CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, **hace constar** que la tesis de investigación Titulada **"Calidad del agua superficial en la microcuenca Namoyoc-Chalamarca de acuerdo con la evaluación de macroinvertebrados acuáticos"**; desarrollado por el **Bach. Gilmer Alexander Caruajulca Rubio** de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, **asesorado por la Dra. Azucena Chávez Collantes y coasesorado por el M.Sc. Eisner Will Castillo Rojas**; presenta un **ÍNDICE DE SIMILITUD DEL 23%,** sin incluir bibliografía; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecido en el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N°120-2022-UNACH.

Se expide la presente, a petición de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Chota, 27 de setiembre de 2024.

Atentamente

M.Sc. Rubén Iván Marchena Chanduvi
Director de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ciencias Agrarias

RIMCH/DUIFCA
Interesado
AFCA
Archivo
Chota 2024

GILMER ALEXANDER CARUAJULCA RUBIO

IT-CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD-UIFCA

INFORME DE TESIS 2024

PROYECTOS Y TESIS 2024

Universidad Nacional Autonoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3022343236

Fecha de entrega
27 sep 2024, 7:01 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
27 sep 2024, 7:04 a.m. GMT-5

Nombre de archivo
Informe_de_tesis._Gilmer_Caruajulca_Rubio_-_T.docx

Tamaño de archivo
4.9 MB

70 Páginas

14,505 Palabras

77,902 Caracteres

23% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía

Fuentes principales

21% Fuentes de Internet
7% Publicaciones
7% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

Fuentes principales

21% Fuentes de Internet
7% Publicaciones
7% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	hdl.handle.net 2%
2	Internet	dspace.espoch.edu.ec 2%
3	Internet	www.repositorio.unach.edu.pe 1%
4	Internet	repositorio.unach.edu.pe 1%
5	Internet	repositorio.unc.edu.pe 1%
6	Internet	repositorio.unp.edu.pe 1%
7	Internet	repositorio.lamolina.edu.pe 1%
8	Internet	1library.co 1%
9	Internet	repositorio.unu.edu.pe 1%
10	Trabajos del estudiante	Organismo de Evaluación y Fiscalización 0%
11	Internet	www.scielo.sa.cr 0%

12 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga 0%

13 Internet
repositorio.upagu.edu.pe 0%

14 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD 0%

15 Internet
repositorio.unj.edu.pe 0%

16 Internet
www.researchgate.net 0%

17 Internet
repositorio.ucv.edu.pe 0%

18 Internet
bdigital.unal.edu.co 0%

19 Internet
www.scielo.org.co 0%

20 Publicación
Luz E. Ochoa, Bruno F. Melo, Jorge E. García-Melo, Javier A. Maldonado-Ocampo et... 0%

21 Publicación
Channel Yurico Rodriguez Torres. "Calidad del agua según variables fisicoquímica... 0%

22 Internet
es.unionpedia.org 0%

23 Internet
fr.slideshare.net 0%

24 Internet
repositorio.unsch.edu.pe 0%

25 Internet
www.polodelconocimiento.com 0%

26	Internet	
dspace.utpl.edu.ec		0%
27	Internet	
dspace.tdea.edu.co		0%
28	Internet	
repositorio.oefa.gob.pe		0%
29	Internet	
repositorio.utc.edu.ec		0%
30	Trabajos del estudiante	
Universidad Central de Colombia		0%
31	Publicación	
WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "PMA Modificación ...		0%
32	Trabajos del estudiante	
uncedu		0%
33	Trabajos del estudiante	
Universidad Cesar Vallejo		0%
34	Internet	
repositorio.catie.ac.cr		0%
35	Internet	
www.minem.gob.pe		0%
36	Internet	
repositorio.untrm.edu.pe		0%
37	Publicación	
GOLDER ASSOCIATES PERU S.A.. "Tercer ITS de la Segunda Modificación del Estudi...		0%
38	Publicación	
SNC LAVALIN PERU S.A.. "Segundo ITS de la Tercera MEIA de la Unidad Minera Las...		0%
39	Internet	
repositorio.unal.edu.co		0%

40 Internet
repositorio.unsaac.edu.pe 0%

41 Internet
dspace.udla.edu.ec 0%

42 Internet
ecopedia.cvc.gov.co 0%

43 Internet
repositorio.udl.edu.pe 0%

44 Internet
repositorio.unbosque.edu.co 0%

45 Internet
www.jove.com 0%

46 Internet
www.slideshare.net 0%

47 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional del Centro del Peru 0%

48 Internet
cgspace.cgiar.org 0%

49 Internet
ridum.umanizales.edu.co 0%

50 Internet
webpages.ull.es 0%

51 Internet
repositorio.untumbes.edu.pe:8080 0%

52 Trabajos del estudiante
Colegio Sebastián de Benalcázar 0%

53 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional de Huancavelica 0%

54 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional de Trujillo 0%

55 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios 0%

56 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional del Chimborazo 0%

57 Trabajos del estudiante
Universidad Politecnica Salesiana del Ecuado 0%

58 Internet
www.utec.edu.sv 0%

59 Internet
bdigital.zamorano.edu 0%

60 Internet
maemanabi.files.wordpress.com 0%

61 Internet
pure.ups.edu.ec 0%

62 Internet
www.acumar.gob.ar 0%

63 Internet
www.ecolex.org 0%

64 Internet
www.ipm.ucdavis.edu 0%

65 Publicación
Bagdonaitė, Agnė. "Pacientų Nuomonės ir Lūkesčių Įvertinimas Apie uab “SK Imp... 0%

66 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional de Colombia 0%

67 Internet
cenaim.espol.edu.ec 0%

68	Internet	
de.slideshare.net		0%
69	Internet	
dspace.ups.edu.ec		0%
70	Internet	
repositorio.udaff.edu.pe		0%
71	Internet	
revistas.umariana.edu.co		0%
72	Internet	
upcommons.upc.edu		0%
73	Internet	
worldwidescience.org		0%
74	Internet	
www.enamiep.gob.ec		0%
75	Internet	
www.fao.org		0%
76	Internet	
www.metropol.gov.co		0%
77	Internet	
agenda2030lac.org		0%
78	Internet	
cdn.www.gob.pe		0%
79	Internet	
fdocuments.ec		0%
80	Internet	
go.gale.com		0%
81	Internet	
osaconservation.org		0%

82	Internet	
photos.panda.org		0%
83	Internet	
public.wmo.int		0%
84	Internet	
repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080		0%
85	Internet	
repositorio.unas.edu.pe		0%
86	Internet	
www.abs.gov.au		0%
87	Internet	
www.cartonbebidas.com		0%
88	Internet	
www.ehealthinsurance.com		0%
89	Internet	
www.idbinvest.org		0%
90	Internet	
www.incae.com		0%
91	Internet	
www.ingenieriaquimicareviews.com		0%
92	Internet	
www.lamjol.info		0%
93	Internet	
www.paot.org.mx		0%
94	Internet	
www.raluya.org		0%
95	Publicación	
Rivera Rocabado, Daniela Suzana. "Organizacion social de Octodontomys gliroide...		0%

96	Publicación	
SERV GEOGRAFICOS Y MEDIO AMBIENTE SAC. "EIA-D del Proyecto Desarrollo e Ins...		0%
97	Trabajos del estudiante	
Universidad Continental		0%
98	Internet	
actualityt.blogspot.com		0%
99	Internet	
caelum.ucv.ve		0%
100	Internet	
es.scribd.com		0%
101	Internet	
es.slideshare.net		0%
102	Internet	
es.weforum.org		0%
103	Internet	
javarm.blogalia.com		0%
104	Internet	
maeloja.files.wordpress.com		0%
105	Internet	
polodelconocimiento.com		0%
106	Internet	
repositorio.uancv.edu.pe		0%
107	Internet	
scholar.uprm.edu		0%
108	Internet	
visitasevilla.es		0%
109	Internet	
www.monografias.com		0%

110 Publicación

Agustina Cortelezzi, Laura Estefanía Paz. "Macroinvertebrate biomonitoring in La... 0%

111 Internet

doku.pub 0%

112 Internet

idoc.pub 0%

113 Internet

www.revistas.unitru.edu.pe 0%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL

Calidad del agua superficial en la microcuenca Namoyoc-Chalamarca de acuerdo con la evaluación de macroinvertebrados acuáticos.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL

AUTOR

Bach. Gilmer Alexander Caruajulca Rubio

ASESORA

Dra. Ing. Azucena Chávez Collantes

Dra. Azucena Chávez Collantes
CIP N°203685

COASESOR

M.Sc. Ing. Eisner Will Castillo Rojas

M. Sc. Ing. Eisner Will Castillo Rojas
DOCENTE UNACH

CHOTA - PERÚ

ENERO, 2024

ACTA N° 008-2022/EPIFA - FCA/UNACH

Siendo las **13:00** horas, del día **24 de enero** de **2024**, los miembros del Jurado de Tesis titulada: **"Calidad del agua superficial en la microcuenca Namoyoc-Chalamarca de acuerdo a la evaluación de macroinvertebrados acuáticos"**, integrado por:

1. **Dr. Pedro Javier Mansilla Córdova**	Presidente
2. **Dr. Alejandro Seminario Cunya**	Secretario
3. **Dr. Alfonso Sánchez Rojas**	Vocal

Sustentado por el **Bach. Gilmer Alexander Caruajulca Rubio**, con la finalidad de obtener el Título Profesional en Ingeniería Forestal y Ambiental.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda **aprobar** la tesis, calificándola con la nota de: **14 (catorce)**, se eleva la presente acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el título profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental.

Firmado en: Chota, 24 de enero del 2024.

Dr. Pedro Javier Mansilla Córdova
Presidente

Dr. Alejandro Seminario Cunya
Secretario

Dr. Alfonso Sánchez Rojas
Vocal

Dedicatoria

Esta investigación la dedico a Dios, por cuidarme, protegerme, darme la vida, salud y las fuerzas que necesito todos los días para emprender mis proyectos y hacer realidad mis sueños. A mis padres, José Caruajulca Chamaya y Anélida Rubio Guevara, a mi hermano Yoberli Caruajulca Rubio y a mi hermana Maricely Caruajulca Rubio, aunque no está físicamente conmigo, pero siempre lo llevo muy dentro mío, porque sé que ellos estuvieron brindándome su apoyo y sus consejos en cada momento en el trayecto de mi formación profesional.

Agradecimientos

A Dios por darme la vida, la salud, conocimiento y la inteligencia para poder concluirlo esta investigación, a él sea la gloria por siempre, su palabra dice “todo lo puedo en Cristo que me fortalece”. Filipenses: 4,13.

A mis padres y hermano por brindarme su apoyo en toda mi formación profesional y en el desarrollo de esta investigación.

A mi asesora la Dra. In. Azucena Chávez Collantes y coasesor el M. Sc. Ing. Eisner Will Castillo Rojas por brindarme su apoyo en el desarrollo de esta tesis.

A la Universidad Nacional Autónoma de Chota, a la Escuela Profesional de Ingeniería forestal y Ambiental y a su plana docente que me brindaron sus conocimientos y consejos para formarme profesionalmente.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN 23

1.1. Planteamiento del problema 24

1.2. Formulación del problema 26

1.3. Justificación 26

1.4. Objetivos 28

1.4.1. Objetivo general 28

1.4.2. Objetivos específicos 28

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO 29

2.1. Antecedentes del estudio 29

2.1.1. A nivel internacional 29

2.1.2. A nivel nacional 30

2.1.3. A nivel regional 32

2.2. Bases teórico científicas 34

2.2.1. Calidad del agua superficial 34

2.2.2. Calidad ecológica del agua superficial 35

2.2.3. Causas de contaminación del agua superficial 35

2.2.4. Características fisicoquímicas del agua 37

2.2.5. Macroinvertebrados acuáticos 38

2.2.6. Orden Ephemeroptera: 39

2.2.7. Orden Plecoptera: 40

2.2.8. Orden Trichoptera: 41

2.2.9. Orden Díptera: 41

2.2.10. Orden Siluriformes: 42
2.2.11. Orden Amphipoda: 42
2.2.12. Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) 43
2.2.13. Índice Biótico Andino (ABI) 46
2.3. Marco conceptual 49
2.4. Hipótesis 51
2.5. Operacionalización de variables 51
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO 52
3.1. Tipo y nivel de investigación 52
3.2. Diseño de investigación 52
3.3. Métodos de investigación 56
3.3.1. Ubicación 56
3.3.2. Material y equipos 57
3.4. Población, muestra y muestreo 58
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 59
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos 59
3.7. Aspectos éticos 60
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 61
4.1. Descripción de resultados 61
4.1.1. Aforo del caudal en cada estación de monitoreo en la microcuenca del río Namoyoc 61
4.1.2. Macroinvertebrados acuáticos 62
4.1.3. Cantidad de macroinvertebrados en cada punto de monitoreo 64
4.2. Contrastación de Hipótesis 74

4.3. Discusión de resultados 74
4.3.2. Macroinvertebrados acuáticos 75
4.3.3. Cantidad de macroinvertebrados encontrados durante los cuatro meses de monitoreo en las cuatro estaciones 76
4.3.4. Índice biótico andino (IBA) 80
4.3.5. Biological Monitoring Working Party (BMWP/ Colombia) 80
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 82
5.1. Conclusiones 82
5.2. Recomendaciones 83
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 85
CAPÍTULO VII. ANEXOS 93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Puntaje de las familias de macroinvertebrados para el índice BMWP/Col* 44

Tabla 2 *Clases, calidad del agua, significado y color según el índice BMWP/Col*..... 45

Tabla 3 *Puntuaciones ABI para las familias de macroinvertebrados bentónicos*..... 46

Tabla 4 *Valores ecológicos del ABI*..... 49

Tabla 5 *Variables e indicadores de la investigación* 51

Tabla 6 *Variables e indicadores de la investigación* 53

Tabla 7 *Técnicas e instrumentos de recolección de datos* 59

Tabla 8 *Valores estimados en* Ls^{-1} *del caudal de los efluentes del río Namoyoc* 61

Tabla 9 *Macroinvertebrados en la microcuenca del río Namoyoc* 63

Tabla 10 *Macroinvertebrados en cada punto de monitoreo*..... 64

Tabla 12 *Valores del IBA, para las estaciones de muestreo en la microcuenca del río Namoyoc* 71

Tabla 13 *Valores del BMWP/Colombia, para las estaciones de muestreo en la microcuenca del río Namoyoc.*..... 72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Mapa de ubicación de la investigación* 57

Figura 2 *Promedio del caudal en Ls^{-1} de los efluentes y del río Namoyoc* 62

Figura 3 *Familias identificadas en el río Namoyoc y sus afluentes* 63

Figura 4 *Porcentaje de macroinvertebrados en cada estación de monitoreo* 65

Figura 5 *Promedio de las familias de macroinvertebrados identificados por estación de muestreo* 66

Figura 6 *Familias de macroinvertebrados identificadas en el río Namoyoc y sus afluentes en el mes de noviembre del año 2022* 67

Figura 7 *Familias de macroinvertebrados identificadas en el río Namoyoc y sus afluentes en el mes de diciembre del año 2022* 68

Figura 8 *Familias de macroinvertebrados identificadas en el río Namoyoc y sus afluentes en el mes de enero año 2023* 69

Figura 9 *Familias de macroinvertebrados identificadas en el río Namoyoc y sus afluentes en el mes de febrero del año 2023* 70

Figura 10 *Distribución del Índice IBA por estación de muestreo en la microcuenca del río Namoyoc* 71

Figura 11 *Distribución del Índice BMWP/Colombia por estación de muestreo en la microcuenca del río Namoyoc.* 73

Resumen

Los macroinvertebrados acuáticos se utilizan como indicadores biológicos para evaluar la calidad de un cuerpo de agua. Por ello, esta investigación tuvo como propósito analizar la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Namoyoc – Chalamarca, basándose en la identificación de estos organismos. Para este estudio, se emplearon los índices BMWP/Colombia e IBA (Índice Biótico Andino), y se llevaron a cabo monitoreos durante los meses de noviembre y diciembre de 2022, así como en enero y febrero de 2023, se seleccionaron 4 estaciones de muestreo: naciente de agua El Manantial, afluente Pampas El Verde, afluente La Andara y en la unión de los dos afluentes. Se encontró 1 636 macroinvertebrados distribuidos en 7 ordenes (Siluriformes, Diptera, Coleóptera, Plecóptero, Tricópteros, Ephemeroptera, y Amphipoda) y 12 familias: *Astroblepidae, Chironomidae, Simuliidae, Tipulidae, Elmidae , Psephenidae, Ptilodactyidae, Perlidae, Hidropsíquidos, Baetidae, Leptohyphidae* y *Hyalellidae,* siendo la familia *Perlidae* la más significativa con 452 taxones representando el 27, 57 % del total. Según el índice IBA, el agua de las estaciones E1, E2 y E4 se clasifica como de buena calidad, con valores que van de 45 a 74 (clase 2). En cambio, el agua de la estación E3 se considera de calidad moderada, ya que su rango es de 27 a 44 (clase 3). En cambio, para el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Colombia), la calidad del agua en los sitios E1, E2 y E4 se clasifica en el nivel II, lo que indica que el agua es aceptable y presenta una contaminación leve, con un rango de 61 a 100. En cambio, el sitio E3 se ubica en el nivel III, que corresponde a una calidad del agua cuestionable, con un rango de 36 a 60, lo que sugiere una contaminación moderada.

Palabras claves: macroinvertebrados acuáticos, indicadores biológicos, calidad del agua superficial

Abstract

Aquatic macroinvertebrates are used as biological indicators to assess the quality of a water body. Therefore, the aim of this research was to analyze the surface water quality in the Namoyoc – Chalamarca river micro-basin, based on the identification of these organisms. For this study, the BMWP/Colombia and IBA (Andean Biotic Index) indices were used, and monitoring was carried out during November and December of 2022, as well as January and February of 2023. Four sampling stations were selected: the El Manantial water source, the Pampas El Verde tributary, the La Andara tributary, and the confluence of both tributaries. A total of 1,636 macroinvertebrates were found, distributed across 7 orders (Siluriformes, Diptera, Coleoptera, Plecoptera, Trichoptera, Ephemeroptera, and Amphipoda) and 12 families: Astroblepidae, Chironomidae, Simuliidae, Tipulidae, Elmidae, Psephenidae, Ptilodactyidae, Perlidae, Hydropsychidae, Baetidae, Leptohyphidae, and Hyalellidae, with the Perlidae family being the most significant, representing 27.57% of the total with 452 taxa. According to the IBA index, the water at stations E1, E2, and E4 is classified as good quality, with values ranging from 45 to 74 (class 2). However, the water at station E3 is considered of moderate quality, with values ranging from 27 to 44 (class 3). According to the Biological Monitoring Working Party (BMWP/Colombia) index, the water quality at sites E1, E2, and E4 is classified at level II, indicating acceptable water quality with slight contamination, ranging from 61 to 100. In contrast, site E3 falls under level III, indicating questionable water quality, with a range of 36 to 60, suggesting moderate contamination.

