

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

COMPARACIÓN DE CINCO ÍNDICES BIÓTICOS CON MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS PARA CONOCER LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CABECERA DEL RÍO NAMORA, CAJAMARCA

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

Presentado por:

ROXANA POITIERS MANTILLA HUARIPATA

Asesor:

Dr. NILTON EDUARDO DEZA ARROYO

Cajamarca, Perú

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador: Roxana Poitiers Mantilla Huaripata
DNI: 43076477
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias. Programa de Maestría, Mención: Gestión Ambiental
2. Asesor: Dr. Nilton Deza Arroyo
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
3. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
4. Título de Trabajo de Investigación:
COMPARACIÓN DE CINCO ÍNDICES BIÓTICOS EN MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS PARA CONOCER LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CABECERA DEL RÍO NAMORA, CAJAMARCA
5. Fecha de evaluación: **14/10/2024**
6. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
7. Porcentaje de Informe de Similitud: **7%**
8. Código Documento: **3117:392715762**
9. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **15/10/2024**

*Firma y/o Sello
Emisar Constancia*



.....
Dr. Nilton Deza Arroyo
DNI: 23816486

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2024 by
ROXANA POITIERS MANTILLA HUARIPATA
Todos los derechos reservados



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 090-2018-SUNEDU/CD

Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERU



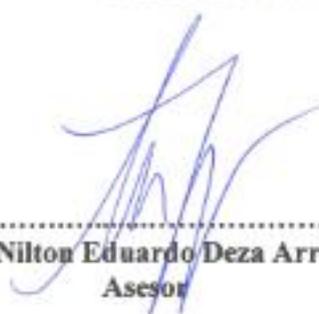
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las ^{17:00}..... horas, del día 11 de julio del dos mil veinticuatro, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por la **Dra. CONSUELO BELANIA PLASENCIA ALVARADO** **Dr. LUIS ALBERTO AZABACHE CORONADO**, **Dr. DAVID MILTON LARA ASCORBE** y en calidad de Asesor el **Dr. NILTON EDUARDO DEZA ARROYO**, actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada **COMPARACIÓN DE CINCO ÍNDICES BIÓTICOS CON MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS PARA CONOCER LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CABECERA DEL RIO NAMORA, CAJAMARCA**, presentada por la **Bachiller en Educación, ROXANA POITIERS MANTILLA HUARIPATA**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó ^{APROBADO}..... con la calificación de ^{21.00 (18)}..... la mencionada Tesis; en tal virtud, la **Bachiller en Educación ROXANA POITIERS MANTILLA HUARIPATA**, está apta para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias con Mención en **GESTIÓN AMBIENTAL**.

Siendo las ^{18:40}..... horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
Dr. Nilton Eduardo Deza Arroyo
Asesor


.....
Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado
Jurado Evaluador


.....
Dr. Luis Alberto Azabache Coronado
Jurado Evaluador


.....
Dr. David Milton Lara Ascorbe
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

A:

Mi familia, pero en especial a mis padres, por su comprensión y ayuda incondicional que ha sido fundamental para el logro de esta tesis. Ellos han fomentado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida, sin perder la humildad. Espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida, por la salud y la fuerza que me brinda en cada despertar y me permite comprender con sabiduría que lo importante, no es saber lo que uno tiene, es saber lo que uno vale. Por poner en mi camino a las personas indicadas y con un propósito en mi vida.

A mi padre, Jesús Mantilla por motivándome y ayudándome hasta donde tus alcances lo permitían y mi madre Blanca Huaripata que ha sido mi ejemplo de constancia y dedicación por estar conmigo incluso en los momentos turbulentos. Han sido mi fortaleza de inspiración diaria, me dieron educación, un hogar donde crecer y donde adquirí los valores que hoy me definen.

Al Dr. Nilton Deza Arroyo, por su ayuda y colaboración en los muestreos y análisis de laboratorio, los cuales hicieron posible el desarrollo de la tesis y al M.Cs. Marco Sánchez Peña por brindarme su apoyo y orientación en la realización de la tesis.

CONTENIDO

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
CONTENIDO	vii
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE ABREVIACIONES Y UNIDADES	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Pregunta General	4
1.3. Preguntas secundarias	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. Hipótesis	5
1.6. Delimitación de la investigación	6
1.6.1. Delimitación espacial	7
1.6.2. Delimitación temporal	7
1.6.3. Delimitación social	7

1.6.4. Delimitación del tipo de investigación.....	8
CAPÍTULO II.....	9
MARCO TEÓRICO	9
2.1. Antecedentes de la investigación	9
2.2. Bases teóricas	15
2.2.1. Monitoreo Ambiental.....	15
2.2.2. Estándares de calidad ambiental y límites máximos permisibles (LMP)	15
2.2.3. Bioindicadores de la calidad del ecosistema acuático.....	16
2.2.4. Indicador biológico.....	16
2.2.5. Principios de la bioindicación.....	17
2.2.6. Calidad ecológica.....	17
2.2.7. Protocolo CERA para el muestreo de macroinvertebrados bentónicos.	18
2.3. Definición de términos	21
CAPÍTULO III.....	30
MÉTODOS Y MATERIALES	30
3.1. Ubicación de la investigación.....	30
3.2. Material y equipamiento de campo.....	32
3.3. Métodos de investigación	33
3.4. Unidad de análisis, Población y muestra.....	35
3.5. Técnicas de investigación.....	35

3.6. Matriz de Operacionalización	37
CAPÍTULO IV	38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1. Familias de macroinvertebrados bentónicos	38
4.2. Índices bióticos de Calidad del Agua	39
4.3. Comparación de los cinco índices	45
4.4. Análisis de los Parámetros de Campo:	46
4.5. Método estadístico análisis correlacionar de Pearson	58
CAPÍTULO V	61
CONCLUSIONES	61
CAPÍTULO VI	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
CAPÍTULO VII	69
ANEXOS	69

LISTA DE TABLAS

Tablas	pág.
Tabla 1. Valoración del índice CERA.....	18
Tabla 2. Valoración del índice IHF.....	19
Tabla 3. Valoración de la calidad de ribera con el índice QBR-And.....	20
Tabla 4. Valoración del Índice ABI.....	21
Tabla 5. Lista de la fauna de macroinvertebrados y los valores asignados.....	25
Tabla 6. Clases de calidad y los valores asignados al BMWP´Bol	39
Tabla 7. Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos BMWP´Col	27
Tabla 8. Clases de calidad de agua	28
Tabla 9. Escala de Valores del Índice EPT: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera. .	29
Tabla 10. Descripción de puntos de muestreo.....	31
Tabla 11. Matriz de operacionalización de variables.....	37
Tabla 12. Clasificación taxonómica de macroinvertebrados bentónicos colectados.....	38
Tabla 13. Índice ABI obtenidos.....	39
Tabla 14. Índice EPT obtenidos.....	40
Tabla 15. Índice BMWP/col obtenidos.....	41
Tabla 16. Índice BMWP/bol obtenidos.....	42
Tabla 17. Índice IHF obtenidos	43
Tabla 18. Índice QBR obtenidos.....	43
Tabla 19. Índice CERA obtenidos	57
Tabla 20. Comparación de los cinco índices	58
Tabla 21. pH obtenido.....	59
Tabla 22. Temperatura obtenida	59
Tabla 23. Oxígeno disuelto en mg/L.....	60

Tabla 24. Conductividad eléctrica en $\mu\text{S}/\text{cm}$	61
Tabla 25. Concentración de Aluminio en mg/L	62
Tabla 26. Concentración de Arsénico en mg/L	62
Tabla 27. Concentración de Bario en mg/L	63
Tabla 28. Concentración de Berilio en mg/L	64
Tabla 29. Concentración de Boro en mg/L	64
Tabla 30. Concentración de Cadmio en mg/L	65
Tabla 31. Concentración de Cobre en mg/L	65
Tabla 32. Concentración de Cobalto en mg/L	66
Tabla 33. Concentración de Cromo en mg/L	66
Tabla 34. Concentración de Hierro en mg/L	67
Tabla 35. Concentración de Litio en mg/L	67
Tabla 36. Concentración de Manganeso en mg/L	68
Tabla 37. Concentración de Níquel en mg/L	68
Tabla 38. Concentración de Plomo en mg/L	69
Tabla 39. Concentración de Selenio en mg/L	69
Tabla 40. Concentración de Zinc en mg/L	70
Tabla 41. Correlaciones entre los índices aplicados y los parámetros físico-químicos .	71
Tabla 42. Análisis correlacional entre los Índices Bióticos Aplicados	72

LISTA DE FIGURAS

Figuras	pág.
Figura 1. Mapa de bicación del río Namora.....	7
Figura 2. Ubicación de estaciones de muestreo.....	30
Figura 3. Material de campo	82
Figura 4. Primer punto de muestro	82
Figura 5. Segundo punto de muestro	82
Figura 6. Tercer punto de muestro	82
Figura 7. Cuarto punto de muestro	83
Figura 8. Familia <i>Hydropsychidae</i>	83
Figura 9. Familia <i>Physidae</i>	83
Figura 10. Familia <i>Hydracarina</i>	83

LISTA DE ABREVIACIONES Y UNIDADES

ECA	:	Estándares de calidad ambiental
LMP	:	Límites máximos permisibles
CERA-S	:	Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos
IHF	:	Índice de hábitat fluvial
QBR	:	Índice de calidad de la vegetación de ribera
ABI	:	Índice biótico andino
pH	:	Acidez o alcalinidad del agua
BMWP	:	Índice Biological Nonitoring Working Party
EPT	:	Índice de presencia o ausencia de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera en una comunidad biológica
QBR-And	:	Índice de la Calidad de la Vegetación de Ribera Andina

