	≥5mg/L	≥4mg/L	≥5mg/L

**CONCLUSIONES:**

Las muestras procesadas de agua de quebrada se encuentra dentro de los rangos permisibles, están dentro de los rangos permisibles para cada categoría mencionadas.

Tingo María, 26 de Febrero de 2022



*[Firma]*  
**Dr. Mcdlgo. Btcnlgo. César S. López-López**  
 Laboratorio Microbiología General

**Figura 59.** Constancia de resultados de las muestras de agua del primer muestreo de la quebrada Agua Blanca en el laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.



Universidad Nacional Agraria de la Selva  
Laboratorio de Microbiología General  
Tingo María

**SERVICIO DIAGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO**

Recibo N° : 001- 0643451

**Muestra** : Quebrada  
**Procedencia** : Agua Blanca – Distrito de Monzón – Provincia Huamalfes, Huánuco  
**Atención a** : Bach. Mejía Chuquizuta, Grethy Milagros  
**Fecha recepción** : 18 - 03- 2022  
**Análisis solicitados:**

- Número más probable *Coliformes* Totales (NMP)
- Número más probable de *Escherichia Coli* (NEC)
- Investigación DE *Vibrio Cholerae*
- Investigación de *Salmonella*
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)
- Oxígeno Disuelto (OD)

**RESULTADOS:**

Determinación	Resultados			Valor referencial				
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Cat.1 Sub.Cat A1	Cat.1 Sub.Cat B1	Cat.2 Sub.Cat C4	Cat.3 Sub.Cat D1	Cat. Sub.Cat D2
- Número más probable <i>Coliformes</i> Totales	Ausencia	Ausencia	Ausencia	50 NMP/100 mL	-	-	-	-
- Número más probable de <i>Escherichia Coli</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	20NMP/100 mL	200NMP/100 mL	200NMP/100 mL	1000NMP/100 mL	1000NMP/100 mL
- Investigación DE <i>Vibrio Cholerae</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Presencia/100ml	Presencia/100ml	-	-	-
- Investigación de <i>Salmonella</i>	Ausencia	Ausencia	Presencia	-	Presencia/100ml	-	-	-
- <i>Estafilococos</i>	Presencia	Presencia	Presencia	-	-	-	-	-
- DBO <sub>5</sub>	0.89 mg/L	1.01mg/L	0.93mg/L	3 mg/L	5 mg/L	10 mg/L	15 mg/L	15 mg/L
- OD	6.56 mg/L	6.64mg/L	6.69mg/L	≥6mg/L	≥5mg/L	≥5mg/L	≥4mg/L	≥5mg/L

**CONCLUSIONES:**

Las muestras procesadas de agua de quebrada no se encuentra dentro de los rangos permisibles por tener una carga elevada de *Salmonella* y *Estafilococos*.

Tingo María, 28 de Marzo de 2022



Dr. Mchgo. Btchgo. César S. López López  
Laboratorio Microbiología General

**Figura 60.** Constancia de resultados de las muestras de agua del segundo muestreo de la quebrada Agua Blanca en el laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.





Universidad Nacional Agraria de la Selva  
Laboratorio de Microbiología General  
Tingo María

**SERVICIO DIAGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO**

Recibo N° : 001- 0648576

**Muestra** : Quebrada  
**Procedencia** : Agua Blanca – Distrito de Monzón – Provincia Huamálies, Huánuco  
**Atención a** : Bach. Mejía Chuquizuta, Grethy Milagros  
**Fecha recepción** : 25 - 04- 2022  
**Análisis solicitados:**

- Número más probable *Coliformes* Totales (NMP)
- Número más probable de *Escherichia Coli* (NEC)
- Investigación DE *Vibrio Cholerae*
- Investigación de *Salmonella*
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)
- Oxígeno Disuelto (OD)

**RESULTADOS:**

Determinación	Resultados			Valor referencial				
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Cat.1 Sub.Cat A1	Cat.1 Sub.Cat B1	Cat.2 Sub.Cat C4	Cat.3 Sub.Cat D1	Cat. Sub.Cat D2
- Número más probable <i>Coliformes</i> Totales	Ausencia	Ausencia	Ausencia	50 NMP/100 mL	-	-	-	-
- Número más probable de <i>Escherichia Coli</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	20NMP/100 mL	200NMP/100 mL	200NMP/100 mL	1000NMP/100 mL	1000NMP/100 mL
- Investigación DE <i>Vibrio Cholerae</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Presencia/100ml	Presencia/100ml	-	-	-
- Investigación de <i>Salmonella</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	-	Presencia/100ml	-	-	-
- <i>Estafilococos</i>	Presencia	Presencia	Presencia	-	-	-	-	-
- DBO5	1.16 mg/L	1.24mg/L	0.85mg/L	3 mg/L	5 mg/L	10 mg/L	15 mg/L	15 mg/L
- OD	7.48 mg/L	7.68mg/L	6.87mg/L	≥6mg/L	≥5mg/L	≥5mg/L	≥4mg/L	≥5mg/L

**CONCLUSIONES:**

Las muestras procesadas de agua de quebrada se encuentra dentro de los rangos permisibles, están dentro de los rangos permisibles para cada categoría mencionadas.

Tingo María, 06 de Mayo de 2022



*César S. López López*  
Dr. Mcdlgo. Bctnlgo. César S. López López  
Laboratorio Microbiología General

**Figura 61.** Constancia de resultados de las muestras de agua del tercer muestreo de la quebrada Agua Blanca en el laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.