Keywords: aquatic macroinvertebrates, biological indicators, surface water quality.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La calidad del agua superficial depende tanto de las características naturales del recurso y su entorno, como de las actividades productivas que se desarrollan en la zona de captación (Salvioli *et al.*, 2017). Según Villena (2018) la calidad del agua es clave para la salud y el desarrollo económico. En el caso de Perú, la situación se ve afectada por la presencia de minerales en la cordillera de los Andes, lo que empeora la calidad del agua, mientras que la economía del país está vinculada a la explotación minera.

Con el tiempo, se han ido añadiendo indicadores de calidad del agua para comprobar el estado de los cuerpos de agua. Se trata de útiles herramientas de gestión y agregación que permiten comprender el estado de los recursos, analizar la evolución o las tendencias espacio-temporales y compartir información de forma sencilla, al ser utilizado proporciona información correspondiente a una gran cantidad de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, al sumar se obtiene un solo valor numérico. Algunos parámetros son seleccionados por su representatividad en relación a la calidad del agua que se evalúa (Salvioli *et al.*, 2017).

Para realizar la valoración de la calidad de un cuerpo hídrico, los índices se apoyan de los macroinvertebrados existentes ya que son considerados indicadores importantes en el campo de la bioindicación, su metodología utilizada tiene alta confiabilidad y es de rápida obtención de resultados, brinda referencia acerca de las variaciones en el transcurso del tiempo, son considerados métodos alternativos para el monitoreo cotidiano de los ríos, ya que para su evaluación se requiere equipos sencillos y de bajo costo (Gutiérrez *et al.*, 2006).

En Cajamarca, los ríos han sufrido importantes alteraciones debido a la urbanización, la deforestación y la contaminación generada por el vertido de desechos sólidos y líquidos. (Moscoso, 2016). Uno de los principales temas discutidos en este estudio se refiere al uso del agua de los ríos con fines agrícolas. Estas actividades impactan la calidad del agua y es necesario evaluar su condición para determinar si es adecuada para diferentes usos, ya que estos son factores. Es importante evaluar el impacto ambiental de las actividades antropogénicas, que se expresa en la alteración del equilibrio de los ecosistemas acuáticos.

Este trabajo se enfoca en la siguiente interrogante: ¿Cómo es la calidad del agua superficial en la microcuenca Namoyoc, Chalamarca, según el análisis de los macroinvertebrados acuáticos y utilizando los índices BMWP/Colombia e Índice Biótico Andino (ABI)?

1.1. Planteamiento del problema

En las últimas décadas, la ganadería y la agricultura han crecido considerablemente en nuestras áreas rurales, lo que ha generado un mayor consumo de las aguas superficiales para estas actividades. Como señala Herrera (2019), la agricultura utiliza el 70% del agua dulce extraída a nivel mundial, y en muchos países en desarrollo este porcentaje llega hasta el 90%.

En los países latinos, la calidad del agua se ha deteriorado en los últimos años debido al uso de pesticidas químicos para controlar las plagas, enfermedades y malezas en los cultivos agrícolas, pero afecta drásticamente a la vida acuática si son vertidos de forma directa (Orta, 2012). A esto hay que sumarle la evacuación directa de las aguas residuales de zonas residenciales que llegan a fuentes naturales de agua sin tratamiento previo, convirtiéndose en uno de los problemas que cada día va en aumento, debido a la falta de planes de desarrollo de las urbanizaciones, para Larios et al. (2015) el 70% de las aguas

residuales de los países latinoamericanos no son tratadas, el agua que se extrae, se utiliza y se devuelve a los ríos está completamente contaminada.

En el Perú la contaminación del agua se presenta en los niveles primario, secundario y terciario, las sustancias que contaminan son orgánicas e inorgánicas, a todo esto se suma las explotaciones mineras que están próximas a las fuentes de agua que nacen en las montañas altas; en cualquier caso, la contaminación del agua supone una amenaza para la salud pública (Larios et al., 2015).

Cajamarca es una zona agropecuaria y minera; por lo que, el avance de estas actividades coloca al agua en un escenario de exposición a contaminantes. Según Navarro (2019) las razones más importantes que llevan al deterioro de los recursos hídricos son: el desarrollo de zonas agrícolas fronterizas con ganadería extensiva en pendientes pronunciadas, el sobrepastoreo, el riego por inundaciones, las actividades industriales y mineras, etc., teniendo impactos negativos sobre el ecosistema y contaminando importantes cuencas hidrológicas con nitratos y agroquímicos.

Chalamarca poseedor de la ex hacienda de Santa Clara y del valle Namoyoc, presenta un alto grado de producción agropecuaria. En los últimos años, debido a las parcelaciones de terreno y la extensión de la población en la microcuenca del Namoyoc, ha obligado la inserción de técnicas de producción más efectivas a corto plazo, pero dañinas para el ambiente en el tiempo; ejemplos claros son el cambio de abonos orgánicos por los químicos, el uso excesivo de insecticidas para controlar plagas, enfermedades y malezas en los cultivos. A esto se suma la ganadería intensiva en parcelas pequeñas y la evacuación directa de las aguas residuales de la población a las fuentes del río Namoyoc; aún las partes concesionadas en la cabecera de la cuenca Namoyoc (Vellandina) por empresas mineras no son explotadas, lo cual conocer las características del agua de dicha cuenca antes de una posible explotación

minera es muy importante, para que los organismos responsables de la gestión de las cuencas fluviales tengan en cuenta y así proteger o mitigar los daños ya causados.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la condición del agua superficial en la microcuenca Namoyoc – Chalamarca, según la evaluación de los macroinvertebrados acuáticos utilizando los índices de la Biological Monitoring Working Party (BMWP/Colombia) y el Índice Biótico Andino (ABI)?

1.3. Justificación

Conocer la calidad de nuestra agua es fundamental en un mundo altamente industrializado; especialmente los sistemas de drenaje y los sistemas de agua dulce, ya que son más sensibles a los cambios inducidos por el hombre que cualquier otro ecosistema. (Ortiz, 2005). La utilización de abonos químicos, el uso indiscriminado de pesticidas e insecticidas en los cultivos colocan a las fuentes de agua en un ambiente vulnerable a dichos contaminantes; a todo esto se suma la contaminación por el tipo de ganadería que se practica y el vertido de aguas residuales de personas en la cuenca del río Namoyoc-Chalamarca; ya que, dicha zona es altamente ganadera y debido a las parcelaciones de tierras, la extensión de la población en la zona es alto; por ello, es importante la evaluación para conocer la calidad del agua y así dar un uso responsable; ya que, las aguas de la microcuenca abastecen a los sistemas de agua potable de seis comunidades que comprende la microcuenca y a todo el valle Namoyoc y Santa Clarino; este último en riego de plantas de crecimiento bajo y bebida para el ganado.

La evaluación de la calidad del agua superficial en la cuenca de Namoyoc, utilizando invertebrados acuáticos, constituye un estudio importante, ya que estos organismos son considerados indicadores biológicos eficaces de la calidad del agua. Esto se debe a su

tamaño, amplia distribución y capacidad para adaptarse a diferentes cambios fisiológicos (Ortiz, 2005). Al analizar los macroinvertebrados acuáticos mediante índices como el BMWP/Colombia y el ABI, se obtiene información valiosa para clasificar y categorizar las aguas, lo que permite determinar el uso adecuado de las mismas y establecer si es necesario un tratamiento previo antes de su potabilización y distribución para riego en las parcelas. Esto contribuye a mejorar la calidad de vida de los habitantes de la microcuenca.

Este trabajo representa una iniciativa en la microcuenca Namoyoc-Chalamarca, con lo que se aporta con conocimientos científicos y técnicos sobre la presencia de los organismos biológicos en dichas aguas; los cuales, nos facilitan información de las situaciones en que se encuentra la calidad del agua, conservar el ecosistema y contar con una línea base de la calidad del agua. La información ayudara a tomar decisiones técnicas, administrativas y legales en la protección del agua. Además, esta técnica biológica es fácilmente utilizable y demanda de bajo costo en comparación con las técnicas de evaluación fisicoquímicas que son costosas.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

– Analizar la calidad del agua en la microcuenca Namoyoc–Chalamarca utilizando la evaluación de macroinvertebrados acuáticos, empleando los índices de Biological Monitoring Working Party (BMWP/Colombia) y el Índice Biótico Andino (ABI).

1.4.2. Objetivos específicos

– Reconocer y categorizar los macroinvertebrados acuáticos presentes en los lugares de muestreo de la microcuenca Namoyoc – Chalamarca.

– Evaluar la calidad del agua utilizando los índices de la Biological Monitoring Working Party (BMWP/Colombia) y el Índice Biótico Andino (ABI) en la microcuenca Namoyoc – Chalamarca.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. A nivel internacional

López et al. (2019) evaluaron la calidad del agua en tres secciones del río Teusaca en Colombia, analizando su relación con la diversidad de macroinvertebrados acuáticos a través de varios indicadores. Utilizaron el Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col), el Average Score Per Taxon (ASTP), el Índice Biótico de Familias (IBF) y el índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera). Durante un periodo de muestreo de tres meses, recolectaron un total de 6,781 individuos de macroinvertebrados, que pertenecían a 3 filos, 5 clases, 11 órdenes y 21 familias. Los resultados indicaron que el agua del río Teusaca presentaba una contaminación moderada, con una tendencia hacia una contaminación más severa. Además, se observó que estos cuerpos de agua tenían una biodiversidad reducida y un predominio significativo de ciertas especies de macroinvertebrados. También se identificaron los parámetros fisicoquímicos que más influyen en el desarrollo de los macroinvertebrados: la concentración de oxígeno disuelto afectó a grupos como *Mesoveliidae, Tipulidae, Odontoceridae,* larvas de *Elmidae*, *Naididae* y *Helicopsychidae*, mientras que el pH impactó a familias como *Gammaridae, Hyalellidae, Glosiiphonidae, Haplotaxidae, Physidae* e *Hidropsychidae.*

Marin (2018) evaluó el nivel de contaminación en seis puntos del río Amanalco empleando el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP). Su estudio reveló que todos los sitios analizados se clasificaron como Tipo III, lo que indica una calidad de agua aceptable con contaminación moderada. Se registraron 33 familias de macroinvertebrados, destacándose las más abundantes como *Lestidae, Gammaridae* e *Hydrophilidae*. Además, los altos valores de los indicadores fisicoquímicos medidos sugieren un impacto significativo de

las actividades económicas en la contaminación del río Amanalco. El uso de productos químicos como fungicidas, pesticidas y herbicidas contribuye a la liberación de contaminantes en el agua del río, afectando negativamente la cuenca.

Reinoso (2016) llevó a cabo un estudio sobre la calidad del agua en el río Blanco, ubicado en Chimborazo, Ecuador, empleando invertebrados acuáticos como indicadores biológicos, siguiendo las pautas establecidas por el Grupo de Trabajo de Biomonitoreo (BMWP/Col). Se realizaron mediciones de flujo y se evaluaron cinco puntos de monitoreo desde junio hasta octubre de 2015. Para la recolección de macroinvertebrados, se utilizó una red tipo D, y los datos se resumieron utilizando el índice BMWP/Col. En el primer punto de monitoreo, la calidad del agua fue considerada aceptable; en el segundo y cuarto, se observó una calidad problemática, mientras que en el tercero y quinto se identificó un nivel crítico. A partir del promedio general, se concluyó que la calidad del agua en el río es problemática y moderadamente contaminada, con un impacto directo de la temperatura y el caudal en las comunidades de macroinvertebrados y en los puntos de monitoreo.

2.1.2. A nivel nacional

Lisboa (2016) llevó a cabo un estudio sobre la calidad del agua en el río Chira utilizando macroinvertebrados acuáticos, mediante un muestreo cualitativo que se centró en la presencia y ausencia de estas especies. Para la recolección de muestras, se utilizó una red portátil de 300 µm y una red Surber de 30x30 con un tamaño de malla de 500 µm. En el laboratorio, se identificaron 21 géneros, 19 familias, 12 órdenes, 6 clases y 3 tipos de macroinvertebrados. La evaluación de la calidad biológica del agua se realizó utilizando un índice adaptado por el Grupo de Trabajo de Monitoreo Biológico (BMWP) para los ríos del norte del Perú, conocido como nPeBMWP, el cual establece indicadores de calidad del agua según su sensibilidad a la contaminación. Los resultados arrojaron un promedio de 53 en la

zona de Waipara, 52,75 en La Peña, 41,25 en Puente Viejo de Sullana y 46,25 en Puente Sojo, indicando que la calidad del agua es regular y presenta un sistema alterado en los cuatro puntos de muestreo.

Mora et al. (2020) realizaron un estudio sobre la calidad del agua en la cuenca del río Huacamarcanga durante dos periodos: junio (temporada seca) y diciembre (temporada de lluvias). Para su análisis, utilizaron como indicadores a los macroinvertebrados bentónicos, aplicando el Índice BMWP adaptado para el norte de Perú, además de evaluar varios parámetros fisicoquímicos. Sus hallazgos revelaron que la calidad del agua varía de buena a crítica en la temporada seca y de aceptable a crítica en la temporada de lluvias. Esta variabilidad se atribuye a la influencia de actividades humanas, como la minería y el vertido de aguas residuales. En cuanto a la diversidad de macroinvertebrados en la cuenca, se identificaron representantes de 5 clases, 11 órdenes y 33 familias, siendo la familia *Chironomidae* la más predominante.

Polo et al. (2022) realizaron un estudio para medir la calidad del agua de los ríos Llanten, Simbal y La Libertad. Se planeó utilizar seis puntos para el muestreo, pero solo se utilizaron los primeros tres porque el punto 4 no tenía flujo y los puntos 5 y 6 eran temporales y, por lo tanto, no se vieron afectados por el río Llanten. El método se basó en el protocolo de la Agencia de Agua Vasca para el muestreo, análisis y evaluación de la fauna de macroinvertebrados bentónicos en ríos recargables. De los tres puntos muestreados, el punto 1 obtuvo 87 puntos por parte de BMMP/Col. Esto corresponde a una calidad del agua aceptable y significa que el agua está ligeramente contaminada. Según BMWP/Col, los valores para los puntos 2 y 3 son 146 y 122 respectivamente, lo que significa que ambos son agua de buena calidad o limpia. Se identificaron ocho clases, 18 órdenes y 30 familias de

macroinvertebrados. El índice BMWP/Col identificó la familia Perlidae con la puntuación más alta (10) y la familia Tubificidae con la puntuación más baja (1).

2.1.3. A nivel regional

Salazar y Pastor (2019) evaluaron la calidad ecológica del agua del río Jequetepeque en el tramo San Juan – Chilete, donde se analizaron parámetros fisicoquímicos, biológicos y características de los macroinvertebrados del fondo. Se realizo la colecta de macroinvertebrados bentónicos, en época lluviosa y seca, el autor considera que los indicadores fisicoquímicos y biológicos no se corresponden con las normas (ECA) de la ley peruana en cuanto a su uso para estos cuerpos de agua. El índice final y el puntaje promedio del ICA en época seca y húmeda son BMWP/Col 67 y 51, respectivamente; BMVP/Bol 61 y 47; EPT 4 y 4; y NSF ICA 59 y 60. Esto significa que el agua está moderadamente contaminada.

Saavedra (2019) llevó a cabo un análisis de la calidad del agua del río Llaucano en Bambamarca, utilizando varios índices biológicos, como el índice biótico andino (ABI), el Iberian Biomonitoring Working Party (IBMWP) y el grupo de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT). El estudio reveló que se recolectaron un total de 1,428 individuos que pertenecen a 4 clases, 7 órdenes y 14 familias. El autor concluye que, según los indicadores biológicos, la calidad del agua es promedio. Sin embargo, al comparar los indicadores físicos y químicos con lo estipulado en el Decreto Supremo No. 004-2017-MINAM, se encontró que los parámetros analizados superan los estándares de calidad, mostrando un pH inadecuado para las bacterias coliformes y niveles preocupantes de contaminación. Esto lleva a la conclusión de que el agua en los puntos de monitoreo no es adecuada para el consumo animal ni para el riego de cultivos.

Calla (2019) evaluó las actividades antropogénicas y la calidad del agua, basándose en las investigaciones del ZEE de la región Cajamarca, a través de la observación directa con un protocolo de muestreo, tomando muestras de agua y recolectando macroinvertebrados; los resultados muestran la presencia de sanitarios, sistemas de aguas residuales, deslizamientos de tierra, medianas y grandes actividades agrícolas, consumo de agua tales como lavaderos temporales para ropa y vehículos, tala de árboles a orillas del río, extracción de canteras, urbanización desordenada y presencia de pastizales junto a vertederos convencionales. A pesar de eso en el agua de río, los análisis fisicoquímicos en el 82,2% de los lugares tienen calidad del agua "excelente" compardo con el índice de calidad del agua (ICA) y el 45% de los sitios calificados por el Grupo de Trabajo de Biomonitoreo (BMWP), las condiciones ecológicas se definen como "normales".

Torres (2018) determinó la calidad del agua mediante la evaluación de insectos acuáticos, distribución temporal e identificación y clasificación de insectos acuáticos recolectados en el río Huayobamba. Se utilizaron índices biológicos del Grupo de Trabajo de Biomonitoreo (BMWP) y puntuaciones de clasificación medias. (ASPT), se llevó a cabo la recolección de insectos mediante redes Surber en tres sitios de evaluación y se encontró que la calidad del agua en las zonas altas y medias, durante las estaciones seca y húmeda, era problemática (Categoría III: agua moderadamente contaminada). Además, en la zona aguas abajo, durante la temporada seca, la calidad del agua es muy crítica (nivel V), y en la temporada de lluvias, la calidad del agua es crítica (nivel IV). Está claro que la temperatura y la humedad influyen en la distribución estacional de los insectos acuáticos en el rio de Huayobamba, porque las familias de insectos acuáticos son diversas durante las estaciones lluviosas y secas.

Bustamante (2020) analizó la condición ecológica del agua en el río Yanayaku, ubicado en la provincia de Chota-Cajamarca, utilizando invertebrados bentónicos como indicadores biológicos. Este estudio se llevó a cabo entre septiembre y noviembre de 2019, abarcando tres áreas de muestreo. Para evaluar la calidad del agua, se emplearon los índices BMWP e Índice Biológico Andino (IBA). Durante el monitoreo, se registraron un total de 866 macroinvertebrados, distribuidos en 10 órdenes y 14 familias, siendo la familia más común *Elmidae*, con 301 individuos (34,76%), seguida de *Baetidae*, con 128 individuos (14,78%). Los resultados de los índices BMWP e IBA reflejan que la calidad del agua es buena.