RESUMEN

El objetivo del estudio fue comparar cinco índices bióticos con macroinvertebrados bentónicos para determinar la calidad del agua del río Namora. Se analizó parámetros fisicoquímicos (pH, Temperatura, Oxígeno disuelto y Conductividad), metales pesados (Aluminio, Arsénico, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Cobre, Cobalto, Cromo, Hierro, Litio, Manganeseo, Níquel, Plomo, Selenio y Zinc) y macroinvertebrados bentónicos. Se hizo la recolección en 4 campañas de muestreo, 2 en época de estiaje y 2 en época de lluvia en 4 estaciones de muestreo, las cuales también fueron georreferenciadas. El análisis de sedimentos fue comparado con el Estándar de Calidad Ambiental (D. S. N° 004-2017-MINAM). Para el estudio de macroinvertebrados bentónicos se utilizó los índices bióticos EPT, BMWP/Col, BMWP/Bol, CERA y ABI. Los resultados mostraron que los parámetros fisicoquímicos en su mayoría cumplen con el Estándar de Calidad Ambiental a excepción del pH que no cumplió con la normativa ya que se encuentran en su mayoría en un rango de 8 a 9 y para los metales pesados, los que no cumplieron con normativa ambiental fueron, aluminio, hierro, manganeso, en las estaciones E-3 y E- 4 de la tercera campaña de época de lluvia. En relación a los macroinvertebrados se identificaron 11 órdenes y 21 familias. Según el índice ETP dio una calidad pobre del agua. Los índices BMWP/Bol y BMWP/Col dieron una calidad crítica, los índices ABI y CERA mostraron una calidad moderada; la mayoría en las estaciones E-3 y E- 4. En conclusión, la calidad del agua en la cabecera del río Namora es pobre y está moderadamente contaminada, según lo indican los cinco índices bióticos utilizados.

PALABRAS CLAVE: Calidad del agua, macroinvertebrados bentónicos, índices bióticos.

ABSTRACT

The objective of the study was to compare five biotic indices of benthic macroinvertebrates to determine the water quality of the Namora River. Physicochemical parameters (pH, Temperature, Dissolved Oxygen and Conductivity), heavy metals (Aluminum, Arsenic, Barium, Beryllium, Boron, Cadmium, Copper, Cobalt, Chromium, Iron, Lithium, Manganese, Nickel, Lead, Selenium and Zinc), and benthic macroinvertebrates were analyzed. Collection methods carried out in 4 sampling campaigns were used, 2 in the dry season and 2 in the rainy season from 4 sampling stations, which were georeferenced. The sediment analysis was compared with the Environmental Quality Standard (D.S. N° 004-2017-MINAM); For the study of benthic macroinvertebrates, the biotic indices EPT, BMWP/Col, BMWP/Bol, CERA and ABI were used. The results showed that the physicochemical parameters mostly comply with the Environmental Quality Standard except for the pH that did not comply with the regulations since they are mostly in a range of 8 to 9 and for heavy metals those that did not comply with environmental regulations are aluminum, iron, manganese, in stations E-3 and E-4 of the third rainy season campaign. In relation to macroinvertebrates, 11 orders and 21 families were identified. According to the ETP index it resulted in poor water quality. The BMWP/Bol and BMWP/Col indices gave critical quality, the ABI and CERA indices showed moderate quality; the majority in stations E-3 and E-4. In conclusion, the water quality in the headwaters of the Namora River is poor and moderately contaminated, as indicated by the five biotic indices used.

KEY WORDS: Water quality, benthic macroinvertebrates, biotic indices.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El agua en nuestro planeta es un recurso natural valioso renovable, pero vulnerable, que se regenera constantemente de forma natural con el ciclo hidrológico; el exceso de contaminantes puede alterar este ciclo natural, trayendo como consecuencia la escasa disponibilidad del agua, afectando a los pobladores de la zona (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2010). El río Namora es afectado por factores antrópicos como son los contaminantes por las actividades agropecuarias, las provenientes de residuos sólidos y aguas residuales, el cual puede traer como consecuencia pérdida de biodiversidad y otras consecuencias que afecta directa o indirectamente a la población.

El estudio se desarrolló en el río Namora, la microcuenca se ubica desde del Centro Poblado de Polloc, Distrito de la Encañada y el Distrito de Namora, ciudad de Cajamarca, Departamento de Cajamarca. La calidad ecológica del agua del río Namora es determinada por: a) la calidad ambiental dada por los parámetros fisicoquímicos y b) la calidad biológica determinada por los macroinvertebrados bentónicos como indicadores, ya que su aplicación solo requiere de la identificación y cuantificación de los organismos basándose en índices bióticos e índices de diversidad ajustados a intervalos que califican la calidad del agua. Los organismos bioindicadores, son atributos de los sistemas biológicos que presentan requerimientos específicos, por lo que se emplean para descifrar cualquier fenómeno o acontecimiento relacionado con el ambiente. Asimismo, estos bioindicadores tienen requerimientos de los parámetros fisicoquímicos como el pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, tal que la presencia o ausencia, número, morfología, fisiología o comportamiento de una especie, en particular, indican que las variables fisicoquímicas consideradas se encuentran cerca de sus límites de tolerancia

permitiendo identificar taxones de organismos que pueden servir como indicadores de aguas de buena calidad o de aguas de mala calidad.

El presente estudio tuvo como objetivo general: Comparar cinco índices bióticos (EPT, BMWP/Bol, BMWP/ Col, ABI y CERA) con macroinvertebrados bentónicos para conocer la calidad del agua en la cabecera del río Namora, y como primer objetivo específico fue determinar la composición fisicoquímica mediante el muestreo y análisis de la concentración de Aluminio, Arsénico, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Cobre, Cobalto, Cromo, Hierro, Litio, Manganeseo, Níquel, Plomo, Selenio, Zinc, pH, Temperatura, Oxígeno disuelto y Conductividad, segundo Comparar su valoración con los Estándares de Calidad Ambiental (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM) en aguas superficiales, tercero Determinar la calidad del agua del río Namora y por último Establecer una línea de base de la calidad del agua en la zona que permitirá a la comunidad conocer la situación actual y futura del río para vigilar a través de comités de monitoreo participativos frente a las principales fuentes de contaminación generada por descargas de efluentes procedentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como los flujos de retorno generados por las actividades agropecuarias y mineras.

1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad el tema relacionado con la calidad, cantidad del agua y sus usos en la región Cajamarca se ha vuelto uno de los principales problemas de conflictos ambientales por las actividades en las que se emplea este líquido de vital importancia y en las cuales se ven afectadas las aguas de los ríos por las actividades humanas, en algunos casos de forma irreversible. Las principales fuentes de contaminación de los ríos son las descargas de efluentes procedentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como los flujos de retorno generados por las actividades agropecuarias y mineras (Malagón, 2011).

Como una idea general “La calidad del agua se refiere a las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano” (Monroy, 2011). Lo mencionado se enlaza con la presencia de procesos de evaluación relacionados con las fuentes de agua lo determinan los parámetros físicoquímicos de esta; más no se tienen en cuenta la cuantificación biótica que establecerá el estado ecológico del agua como componente del ecosistema; además, estos permiten tener un criterio más amplio del comportamiento del ecosistema como un todo y no solo del agua que es un componente principal del ecosistema y es por este motivo que es necesaria la determinación de los componentes biológicos como parte de ecosistema acuático en los ríos de la región Cajamarca para evaluar a largo plazo las alteraciones en sus poblaciones y así identificar las causas de la inestabilidad del ecosistema acuático (Organización de Estados Americanos, 2014).

No obstante, en Latinoamérica la degradación de estos ecosistemas aún es constante y no ha recibido la atención que requiere: predomina su importancia desde el punto de vista de la demanda del agua para consumo y no su importancia desde el punto de vista de su función ecológica (Encalada, 2021).

El ecosistema del río Namora refleja los impactos de todas las influencias antropogénicas ejercidas por la población, que año con año incrementa en número más no en conciencia ambiental, el cual genera el deterioro ecológico de un sistema fluvial, entender las amenazas a los que están expuestos estos ecosistemas y tener herramientas para evaluar estos impactos es esencial para la conservación y el manejo de los ecosistemas acuáticos los cuales están siendo ocupados por las riberas, el inadecuado manejo de desechos domiciliarios, industriales y agropecuarias.

Para evaluar las condiciones ambientales del río Namora, se ha utilizado principalmente índices de calidad ecológica. En este contexto, los macroinvertebrados al poseer características, adaptaciones evolutivas y requerimientos especiales a determinadas condiciones ambientales, son uno de los indicadores biológicos más utilizados en la evaluación de la calidad de ecosistemas fluviales (Roldán, 1999).

Por ello, se propuso en este estudio determinar la calidad del agua del río Namora aplicando bioindicadores como los macroinvertebrados bentónicos los cuales permitan establecer la calidad y el estado ecológico de cuerpos de aguas; de manera que, a través de monitoreo de la biota se permita su evaluación en relación con las condiciones de salubridad hídrica con fines de preservación del río.

1.2. Pregunta General

¿En qué medida la valoración de la calidad del agua de la cabecera del río Namora con cinco índices bióticos de macroinvertebrados bentónicos, servirá para conocer la calidad del agua en la cabecera del río Namora?

1.3. Preguntas secundarias

- ¿Qué valores se obtendrán al usar los Índice Biótico Andino (ABI), Índice Efemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT), Biological Monitoring Working Party colombiano (BMWP-col), Biological Monitoring Working Party boliviano (BMWP - bol), Protocolo de evaluación de Calidad Ecológica de ríos Andinos (CERA) al aplicar los macroinvertebrados bentónicos de la cabecera del río Namora?
- ¿Cuáles son las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en el río Namora?
- ¿Cuál de los índices bióticos que utiliza macroinvertebrados bentónicos será el más adecuado para determinar la calidad del agua del río Namora?

- ¿La calidad del agua del río Namora cumplirá con los estándares de calidad ambiental para agua DS 004-2017 MINAM?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Comparar cinco índices bióticos con macroinvertebrados bentónicos para conocer la calidad del agua en la cabecera del río Namora, Cajamarca.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar una comparación entre los índices bióticos ABI, EPT, BMWP-Col, BMWP-Bol y el protocolo CERA para conocer la calidad del agua en la cabecera del río Namora.
- Determinar cuáles son las comunidades de macroinvertebrados presentes en el río Namora.
- Determinar cuál de los cinco índices brindará una mejor valoración de la calidad ecológica del agua.
- Evaluar la calidad del agua del río Namora para determinar su cumplimiento con los estándares de calidad ambiental para agua establecidos en el DS. 004-2017 MINAM, en cuanto a las concentraciones de Aluminio, Arsénico, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Cobre, Cobalto, Cromo, Hierro, Litio, Manganeseo, Níquel, Plomo, Selenio, Zinc, pH, Temperatura, Oxígeno disuelto y Conductividad.

1.5. Hipótesis

La valoración de la calidad del agua de la cabecera del río Namora con cinco índices bióticos de macroinvertebrados bentónicos tienen resultados similares entre sí, indicando que cualquiera de los índices aplicados para evaluar la calidad del agua en la cabecera del río Namora; son recomendables.

1.6. Delimitación de la investigación

El estudio se desarrolló en el río Namora que nace en el Centro Poblado de Polloc del distrito de La Encañada, tiene como afluentes a los ríos La Encañada y La Quispa, luego se une al río Cajamarquino, este último pasa a formar el río Crisnejas y de ahí va al río Marañón. Su cauce principal es de 18 kilómetros. Sus coordenadas del río Namora son las siguientes:

Río: Namora

Altitud: 2960 msnm

Coordenadas: de Inicio

Este: 795970.00 m

Norte: 9212069.00 m

Coordenadas: de Fin

Este: 798151.00 m

Norte: 9193910.00 m

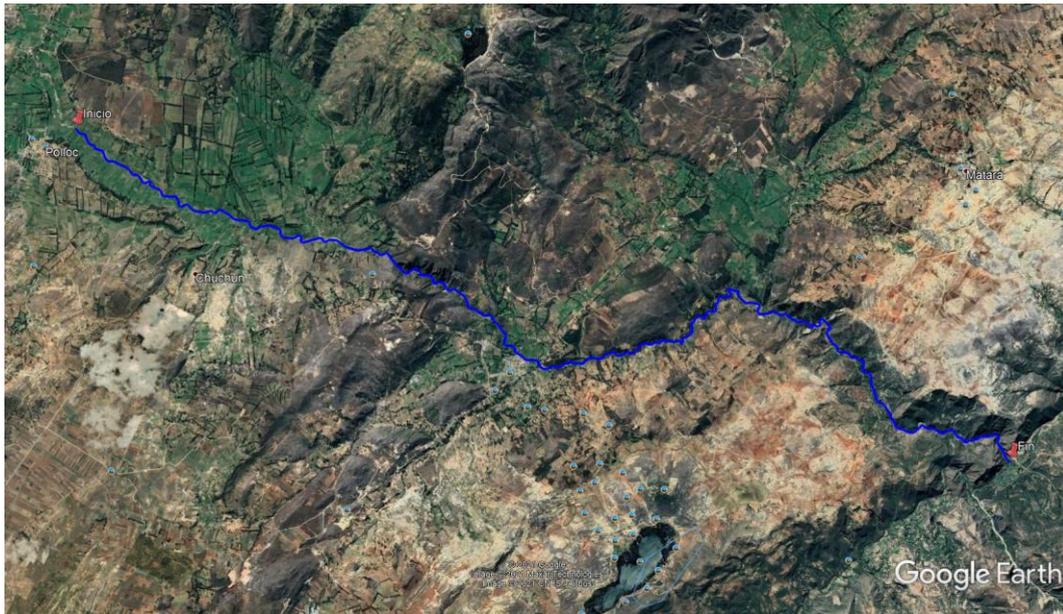


Figura 1. *Ubicación geográfica del lugar de investigación*

Fuente: Google Earth, 2024.

Además, la delimitación de la investigación se divide en cuatro tipos:

1.6.1. Delimitación espacial.

El estudio se desarrolló en el Centro Poblado de Polloc del Distrito de la Encañada y el Distrito de Namora, ciudad de Cajamarca, Departamento de Cajamarca, en el río Namora.

1.6.2. Delimitación temporal.

El estudio se inició en el mes de noviembre de 2018 y culminó en el mes de febrero de 2019.

1.6.3. Delimitación social.

El estudio se estableció entorno al Centro Poblado de Polloc perteneciente al distrito de la Encañada y a los caseríos de Chuchur, Nuevo San José, Juncos, La Perla, Casa Blanca, Chilacat, La Chilca, Samaday y Cose; ubicados en el distrito de Namora. Es preciso mencionar que en la presente investigación no se contó con la colaboración directa de la población local.

1.6.4. Delimitación del tipo de investigación.

Según la finalidad que persigue, es básica, porque va a generar información acerca de la calidad del agua del río Namora y según el nivel de alcance es de tipo descriptivo analítico correlativo, comparativo, puesto que la investigación se basa en la recolección de información y en el estudio de un fenómeno en un momento determinado de su desarrollo, permitiendo obtener resultados rápidos. La investigación también tiene un enfoque cualitativo – cuantitativo de los índices bióticos que fueron procesados y agrupándose de acuerdo a sus características morfológicas al que presentan y en cada punto de muestreo, respectivamente; comparándose con escalas valorativas o parámetros cuantitativos según valores establecidos en el D.S. 04-2017-MINAM específicamente para la Categoría 3 – D1 (riego de vegetales) y para la Categoría 3 – D2 (bebida de animales), para luego determinar niveles de correlación directa o inversas entre variables de estudio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Escandón et al. (2022) en su investigación “Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río San Francisco-Gualaceo”, tuvo como finalidad determinar la calidad del agua mediante parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río San Francisco, dado que es una zona de interés porque en ella se ubica la captación de agua para la planta de potabilización del cantón. En este estudio identificó 6 estaciones a lo largo de la microcuenca y realizó 4 campañas, 2 en la época lluviosa y 2 en la época seca. En relación con los macroinvertebrados bentónicos recolectó 2892 ejemplares, agrupándolos en 25 familias y 11 órdenes, siendo los más predominantes del orden Ephemeroptera (61.9%), Diptera (10.1%), Coleoptera (8.1%) Oligocheta (6.5%) y Trichoptera (5.5%). Adicional a ello empleó el índice de Shannon Weaver (H') y el índice de Simpson (D), que presento una diversidad media y una diversidad-dominancia baja, con respecto a los índices bióticos aplicó el índice ABI, ETP y BMWP/Col, y obtuvo una calidad regular, buena y regular respectivamente. Para contrastar estos resultados realizó el análisis de la temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez, sólidos totales, nitrito, nitrato, hierro, cuyos resultados son inferiores al límite máximo permisible establecido en el TULSMA. mientras que dureza, alcalinidad, fosfato, coliformes totales y coliformes fecales lo encuentran dentro de los rangos establecidos.

Por otro lado, Rosado (2017) en la investigación “Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador” tuvo como objetivos: Caracterizar las condiciones físico- químicas del agua,

identificar la diversidad de macroinvertebrados bentónicos y determinar la calidad hídrica en dos sitios urbanos de monitoreo del río en la ciudad de Quevedo. Los muestreos se realizaron desde septiembre a noviembre del 2015, se efectuaron cuatro muestreos periódicos cada 20 días, en sitios influenciados por descargas de efluentes residenciales (ER) y agrícolas industriales (EAI). La calidad del agua fue estimada con el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP-Col). Los resultados obtenidos concluyeron que, el cuerpo hídrico que atravesó la zona urbana de Quevedo se encontró fuertemente contaminado a causa del urbanismo y las actividades agrícolas e industriales, lo que influyó negativamente en la estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos.

Bueñaño et al. (2018) en el estudio “Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del Pachanlica, provincia de Tungurahua – Ecuador” se tuvo como propósito determinar la abundancia de los macroinvertebrados bentónicos presentes en un río Altoandino (microcuenca del Pachanlica) durante dos períodos de muestreo (abril - diciembre del 2010 y enero-junio del 2011). Durante cada período se realizaron seis muestreos y los especímenes recolectados fueron identificados hasta nivel de orden y familia. Fueron calculados dos índices: el índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) y el índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) para conocer la calidad del agua en la microcuenca del Pachanlica. Los valores del índice BMWP observados (variaron entre 2 y 34 y desde 0 y 36) durante el primer y segundo períodos, respectivamente permitió considerar las aguas en condición muy crítica y crítica. Por otra parte, basados en los valores del índice EPT, los cuales variaron desde 0 a 4,82 (primer período) y desde 0 a 16,81 % (segundo período), el agua de la cuenca Pachanlica pudo ser categorizada como mala; es decir, la relativa poca

abundancia de los macroinvertebrados tuvo relación con los parámetros físico-químicos del agua, principalmente con la concentración de amonio.

Pimentel (2014) en la investigación “Análisis desde la perspectiva de los Índices Bióticos, ECA-Agua y Manejo Adaptativo usando Macroinvertebrados Bentónicos en ríos Altoandinos – Camisea” propuso evaluar la calidad ambiental del agua. Se analizaron datos de parámetros biológicos, físicos y químicos, provenientes del programa de monitoreo biológico del proyecto Camisea obtenidos durante un periodo de cuatro años del sector sierra (ubicadas en los ríos Pampas, Yucay, Torobamba, Alfarpampa y Comunmayo). Según los resultados: la evaluación de la calidad mediante los índices bióticos (ABI, BMWP / Col, ASPT, EPT y la FIB) expresó valores muy bajos de calidad en la estación de Torobamba (estación más impactada), y los valores más altos fueron registrados en la estación Comunmayo (la menos perturbada); asimismo, desde el enfoque de manejo adaptativo, el sistema fluctuó entre dos atractores, estos respondieron a la dinámica estacional: El atractor asociado a la temporada de lluvias se relacionó con el componente uno (en el análisis de componentes principales) cuyas variables claves fueron: los sólidos totales suspendidos (STS), ECA- agua, fósforo (P), y zinc (Zn); por el contrario, el atractor de la temporada seca estaba dominado por la conductividad y los Sólidos totales disueltos.