En su estudio, Azabache (2018) evaluó la calidad ecológica del agua de los ríos Porcón, Grande y Mashcón en Cajamarca, utilizando la macrofauna bentónica como indicadores biológicos. La evaluación se realizó durante las temporadas de lluvia (enero) y seca (septiembre), y se identificaron 23 familias en la población de macrofauna. A través de estos indicadores biológicos y de parámetros fisicoquímicos, se determinó la calidad ecológica del recurso hídrico y el estado ambiental. Según los estándares del Ministerio del Ambiente (ECA) y el índice multifactor IMEERA, el Río Grande obtuvo una calificación de buena a excelente, el Río Mashcón se consideró regular y el Río Porcón recibió una clasificación de regular a mala. Además, se concluyó que la calidad ambiental del agua corresponde a la clase A3, lo que permite su uso en agricultura y ganadería.

2.2. Bases teórico científicas

2.2.1. Calidad del agua superficial

Según Casilla (2014), la calidad del agua se refiere a un conjunto de propiedades que indican su aptitud para diversos usos, como el doméstico, el riego, el esparcimiento y la actividad industrial. También se describe como las características del agua que pueden afectar

su idoneidad para un uso específico, así como la conexión entre esta calidad y las necesidades del usuario.

La calidad del agua generalmente se evalúa al comparar las características físicas y químicas de una muestra con estándares establecidos de calidad. Aunque este enfoque se centra principalmente en el agua destinada al consumo humano, también es aplicable a otros usos. Congreso Nacional de Chile (BCN, 2016).

La calidad del agua desde un punto de vista funcional se puede definir como la capacidad inherente del agua para servir a los fines que se pueden obtener de ella, esto también se aplica a la parte ecológica, es decir, las condiciones que se deben crear en el agua para que funcione un ecosistema en equilibrio y que cumpla con específicos objetivos de calidad ecológica, Ministerio del Medio Ambiente de España (MMA, 2000).

2.2.2. Calidad ecológica del agua superficial

La calidad ecológica se refiere a la manifestación integral de la estructura y el funcionamiento de un ecosistema. Esta se describe a través de diversas variables o factores ambientales que se relacionan con los distintos elementos del ecosistema, permitiendo así definir objetivos de uso y conservación (Salazar y Pastor 2019).

2.2.3. Causas de contaminación del agua superficial

Durante millones de años, el agua se mantuvo en su estado natural, pero en las últimas décadas, los seres humanos han afectado prácticamente todos los rincones del planeta. Esto ocurre por diversas razones y de múltiples maneras. En la agricultura y la ganadería, se utilizan productos químicos como fertilizantes, pesticidas, insecticidas y herbicidas. Además, la deforestación y la extracción de turba en la región andina han contribuido a la destrucción de cuencas. Por otro lado, los desechos urbanos que se vierten contienen artículos de higiene

personal, medicamentos, metales pesados como el mercurio y el plomo, así como diferentes compuestos derivados del petróleo. La minería y el cambio en el uso del agua también afectan tanto su composición como su disponibilidad (Reyes & Peralbo, 2018).

- **Impacto de las actividades ganaderas en la contaminación del agua.**

Para Luzardo et al. (2014) el sobrepastoreo y el aumento de vacunos en parcelas pequeñas es muy evidente en nuestros campos, lo cual la posibilidad de que la industria ganadera sea una fuente de contaminación del agua ha sido una preocupación durante mucho tiempo, especialmente en el contexto de la contaminación por nutrientes (nitrógeno, fósforo, salinidad, etc.)., también trae consigo la diversificación de contaminantes potenciales como antibióticos, medicamentos veterinarios, patógenos microbiológicos, productos farmacéuticos, hormonas, metales pesados, desinfectantes y otros. La exposición de estos residuos con las aguas puede tener un impacto real con la salud humana y el ambiente.

- **La contaminación del agua causada por prácticas agrícolas**

La agricultura es una de las prácticas más comunes a nivel global, sobre todo en las áreas rurales. Su influencia en la calidad del agua es significativa, ya que aproximadamente el 70% de los recursos hídricos del planeta se destina a esta actividad. Esto la convierte en una de las principales razones de la degradación de los recursos hídricos, debido a problemas como la erosión y la escorrentía de sustancias químicas (Casilla, 2014).

Para el MMA (2000) otro problema de contaminación del agua es el tipo de agricultura practicada en las últimas décadas debido al uso cada vez mayor de fertilizantes y pesticidas, provocando graves problemas ambientales de eutrofización de los cuerpos de agua y contaminación de las aguas subterráneas.

2.2.4. Características fisicoquímicas del agua

Según Marín (2008) define a las características del agua de la siguiente manera:

- **Temperatura**

La temperatura del agua está principalmente influenciada por la cantidad de radiación solar que se absorbe en las capas superiores. Estos cambios en la temperatura impactan la solubilidad de sales y gases en el agua, así como sus características químicas y microbiológicas en general.

- **Conductividad**

En el agua, la conductividad se origina a partir de electrolitos que están disueltos y varía según el tipo de drenaje, la composición mineral, el tiempo de contacto, los gases disueltos, el pH y otros factores que influyen en la conductividad de las sales en solución.

- **Potencial de hidrogeno (pH)**

El potencial de hidrógeno se establece según la cantidad de iones de hidrógeno presentes en el agua, lo que refleja sus características químicas relacionadas con la acidez o alcalinidad. La acidez del agua se refiere a su capacidad de reaccionar con bases fuertes, iones hidroxilo, donadores de protones o la cantidad de sustancias ácidas a un pH determinado.

- **Oxígeno**

El oxígeno disuelto se ve afectado por la temperatura, la presión, la mezcla del agua, el contenido de sal y el consumo y producción por parte de los organismos acuáticos. El agua superficial suele contener >7-8 mg L^{-1}.

– **Nitratos**

Casilla (2014) mencionó que el nitrato (NO3-) es una sal altamente soluble derivada del nitrógeno que se puede encontrar en los alimentos y el agua potable. Surgen principalmente del uso de fertilizantes nitrogenados, estiércol animal y residuos domésticos e industriales.

2.2.5. Macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos son excelentes indicadores de la calidad del agua y pueden ser observados a simple vista. Se les denomina "macroscópicos" debido a su tamaño, que varía entre 2 mm y 30 cm, "invertebrados" porque carecen de columna vertebral, y "acuáticos" porque habitan en ambientes de agua dulce como ríos, arroyos, lagos y lagunas. Estos organismos son útiles para el monitoreo de la calidad del agua, ya que algunas especies requieren agua limpia para sobrevivir, mientras que otras prosperan en condiciones de contaminación. Entre los macroinvertebrados se encuentran larvas de insectos como mosquitos, libélulas y moscas, así como chinches, perros de agua, caracoles, percebes, cangrejos azules, camarones de río, peces pequeños, planarias, gusanos de agua, ácaros y sanguijuelas, entre otros (Reyes & Peralbo, 2018).

– **Hábitat de los macroinvertebrados**

Los macroinvertebrados pueden habitar en diferentes lugares como hojas flotantes, troncos caídos o en descomposición, en el lodo o la arena del fondo de los ríos, sobre o bajo las rocas en áreas de mayor corriente, así como en lagunas, lagos, estanques, aguas quietas y charcos (Reyes & Peralbo, 2001).

– **Forma y estructura de los macroinvertebrados**

Los macroinvertebrados presentan una gran variedad de formas, desde conchas redondas, escarabajos con cuerpos ovalados, hasta lombrices y caracoles con estructuras en espiral. Algunos poseen varias patas: los camarones tienen diez, los ácaros ocho y los chicaposos seis. Sin embargo, hay otros que no tienen patas, como las larvas de mosca. (Reyes & Peralbo, 2018).

– **Los macroinvertebrados se utilizan para evaluar la calidad del agua.**

Según Reyes & Peralbo (2018) Los macroinvertebrados se emplean para evaluar la calidad del agua, ya que los científicos les han asignado un valor numérico que refleja su nivel de sensibilidad a los contaminantes. Estos valores van del 1 al 10, siendo 1 el nivel de menor sensibilidad y 10 el de mayor vulnerabilidad frente a la contaminación.

2.2.6. Orden Ephemeroptera:

Ephemeroptera (derivado del griego ``ephemerus'' = efímero, ``pteron'' = ala, ``ala efímera'') es un orden de insectos semimetabólicos cuyo nombre deriva de la corta vida útil que mantienen en la edad adulta, común en ríos y arroyos de montaña con poca o ninguna contaminación (Cornejo & Flowers, 2016). Los insectos de este grupo son delicados y habitan exclusivamente en ambientes acuáticos profundos y relativamente antiguos. Tienen una particularidad que los distingue de otros insectos: experimentan una fase voladora en tierra firme. Las ninfas pueden encontrarse en casi cualquier tipo de cuerpo de agua, aunque son más abundantes y diversas en ríos y arroyos con fondos rocosos. (Roldán, 2016). Esta familia es muy común y variada en los ecosistemas de agua dulce, especialmente en áreas de corrientes rápidas. Suelen habitar sustratos específicos y son altamente sensibles a la

degradación ambiental y a las actividades humanas, lo que las convierte en un grupo ideal para ser utilizado como indicador biológico (Forero et al., 2016).

Según Barber et al. (2008) como se citó en Gutierrez & Dias (2015) El orden Ephemeroptera incluye actualmente alrededor de 3000 especies, agrupadas en 42 familias y más de 400 géneros. Muchos investigadores lo consideran uno de los órdenes más sensibles a la contaminación del agua. No obstante, dentro de este grupo, los géneros varían ampliamente en cuanto a su tolerancia a las condiciones ambientales. Por ejemplo, el género Stenonema puede habitar en ríos cálidos, de corriente lenta y con cierta contaminación, aunque ninguna especie de Ephemeroptera es capaz de sobrevivir en condiciones de alta contaminación (Flowers & De la Rosa, 2010).

2.2.7. Orden Plecoptera:

A nivel internacional, se han registrado aproximadamente 3,500 especies de plecópteros, que están agrupadas en 16 familias diferentes (Fochetti & Tierno de Figueroa, 2008, como se citó en Fonseca, 2015). Este grupo se distingue por tener ninfas que son inmaduras y viven completamente en el agua. Aunque hay algunas excepciones, la mayoría están vinculadas a ambientes de corrientes rápidas y turbulentas, con aguas frías y ricas en oxígeno. Por esta razón, se consideran indicadores excepcionales de la calidad del agua (Fernández & Domínguez, 2001). La mayor riqueza se localiza en los arroyos de agua dulce y agua fría que drenan las montañas templadas, pero se encuentra una diversidad apreciable en los ríos de agua cálida de alta calidad (De Walt & Ower, 2019). Los factores ecológicos que designan la provisión de este orden fueron la elevación, la temperatura máxima, el porcentaje de bosque, el porcentaje de guijarros, la turbidez, lo que sugiere que este orden tienden a adaptarse y vivir en aguas tranquilas y frías en suelos rocosos cerca de bosques de montaña (Lee et al., 2022). A menudo se asocia con arroyos frescos y perennes, pero

numerosas especies también habitan arroyos intermitentes con flujo reducido o nulo a lo largo del verano y el otoño (Roberts & Grubbs, 2020). Este tipo de familia se encuentran en ríos con corriente fuerte, la distribución de esta familia en los ríos está influenciada por factores tales como la concentración de oxígeno, química del agua, altitud, temperatura, tamaño del río, cobertura vegetal, microhábitat y tipo de sustrato, esta familia es intolerante a bajas concentraciones de oxígeno y por eso es considerada como indicadores biológicos de agua, ya que su presencia indica aguas de buena calidad (Tomanova & Tedesco, 2007).

2.2.8. Orden Trichoptera:

Según Springer (2010) el orden Trichoptera, comúnmente conocido como los tricópteros, pertenece al grupo de insectos que dependen del medio acuático durante su fase larval. Estos insectos pasan por una metamorfosis completa y están relacionados con las mariposas y polillas. Los adultos parecen pequeñas polillas, pero sus alas tienen pelos en lugar de escamas, de ahí su nombre (del griego 'trichos', pelo, y 'ptera', alas). Muchas especies tienen antenas muy largas y, en reposo, pliegan sus alas en forma de techo sobre su cuerpo. Los adultos miden entre 2 y 30 mm y suelen ser oscuros, aunque algunas especies son más claras.

2.2.9. Orden Díptera:

Los quironómidos son un tipo de insectos que pueden habitar áreas con una amplia variedad de condiciones ambientales. A menudo son los únicos que sobreviven en entornos altamente contaminados y forman parte de distintas comunidades, incluyendo organismos que viven en el fondo acuático, aquellos que se desplazan con las corrientes y los que se fijan a superficies (Marchese & Paggi, 2004, como se citó en Sierpe & Sunico, 2019). En época seca se encuentra en mayor abundancia que en la época lluviosa, esto se debe a que durante la estación seca disminuye la escorrentía, que es un factor importante, al tiempo que aumenta la

actividad de los beneficios y se reduce la aforo de disgregación de las aguas receptores (Fernández & Springer, 2008). También, las precipitaciones provocan una disminución de las poblaciones individuales debido a la falta de hábitats y la separación de los sustratos a los que se adhieren (Mora, 2011). Estos macroinvertebrados tienen un rol crucial en los ecosistemas acuáticos, actuando como elementos clave dentro de las cadenas alimenticias. Se alimentan de diversos materiales como materia orgánica en descomposición, algas, hongos, fragmentos de hojas, madera, polen, otros invertebrados acuáticos e incluso restos de animales. Además, su presencia es utilizada para identificar ciertas condiciones ambientales específicas (Oviedo & Reinoso, 2018).

2.2.10. Orden Siluriformes:

La familia *Astroblepidae* incluye una variedad de pequeños peces gato con bocas en forma de ventosa, que habitan en áreas desde Panamá, Colombia y Venezuela, hasta Ecuador, Perú y Bolivia, según Rodríguez (2011). Estos peces suelen encontrarse en ambientes naturales bien preservados, donde el agua es limpia y rica en oxígeno, y son capaces de soportar corrientes rápidas, de más de 130 cm/s. Este grupo está compuesto por 82 especies del género Astroblepus, que viven en arroyos y ríos con fuertes pendientes en la región tropical de los Andes (Ochoa et al., 2020). Suelen vivir en fondos rocosos, en aguas claras y ricas en oxígeno y con corrientes rápidas (Lema, 2019).

2.2.11. Orden Amphipoda:

Existen numerosas especies de anfípodos que habitan tanto en ambientes marinos como en aguas dulces, y sus hábitos alimenticios varían, siendo algunos herbívoros, otros detritívoros, carnívoros u omnívoros. Esta diversidad alimentaria les permite desempeñar un papel fundamental en la descomposición de materia orgánica (Vega et al., 2010). Se caracteriza como bioindicador debido a su alta sensibilidad a la contaminación y su alta

adaptabilidad a una variedad de ambientes, particularmente en los trópicos, también desempeñan papeles importantes en los sistemas en los que viven, cuyas aportaciones serán necesarias para estudiar los impactos ambientales en las aguas marinas (Suárez, 2021).

- **Obtención y conservación de muestras.**

La captura de ninfas se lleva a cabo directamente de las rocas o de la materia orgánica que está bajo el agua, como hojas secas, raíces y madera. Se recogen con una malla fina, asegurándose de no dañar los ejemplares. Es importante conservar las muestras en alcohol al 70%, evitando agitar demasiado, ya que las branquias y patas pueden soltarse fácilmente (Flowers & De la Rosa, 2010).

2.2.12. Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP)

El índice BMWP, creado en Inglaterra en 1970, es un método simple y efectivo para medir la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos. Para utilizarlo, se requiere identificar a los organismos a nivel de familia, y los resultados obtenidos son cualitativos, es decir, se registra si los organismos están presentes o no. Este índice permite evaluar la calidad del agua al considerar las especies acuáticas presentes, asignando a cada una un valor entre 1 y 10, que refleja su tolerancia a la contaminación. Así, las especies más tolerantes reciben puntuaciones más bajas, mientras que aquellas que requieren un ambiente más limpio obtienen puntuaciones más altas. La cantidad total de los valores correspondientes a cada familia en un punto de muestreo refleja el grado de contaminación; mientras mayor sea esta suma, menor es el nivel de contaminación en el sitio evaluado (Torres, 2018).

– **Biological Monitoring Working Party (BMWP/ Colombia).**

El índice BMWP/Col se basa en analizar diferentes grupos de macroinvertebrados encontrados en una muestra de agua. Para aplicarlo correctamente, es necesario identificar estos organismos a nivel de orden y familia. A cada familia se le asigna una puntuación de sensibilidad que va del 1 al 10, siendo 10 los más sensibles. La presencia en grandes cantidades de organismos con una puntuación alta, como 10, indica que el agua del río está limpia. Por otro lado, si predominan organismos más resistentes con valores bajos, esto sugiere que el río está contaminado (Roldan, 2003, como se citó en Linares, 2018).

Tabla 1

Evaluación de familias de macroinvertebrados según el índice BMWP/Col

Puntos	**Familias**
10	*Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae, Gripopterygidae*
9	*Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcydae Xiphocentronidae*
8	*Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palkaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae*
7	*Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossossomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae*

6	*Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae*
5	*Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae*
4	*Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae*
3	*Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae*
2	*Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae*
1	*Tubificidae*

Fuente: Perez (2003)

Tabla 2

Clases, calidad del agua, significado y color según el índice BMWP/Col

CLASE	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
Uno	Bueno	Mayor a 150 101-120	Aguas muy claras a claras	Azul
Dos	Tolerable	61 – 100	Aguas levemente contaminadas	Verde
Tres	Precaria	36 – 60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
Cuatro	Critica	16 – 35	Aguas altamente contaminadas	Naranja
Cinco	Muy critica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Pérez (2003).

2.2.13. Índice Biótico Andino (ABI)

El índice biótico andino (ABI) sirve para evaluar la calidad del agua en áreas de los Andes, tomando en cuenta las familias de macroinvertebrados presentes y su capacidad para soportar la contaminación en regiones a más de 2000 metros de altitud. A diferencia de otros sitios donde se usa el índice BMWP, el ABI incluye un número reducido de familias de macroinvertebrados debido a las restricciones que impone la altura. Este índice es especialmente útil para analizar la calidad del agua en los ríos de estas zonas (Carvacho, 2012, como se citó en Linares, 2018).