Jara (2020) en el estudio “Determinación de la calidad del agua de la sub cuenca del río Pariac en la quebrada de Rajucolta - Huaraz, mediante el uso de parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados bentónicos, 2019” tuvo por objetivo principal: Determinar la calidad del agua de la subcuenca, mediante el uso de parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados bentónicos, dicha subcuenca tiene una distancia aproximada de 21 Km² y un área húmeda de 1 298 km². Aquí se registraron 801 individuos pertenecientes a 13 órdenes y 32 familias, el mayor número de familias

encontradas (11) pertenecieron a la clase Insecta orden Díptera. Este estudio concluye que: El Índice BMWP denotó que la calidad del agua fluctuó entre aguas de calidad regular y aguas de calidad aceptable, el índice IBA denotó que las aguas fluctuaron entre bueno y muy bueno, el índice EPT presentó un valor de 51.47% considerado como un estado de calidad bueno, el índice de Shannon y Weiner registraron un valor de 3.2 lo que demostró que el agua se halló ligeramente polucionado; por lo que, se comprobó que los cambios ambientales juegan un rol importante sobre los patrones de riqueza y distribución de la comunidad bentónica en la zona de estudio.

Alomía et al. (2017) en el estudio “Macroinvertebrados Bentónicos para Evaluar la Calidad de las Aguas de la Cuenca Alta del Río Huallaga – Perú” se tuvo como fin el evaluar la calidad de las aguas desde el centro poblado de La Quinoa en Cerro de Pasco ubicada (3655 msnm) hasta la ciudad de Huánuco (1886 msnm). Se establecieron 12 estaciones de muestreo y se evaluaron en temporada seca y lluviosa, parámetros fisicoquímicos del agua, MIB y la calidad de la ribera empleando el índice QBR-And (Índice de calidad de la vegetación de ribera andina). Con relación a los macroinvertebrados bentónicos se registraron 30 taxas, siendo las familias Chironomidae y Baetidae las más abundantes. al aplicar los índices biológicos: ABI (Índice biótico andino), BMWP/COL (“Biological Monitoring Working Party”) y EPT (Ephemeroptera - Plecoptera - Trichoptera), se determinó que las estaciones del cauce principal se encontraron con cierto grado de perturbación; en cambio los tributarios presentaron una buena calidad biológica; además, se aplicó el QBR-And, encontrándose que la mayoría de las estaciones evidenciaron una calidad de ribera intermedia

Romero (2017) en la investigación “Evaluación de la calidad de agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag, Santa Cruz - Cajamarca, durante agosto, diciembre 2016- marzo 2017” tuvo como

propósito evaluar la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag. Se basó en 5 puntos de muestreo, teniendo como resultado la identificación de 8 órdenes y 17 familias de MIB destacando Díptera, Ephemeroptera y Coleóptera. En cuanto a la aplicación del índice ETP se obtuvo que la calidad del agua en los 5 puntos de muestreo fue pobre, con respecto al índice BMWP, en el punto QC-R tuvo una calidad ligeramente contaminada, en los puntos QC-01, QC-02 tuvieron una calidad dudosa y los puntos QC-03, QC-04 proyectaron una calidad crítica. Por otro lado, se realizó una caracterización fisicoquímica con los siguientes parámetros: Caudal, temperatura, pH conductividad eléctrica, DBO y oxígeno disuelto, estando la mayoría de estos dentro de límites de la normatividad peruana a excepción del OD, ya que en los puntos QC- 03 del mes de diciembre del 2016 y QC-04 de diciembre y marzo se encontraron por debajo de las Subcategoría D2 bebida de animales. Se concluyó que; la calidad del agua utilizando los tres índices bióticos fue pobre en los 5 puntos de muestreo y la aplicación de los otros dos índices bióticos mostró una similitud en su categorización.

De Igual manera, Bustamante (2021) en el estudio “Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos en el río Yanayacu, Chota - Cajamarca 2019”; tuvo como objetivo: Analizar el estado ecológico del agua empleando macroinvertebrados bentónicos a modo de indicadores biológicos en el río Yanayacu. Los monitoreos se realizaron desde septiembre a noviembre del 2019 en sitios afectados por actividades antrópicas tomando tres zonas de muestreo. Los resultados mostraron que, los macroinvertebrados bentónicos encontrados en los monitoreos son 866 especímenes concernientes a 10 órdenes y 14 familias siendo Elmidae la más representativa con 301 individuos (34.76%), seguida de Baetidae 128 individuos (14.78%). Este estudio concluyó que, los índices biológicos BMWP e IBA encontrados

fueron de buena calidad, pues al contrastar los resultados con los índices bióticos y los parámetros indicó que la tendencia mostrada por ambos métodos fue similar.

Castañeda (2021) en el estudio “Caracterización Fisicoquímica y Biológica de las Aguas del Río Grande en la localidad de Cortegana, Celendín – Cajamarca” se tuvo como propósito el evaluar la calidad de las aguas mediante la caracterización fisicoquímica y biológica durante los meses de noviembre 2018 a enero 2019; se tomó en consideración el protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales de la Autoridad Nacional del Agua (2016) y los valores de ponderación establecidos por cada índice biótico, lográndose identificar 959 individuos pertenecientes a 11 órdenes y 25 familias de macroinvertebrados bentónicos distribuidos en 5 estaciones de monitoreo (destacan las familias Hyalellidae, Perlidae, Leptohypidae, Helicopsychidae, Hydrobiosidae y Planariidae). Se concluyó que, en cuanto a la aplicación de los índices bióticos, el índice EPT obtuvo un puntaje promedio de 4,2 calificando el agua como calidad pobre, con respecto al índice BMWP/Col obtuvo un puntaje promedio de 59,3 calificándose como calidad dudosa y con el índice ABI se obtuvo un puntaje promedio de 50 calificándose como calidad moderada. En cuanto a los parámetros físico químicos: Conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, temperatura, nitritos/nitratos y dureza, se encontraron dentro del rango estipulado en el D.S.N°004-2017.MINAM, ECA para aguas categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, a excepción del pH que durante el primer monitoreo (noviembre 2018) en los puntos P4 y P5 pues no estuvieron dentro del rango pues una condición alcalina por la geología circundante al área de estudio al predominar suelos de naturaleza calcárea.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Monitoreo Ambiental

Según Hernández (2019) el monitoreo ambiental, es un instrumento empleado para el resguardo del medio ambiente, este debe ser flexible en su adaptación a situaciones imprevistas o temporales, vengan por parte de la naturaleza o la mano humana, cuyas consecuencias puedan estar trayendo problemas que requieran evaluación, asimismo, comprende un conjunto de acciones como la observación, el muestreo, la medición y el análisis de información técnica en materia ambiental, que servirán para caracterizar el medio estudiado y determinar un posible impacto ambiental.

2.2.2. Estándares de calidad ambiental (ECA) y límites máximos permisibles (LMP).

El Ministerio del Ambiente (MINAM, 2015) indica que el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) y el Límite Máximo Permisible (LMP) son instrumentos de gestión ambiental que consisten en parámetros y obligaciones que buscan regular y proteger la salud pública y la calidad ambiental en que vivimos, permitiéndole a la autoridad ambiental desarrollar acciones de control, seguimiento y fiscalización de los efectos causados por las actividades humanas.

Los ECA son indicadores de calidad ambiental, miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, pero que no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente (MINAM, 2015).

Los LMP miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en las emisiones, efluentes o descargas generadas por

una actividad productiva (minería, hidrocarburos, electricidad, etc.), que al exceder causa daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente (MINAM, 2015).

2.2.3. Bioindicadores de la calidad del ecosistema acuático.

Según Pinilla (2011) considera que un organismo es un indicador de la calidad del agua, cuando este se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es porcentualmente superior o ligeramente similar al resto de los organismos con los que se comparte el mismo hábitat. Así, por ejemplo, en ríos de montañas de aguas frías, muy transparentes, oligotróficas y muy bien oxigenadas, se espera siempre encontrar poblaciones dominantes de efemeróptero, tricopteros y plecópteros; pero también se espera encontrar en bajas proporciones, odonatos, hemípteros, dípteros, neurópteros, ácaros, crustáceos y otros grupos menores.

2.2.4. Indicador biológico.

Generalmente todo organismo es indicador de las condiciones del medio en que se desarrolla, ya que de cualquier forma su existencia en un espacio y momentos determinados responden a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales. Sin embargo, en términos más estrictos, un indicador biológico acuático se ha considerado como aquella cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita (Pinilla, 2011).

Es pertinente aclarar que más que a un organismo, el indicador biológico se refiere a la población de individuos de la especie indicadora, y en el mejor de los casos al conjunto de especies que conforman una comunidad indicadora (Pinilla, 2011).

El concepto de organismo indicador se refiere a especies seleccionadas por su sensibilidad o tolerancia (normalmente es la sensibilidad) a varios parámetros.

Usualmente los biólogos emplean bioindicadores de contaminación debido a su especificidad y fácil monitoreo (Pinilla, 2011)

2.2.5. Principios de la bioindicación.

Un contaminante o cualquier otro evento particular que perturbe las condiciones iniciales de un sistema acuático provocaran una serie de cambios en los organismos, cuya magnitud dependerá del tiempo que dure la perturbación, su intensidad y su naturaleza. La acción puede ser indirecta (cambios en el medio) o directa (ingestión o impregnación), y los efectos pueden ser, adaptación, desplazamiento y muerte en desaparición. Los efectos sobre la fauna acuática cuando es sometida a la descarga de una sustancia tóxica; a medida que transcurre el tiempo se pasa de respuestas individuales (bioquímicas y fisiológicas) a respuestas poblacionales, comunitarias y ecosistémicas (Pinilla, 2011).

Un indicador biológico será aquel que logre soportar los efectos ocasionados por el elemento perturbante, es decir, que muestre algún tipo de respuesta compensatoria o tolerante. Estas respuestas significan para la especie mantener el funcionamiento normal a expensas de un gran gasto metabólico (Pinilla, 2011).

2.2.6. Calidad ecológica.

La calidad del agua o calidad ecológica es un indicador de suma importancia para tocar aspectos de los ecosistemas y el bienestar humano como la salud de una comunidad, los alimentos que se producen, las actividades económicas, la salud del ecosistema y la biodiversidad; por lo tanto, la calidad del agua también es influyente en la determinación de la pobreza humana, la riqueza y los niveles educativos. Desde una perspectiva de gestión, la calidad del agua se define por su uso final deseado. En consecuencia, el agua para la recreación, la pesca, la bebida, y hábitat para los organismos acuáticos requieren mayores niveles de pureza, mientras que, para la energía hidráulica, normas de calidad son mucho menos importantes (Organización de las Naciones Unidas, 1995).

Por otro lado, se precisa que valoración de la calidad ecológica se refiere a la evaluación de la naturaleza, química, física y biológica del agua, en relación con su calidad natural, efectos humanos y uso (Organización de las Naciones Unidas, 1995).

2.2.7. Protocolo CERA para el muestreo de macroinvertebrados bentónicos.

El protocolo CERA fue desarrollado por el grupo de investigación de la universidad de Barcelona a cargo del Dr. Narcis Prat y otros investigadores en trabajos sobre cuencas andinas de Perú y Ecuador en más de 30 estaciones de muestreo por encima de los 2000 msnm. Este protocolo denominado “Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S)” fue publicado en la Universidad de San Francisco de Quito, describe la técnica de evaluación de tres componentes esenciales en la evaluación del estado ecológico de los Ríos Altoandinos que son la evaluación de la calidad del tramo fluvial aplicando el índice IHF (índice hidromorfológico fluvial o índice de hábitat fluvial), la calidad de la vegetación de ribera para lo cual se aplica el índice QBR-And (índice de calidad de la vegetación de Ribera) y la valoración biológica del ecosistema acuático aplicando el índice biótico andino ABI (Encalada, 2011).

Tabla 1. Valoración del índice CERA

ABI	QBR-And		
	>75	45-75	<45
>74	Muy bueno	Bueno	Regular
45-74	Bueno	Regular	Malo
27-44	Regular	Malo	Pésimo
<27	Malo	Pésimo	Pésimo

Fuente: LEA-USFQ y UB (2011)

A continuación, se describen las condiciones para aplicar el protocolo CERA:

a. Índice de hábitat fluvial – IHF

Hábitat.

Este índice evalúa la heterogeneidad del hábitat fluvial del cauce del río, considera un índice de valoración rápida porque en poco tiempo de trabajo permite valorar si el hábitat fluvial es homogéneo o heterogéneo (Encalada & Rieradevall, 2011).

Se debe valorar los parámetros estipulados en la hoja de campo para calcular el índice IHF, este valor global se obtiene de la suma de los valores de los 7 bloques que componen dicho índice (Encalada & Rieradevall, 2011).

El valor máximo del índice es 100 y el mínimo siempre es superior a cero porque siempre hay algún substrato para valorar, si se obtienen valores menores de 40 indica serias limitaciones de calidad de hábitat para el desarrollo de una comunidad bentónica diversa, siendo el óptimo superior a 75. Si los valores son menores a 40, los valores bajos de los índices de macro invertebrados pueden deberse a la falta de un hábitat adecuado y no a la contaminación (Encalada & Rieradevall, 2011).

Tabla 2. Valoración del índice IHF

IHF	Nivel de calidad
> 75	Hábitat adecuado
40-75	Hábitat con algunas limitaciones
< 40	Hábitat que limita la aparición de ciertas especies

Fuente: LEA-USFQ y UB (2011)

b. Índice de calidad de la vegetación de ribera, QBR – And:

Con este índice se valoran una serie de aspectos de la comunidad vegetal de ribera, relativos al recubrimiento de diferentes formaciones, la permanencia del agua, la proporción de sustratos, el inventario de hidrófilos, etc. (Encalada & Rieradevall, 2011).

La evaluación de la vegetación de ribera andina, se realiza mediante una observación de cómo máximo 100 metros lineales del río (puede ser menor en ríos pequeños o en el caso de cambios bruscos en las características del río, p.ej. un salto de agua). El índice presenta 2 tipo de fichas se evaluación una para la valoración de la calidad del bosque de ribera desde los 2000 msnm hasta los 3500 msnm y otro por encima de los 3500 msnm que es una vegetación mayormente de gramíneas o pajonales (Encalada & Rieradevall, 2011). Esta hoja de campo incluye cuatro apartados:

- Grado de cubierta de la Ribera
- Estructura de la cubierta
- Calidad de la cubierta
- Grado de naturalidad del Canal Fluvial

Tabla 3. Valoración de la calidad de ribera con el índice QBR-And.

Puntuación	Color	Interpretación
≥ 96	AZUL	Bosque de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural
76-96	VERDE	Bosque ligeramente perturbado, calidad buena
51-75	AMARILLO	Inicio de alteración importante, calidad intermedia
26-50	NARANJA	Alteración fuerte, mala calidad
≤ 25	ROJO	Degradación extrema, calidad pésima

Fuente: LEA-USFQ y UB (2011).

c. Índice biótico andino ABI

En este índice se otorgan valoraciones del 1 al 10 a las familias colectadas de acuerdo a su nivel de sensibilidad o tolerancia a la contaminación, para la determinación del Índice Biótica Andino (ABI) se debe hacer la identificación taxonómica de los macroinvertebrados (Cada familia de macroinvertebrados tiene una puntuación asignada dependiendo de la sensibilidad a los contaminantes que presente dicha familia.), con ello y mediante un conteo cualitativo de los macroinvertebrados se aplican los valores de cada familia hallada en la muestra y se suman los valores, obteniendo así el valor global del ABI (LEA-USFQ y UB, 2011).

Tabla 4. Valoración del Índice ABI

ABI	Nivel calidad
> 74	Muy bueno
45-74	Bueno
27-44	Moderado
11-26	Malo
< 11	Pésimo

Fuente: LEA-USFQ y UB (2011).

2.3. Definición de términos

2.3.1. Impacto antrópico sobre ecosistemas fluviales.

El aprovechamiento de los ríos es un factor preponderante en el desarrollo de la humanidad, no obstante, su uso intensivo conlleva a un deterioro severo en los ecosistemas fluviales (Baron et al., 2002). Hoy en día la probabilidad de encontrar aguas corrientes en condiciones prístinas es cada vez más escasa, incluso ecosistemas que se hallan lejos de centros poblados, como en los páramos, no están exentos de modificaciones en su estructura; un claro ejemplo es la construcción de captaciones de agua para consumo (López, 2016; Soria, 2016).

Las perturbaciones de origen antrópico, son las que producen mayores cambios en los ecosistemas fluviales y su funcionamiento (Correa-Araneda et al., 2010). Estas perturbaciones implican innumerables efectos negativos en los ríos, como la eutrofización producto de la disminución de oxígeno en el agua, el desplazamiento de la biodiversidad, la pérdida de hábitats y los cambios en los regímenes hidrológicos y térmicos, así como también en el transporte de sedimentos (Elosegi & Sabeter, 2009).

2.3.2. Calidad de agua.

Un estudio realizado sobre la investigación del agua para la agricultura, define la calidad del agua por una o más características físicas, químicas o biológicas que pueden variar significativamente, donde el principal problema que se identifica es lo referente a la salinidad que posee la misma. También, dependerá en gran medida de todas aquellas actividades que tienden a desarrollarse en su entorno (OEA 2014).

a. Parámetros de calidad de agua.

Ayudan a conocer con precisión variables físicas, químicas y biológicas de un cuerpo acuático y a su vez el grado de contaminantes en detalle, generalmente un análisis de aguas por métodos fisicoquímicos proporciona una información puntual y transitoria (Neumann, 2003).

Los parámetros Físicos, Químicos y biológicos que constituyen este índice y que son de base de este proyecto son los siguientes:

➤ pH

El pH es el indicador más importante dentro de los parámetros químicos ya que determina las condiciones básicas o acidas de una solución que van desde 1 a 14.

Huertas (2014) afirma lo siguiente: Su valor define en parte la capacidad de auto depuración de una corriente y, por ende, su contenido de materia orgánica, además de la presencia de otros contaminantes, como metales pesados. Puede medirse en el campo o en el laboratorio por medio de instrumentos electrónicos pH-metro

➤ **Oxígeno disuelto**

El oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes de la calidad del agua, el valor normal varía entre 7,0 y 8,0 mg / l.

La principal fuente de oxígeno es el aire, esencial para la supervivencia de los macroinvertebrados, que se difunden rápidamente en el agua debido a las turbulencias en los ríos y el viento en los lagos (Roldán, 2012).

➤ **Temperatura.**

La temperatura es una variación de frío y calor que ayuda a la supervivencia de muchas especies biológicas en el agua, tanto como la vegetación del espacio; también, tiene una relación directa con el oxígeno disuelto, y la demanda biológica de oxígeno.

Los cambios en la temperatura natural de las vías fluviales pueden ocurrir cuando el agua de escorrentía se descarga a una temperatura más alta que el agua que fluye naturalmente, cuando la vegetación ribereña cambia debido a la deforestación y la degradación de los bosques ribereños, y cuando las vías fluviales reciben más radiación solar; por otro lado, la transferencia térmica de la infraestructura construida a temperatura afecta directamente no solo la descomposición de la materia orgánica por parte de los microorganismos, sino también la actividad y respiración de los organismos (Aguas urbanas, 2018).