Tabla 3

Puntuaciones ABI para las familias de macroinvertebrados bentónicos

Orden	**Familia**	**Puntuación**
Turbellaria		5
Hirudinea		3
Oligochaeta		1
	Ancylidae	6
	Physidae	3
Gasteropoda	*Hydrobiidae*	3
	Lymnaeidae	3
	Planorbiidae	3
Bivalvia	*Sphaeriidae*	3
Amphipoda	*Hyalellidae*	6
Ostracoda		3
Hydracarina		4
	Baetidae	4
Ephemeroptera	*Leptophlebiidae*	10
	Leptohyphidae	7
	Oligoneuridae	10
	Aeshnidae	6
	Gomphidae	8

Odonata	*Libellulidae*	6
	Coenagrionidae	6
	Calopterygidae	8
	Polythoridae	10
Plecoptera	*Perlidae*	10
	Gripopterygidae	10
	Veliidae	5
	Gerridae	5
Heteroptera	*Corixidae*	5
	Notonectidae	5
	Belostomatidae	4
	Naucoridae	5
	Helicopsychidae	10
	Calamoceratidae	10
	Odontoceridae	10
	Leptoceridae	8
	Polycentropodidae	8
	Hydroptilidae	6
Trichoptera	*Xiphocentronidae*	8
	Hydrobiosidae	8
	Glossosomatidae	7
	Hydropsychidae	5
	Anomalopsychidae	10
	Philopotamidae	8
	Limnephilidae	7
Lepidoptera	*Pyralidae*	4
	Ptilodactylidae	5
	Lampyridae	5
	Psephenidae	5
	Scirtidae (Helodidae)	5
	Staphylinidae	3
Coleoptera	*Elmidae*	5
	Dryopidae	5

	Gyrinidae	3
	Dytiscidae	3
	Hydrophilidae	3
	Hydraenidae	5
	Blepharoceridae	10
	Simuliidae	5
	Tabanidae	4
	Tipulidae	5
Diptera	*Limoniidae*	4
	Ceratopogonidae	4
	Dixidae	4
	Psychodidae	3
	Dolichopodidae	4
	Stratiomyidae	4
	Empididae	4
	Chironomidae	2
	Culicidae	2
	Muscidae	2
	Ephydridae	2
	Athericidae	10
	Syrphidae	1
Collembola	*Collembola*	0
Acari	*Hidracarina*	4
Annelida	*Annelida Oligocheata*	1
Tricladia/Seriata	*Planariidae*	5
Haplotaxida	*Haplotaxidae*	3
Glossiphoniiformes	*Glossiphoniidae*	1
Veneroida	*Sphaeriidae*	3
Megaloptera	*Corydalidae*	6
Hydroida	*Hydridae*	10

Fuente: (Ríos, 2009, como se citó en Muñoz, 2016).

Tabla 4

Valores ecológicos del ABI

Clase	ABI	Nivel ecológico
1	>74	Muy bueno
2	45 – 74	Bueno
3	27 – 44	Moderado
4	11 – 26	Malo
5	<11	Pésimo

Fuente: Acosta et al. (2009).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Monitoreo

Realizar un monitoreo en un río es de mucha importancia, ya que nos ayuda a entender de manera precisa su estado de salud, este proceso implica analizar las alteraciones en el agua, la fauna y el entorno terrestre mediante diversas observaciones o investigaciones, de este modo, podemos identificar los problemas que afectan al río y proponer las intervenciones adecuadas para su recuperación. (Reyes & Peralbo, 2018).

2.3.2. Indicador biológico

Un bioindicador o indicador biológico, se refiere a organismos que permiten monitorear la contaminación de un ecosistema a lo largo del tiempo. Estos organismos son sensibles a los cambios en su entorno y, por lo tanto, su presencia o ausencia puede proporcionar información valiosa sobre el estado de la contaminación en ese sistema (Viteri et al., 2017).

2.3.3. Macroinvertebrados

Los macroinvertebrados son organismos que, en su fase larval, superan el tamaño de 1 mm, la mayoría de ellos pertenece a los grupos de Mollusca, Oligochaeta y Hirudinae, que constituyen alrededor del 80% de esta categoría, mientras que también se incluyen los Artrópodos, que comprenden insectos y crustáceos (Viteri et al., 2017).

2.3.4. Índice de diversidad

Un índice de diversidad es una medida numérica que no depende de las dimensiones de la muestra y es útil para realizar análisis estadísticos. Este índice también puede aplicarse a la biomasa, lo que simplifica la investigación al permitir un enfoque más práctico que contar cada especie de manera individual en los muestreos (Herbas et al., 2006, como se citó en Viteri et al., 2017).

2.3.5. Impacto

Un impacto es una alteración o un cambio ya sea de forma negativa o positiva de uno o más componentes del ambiente. Aponte & Angulo (2009) menciona que el impacto ambiental se refiere a las repercusiones y resultados de las actividades humanas en el entorno natural.

2.3.6. Contaminación

La contaminación es una alteración negativa sobre el medio ambiente, principalmente producida por acciones humanas. Aponte & Angulo (2009) indican que la contaminación ocurre cuando se introduce un contaminante, ya sea en forma líquida, sólida o gaseosa, en un entorno natural. Este contaminante, debido a sus propiedades, provoca inestabilidad en el

medio y afecta el funcionamiento del ecosistema, lo que a su vez representa riesgos para los organismos que habitan en ese lugar.

2.4. Hipótesis

H_1: La calidad del agua superficial en la microcuenca Namoyoc–Chalamarca, según el análisis de los macroinvertebrados acuáticos y utilizando los índices BMWP/Colombia e Índice Biótico Andino (ABI), es considerada como favorable.

2.5. Operacionalización de variables

Tabla 5

Variables e indicadores de la investigación

Variables	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente: Macroinvertebrados acuáticos	Índice BMWP/Col Índice ABI	Ordenes Familias
Variable dependiente: Calidad del agua superficial	Media Baja Alta	Existencia o falta de macroinvertebrados

Nota: Se establece la dimensión e indicadores de las variables

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

Esta investigación es de tipo cuantitativo y se clasifica como observacional, puesto que se enfoca en el estudio de organismos biológicos, específicamente macroinvertebrados, con el fin de evaluar la calidad del agua en la microcuenca del río Namoyoc.

3.2. Diseño de investigación

La valoración de la calidad del agua en la microcuenca del río Namoyoc comenzó con la selección y localización de los sitios donde se realizó el muestreo, en los cuales se determinó las coordenadas UTM utilizando un GPS Garmin.

La identificación de dichos puntos se realizó a través de un muestreo no probabilístico porque fueron ubicados de acuerdo a las características de la microcuenca, el primer punto de muestreo fue ubicado en la naciente de agua considerado como testigo de las muestras, el segundo punto de muestreo está ubicado en el primer afluente (río Pampas El Verde), el tercer punto está ubicado en el segundo afluente (río La Andara, formado de las escorrentías, drenajes y lixiviados) y el cuarto punto de muestreo estuvo ubicado en la unión de los dos afluentes, como se detalla en la tabla 6.

Tabla 6

Estaciones de muestreo

Estaciones de muestreo	Distancia (m)	Ubicación con respecto a la unión de los efluentes	Repeticiones por estaciones de muestreo	Frecuencia de muestreo
E1	400	Antes	3	Mensual
E2	200	Antes	3	Mensual
E3	200	Antes	3	Mensual
E4	0	Unión	3	Mensual

Nota. La tabla muestra las estaciones de muestreo y su ubicación con respecto a la unión de los afluentes de la microcuenca. La frecuencia de muestreo se realizó mensual, el muestreo fue continuo cada 30 días por un periodo de 4 meses.

La E1 estuvo ubicado en la naciente de agua El Manantial, la E2 en el afluente Pampas El Verde, la E3 en el afluente La Andara y la E4 en la unión de los afluentes (río Namoyoc).

En cada estación de muestreo se calculó el aforo del caudal y se realizó la recolección de las muestras para la identificación de los macroinvertebrados a nivel de orden y familia.

– **Medición del caudal en cada estación de muestreo**

El caudal se medió con el método del flotador que consistió en seleccionar un área uniforme, es decir que tenga las mismas dimensiones tanto en profundidad, ancho y con pendiente no muy pronunciada, una vez seleccionada el área se medió 20 a 30 metros de longitud dependiendo de la disposición del área, se dividió el área cada 2 m y se medió el ancho y la profundad para sacar el área, en este caso fue el promedio de las partes divididas.

Luego con una pelotita de tecnopor se registró el tiempo que demoraba en recorrer dicho tramo seleccionado, para hallar el promedio de la velocidad, se realizó 5 repeticiones.

Con los datos obtenidos tanto de las áreas seleccionadas y las velocidades calculadas se halló el caudal de las 4 estaciones de muestreo.

- **Técnicas y metodologías para la recolección de macroinvertebrados**

Para la recolección de las muestras de los macroinvertebrados, se consideró las técnicas y metodologías que más se ajustaban a las áreas de muestreo teniendo consideración las características que presentaban cada una de ellas, como: accesibilidad, profundidad, presencia de rocas, arboles, influencia de actividades antropogénicas, entre otros. Las técnicas utilizadas se detallan a continuación.

- **Técnica Red Surber**

Se utilizó el método en el que se capturaron macroinvertebrados utilizando una red sostenida por un marco de metal, que, al estar desplegada, adopta una forma de L. Este proceso involucró la recolección de material del lecho del río (Reyes y Peralbo, 2018).

Se llevó a cabo la recolección de muestras en áreas de poca profundidad, caracterizadas por corrientes bastante rápidas y un lecho compuesto de pequeñas piedras, donde la altura del agua no excedía los 45 centímetros o el borde de una bota de goma. Dado que se utilizó una red de tamaño reducido, se establecieron más puntos de muestreo en cada ubicación seleccionada para asegurar una cantidad adecuada de material recolectado. La zona de muestreo abarcó entre 30 y 40 metros, y la red se posicionó en el centro de la corriente, donde el flujo era más intenso. La malla se colocó de cara a la corriente, con su base asentada en el fondo del río, y se removió el sedimento dentro del marco de metal durante un minuto, esto se consideró debido a la literatura citada en (Reyes y Peralbo, 2018).

– **Técnica Red de patada**

Es una técnica para capturar macroinvertebrados, que implicaba mover el lecho del río con los pies y golpear las piedras. Para facilitar el proceso, se añadió un mango de madera a la red de Surber, lo que permitió realizar un barrido en las orillas y en los recodos de la corriente que eran de difícil acceso.

Se llevó a cabo la recolección manual de hojarasca y piedras a la orilla del río, utilizando una técnica que implica levantar rocas, piedras, ramas sumergidas y troncos donde se hallaron muchos organismos adheridos. Las muestras recolectadas se colocaron en bandejas blancas de plástico (Reyes y Peralbo, 2018).

– **Almacenamiento y conservación de las muestras**

Las muestras recolectadas se mantuvieron en alcohol etílico al 70 % y se almacenaron en frascos plásticos transparentes. Cada frasco fue etiquetado y rotulado correctamente, y luego fueron transportados al lugar donde se realizó su identificación. Antes de esto, las muestras fueron enjuagadas con agua destilada para eliminar cualquier impureza o residuo inorgánico que pudiera complicar su identificación. Además, se retiró cuidadosamente el sedimento de un extremo al otro de la bandeja para asegurarse de que no quedaran organismos en el sedimento.

– **Identificación por orden y familia**

Los macroinvertebrados colectados fueron identificados en un lugar adecuado donde el equipo de trabajo, utilizando un microscpio digital de marca Digital Microscope de lente de resolución de 1600 x, se realizó la identificación de los macroinvertebrados, mediante la observación y captura de fotos, se utilizó pinzas de aluminio de punta fina para tener una mayor manipulación, se realizó la evaluación e identificaciones, de forma, tamaño,

morfología y características taxonómicas con la finalidad de ubicarlos e identificarlos en el orden y familia que corresponde.

La identificación y clasificación de los macroinvertebrados se realizó siguiendo el método establecido en los protocolos para la recolección, identificación y análisis de comunidades biológicas, que abarcan plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en las aguas continentales de Perú (Samanez et al., 2014). Tras recolectar las muestras de cada punto de muestreo, se colocaron en bandejas blancas y bien iluminadas. Utilizando pinzas de aluminio de punta fina, se procedió a separar los organismos para su posterior identificación y caracterización.

Después de clasificarlos a los macroinvertebrados según el orden y familia se procedió a la respectiva caracterización del estado de la calidad del agua utilizando el índice BMWP/Col e Índice ABI.

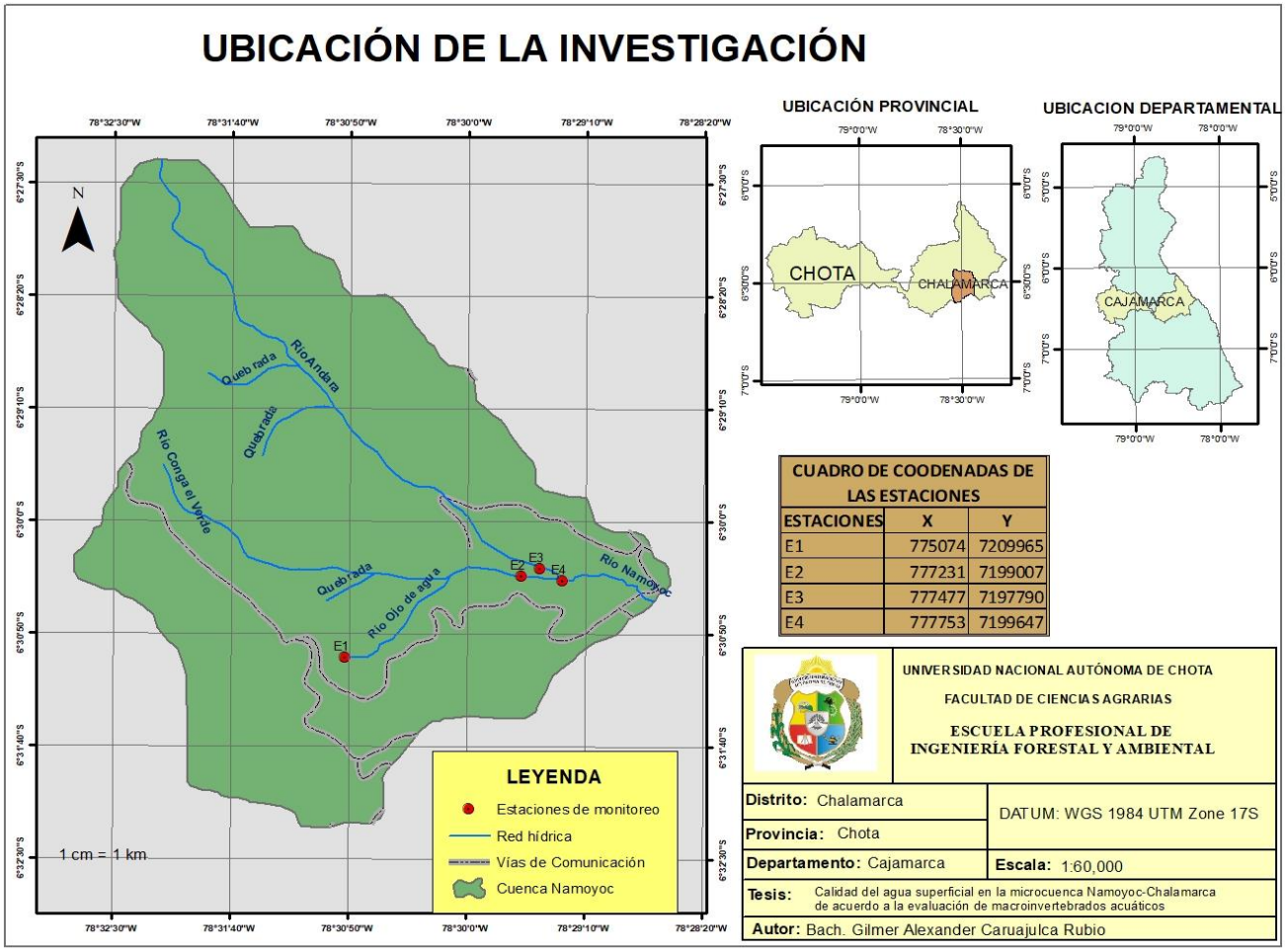
3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Ubicación

La investigación se realizó en la microcuenca del río Namoyoc, ubicada en el distrito de Chalamarca, en la provincia de Chota, dentro de la región de Cajamarca. Esta zona se encuentra a una altitud de 2,524 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas de 6º30'27" S y 78º29'181" O. Respecto al clima, la región recibe lluvias en los meses de otoño e invierno, con temperaturas máximas que varían entre 17°C y 23°C, y mínimas que oscilan entre 3°C y 7°C. La precipitación anual fluctúa entre 700 mm y 1500 mm, según el Servivio Nacional de Metereologia e Hidrologia del Perú (SENAMHI,2023).

Figura 1

Mapa de ubicación de la investigación



3.3.2. Material y equipos

Para Para realizar esta investigación, se requirieron diversos materiales y equipos, incluyendo un microscopio digital, un vernier digital, placas Petri estériles de plástico de 90x15 mm, papel de filtro rápido y lento, papel absorbente, algodón, agua destilada, pinzas, un cúter, una lupa de 5X, redes de muestreo, etiquetas, GPS, alcohol, frascos, cinta, plumones, un marcador, un tablero, un multiparámetro, guantes, botas, un colador, un balde, frascos de plástico de 1,000 mL y 150 mL, un estéreo-microscopio y una ficha de observación para el Índice BMWP/Col y ABI.

3.4. Población, muestra y muestreo

Población: La población estuvo compuesta por todos los macroinvertebrados acuáticos que habitan en la microcuenca del río Namoyoc, en Chalamarca.

Muestra: La muestra consistió en macroinvertebrados acuáticos de tamaño entre 2 mm y 3 cm, que se utilizan como bioindicadores para evaluar la calidad del agua según los índices BMWP/COL y ABI. Estos organismos fueron recolectados en los cuatro puntos de monitoreo ubicados en la microcuenca del río Namoyoc – Chalamarca, a lo largo de un período de cuatro meses.

Muestreo: Se optó por un muestreo no probabilístico, eligiendo los puntos de monitoreo en función de las características específicas de la microcuenca. Esto incluyó factores como la accesibilidad, lugares clave para medir el caudal, afluentes representativos y áreas con mayor urbanización, según Arias (2021) este tipo de muestreo se aplica cuando se busca seleccionar una población basada en características compartidas o mediante un criterio subjetivo del investigador. No se emplea un método de muestreo estadístico, lo que implica que no todos los integrantes de la población tienen la misma probabilidad de ser incluidos en la muestra.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 7

Métodos y herramientas para la recopilación de datos

Datos	Técnica	Instrumento
Macroinvertebrados	Técnica Red Surber, Red de Patada y recolección manual	Red Surber, Red para la técnica de Patada (tipo D-net) y recolección manual
Clasificación de macroinvertebrados	Observación e identificación	Microscpio digital, Ficha de observación
Estado del agua	Análisis de datos	Índice (BMWP/Col) y (ABI)

Las técnicas de análisis según estos métodos fueron los siguientes:

Cualitativo: Se llevó a cabo la identificación y categorización de los organismos hasta el nivel de orden y familia en la clasificación taxonómica.

Cuantitativo: Después de identificar los organismos, se llevó a cabo un recuento de todos los ejemplares en la muestra, considerando el área total de recolección.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos fueron procesados mediante el cálculo de promedios, así como identificando los valores más altos y más bajos, con el fin de evaluar la incertidumbre y la confiabilidad de los resultados obtenidos.