➤ **Conductividad eléctrica**

La conductividad se define como la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica a través de los iones disueltos.

Los iones más positivos son sodio (Na⁺), calcio (Ca²⁺), potasio (K⁺) y magnesio (Mg²⁺), los iones más negativos son cloruro (Cl⁻), sulfato (SO²⁻), carbonato, bicarbonato; además, los nitratos y fosfatos no contribuyen de forma apreciable a la conductividad, aunque son muy importantes biológicamente (Water Boards, 2015).

2.3.3. Macroinvertebrados Bentónicos.

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

2.3.4. Índices Biológicos

Estos índices bióticos suelen ser específicos para un tipo de contaminación y/o región geográfica, estos permiten la valoración del estado ecológico de un ecosistema acuático afectado por un proceso de contaminación, para ello a los grupos de invertebrados de una muestra se les asigna un valor numérico en función de su tolerancia a un tipo de contaminación, los más tolerantes reciben un valor numérico menor y los más sensibles un valor numérico mayor, la suma de todos estos valores nos indica la calidad de ese ecosistema. (Alonso & Camargo, 2005).

➤ **Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP´Bolivia):**

El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) se instituyó en Inglaterra el año 1970, como un método simple que asigna un puntaje a todos los grupos de macroinvertebrados identificados al nivel de familia, teniendo como requisito datos cualitativos de presencia o ausencia. El puntaje asignado va de 1 a 10 de acuerdo a la

tolerancia a la contaminación (Las familias más sensibles tienen una puntuación de 10 y las menos sensibles de 1) según los taxones de macroinvertebrados encontrados (Zamora & Ortuño, 2012).

Tabla 5. Lista de la fauna de macroinvertebrados y los valores asignados para indicar el grado de contaminación propuesto para el índice MWP Bol.

Clase/Orden	Fauna de Bolivia	Puntajes
Ephemeroptera	Oligoneuriidae	10
Plecoptera	Gripopterygidae, Perlidae	
Trichoptera	Odontoceridae	
Coleoptera	Psephenidae	
Diptera	Athericidae, Blephariceridae	
Trichoptera	Calamoceratidae, Hydrobiosidae, Leptoceridae, Xiphocentronidae	9
Coleoptera	Ptilodactylidae	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae, Euthyplociidae, Polymitarcyidae	
Trichoptera	Helicopsychidae, Psychomyiidae, Glossosomatidae, Philopotamidae, Polycentropodidae	8
Diptera	Simuliidae	
Odonata	Gomphidae, Polythoridae, Megapodagrionidae	
Ephemeroptera	Leptohephidae	
Coleoptera	Hydraenidae, Scirtidae	7
Megaloptera	Corydalidae	
Odonata	Calopterygidae	
Trichoptera	Limnephilidae, Hydroptilidae	
Odonata	Aeshnidae, Coenagrionidae, Libellulidae	
Gastropoda	Ancylidae	6
Hemiptera	Corixidae, Naucoridae, Notonectidae, Mesoveliidae, Hebridae	
Diptera	Dixidae, Psychodidae	
Coleoptera	Dryopidae, Lutrochidae	
Ephemeroptera	Baetidae	
Coleoptera	Elmidae, Staphylinidae, Dytiscidae, Noteridae	5
Lepidoptera	Pyralidae	
Trichoptera	Hydropsychidae	
Diptera	Tipulidae	
Hemiptera	Belostomatidae, Gerridae, Nepidae, Veliidae	
Gastropoda	Hydrobiidae, Ampullaridae	4
Ephemeroptera	Caenidae	
Coleoptera	Hydrophilidae, Haliplidae, Heteroceridae, Gyrinidae	

Diptera	Ceratopogonidae, Dolichopodidae, Empididae, Tabanidae, Stratiomyidae	
Hemiptera	Pleidae, Gelastocoridae	
Hidracarina		
Gastropoda	Planorbiidae, Physidae, Lymnaeidae	
Decapoda	Aeglidae, Palaemonidae	
Veneroidea	Sphaeriidae	
Amphypoda		
Ostracoda		
Tricladida	Planariidae	
Nematoda		
Diptera	Muscidae	3
Hirudinea	Glossiphoniidae	
Diptera	Chironomidae, Culicidae, Ephydriidae	2
Bivalvia	Hyriidae	
Oligochaeta		1

Fuente: Zamora & Ortuño, 2012.

En la Tabla 6 se presenta los rangos que determinan la clasificación de calidad de agua, que se establece para el índice BMWP´Bol y la representación en colores para cada clasificación.

Tabla 6. *Clases de calidad y los valores asignados al BMWP´Bol*

Clase	Calidad	BMWP´Bol	Significado	Color
I	Buena	>120 101-120	Aguas muy limpias. No contaminadas	Azul
II	Aceptable	61-100	Se evidencia algún efecto de contaminación	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy critica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Zamora & Ortuño, 2012

➤ **Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP´Colombia):**

El índice BMWP´Col se basa en la valoración de los diferentes grupos de invertebrados que se encuentran en una muestra, para poder aplicar este índice se necesita haber identificado los macro invertebrados hasta nivel de familia. Cada familia de macro invertebrados posee un grado de sensibilidad que va de 1 a 10: La presencia de muchos organismos con valor 10 o valores altos, indica que el río tiene aguas limpias y si por el contrario solo se encuentra organismos resistentes con valores bajos, esto indica que el río tiene aguas contaminadas (Roldán, 2003).

Tabla 7. Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP´Col

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae,	2
Tubificidae	1

Fuente: Roldán, 2003

En la Tabla 8 se muestra las clases de calidad del agua del índice BMWP'Col, es resultado que da al sumar la puntuación de las familias encontradas, de acuerdo con el puntaje obtenido se clasifica en distintas clases de agua.

Tabla 8. *Clases de calidad de agua*

Clase	Calidad	BMWP'Col	Significado	Color
I	Buena	>150 101-120	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy critica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Roldán, 2003

➤ Índice EPT

Este índice utiliza tres grupos de macroinvertebrados de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera en una comunidad biológica; las especies de estos grupos de insectos son indicadores de buena calidad del agua, por ser sensibles a la contaminación o trastornos ambientales del medio donde viven.

El índice EPT trata de simplificar la identificación de los bioindicadores de calidad del agua, facilitando un control del agua con la sensibilidad y presencia o ausencia de estos grupos (Terneus et al. 2012)

Los tres grupos de macroinvertebrados que son Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera presentes se dividen por la abundancia total, obteniendo un valor, el cual se

compara con la escala de valores de calidad de agua que va de muy buena a mala calidad como se puede observar en la Tabla 9.

Tabla 9. *Escala de Valores del Índice EPT: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera.*

EPT %	Calidad del Agua
75 – 100	Muy buena
50 – 74	Buena
25 – 49	Regular
0 – 24	Mala

Fuente: Endara (2012)

2.3.5. Metales pesados en ecosistemas acuáticos.

Los metales pesados son contaminantes inorgánicos prioritarios cuya acumulación y distribución en cuerpos de agua dulce pueden volverlos potencialmente peligrosos, produciendo toxicidad al llegar a organismos vivos que componen la cadena trófica.

En un ecosistema acuático, la contaminación por metales pesados puede ser resultado de la deposición atmosférica, meteorización geológica, o a la descarga de desechos. Metales como Cu, Fe, Mn, Ni y Zn son esenciales como micronutrientes para los procesos vitales en plantas y microorganismos, mientras que otros metales como Cd, Cr y Pb no tienen actividad fisiológica reportada, pero han demostrado ser biológicamente perjudiciales por encima de ciertos límites de concentración. Una clasificación en dos grupos de los metales pesados es: Cu, Zn y Cr, y Cd, Hg, Pb y metaloides (As) que no tienen un rol biológico conocido, pero sí una alta toxicidad manifiesta, los efectos toxicológicos constituyen un serio riesgo para la salud humana y la ecología (As) (Villanueva et al., 2023).

CAPÍTULO III

MÉTODOS Y MATERIALES

3.1. Ubicación de la investigación.

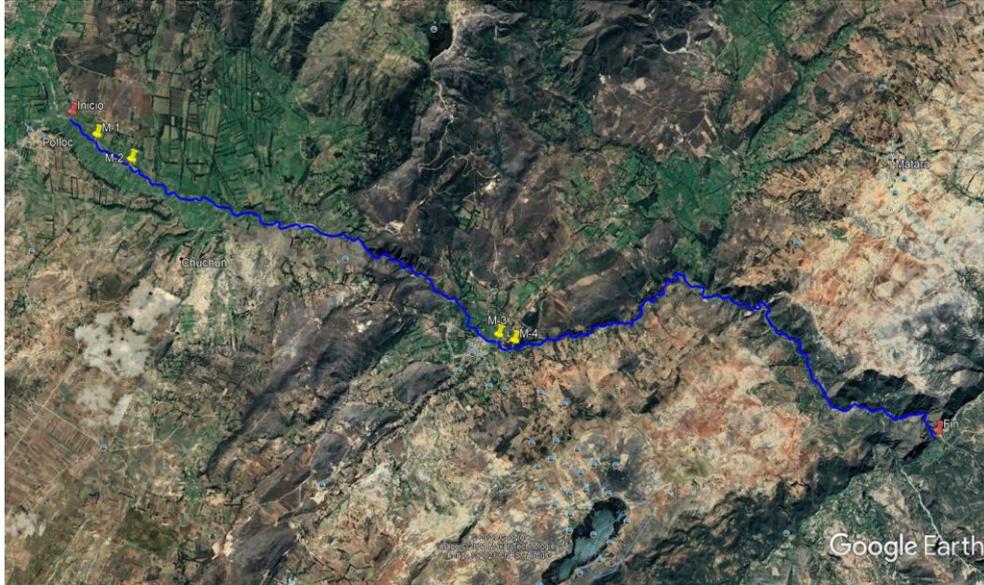


Figura 2. *Ubicación de estaciones de muestreo*

Fuente: Google Earth, 2024

Para evaluar la calidad del agua en el río Namora, se seleccionaron cuatro estaciones de muestreo como se muestra en la figura 2, ubicando las estaciones desde donde nace el río Namora que es desde el Centro Poblado de Polloc del distrito de La Encañada, hasta el Distrito de Namora, su cauce principal es de 18 kilómetros. En la tabla 10 se muestra la descripción de cada uno de las estaciones muestreadas.