La recolección de datos se realizó mediante la creación de una base de datos en Microsoft Excel. La información se presentó utilizando tablas, gráficos y fotografías. El análisis se basó en los resultados obtenidos de las variables, y la interpretación se llevará a cabo teniendo en cuenta todos los datos recopilados de las tablas y gráficos.

3.7. Aspectos éticos

Esta investigación se llevó a cabo con un enfoque responsable y metódico en cada etapa, con el objetivo de obtener resultados precisos sobre la calidad del agua superficial en la microcuenca Namoyoc-Chalamarca de acuerdo con la evaluación de macroinvertebrados acuáticos, se tuvo el cuidado necesario para no tener impacto sobre el ambiente donde se realizaron los monitoreos, y antes de realizar cada muestreo siempre se coordinó con las autoridades de las localidades y con los dueños de cada parcela, siempre presentándose como estudiantes de la UNACH, dando información de la importancia de conocer la calidad de nuestras aguas superficiales y cómo influye en la salud de la población y el ambiente en los casos donde era necesario.

El trabajo de investigación, no manipulo intencionalmente animales, flora, seres humanos u otras, sólo consideró evaluaciones con carácter de estudio.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de resultados

4.1.1. Medición del flujo de agua en cada punto de monitoreo dentro de la microcuenca del río Namoyoc

En la siguiente tabla se presentan los valores estimados del caudal para las cuatro estaciones de muestreo ubicadas en la microcuenca del río Namoyoc.

Tabla 8

Valores estimados en Ls^{-1} del caudal de los efluentes del río Namoyoc

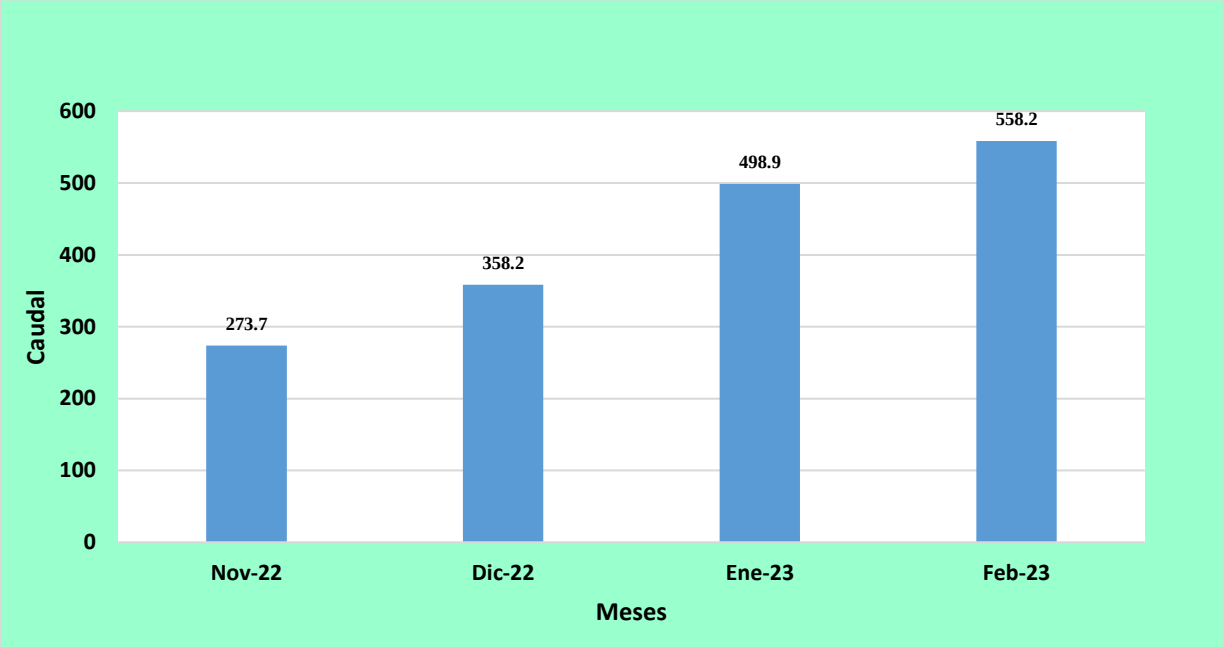
Fecha de muestreo	**Estación de muestreo**			
	QE1	**QE2**	**QE3**	**QE4**
Noviembre 2022	125,0	189,5	356,2	424,3
Diciembre 2022	189,0	285,5	412,2	546,2
Enero 2023	224,1	314,3	565,0	892,5
Febrero 2023	256,3	389,2	612,1	975,2

Nota. **QE1:** caudal de El Manantial (naciente de agua), **QE2:** caudal del afluente Pampas El Verde**, QE3:** caudal del afluente La Andara, **QE4:** caudal en el río Namoyoc (unión de afluentes)**.**

En la Figura 2 se presentan los caudales en promedio de las cuatro estaciones de monitoreo por cada mes, evidenciando que el mes con menor caudal fue en noviembre con 273,7 de caudal, en cambio el mes de febrero fue el mes con un registro de mayor caudal estando en un 558, 2 de caudal.

Figura 2

Promedio del caudal en Ls^{-1} de los efluentes y del río Namoyoc



4.1.2. Macroinvertebrados acuáticos

Se identificó un total de 1 636 taxones, relacionados a dos Phylum, tres clases, siete órdenes y 12 familias, siendo las familias *Perlidae* y *Hyalellidae* con 452 y 442 individuos respectivamente encontrados las más representativas, en cambio la familia *Ptilodactyidae* con 29 individuos encontrados fue la menos representativa en la microcuenca del río Namoyoc – Chalamarca (tabla 9 y figura 3).

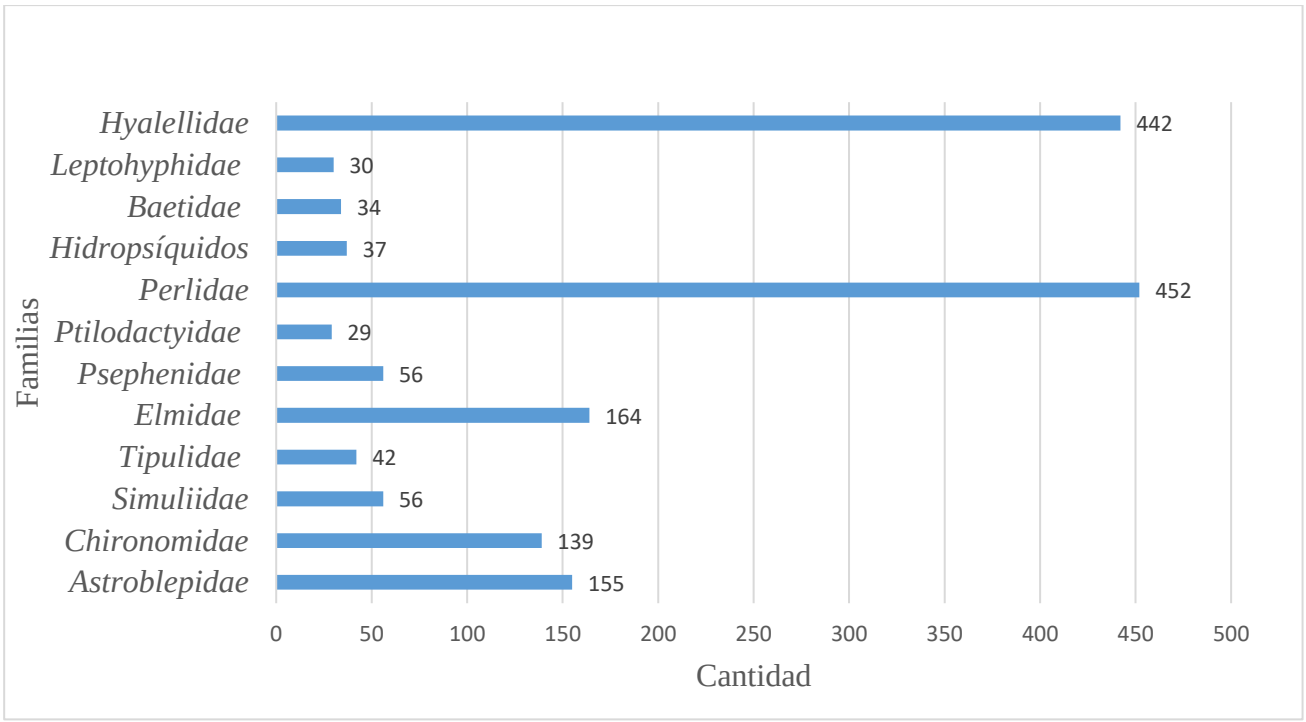
Tabla 9

Macroinvertebrados en la microcuenca del río Namoyoc

Phylum	Clase	Orden	Familia
Cortados	*Actinopterygii*	*Siluriformes*	*Astroblepidae*
		Díptera	*Chironomidae*
			Simuliidae
			Tipulidae
Artrópodos	*Insectos*	*Coleóptera*	*Elmidae*
			Psephenidae
			Ptilodactylidae
		Plecóptero	*Perlidae*
		Tricópteros	*Hidropsíquidos*
		Ephemeroptera	*Baetidae*
			Leptohyphidae
	Malacostraca	*Amphipoda*	*Hyalellidae*

Figura 3

Familias identificadas en el río Namoyoc y sus afluentes



4.1.3. Cantidad de macroinvertebrados en cada punto de monitoreo

La mayor cantidad de macroinvertebrados se observó en el sitio E1, con un total de 640 individuos, lo que representa el 39,12%. Por otro lado, el menor número de organismos se registró en el sitio E4, con 110 individuos, equivalente al 6,72% (ver figura 4). Las familias que destacaron en los muestreos fueron: *Hyalellidae, Elmidae, Chironomidae* y *Astroblepidae* en E1; *Perlidae, Elmidae* y *Hyalellidae* en E2; *Perlidae* en E3; y *Chironomidae* y *Elmidae* en E4 (ver tabla 10).

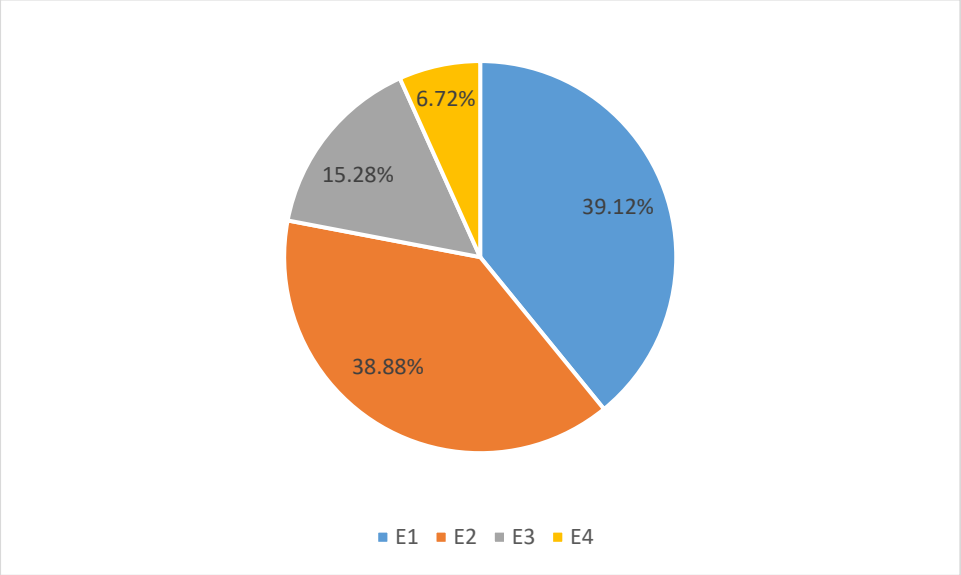
Tabla 10

Macroinvertebrados en cada punto de monitoreo

Familia	**E1**	**E2**	**E3**	**E4**
Astroblepidae	155	0	0	0
Chironomidae	69	33	0	37
Simuliidae	35	0	0	21
Tipulidae	15	15	4	8
Elmidae	97	42	8	17
Psephenidae	31	15	2	8
Ptilodactylidae	9	8	5	7
Perlidae	1	226	224	1
Hidropsíquidos	1	35	0	1
Baetidae	13	12	4	5
Leptohyphidae	11	12	3	4
Hyalellidae	203	238	0	1
TOTAL	**640**	**636**	**250**	**110**

Figura 4

Porcentaje de macroinvertebrados en cada estación de monitoreo

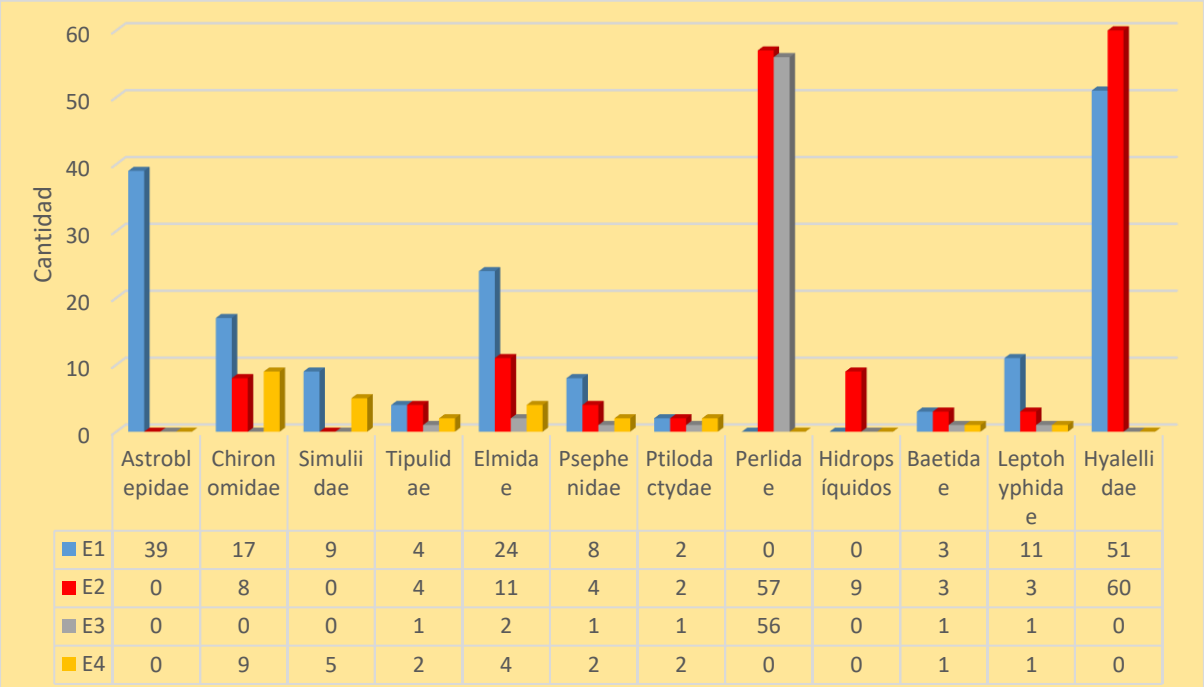


En la figura 5, se muestra el promedio de las familias de macroinvertebrados recolectadas durante los monitoreos en las diferentes estaciones de muestreo. En la estación 1 (E1), la familia más predominante es *Hyalellidae*, con un promedio de 51 individuos, mientras que la menos frecuente es *Ptilodactydae*, con solo 2 individuos. Además, no se encontraron individuos de las familias *Hidropsiquidos* ni *Perlidae* en esta estación. En la estación 2 (E2), las familias *Hyalellidae* y *Perlidae* son las más comunes, con promedios de 60 y 57 individuos respectivamente, mientras que *Ptilodactydae, Baetidae, Leptohyphidae* y *Tipulidae* son las menos abundantes, con promedios de 2, 3, 3 y 4 individuos cada una. Las familias *Astroblepidae* y *Simuliidae* no presentaron individuos en esta estación. En la estación 3 (E3), la familia *Perlidae* se destaca con un promedio de 56 individuos, mientras que *Tipulidae, Psephenidae, Ptilodactydae, Baetidae* y *Leptohyphidae* registran solo un individuo en promedio. En la estación 4 (E4), las familias más representativas son *Chironomidae* y *Simuliidae*, con promedios de 8 y 5 individuos respectivamente, mientras que *Baetidae* y *Leptohyphidae* muestran solo un individuo cada una. En general, en las cuatro

estaciones de muestreo, las familias *Hyalellidae*, *Perlidae* y *Astroblepidae* fueron las más numerosas.

Figura 5

Promedio de las familias de macroinvertebrados identificados por estación de muestreo

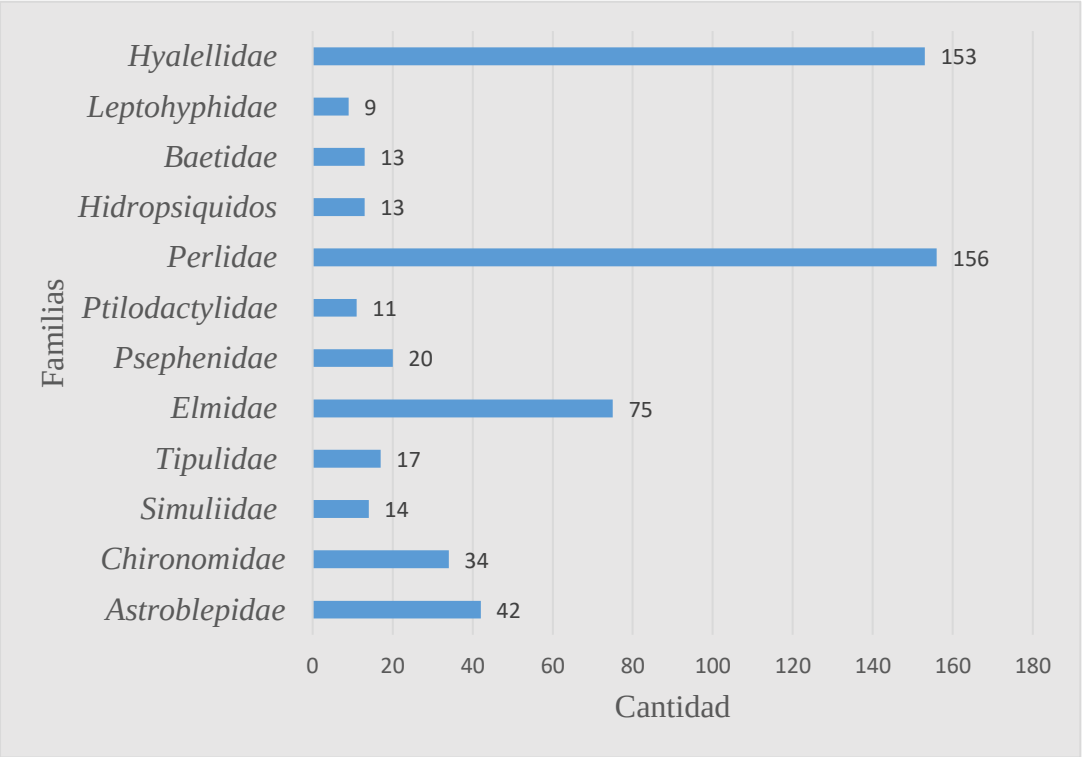


	Astroblepidae	Chironomidae	Simuliidae	Tipulidae	Elmidae	Psephenidae	Ptilodactydae	Perlidae	Hidropsíquidos	Baetidae	Leptohyphidae	Hyalellidae
E1	39	17	9	4	24	8	2	0	0	3	11	51
E2	0	8	0	4	11	4	2	57	9	3	3	60
E3	0	0	0	1	2	1	1	56	0	1	1	0
E4	0	9	5	2	4	2	2	0	0	1	1	0

En la figura 6 se aprecia los macroinvertebrados encontrados en el mes de noviembre, con un total de 557 individuos, de las cuales las familias más representativas son: la familia *Perlidae* con 156 individuos, seguida por *Hyalellidae* con 153 individuos, la familia *Elmidae* con 75 individuos y la familia *Astroblepidae* con 42 individuos; asimismo se aprecia la presencia de las familias *Chironomidea*, *Leptohyphdae*, *Baetidae*, *Hidropsíquidos*, *Ttilodactydae*, *Psephenidae*, *Tipuladae* y *Simuliidae* con un total de 131 individuos juntas y son las menos representativas.

Figura 6

Familias de macroinvertebrados identificadas en el río Namoyoc y sus afluentes en el mes de noviembre del año 2022

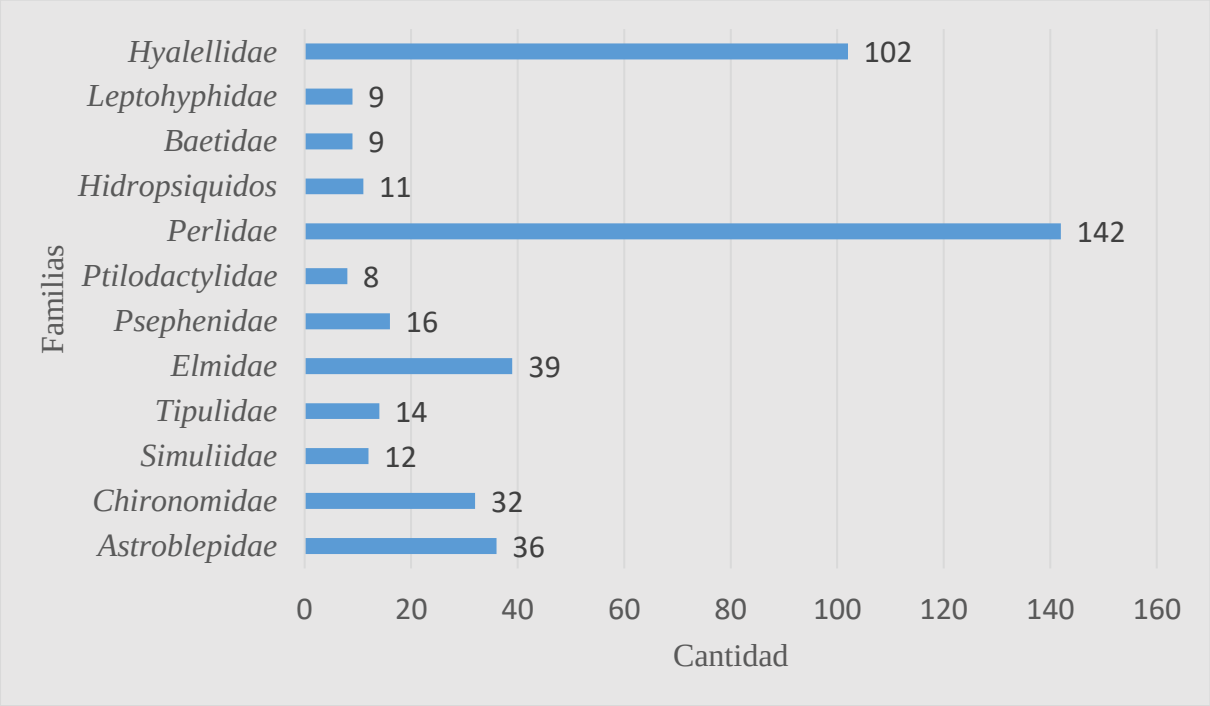


En la Figura 7 se muestra la cantidad de macroinvertebrados recolectados en diciembre, sumando un total de 430 ejemplares. Se destaca que la familia *Perlidae* es la más abundante, con 142 individuos, seguida por *Hyalellidae* con 102, *Elmidae* con 39 y *Astroblepidae* con 36.

Cabe resaltar que tanto en noviembre como en diciembre se registró el mayor número de taxones, en comparación con enero y febrero de 2023. Esto podría deberse a que el caudal del río fue menor en diciembre, con 273, 7 Ls^{-1} comparado con los demás meses.

Figura 7

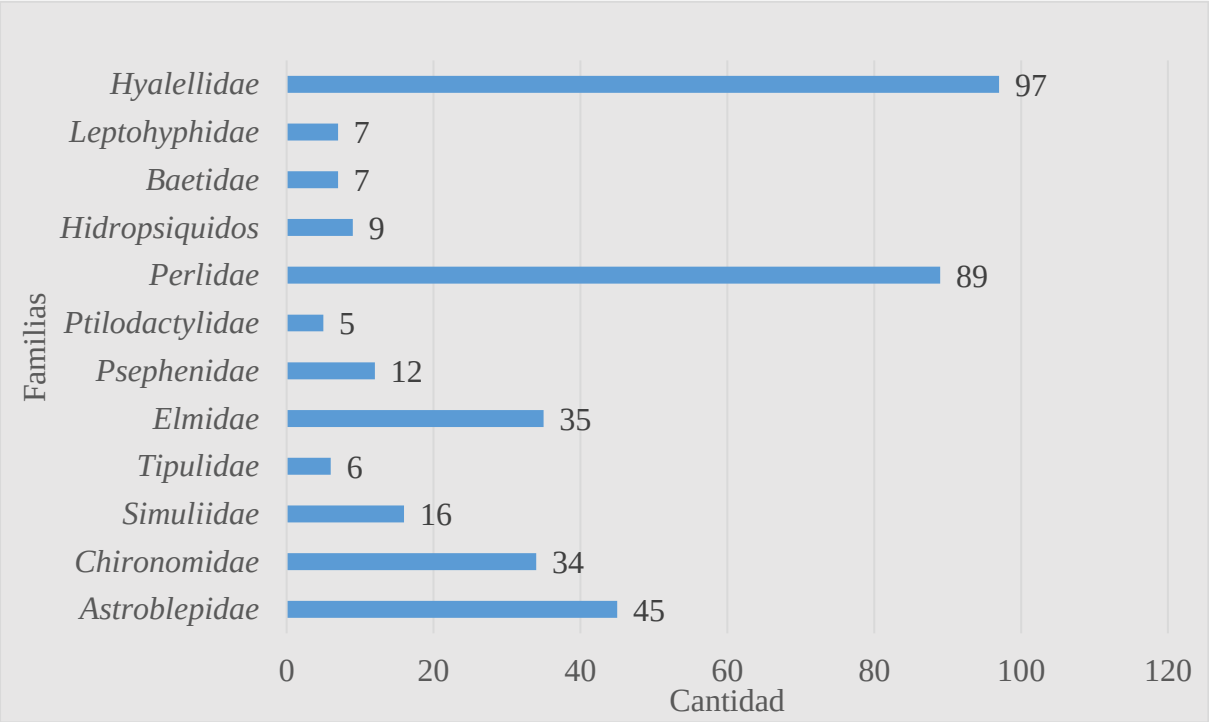
Familias de macroinvertebrados identificadas en el río Namoyoc y sus afluentes en el mes de diciembre del año 2022



La figura 8 muestra el número de familias de macroinvertebrados identificadas en enero, con un total de 430 ejemplares. Se observa que la familia *Hyalellidae* es la más numerosa, con 97 individuos. Las familias *Astroblepidae, Perlidae, Elmidae* y *Chironomidae* cuentan con 45, 89, 35 y 34 individuos, respectivamente. Por otro lado, las familias *Leptohyphidae, Baetidae, Hidropsíquidos, Ptilodactylidae, Psephenidae, Tipulidae* y *Simuliidae* tienen una menor representación, sumando entre todos 62 individuos. Además, se puede destacar que el número total de organismos en enero es inferior al registrado en los meses de noviembre y diciembre de 2022.

Figura 8

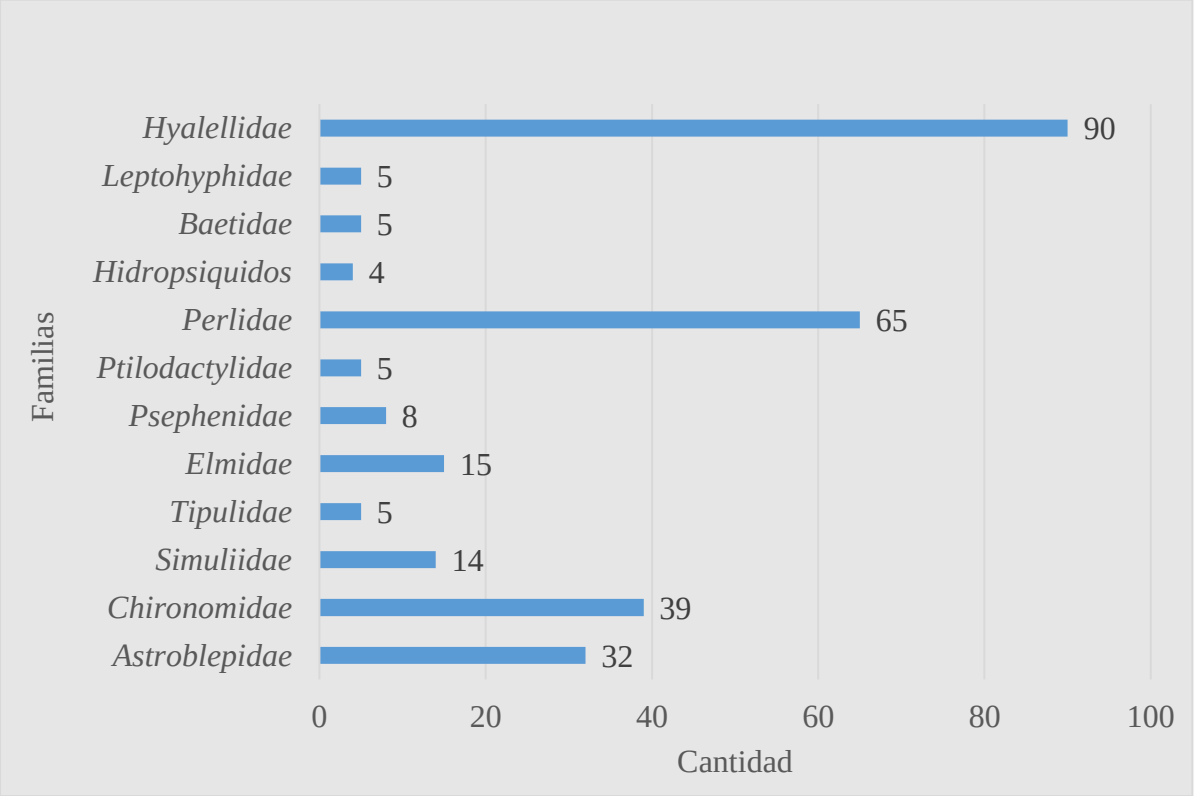
Familias de macroinvertebrados identificadas en el río Namoyoc y sus afluentes en el mes de enero año 2023



La figura 9 presenta la cantidad de macroinvertebrados en el mes de febrero siendo un total de 287 individuos, igual que la figura 8 se puede notar que el número de individuos encontrados es mucho menor comparado con los meses anteriores, la familia más representativa es la *Hyalellidae* con 90 individuos, la familia *Perlidae* con 65 individuos, la familia *Chironomidae* con 39 individuos, la familia *Astroblepidae* con 32 individuos, la familia *Elmidae* con 15 individuos, las familias *Hidrosíquidos*, *Baetidae*, *Leptohyphidae*, *Ptilodactylidae*, *Psephenidae*, *Tipuladae* y *simuliidae*, son las que presentan la menor cantidad de individuos con 46 individuos en total.

Figura 9

Familias de macroinvertebrados identificadas en el río Namoyoc y sus afluentes en el mes de febrero del año 2023



4.1.4. Índices bióticos

A. Índice biótico andino (IBA)

El cálculo del índice IBA se realizó sumando las puntuaciones de tolerancia (Tabla 3) asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados encontradas en cada estación de muestreo. Los resultados muestran que los valores del IBA en las estaciones E1, E2 y E4 son similares, con puntuaciones de 48, 54 y 45, respectivamente, lo que las coloca dentro del mismo rango de clasificación (45 – 74, que indica un buen estado del agua) en la clase II. Por otro lado, la estación E3 presenta un valor de 37, lo que la sitúa en un rango diferente (27 – 44, indicando calidad de agua moderada) dentro de la clase III.

Tabla 11

Los valores del Índice Biológico Acuático (IBA) correspondientes a las estaciones de muestreo en la microcuenca del río Namoyoc.

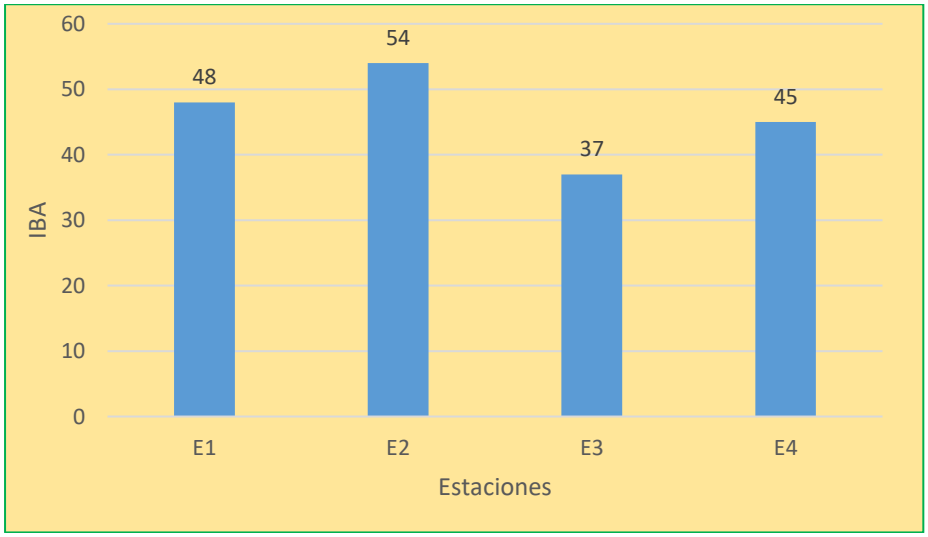
Estación	**E1**				**E2**				**E3**				**E4**			
Muestreo	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
IBA	44	44	59	44	54	54	54	54	36	36	36	41	44	38	59	38
Promedio	48				54				37				45			

Nota. Escala del IBA: mayor 74 muy bueno, 45 – 74 bueno, 27 – 44 moderado, 11 – 26 malo, < 11 pésimo. E1: naciente El Manantial, E2: afluente Pampas El Verde, E3 afluente La Andara, E4 unión de afluentes (río Namoyoc).

En la figura 10 de acuerdo con los resultados, el valor más bajo estimado del IBA es en la E3, lo cual se encuentra en el rango de calidad de aguas moderadas, esto se debería porque este afluente mayormente es formado por drenajes y lixiviados de la producción agropecuaria y desagües de la población cercana a dicho afluente y existe mayor contaminación.

Figura 10

Reparto del Índice IBA en las diferentes estaciones de muestreo de la microcuenca del río Namoyoc.



B. Biological Monitoring Working Party (BMWP/ Colombia).

Los resultados del índice BMWP/Colombia se calcularon sumando las puntuaciones asignadas según la tolerancia de las diversas familias de macroinvertebrados halladas en cada punto de muestreo durante los cuatro meses de monitoreo (ver Tabla 1).

En la Tabla 13 se presentan los promedios estimados del índice para las estaciones de muestreo E1, E2 y E4, que fueron 66, 71 y 63, respectivamente. Estos valores se encuentran en el rango de 61 a 100, lo que sugiere que las aguas están ligeramente contaminadas y tienen una calidad aceptable, clasificándose en la clase II. En contraste, el promedio en la estación E3 fue de 47, lo que la ubica dentro del rango de 36 a 60, indicando que las aguas están moderadamente contaminadas y tienen una calidad cuestionable, correspondiente a la clase III.

Tabla 12

Valores del índice BMWP/Colombia correspondientes a las estaciones de muestreo ubicadas en la microcuenca del río Namoyoc.

Estación	**E1**				**E2**				**E3**				**E4**			
Muestreo	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
BMWP/COL	62	62	79	62	71	71	71	71	45	36	52	55	57	55	86	55
Promedio	66				71				47				63			

Nota. Según la escala BMWP/Colombia, las aguas se clasifican en diferentes categorías: si tienen un puntaje superior a 150, se consideran muy limpias a limpias; un puntaje entre 101 y 120 indica que son limpias; un rango de 61 a 100 refleja ligera contaminación; de 36 a 60, moderada contaminación; de 16 a 35, alta contaminación; y aquellas aguas que obtienen un puntaje inferior a 15 son clasificadas como fuertemente contaminadas.

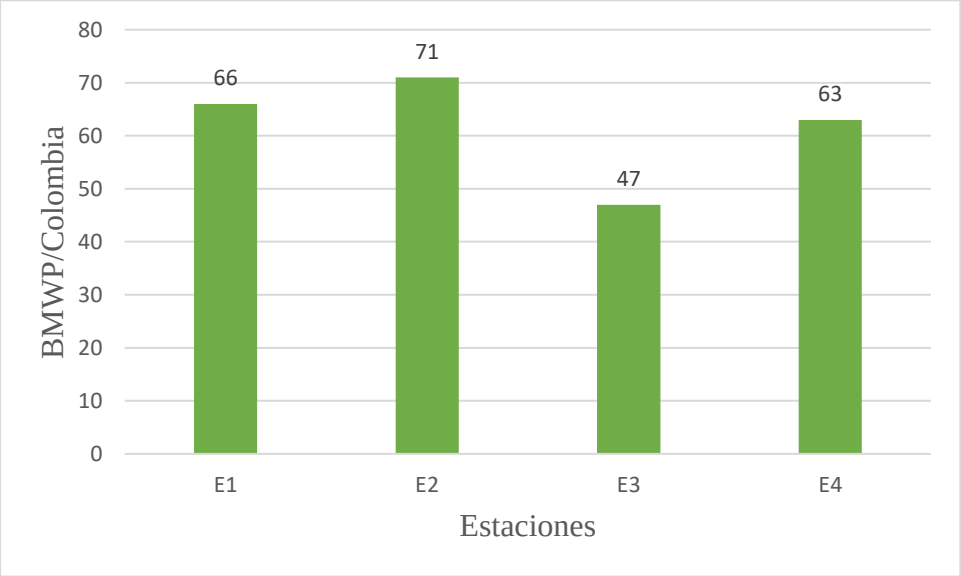
E1: naciente El Manantial, E2: efluente Pampas El Verde, E3 efluente La Andara, E4 unión de efluentes (río Namoyoc).