Tabla 10. *Descripción de puntos de muestreo*

Estaciones	Ubicación	Observaciones
E-1	Río: Namora Altitud: 3128 msnm Coordenadas: Este: 795801 Norte: 9211429	Este punto se encuentra en el Centro Poblado Polloc y se identificó la presencia de ganadería y agricultura.
E-2	Río: Namora Altitud: 3027 msnm Coordenadas: Este: 795680 Norte: 9210596	Este punto se encuentra en la parte baja del centro Poblado de Polloc, considerado antes del Distrito de Namora y se identificó las actividades de ganadería y agricultura además de una PTAR (planta de tratamiento de aguas residuales de Polloc)
E-3	Río: Namora Altitud: 2788 msnm Coordenadas: Este: 795896 Norte: 9202599	Este punto se encuentra ubicado en el Distrito de Namora y nos ayudará a comparar, si desde el punto 2 al 3 existe mayor contaminación o no, y al mismo tiempo para poder ver el impacto que tiene la población del distrito de Namora.
E-4	Río: Namora Altitud: 2725 msnm Coordenadas: Este: 795935 Norte: 9202271	Este punto se ubica estratégicamente después del distrito de Namora y las actividades que se identifica son ganadería, agricultura y un centro de recreación, además antes de este punto se ubica una PTAR (planta de tratamiento de aguas residuales de Namora).

En este estudio, los muestreos fisicoquímicos y biológicos se realizaron en los meses de noviembre del 2018 a febrero del 2019 considerando los periodos de estiaje y lluvias, para determinar en cuál de los periodos se encuentra una comunidad más estable y una mayor abundancia de macroinvertebrados bentónicos.

3.2. Material y equipamiento de campo.

➤ Material de laboratorio.

- Microscopio estereoscopio Olympus
- Pinzas entomológicas
- Cajas petri
- Colador
- Claves Taxonómicas de “Macroinvertebrados bentónicos Sudamericanos”
- Papel toalla Colador
- Bandeja de plásticos

➤ Material de campo

- Protección personal (guantes, botas, mascarilla)
- Red Surber
- Equipo multiparámetro HACH HQ30D
- Etiquetas
- GPS Garmin Oregón 515.
- Bolsas ziplock
- Hojas de campo
- Balde
- Marcador de tinta indeleble
- Kit de muestreo de agua
- Cooler
- Cámara fotográfica
- Alcohol puro 96°

3.3. Métodos de investigación

➤ Tipo de investigación.

La presente investigación se enmarca dentro de los lineamientos de una investigación básica.

➤ Nivel de investigación.

El desarrollo de la presente investigación considera los siguientes niveles: descriptivo analítico, correlativo, comparativo.

➤ Diseño de la investigación

Para el cumplimiento de nuestros objetivos se desarrolló los siguientes pasos:

1. Identificación de puntos de muestreo, previa revisión de mapas Google Earth, GPS, salidas a campo y otras fuentes de información de la zona.
2. Trabajo de campo: recolección de las muestras. El trabajo se desarrolló en cuatro campañas de monitoreo, dos en época de estiaje y dos en época de lluvias.
3. También se tomaron parámetros de campo en el agua como pH, conductividad, temperatura y oxígeno disuelto con un equipo multiparámetro de marca HACH modelo HQ 30d.
4. Recolección de las muestras de macroinvertebrados, utilizando la Red Surber, bolsas ziplock y alcohol.
5. Recolección de la muestra de agua para analizar parámetros fisicoquímicos, las muestras se tomaron en frascos de polietileno de 250, 500 mL y se utilizó HNO₃ para la conservación y preservación de las muestras. El Kit de muestreo de agua fue

proporcionado por el laboratorio regional del agua de Cajamarca, quienes también se encargaron del análisis de las mismas.

6. Trabajo de gabinete: análisis de los organismos encontrados, aplicación de los índices.
7. El número de muestras fueron 4, las cuales se repitieron mensualmente, durante 4 meses, 2 en época de estiaje y 2 en época de lluvia.

- Observación de campo

Se realizó visitas a la zona para determinar los puntos y geo referenciarlos. En este proceso se identificó estaciones de muestreo que fueron definidas bajo los siguientes criterios

- Ubicación y accesibilidad
- Impacto por alguna actividad económica en la zona
- Influencia por zonas urbanas
- Zonas que no han sido alteradas o afectadas

- Cobertura de estudio

Muestra

De cada estación de muestreo del río Namora se sacó 250 mL, hasta completar un litro en total.

Periodicidad

El trabajo se desarrolló en cuatro estaciones de muestreo y cuatro campañas de muestreo con un total de 16 muestras.

Frecuencia

La toma de muestra se realizó con una frecuencia de dos muestras en época de estiaje y dos muestras en época de lluvia y para cada estación se realizaron 3 réplicas; con 16 muestras en total.

Parámetros de campo:

Los parámetros a medir fueron, conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), pH (unidad), oxígeno disuelto (mg/L), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y metales pesados.

3.4. Unidad de análisis, Población y muestra.

Unidad de análisis

El agua del río Namora y los macroinvertebrados bentónicos presentes en el río.

Población:

La población estuvo conformada por los macroinvertebrados bentónicos de los 4 puntos de muestreo del río Namora.

Muestra

La muestra de estudio estuvo constituida por los grupos taxonómicos de macroinvertebrados bentónicos correspondiente a los puntos de muestreo seleccionados del río Namora y las muestras de agua para determinar las características fisicoquímicas.

3.5. Técnicas de investigación

➤ Técnicas

Las técnicas para la recolección de la información fueron las siguientes:

1. Para la muestra de macroinvertebrados se colectaron, en el río Namora, se muestrearon en ambas orillas, pues la fauna es diferente debido a la sombra, composición del fondo

y eventual contaminación. El muestreo se realizó en cuatro estaciones, en cada estación se tuvo en cuenta aguas de poca corriente o estancada en las que se usó la red surber colocando la en sentido contrario a la corriente, de la misma manera que para aguas profundas.

Teniendo en cuenta que el agua no debe llegar más alto que las rodillas donde podamos remover el material del fondo con las manos, quedando atrapados los organismos en la red surber. Esta operación se repitió en todas las estaciones de muestreo. El material colectado se vació en las bolsas ziplock preservando las muestras con alcohol al 96% para ser separado e identificados en el laboratorio de ecología 2A 104 de la Universidad Nacional de Cajamarca. Las muestras de agua se colectaron en frascos de polietileno de 250, 500 mL, preservándose con ácido nítrico para análisis de los parámetros fisicoquímicos y su posterior envió al Laboratorio Regional del Agua de Cajamarca.

2. Para el análisis de datos se elaboró una matriz en Excel, clasificando y a la vez procesando información con los resultados de la investigación, para ello se utilizó la herramienta software Microsoft Excel 2016, para la realización de los mapas se hicieron en el Google Earth.
3. Los datos obtenidos en cada estación se compararon para determinar el estado ecológico del río y para los diferentes tipos y naturaleza de las masas de agua presentes. De esta comparación resulta la asignación de clase de estado de calidad del agua de acuerdo a los índices BMWP/col, BMWP/bol, ABI, EPT, QBR-And y CERA. El protocolo CERA para ríos altoandinos es representativo solo para ríos ubicados sobre los 2,000 m.s.n.m.

3.6. Matriz de Operacionalización

Tabla 11. *Matriz de operacionalización de variables*

Variable conceptual	Variable operacional	Indicadores
Variable 1 (Indicadores Bióticos)	<ul style="list-style-type: none"> - Riqueza de especies - Cantidad de taxones presentes - Indicadores biológicos 	<ul style="list-style-type: none"> - Índices de ABI - Índice de EPT - Índice de BMWP-Col - Índice de BMWP-Bol - Índice de QBR – And - Protocolo CERA
Variable 2 (Calidad del Agua)	<ul style="list-style-type: none"> - Parámetros Físicos y Químicos 	<ul style="list-style-type: none"> - Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) - pH (unidad) - Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - Oxígeno disuelto - Concentración de metales pesados

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Macroinvertebrados bentónicos

Tabla 12. *Clasificación taxonómica de macroinvertebrados bentónicos obtenidos en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo*

Clase	Orden	Familia
	Ostracoda	
Malacostraca	Amphipoda	Hyaellidae
Bivalvia	Sphaeriida	Sphaeriidae
Gastropoda	Basommatophora	Physidae
Insecta	Diptera	Simuliidae
		Chironomidae
		Ceratopogonidae
		Tipulidae
		Empididae
		Muscidae
		Ephydriidae
Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae
Arachnoidea	Acarina	Hydracarina
Insecta	Coleoptera	Psephenidae
		Elmidae
Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae
		Baetidae
		Leptophlebiidae
Insecta	Trichoptera	Polycentropodidae
		Hidrottilidae
		Xiphocentronidae
Entognatha	Collembola	Isomatidae

La clasificación taxonómica de macroinvertebrados bentónicos presentados en la tabla 12, son los que se colectaron e identificaron en las cuatro campañas de muestreo (dos en época de estiaje y dos en época de lluvia), en cuatro estaciones de muestreo obteniendo un total de 16 muestras. En la clase insecta se identificaron cinco familias, también se puede decir que en la época de estiaje se registró 20 familias en total como se muestran en la tabla 12 a excepción de 2 familias Empididae, Muscidae, mientras que en la época de lluvia se registraron 15 familias a excepción de 7 familias Hyaellidae,

Ceratopogonidae, Ephydriidae, Psephenidae, Leptohiphidae, Polycentropodidae, Isomatidae, esto puede deberse al parámetro físico, químicos, altura, época, la hora de muestreo y las descargas de aguas. Al comparar los resultados con la investigación de Escandón & Cáceres (2022), sobre análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río San Francisco-Gualaceo, se puede indicar que son similares porque el número de familias colectados en época de estiaje fue mayor que en la época de lluvia y que las zonas más críticas tanto en la época seca como lluviosa resultan ser las partes medias y baja del área estudiada.