Los valores calculados para el índice IBMWP/Colombia son muy parecidos a los del índice IBA, aunque se observa una variación significativa en la E3 del afluente La Andara. Esto podría explicarse por un aumento en la lixiviación de aguas contaminadas hacia el afluente, dado que es una de las áreas con mayor densidad poblacional.

En la figura 11 se constata que la estación tres tiene el valor más bajo concluyendo que las aguas de esta estación tienen la más baja calidad en comparación con las otras estaciones según el índice.

Figura 11

Análisis de la distribución del Índice BMWP/Colombia según los puntos de muestreo en la microcuenca del río Namoyoc.



4.2. Contrastación de Hipótesis

La calidad del agua superficial en la microcuenca del río Namoyoc – Chalamarca se clasifica como buena, basándose en el análisis de los macroinvertebrados acuáticos y en la aplicación de los índices Biological Monitoring Working Party (BMWP/Colombia) y el Índice Biótico Andino (ABI).

a) Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/ Colombia)

Para las estaciones E1, E2 y E4 su rango se encontró en aguas ligeramente contaminadas (61 – 100), clase II y calidad del agua aceptable, en cambio para la E3 el valor obtenido está en el rango de aguas moderadamente contaminadas (36 – 60), clase III y calidad del agua dudosa; por lo tanto, la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Namoyoc – Chalamarca, de acuerdo con la evaluación de macroinvertebrados acuáticos, con el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/ Colombia) es aceptable y dudosa.

b) Índice Biótico Andino (ABI)

Los valores para las E1, E2 y E4 están en el rango de aguas de buena calidad (rango: 45 – 74 bueno) clase II, para la E3 el valor disminuyo y el rango se encontró en el estado de aguas moderado (27 – 44 moderado) clase III. Se puede constatar que en este índice para tres estaciones de muestreo las aguas son de buena calidad, la cual concuerda con la hipótesis y solo para una estación la calidad de las aguas es moderada.

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Caudal de los efluentes y del río Namoyoc

Los muestreos uno y dos se llevaron a cabo en noviembre y diciembre de 2022, durante la época de sequía de la región, registrando caudales promedio de 273,7 Ls^{-1} y 358,2

Ls^{-1}, respectivamente. En diciembre de 2022, comenzaron las primeras lluvias, que se intensificaron a finales de mes, lo que se reflejó en un incremento del caudal en enero, alcanzando un promedio de 498,9 Ls^{-1}. En febrero, el caudal mostró un aumento aún más notable en comparación con los meses anteriores, alcanzando 558,2 Ls^{-1}, como resultado del incremento en las precipitaciones. Esto demuestra que el caudal registrado en el primer muestreo fue el más bajo, ya que se realizó al final del periodo seco, según Weather Spark (2022) menciona que en la provincia de Chota el mes con los días más lluviosos es marzo, con un promedio de 9,4 días y al menos 1 mm de lluvia; pero la temporada seca dura 6 meses de julio a noviembre.

Es fundamental señalar que una cantidad considerable de estas aguas se destina al riego de pastizales y cultivos agrícolas. También se ha observado la presencia de ganado vacuno y poblaciones que dependen de esta fuente. Según Luzardo et al. (2014), el sobrepastoreo y el incremento de ganado en áreas reducidas son muy evidentes en nuestros campos. Esta situación genera inquietudes sobre la posibilidad de que las actividades ganaderas se conviertan en una fuente de contaminación para los recursos hídricos, especialmente en lo que respecta a la contaminación por nutrientes, como el exceso de nitrógeno, fosfatos y salinidad.

4.3.2. Macroinvertebrados acuáticos

Se encontró 1 636 taxones siendo el orden *Plecóptero* el más abundante en toda la microcuenca evaluada, con la familia *Perlidae*, presente en aguas ligeramente y moderadamente contaminada, al igual que describe Fernández & Domínguez (2001) los insectos del orden *Plecóptero* suelen habitar en ríos de corriente rápida, con agua turbulenta, fría y rica en oxígeno. Por esta razón, son considerados indicadores muy efectivos de la calidad del agua, pero también se encuentra en aguas cálidas con una diversidad aceptables

de alta calidad (De Walt & Ower, 2019), también este orden tienden a adaptarse y vivir en aguas tranquilas y frías en suelos rocosos cerca de bosques de montaña (Lee et al., 2022). por otro lado, la familia *Ptilodactydae*, que pertenece al orden Coleóptera, es la que se encuentra en menor cantidad en la microcuenca del río Namoyoc, este hallazgo es similar a lo que señalaron Marchese y Paggi, 2004, como se citó en Sierpe & Sunico (2019) son los únicos organismos que se encuentran en entornos altamente contaminados y se caracterizan por integrarse en diferentes comunidades, como las de organismos bentónicos, pulsónicos y sésiles.

4.3.3. Número de macroinvertebrados identificados a lo largo de los cuatro meses de monitoreo en las cuatro estaciones.

La familia *Perlidae* es la más representativa contando con un total de 452 individuos, estuvieron presentes en las estaciones 2 y 3 de los afluentes Pampas el Verde y de la Andara respectivamente, donde existe mayor pendiente comparado con el valle Santa Clarino donde se unen al río Namoyoc, estos resultados concuerdan a lo mencionado por Tomanova & Tedesco (2007) este tipo de familia se encuentran en ríos con corriente fuerte, la distribución de esta familia en los ríos está influenciada por factores tales como la concentración de oxígeno, química del agua, altitud, temperatura, tamaño del río, cobertura vegetal, microhábitat y tipo de sustrato, esta familia es intolerante a bajas concentraciones de oxígeno y por eso es considerada como indicadores biológicos de agua, ya que su presencia indican aguas de buena calidad, así mismo para Roberts & Grubbs (2020) se asocia con arroyos frescos y perennes, pero muchos también habitan en arroyos intermitentes con flujo reducido o nulo a lo largo del verano y el otoño.

En segundo lugar, con más número de individuos está la familia *Hyalellidae* con 442 macroinvertebrados, esta familia se encontró en la estación 1 y 2 naciente El Manantial y

afluente Pampas el Verde, donde se pudo observar que la gran parte de la población se dedica a la cría de ganado bovino y se encontró gran cantidad de materia orgánica a orillas del afluente, los hallazgos coinciden con lo que reportan Vega et al. (2010), quienes indican que la familia *Hyalellidae* pertenece al orden Amphipodae, este grupo incluye tanto especies marinas como de agua dulce, y presentan una variedad de hábitos alimenticios, que pueden ser herbívoros, detritívoros, carnívoros u omnívoros, esto sugiere que los anfípodos desempeñan un papel fundamental en la descomposición de la materia orgánica, por tal razón la presencia de estos macroinvrtebrados en la estación 2 es coherente ya que existe gran cantidad de materia orgánica, también para Suárez (2021) menciona que esta familia se caracteriza como bioindicador debido a su alta sensibilidad a la contaminación y su alta adaptabilidad a una variedad de ambientes.

La familia *Elmidae* está presente con 164 individuos y estuvieron distribuidos en las cuatro estaciones de muestreo, por lo tanto, la presencia de esta familia en las cuatro estaciones de monitoreo, nos indican que las aguas de la microcuenca del río Namoyoc son de regular a buena calidad y que tienen un alto grado de concentración de oxígeno, estos resultados son similares a lo mencionado por González *et al.* (2020) familia muy frecuente en ambientes loticos y de amplia utilización como bioindicadores de la calidad de agua, su presencia indica aguas con un alto porcentaje de oxígeno y de regular a buena calidad, habitan en aguas correntosas, también López et al. (2019) menciona que esta las familias presenta mayor desarrollo en aguas con alta concentración de oxigeno

El número de individuos de la familia *Astroblepidae* encontrados en los muestreos fue de 155 y sólo estuvo presente en la estación uno, naciente de agua El Manantial, este tipo de especie es endémica de la zona encontrándose sólo en ese lugar en toda la cuenca del río Namoyoc y donde el agua es captada para consumo humano, se puede constatar que dichas

aguas son de buena calidad por ser naciente y aún no hay intervención por el hombre más que sólo una captación de agua, este resultado es similar a lo descrito por Ochoa et al. (2020) indican que la familia *Astroblepidae* suele encontrarse en ecosistemas muy conservados, caracterizados por aguas limpias y oxigenadas, y que toleran corrientes rápidas (más de 130 cms^{-1}). Este grupo incluye 82 especies válidas del género Astroblepus, las cuales habitan en quebradas y ríos de alto gradiente en la región tropical de la Cordillera de los Andes. Además, se destaca que estas especies son especialmente sensibles a la contaminación, por lo que su presencia en cuerpos de agua es un indicador de la buena calidad del agua, al igual que Lema (2019) menciona que esta familia también suelen vivir en fondos rocosos, en aguas claras y ricas en oxígeno y con corrientes rápidas, por lo tanto, las aguas de la E1 en la naciente de agua El manantial son de buena calidad por haber encontrado este tipo de familia.

La familia *Chironomidae* presenta 139 individuos en todos los muestreos realizados y estuvo presente en las estaciones E1, E2 y E4, estuvieron presentes mayormente en las estaciones donde existía materia orgánica en descomposición, similar a lo que sostiene Marchese & Paggi, (2004), como se citó en Sierpe & Sunico (2019) la familia *Chironomidae* se encuentra entre los grupos de insectos de macrobentos más comunes y extendidos en los ecosistemas de agua dulce, estos insectos son eficaces en la descomposición de materia orgánica, la cual constituye su principal fuente de alimento, también Oviedo & Reinoso (2018) destacan que los macroinvertebrados son cruciales para los ecosistemas acuáticos, ya que actúan como enlaces en la cadena alimentaria, estos organismos se alimentan principalmente de materia orgánica en partículas, algas, hongos, fragmentos de hojas y madera, polen, otros invertebrados acuáticos y restos de animales. Además, su abundancia puede ser un indicador de las condiciones ambientales específicas, ya que un aumento en su población puede señalar una disminución en la calidad del agua.

Las familias *Hidropsíquidos, Simuliidae, Leptohyphidae, Baetidae, Ptilodactyidae, Psephenidae* y *Tipulidae* también estuvieron presentes pero en menor cantidad, juntas se pudo registrar 284 individuos durante todos los monitoreos, la familia *Simuliidae* estuvo presente en las estaciones E1 y E4 en la naciente de agua El Manantial y el afluente La Andara donde existe mayor corriente superficial del agua, al igual que menciona Vitta (2017) este grupo familiar representa una de las familias de dípteros acuáticos más relevantes en los ríos y arroyos, ya que su desarrollo solo ocurre en estos hábitats, se encuentran siempre en corrientes de agua que son lo suficientemente estables para satisfacer sus necesidades biológicas durante las fases inmaduras de su vida. Además, su presencia es un indicador de que el agua es limpia y tiene un buen nivel de oxigenación.

La familia *Leptohyphidae* fue identificada en las cuatro estaciones de recolección de datos, pero en mínima cantidad, esto se debería a que estos macroinvertebrados necesitan de ambientes profundos y rocosos para su supervivencia, este resultado es similar a lo mencionado por Roldán (2016) se trata de un grupo de insectos delicados que viven exclusivamente en ambientes acuáticos profundos y relativamente primitivos. Una de sus características distintivas es que cuentan con una fase de desarrollo voladora en la tierra, las ninfas de estos insectos pueden encontrarse en diversos tipos de cuerpos de agua, aunque son más numerosas y variadas en ríos y arroyos con fondos rocosos, y suelen habitar en aguas que tienen poca o ninguna contaminación (Cornejo & Flowers, 2016). La familia *Baetidae* fue observada en las cuatro estaciones de muestreo, aunque en cantidades limitadas de individuos, estuvieron presentes mayormente en ambientes donde no existía mucha intervención del hombre, este resultado es similar a lo mencionado por Forero et al. (2016) esta familia es rica y variada en los ecosistemas de agua dulce, especialmente en ambientes de corriente, prefiere ciertos tipos de sustratos y muestra una notable sensibilidad a la degradación y a los efectos de la actividad humana, características que la convierten en un

excelente indicador biológico, por lo tanto la presencia mínima de esta familia indica que existe contaminación en la microcuenca.

4.3.4. Índice biótico andino (IBA)

Los resultados obtenidos según los promedios estimados para cada estación de muestreo en la microcuenca del río Namoyoc para él IBA para las estaciones E1, E2 y E4 son: 48, 54 y 45 respectivamente, indicando aguas de buena calidad y de clase II, (rango: 45 – 74). Estos valores está en el mismo rango donde Bustamante (2020) que en su investigación obtuvo los valores de 65, 60 y 60 en sus tres estaciones de muestreo en el río Yanayacu, calificándolo a las aguas en un estado de buena calidad en las tres estaciones. Para la E3 en esta investigación el valor promedio obtenido es de 37, encontrándose en el rango de 27 – 44, lo cual indica una calidad de aguas moderado y de clase III, según la clasificación en la tabla 4 de valores ecológicos del IBA antes indicada, esto se debería porque este afluente mayormente es formado por drenajes y lixiviados de la producción agropecuaria y desagües de la población cercana a dicho afluente, estos resultados son muy bajos a lo mencionado por Salcedo et al. (2013) en su investigación obtuvo puntajes medios para el ABI de 177,5, 135 y 80 en la parte alta, media y baja respectivamente en la microcuenca San Alberto - Oxpampa en Pasco, determinando la calidad del estado ecológica del agua de muy buena calidad, esto es debido a que los puntajes obtenidos están en el rango más alto del ABI (rango >74 muy bueno), se puede ver que ninguno de nuestros puntajes obtenidos logro alcanzar a estos valores, ya que nuestros valores solo estuvieron en el rango de aguas de buena calidad.

4.3.5. Biological Monitoring Working Party (BMWP/ Colombia).

Los valores promedio calculados para el índice BMWP en Colombia, en las estaciones de muestreo E1, E2 y E4, son 66, 71 y 63, respectivamente. Estos se sitúan dentro del rango de 61 a 100, lo que indica que se trata de aguas ligeramente contaminadas, de

calidad aceptable y clasificadas como clase II, de acuerdo con la tabla 2 del índice BMWP/Colombia previamente mencionada. Estos hallazgos son consistentes con lo señalado por Polo et al. (2022) que obtuvieron 87 puntos por parte de BMMP/Col, correspondiendo a una calidad del agua aceptable y de significado ligeramente contaminada, al igual que Redrován (2021) que obtuvo en los tres puntos de monitoreo un agua de calidad aceptable con un rango de 79 a 84 puntos. En nuestra E3 el valor promedio se encontró en 47, en el rango de 36 – 60, considerándose aguas moderadamente contaminadas con una calidad de agua dudosa y de clase III, estos resultados son similares a Fernández *et al.* (2022) que en su evaluación obtuvieron valores en el rango de 36 - 60, en sus tres estaciones de muestreo determinando aguas con baja calidad y contaminados, él detalla que la baja abundancia, diversidad de macroinvertebrados y bajos valores del índice BMWP en el sitio estaría relacionado con la mayor presión antrópica, y también debido al aumento de la urbanización que suele tener un impacto negativo, dando entender que el agua se encuentra moderadamente contaminada, en esta estación es donde se encuentra el valor más bajo, habiendo una coincidencia similar con el ABI antes detallado, también este resultado es similar a lo descrito por Salazar & Pastor (2019) y Torres (2018) al evaluar en tiempos de lluvias y estiaje obtuvieron que el BMWP/Col sus valores eran de 67 y 51 considerándola aguas moderadamente contaminadas; ellos describen que esto estaría influido por la mayor urbanización y por las practicas intensivas de agricultura y ganadería en la zona, así mismo para Lisboa (2016) reportó índices de 53 para el Sector Huaypará, 52,75 en La Peña, 41,25 en el Puente Viejo Sullana y 46,25 en el Puente Sojo, clasificando la calidad del agua como regular. De manera similar, Reinoso (2016), al analizar la calidad del agua del río Blanco, concluyó que esta presenta un estado dudoso, lo que indica una contaminación moderada.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se identificaron y clasificaron siete órdenes y doce familias de macroinvertebrados acuáticos presentes en los puntos de monitoreo de la microcuenca del río Namoyoc – Chalamarca. El orden que presenta la mayor cantidad de familias es Diptera, que incluye las familias de *Chironomidae, Simuliidae,* y *Tipulidae*; seguido por el orden Coleóptera con las familias *Elmidae, Psephenidae* y *Ptilodactylidae*; el orden Ephemeroptera tuvo dos familias que son la *Baetiade*, y *Leptohyphidae*; los órdenes Siluriformes, Plecoptero, Tricopteros y Amphipoda tuvieron una familia cada una como son *Astroblepidae, Perlidae, Hidropsiquidos,* y *Hyalellidae* respectivamente. Las familias que contaron con la mayor cantidad de miembros fueron *Perlidea* y *Hyalellidae*.

- De acuerdo con la evaluación de la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Namoyoc – Chalamarca, realizada utilizando los índices del Biological Monitoring Working Party (BMWP/ Colombia), se determinó que las estaciones E1, E2 y E4 tienen valores entre 61 y 100, lo que indica que son aguas ligeramente contaminadas, con una calidad aceptable clasificada como clase II. Por otro lado, la estación E3 presenta un rango de 36 a 60, lo que la clasifica como aguas moderadamente contaminadas, con calidad dudosa y perteneciente a la clase III. En cuanto al Índice Biótico Andino (ABI), las estaciones E1, E2 y E4 mostraron resultados similares, ubicándose en un rango que indica un buen estado ecológico de calidad del agua (45 a 74), también de clase II. En cambio, la estación E3 se encuentra en un rango de 27 a 44, lo que sugiere un estado ecológico moderado y clasificado como clase III.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda que los estudiantes, graduados y profesores de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota prosigan con la investigación en esta microcuenca. Deberían examinar diferentes parámetros físicos y químicos, como la temperatura, el oxígeno disuelto, el pH, la turbidez, así como los niveles de nitratos, fosfatos y metales pesados, entre otros. Esto facilitará la comparación de esos resultados con los obtenidos en este estudio, que se enfocó exclusivamente en la calidad del agua a través del análisis de macroinvertebrados acuáticos, utilizando los índices BMWP/COL y ABI.
- Se recomienda a los estudiantes, egresados y profesores de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, así como a aquellos de otras instituciones con programas similares, que sigan investigando sobre la calidad del agua en nuestras cuencas a través del análisis de macroinvertebrados acuáticos. Este tipo de investigación debería basarse en índices ya establecidos que ofrezcan información sobre la macrofauna acuática del norte de Perú, lo que facilitaría la clasificación de la calidad del agua. Estos índices son metodologías reconocidas y empleadas por la comunidad científica en varios países, y su importancia está en aumento, ya que permiten evaluar la interacción del ecosistema y el impacto de las actividades humanas.
- Es necesario llevar a cabo un estudio más completo en la parte baja de la microcuenca del río Namoyoc – Chalamarca para evaluar la calidad del agua en esa área. En la investigación actual, únicamente se examinaron la fuente y los afluentes de la microcuenca, sin prestar atención a la zona inferior que se une a la cuenca del río Llaucano.
- Se sugiere llevar a cabo la implementación de varias metodologías para evaluar la calidad del agua en la microcuenca del río Namoyoc – Chalamarca. Para ello, se utilizarán diferentes índices de calidad, como el índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), que evalúa la cantidad de organismos presentes en las muestras de agua. Además, se tomará en

cuenta el índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), el cual ha sido modificado y adaptado como un indicador biótico de la calidad del agua en los ríos del norte de Perú, basándose en una adaptación del BMWP/Colombia, entre otros, con el objetivo de comparar los datos obtenidos en esta investigación.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, *28*(1), 35–64. https://ddd.uab.cat/record/40128

Arias, J. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf

Azabache, L. (2018). *Determinacion de la calidad ecologica del agua de los rios Porcon, Grande y Mashcon-Cajamarca, en funcion de la macrofauna bentonica como bioindicador* [Grado de Doctor, Universidad Nacional de Cajamarca]. http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/2987/Tesis completa Ronald Romero.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bustamante, Y. (2020). *Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos en el río Yanayacu, Chota- Cajamarca 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autonoma de Chota]. http://185.209.223.160/bitstream/handle/20.500.14142/146/Informe Final de Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Calla, J. (2019). *Actividades antrópicas y calidad del agua en la cuenca del río Mashcón* [Tesis de pregrado, Universidad Nacionsl de Cajamarca]. http://hdl.handle.net/20.500.14074/3319

Casilla, S. (2014). *Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del rio Suchez* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4546

Congreso Nacional de Chile. (2016). *Calidad de agua: Biblioteca Nacional del Congreso Nacional de Chile*. Bibioteca del Congreso Nacional de Chile. https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Calidad del Agua Final.pdf

Cornejo, A., & Flowers, W. (2016). Orden Ephemeroptera (Insecta) en Panamá: Listado de especies, distribución de géneros y comparación con la riqueza taxonómica regional. *Puente Biologico*, *7*, 37–67. https://www.researchgate.net/profile/Aydee-Cornejo/publication/303099080_Orden_Ephemeroptera_Insecta_en_Panama_Listado_de_especies_distribucion_de_generos_y_comparacion_con_la_riqueza_taxonomica_regional/links/5737311b08ae298602e1a023/Orden-Ephemeroptera-

De Walt, E., & Ower, G. (2019). Servicios ecosistémicos, diversidad global y tasa de descripciones de especies de Stonefly (Insecta: Plecoptera). *Insects*, *10*(4), 86–99. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/insects10040099

Fernández, L., & Springer, M. (2008). El efecto del beneficiado del café sobre los insectos acuáticos en tres ríos del Valle Central (Alajuela) de Costa Rica. *Revista Biología Tropical*, *56*(4), 237–256. https://doi.org/10.15517/rbt.v56i4.27230

Fernández, Y., Muñoz, A., & Garate, J. (2022). *Evaluación de la calidad del agua de la quebrada Chonta mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos, Tambopata, Amazonía peruana*. *1*(2), 1–8. https://doi.org/https://doi.org/10.55873/rba.v1i2.197

Flowers, R., & De la Rosa, C. (2010). Ephemeroptera. *Rev. Biol. Trop*, *58*(63–93). https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a04v58s4.pdf

Fonseca, G. (2015). Orden Plecoptera (Insecta) en Panamá : listado , distribución de especies , comparación con la riqueza taxonómica regional. *Puente Biologico*, *7*(1), 109–129. https://www.researchgate.net/profile/Pablo-Gutierrez-Fonseca/publication/303137423_Orden_Plecoptera_Insecta_en_Panama_listado_distribucion_de_especies_comparacion_con_la_riqueza_taxonomica_regional/links/5737ef5608ae298602e1aab7/Orden-Plecoptera-Insecta-e

Forero, A., Gutiérrez, C., & Reinoso, G. (2016). Composition and structure of the Baetidae family (Insecta: Ephemeroptera) in a Colombian Andean basin. *Hidrobiologica*, *26*(3), 459–474. https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2016v26n3/forero

González, M., Zúñiga, M., & Manzo, V. (2020). La familia Elmidae (Insecta: Coleoptera: Byrrhoidea) en Colombia: riqueza taxonómica y distribución. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, *44*(171), 522–553. https://doi.org/10.18257/raccefyn.1062

Gutierrez, Y., & Dias, L. G. (2015). Ephemeroptera (Insecta) de caldas - Colombia, claves taxonomicas para los generos y notas sobre su distribucion. *Papeis Avulsos de Zoologia*, *55*(2), 13–46. https://doi.org/10.1590/0031-1049.2015.55.02

Herrera, H. (2019). *Derecho hídrico : problemática jurídica del suministro, saneamiento y contaminación del agua dulce en el mundo y en México : una propuesta de solución*. Tirant lo Blanch. http://digital.casalini.it/9788491907817

Larios, F., González, C., & Morales, Y. (2015). Aguas residuales y sus Consecuencias en el Desarrollo y la produccion. *Revista de La Facultad de Ingeniería de La USIL*, *2*, 9–25. https://revistas.usil.edu.pe/plugins/themes/oldGregg/images/iconos/pdf.png

Lee, D., Lee, D., Hwang, S., Lee, K., & Seuk, P. (2022). Patrones de distribución y vulnerabilidad de las moscas de la piedra (Plecoptera: Insecta) en arroyos de Corea del Sur con perspectivas de conservación. *Ecología Global y Conservación*, *34*(1), 1–25. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02030

Lema, L. (2019). *Evaluación de amenazas y vulnerabilidades para el Astroblepus spp. en la microcuenca del río Santa Clara y sus contribuyentes principales, cantón Rumiñahui, Ecuador* [Tesis de pregrado, ITI Tecnológico Internacional Universitario]. https://www.researchgate.net/profile/Luis-Lema-Quinga/publication/350852606_Evaluacion_de_amenazas_y_vulnerabilidades_para_el_Astroblepus_spp_en_la_microcuenca_del_rio_Santa_Clara_y_sus_contribuyentes_principales_canton_Ruminahui_Ecuador/links/60765ae7299

Linares, J. (2018). *Caracterización fisicoquímica y de macro invertebrados bentónicos de los ríos Perlamayo y Tacamache, Distrito de Chugur Cajamarca.* [Grado de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/2485/Caracterización fisicoquímica y de macro invertebrados bentónicos de los ríos Perlamayo y Tacamac.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lisboa, J. (2016). *Macroinvertebrados acuáticos indicadores de calidad de agua en el río Chira. Piura - Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura]. http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1493

López, S., Huertas, D., Jaramillo, Á., Calderon, D., & Díaz, J. (2019). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia). *Ingeniería y Desarrollo*, *37*(2), 277–288. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14482/inde.37.2.6281

Luzardo, O., Henríquez Hernández, L., Zumbado, M., & Boada, L. (2014). Impacto de las instalaciones ganaderas sobre la calidad y seguridad del agua subterráneanea. *Revista de Toxicologia*, *31*(1), 39–46. https://www.redalyc.org/pdf/919/91932798005.pdf

Marín, R. (2008). *Características físicas, químicas y biológicas de las aguas*. EMASCA. https://www.academia.edu/download/57251439/componente48099.pdf

Marin, V. (2018). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua del río Amanalco* [Grado de maestria, Universidad Autónoma del Estado de México]. http://hdl.handle.net/20.500.11799/98784

Ministerio del Medio Ambiente España. (2000). *Libro blanco del agua España*. Secretaría general Técnica Ministero de Medio Ambiente. https://hispagua.cedex.es/node/66958

Mora, G., Medina, C., Polo, J. L., & Hora, M. (2020). Calidad del agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en la cuenca del río Huacamarcanga (La Libertad, Perú). *Revista de Investigación Científica REBIOL*, *40*(1), 85–98. https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/2999

Mora, M. (2011). Insectos acuáticos y calidad del agua en la cuenca y embalse del río peñas blancas, Costa Rica. *Revista de Biologia Tropical*, *59*(2), 635–654. https://doi.org/10.15517/rbt.v0i0.3129

Muñoz, C. (2016). *Caracterización fisicoquímica y biológica de las aguas del río grande Celendín - Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. http://hdl.handle.net/20.500.14074/1755

Ochoa, L., Melo, B., García, J., Maldonado, J., Souza, C., Albornoz, J., Conde, C., Villa, F., Ortega, A., & Oliveira, C. (2020). pecies delimitation reveals an underestimated diversity of Andean catfishes of the family Astroblepidae (Teleostei: Siluriformes). *Neotropical Ichthyology*, *18*(4), 1–19. https://doi.org/https://doi.org/10.1590/1982-0224-2020-0048

Orta, L. (2012). Contaminación de las aguas por plaguicidas químicos. *Iberoromania*, *6*(3), 55–62. https://doi.org/10.1515/iber.1982.1982.16.129

Ortiz, L. (2005). La bioindicación de la calidad del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del río Juan Amarillo, cerros orientales de Bogota. *Umbral Científico*, *7*, 5–11. https://www.redalyc.org/pdf/304/30400702.pdf

Oviedo, N., & Reinoso, G. (2018). Ecological aspects of Chironomidae larvae (Diptera) of the Opia river (Tolima, Colombia). *Revista Colombiana de Entomologia*, *44*(1), 101–109. https://doi.org/https://doi.org/10.25100/socolen.v44i1.6546

Polo, J., Mora, G., Castillo, H., Alfaro, S., Ríos, D., León, R., & Tello, B. (2022). Calidad de agua usando macroinvertebrados en el río Temporal Llantén, Simbal, La Libertad-Perú. *REBIOL*, *42*(1), 50–59. http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2022.42.01.06

Redrován, S. (2021). *Análisis de calidad de agua del río Tabacay a través de macroinvertebrados acuáticos* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Cuenca]. https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/11857

Reinoso, L. (2016). *Evaluación de la calidad de agua de la microcuenca del Río Blanco de la Provincia de Chimborazo mediante macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores*. Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Reyes, C., & Peralbo, K. (2018). *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. EcoCiencia.

Roberts, T., & Grubbs, S. (2020). Efectos de la permanencia de la corriente en la estructura comunitaria de la mosca de la piedra (Insecta , Plecoptera) en el Parque Nacional Mammoth Cave, Kentucky, EE. UU. *Biodiversity Data Journal*, *9*(1), 1–34. https://doi.org/https://doi.org/10.3897%2FBDJ.9.e62242

Rodríguez, C. (2011). Astroblepus Cacharas (Teleostei : Siluriformes : Astroblepidae), nueva especie Ddel Río Cáchira , Colombia. *Dahlia*, *11*, 23–33. https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Ardila-Rodriguez/publication/323150782_ASTROBLEPUS_CACHARAS_TELEOSTEI_SILURIFORMES_ASTROBLEPIDAE_NUEVA_ESPECIE_DEL_RIO_CACHIRA_CUENCA_DEL_RIO_MAGDALENA_COLOMBIA/links/5a8302e7aca272d6501c2fb2/ASTROBLEPUS-CACHARA

Roldán, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamerica. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, *40*(155), 254–274. https://doi.org/doi: http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.335

Saavedra, L. (2019). *Caracterización Fisicoquímica y biológica de la calidad del agua en el río Llaucano de la ciudad de Bambamarca* [Tesis de pregrado, Universidad nacional de Cajamarca]. http://hdl.handle.net/20.500.14074/2951

Salazar, B., & Pastor, Y. (2019). *Evaluación de la calidad ecológica y ambiental del agua del río Jequetepeque en el tramo de San Juan - Chilete del departamento de Cajamarca en el año 2017- 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo]. http://hdl.handle.net/20.500.14074/2951

Salcedo, S., Artica, L., & Florencia, A. (2013). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú. *Apunt. Cienc. Soc*, *03*(02), 124–139. https://doi.org/10.18259/acs.2013016

Salvioli, L., Guerrero, V., Cipponeri, M., Gabriela, C., Lucente, F., & Diana, P. (2017). *Evaluación de la calidad del agua superficial de una cuenca urbana de la provincia de Buenos Aires*. IV Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión de la Facultad de Ingeniería. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/60278/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Samanez, I., Rimarachín, V., Gonzales, C., Arana, J., Ortega, H., Correa, V., & Hidalgo, M. (2014). *Métodos de colecta , identificación y análisis de comunidades biológicas : Métodos de colecta , identificación y análisis de comunidades biológicas*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. http://repositoriodigital.minam.gob.pe/xmlui/handle/123456789/887

Servivio Nacional de Metereologia e Hidrologia del Perú. (2023, July 23). *Mapa climático del Perú: Clasificacion Climática de warren Thornthwaite*. https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru

Sierpe, C., & Sunico, A. (2019). Familia Chironomidae (Orden Díptera) utilizada como bioindicador para la determinación de calidad ambiental de la cuenca del Río Gallegos (Santa Cruz, Argentina). *Informes Científicos Técnicos - UNPA*, *11*(2), 92–105. https://doi.org/https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v11i2.789

Springer, M. (2010). Trichoptera. *Rev. Biol. Trop.*, *58*(4), 151–198. https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/download/20086/20288

Suárez, R. (2021). *Distribución en relación con el hábitat del orden Amphipoda en el Caribe colombiano* [Tesis de pregrado, Universidad de Córdoba]. https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/4198

Tomanova, S., & Tedesco, P. (2007). Tamaño corporal, tolerancia ecológica y potencial de bioindicación de la calidad del agua de Anacroneuria spp. (Plecoptera: Perlidae) en América del Sur. *Revista de Biologia Tropical*, *55*(1), 67–81. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442007000100008&script=sci_arttext&tlng=en

Torres, C. (2018). *Insectos acuáticos como indicadores de la calidad de agua del Río Huayobamba, San Marcos - Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3375

Vega, M., De los Ríos, P., & Mansilla, A. (2010). Distribución Del Género Hyalella Smith, 1874 (Crustacea: Amphipoda) En El Sur De La Patagonia Y Tierra Del Fuego. *Anales Del Instituto de La Patagonia*, *38*(1), 141–143. https://doi.org/10.4067/s0718-686x2010000100010

Villena, J. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, *35*(2), 304–308. https://doi.org/https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719

Viteri, M., Chalen, J., & Cevallosl, Z. (2017). Determinación de bioindicadores y protocolos de la calidad de agua en el embalse de la Central Hidroeléctrica Baba. *Dominio de Las Ciencias*, *3*(3), 628–646. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.3.3.jun.628-646

Weather Spark. (2022, March 18). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Chota*. https://es.weatherspark.com/y/19979/Clima-promedio-en-Chota-Perú-durante-todo-el-año#:~:text=En Chota%2C los veranos son,más de 24 °C

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo 1: panel fotográfico, fase de campo y laboratorio

Figura 12

Georreferenciación de la estación 1

Figura 13

Evaluación del flujo en cada punto de muestreo

Figura 14

Captura de macroinvertebrados en la E1

Figura 15

Captura de macroinvertebrados en la E2

Figura 16

Captura de macroinvertebrados en la E3

Figura 17

Recolección de macroinvertebrados en la E4

Figura 18

Captura manual de macroinvertebrados

Figura 19

Preservación de la muestra utilizando alcohol al 70%.

Figura 20

Reconocimiento de los macroinvertebrados mediante el uso de un microscopio digital.

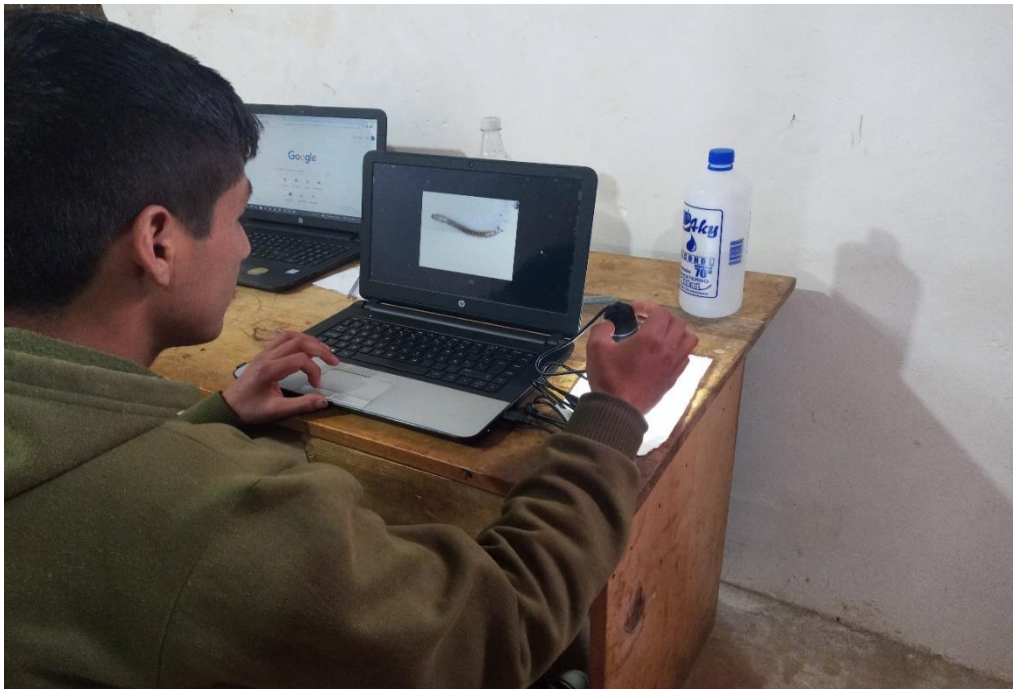


Figura 21

Captura de imágenes con el microscopio digital

Anexo: 2. Reconocimiento de los macroinvertebrados presentes en la microcuenca del río Namoyoc.

Figura 22

Determinación de la familia Astroblepidae.

Figura 23

Identificación de la familia Chironomidae

Figura 24

Identificación de la familia Quironómidos

Figura 25

Identificación de la familia Simullidae

Figura 26

Identificación de la familia Elmidae

Figura 27

Identificación de la familia Psephenidae

Figura 28

Identificación de la familia Ptilodactyladae

Figura 29

Identificación de la familia Perlidae

Figura 30

Identificación de la familia Hidropsíquidos

Figura 31.

Identificación de la familia Baetidae

Figura 32

Identificación de la familia Hialélidos

Figura 33

Identificación de la familia Hyalellidae