4.2. Índices bióticos de Calidad del Agua

a) Índice ABI

Tabla 13. Índice ABI obtenidos en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo

Campañas	Estiaje								Lluvia							
	1era campaña				2da campaña				3era campaña				4ta campaña			
Estaciones	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4
Valores obtenidos del Índice ABI	33	40	33	48	34	29	55	59	14	7	19	13	14	39	30	17

Como se observa en los resultados de la tabla 13 del índice ABI los de color verde indican una calidad buena y son las estaciones E-4 de la primera campaña, E-3 y E-4 de la segunda campaña, ambas realizadas en estiaje. La de pésima calidad es el de color rojo y se presentó en E-2 de la tercera campaña que se ubica entrando al distrito de Namora; es decir que, el resultado que se obtiene puede estar siendo alterado por actividades antropogénicas y naturales.

Según los indicadores del índice ABI, atribuidas a los valores de las familias de los macroinvertebrados bentónicos como Ephydriidae, Chironomidae, Isomatidae, Physidae, Baetidae, Tipulidae, Psephenidae, Elmidae; la presencia de estas familias de macroinvertebrados indica la calidad del agua, las que se precisan en base al color

designado a cada valor, el azul indica una calidad muy buena, verde indica una calidad buena, amarillo indica una calidad moderada, el anaranjado indica una calidad mala y el rojo indica una calidad pésima, cada familia de macroinvertebrado tiene una adaptación lo que genera un valor. Al comparar los resultados obtenidos con el trabajo de investigación de Romero y Tarrillo (2017) realizado en la quebrada Chambag - Santa Cruz, se obtuvo resultados iguales en relación a la calidad del agua que es de buena, moderada y mala, atribuida a las actividades antropogénicas y naturales que se presentan en la zona.

b) Índice EPT

Tabla 14. Índice EPT obtenidos en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo

Campañas	Estiaje								Lluvia							
	1era campaña				2da campaña				3era campaña				4ta campaña			
Estaciones	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4
Valores obtenidos del Índice EPT	2	2	3	3	2	1	4	5	0	1	1	2	1	3	2	1

Tomando como referencia la tabla 14 de la clasificación de la calidad del agua según el índice EPT. Los resultados de la evaluación de todas las estaciones presentaron una calidad pobre, como se indica en la interpretación del índice EPT, todos los valores obtenidos están por debajo de 6. La estación que presentó la peor calidad fue E-1 de la tercera campaña, realizada en la época de estiaje con un valor de 0. La mejor calidad se obtuvo en la estación E-4 de la segunda campaña, realizada en la época de lluvia. Si se compara los resultados obtenidos con el trabajo de investigación de Castañeda (2021) realizado en el río Grande en la localidad de Cortegana - Celendín, se concluyó que, en cuanto a los resultados del índice EPT se calificó el agua como calidad pobre igual a los resultados obtenidos en la tabla 14.

c) Índice BMWP/col

Tabla 15. Índice BMWP/col obtenidos en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo

Campañas	Estiaje								Lluvia							
	1era campaña				2da campaña				3era campaña				4ta campaña			
Estaciones	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4
Valores obtenidos del Índice BMWP-col	41	50	37	54	41	32	59	72	16	10	22	18	16	47	36	20

En los resultados del índice BMWP/col que se muestran en la tabla 15, se puede observar que las estaciones de muestreo E-4 de la segunda campaña presenta un resultado de calidad aceptable con aguas ligeramente contaminadas, mientras que en las estaciones de muestreo E-1, E-2, E-3 y E-4 de la primera campaña; E-1 y E-3 de la segunda campaña, junto con E-2 y E-3 de la cuarta campaña nos dan como resultado una calidad dudosa con aguas moderadamente contaminadas, según los valores del índice BMWP/col de la tabla 15 y las estaciones que presentan un estado crítico es decir aguas muy contaminadas fueron E-2 de la primera campaña, E-1, E-3, E-4 de la segunda campaña y de la cuarta campaña E-1 y E-4, pero la estación con aguas muy contaminadas, es decir en estado muy crítico fue la estación E-2 de la tercera campaña. Al comparar los resultados con las de Rosado (2016) obtuvo un resultado similar de la calidad del agua en los puntos de muestreo medios que es aguas fuertemente contaminadas debido a la influencia de la urbanización y las actividades agrícolas e industriales en relación a las actividades económicas que se practican en el área de muestreo son, agrícola y pecuaria sin practica de transformación.

d) Índice BMWP/bol

Tabla 16. Índice BMWP/bol obtenidos en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo

Campañas	Estiaje								Lluvia							
	1era campaña				2da campaña				3era campaña				4ta campaña			
Estaciones	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4
Valores obtenidos del Índice BMWP-bol	38	47	35	53	37	29	56	64	13	9	22	16	17	45	37	19

Tomando como referencia la tabla 16, observamos que los resultados del índice BMWP/bol de las 16 estaciones de muestreo, la estación E-4 de la segunda campaña es la que tiene una calidad aceptable y solo se evidencia algún efecto de contaminación; mientras que en las estaciones E-1, E-2, E-3, E-4 de la primera campaña, E-1 y E-3 de la segunda campaña y las estaciones de muestreo de la cuarta campaña E-2 y E-3 son de calidad dudosa; es decir aguas contaminadas y en las estaciones de muestreo E-2 de la segunda campaña, E-3 y E-4 de la tercera campaña y las estaciones de muestreo de la cuarta campaña E-1 y E-4 son de calidad crítica, es decir aguas muy contaminadas; pero la estación de muestreo con una calidad muy crítica fueron la E-1 y E-2 de la tercera campaña indicando aguas fuertemente contaminadas según los valores del índice BMWP/bol. Si comparamos los resultados obtenidos con los de la investigación de Bueñaño et al. (2018) donde se indicó como resultados similares a los obtenidos, así como se muestran en la tabla 16 y la investigación de Bueñaño et al. (2018) indica aguas muy críticas y críticas debido a la relativa poca abundancia de los macroinvertebrados, lo que podría tener relación con los parámetros físico - químicos del agua, ya que son factores que influyen en el desarrollo de estos organismos.

e) **Índice IHF**

Tabla 17. *Índice IHF obtenidos en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo*

Campañas	Estiaje								Lluvia							
	1era campaña				2da campaña				3era campaña				4ta campaña			
Estaciones	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4
Valores obtenidos del Índice IHF	86	84	61	56	86	84	61	56	86	84	61	56	86	84	61	56

Se observa en la tabla 17 que los resultados obtenidos en las estaciones de muestreo resultaron clasificados en un rango de calidad buena con alta diversidad de hábitats en las estaciones E-1 y E-2 a baja en las estaciones E-3 y E-4 de las cuatro campañas, esta clasificación se obtuvo de los resultados que se muestran en la Tabla 17 y de la cual se menciona que el nivel del hábitat de las estaciones de muestreo cuenta con algunas limitaciones estructurales para el desarrollo de diversos hábitats que permitan una mayor diversidad de especies de macroinvertebrados, según Encalada & Rieradevall (2011) la Interpretación de los valores del índice IHF indica que si se tiene valores entre 40 y 75 hay limitaciones de calidad de hábitat lo que limita el desarrollo de una comunidad bentónica.

f) **Índice QBR**

Tabla 18. *Índice QBR obtenidos en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo*

Campañas	Estiaje								Lluvia							
	1era campaña				2da campaña				3era campaña				4ta campaña			
Estaciones	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4
Valores obtenidos del Índice QBR	25	25	30	20	25	25	30	20	25	25	30	20	25	25	30	20

Según el resultado obtenido en la tabla 18 teniendo en cuenta la interpretación de valoración de la calidad de ribera con el índice QBR-And, se dice que las estaciones de muestreo E-1, E-2 y E-4 de las cuatro campañas presentan una degradación extrema o calidad pésima y la estación de muestreo E-3 de las cuatro campañas presenta una

alteración fuerte o mala calidad, como se muestra en la Tabla 18. Encalada & Rieradevall (2011) con respecto al índice QBR-And indica que el índice se aplica para determinar la calidad de la vegetación de ribera de los tramos fluviales y es relevante para establecer la diversidad de comunidades de macroinvertebrados en los ríos debido a que estos poseen en su mayoría periodos de desarrollo en la tierra y que la alteración y degradación de la calidad vegetal afecta a la calidad del agua.

g) Índice CERA

Tabla 19. Índice CERA obtenidos en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo

Campañas	Estiaje								Lluvia							
	1era campaña				2da campaña				3era campaña				4ta campaña			
Estaciones	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4
Valores obtenidos del Índice CERA	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1

Para determinar la calidad del agua del río Namora, con el índice CERA como se observa en la tabla 19 y figura 9, se analizó el índice de hábitat fluvial (IHF) que evalúa la heterogeneidad del hábita fluvial del cauce del río, el Índice de calidad de la vegetación de ribera (QBR-And) integrado de la estructura de la ribera o de las características hidromorfológicas aplicadas al río Namora y el Índice Biótico Andino (ABI); este último realiza una evaluación cualitativa de los macroinvertebrados. Aplicando lo que indica Encalada & Rieradevall (2011), se determinó que la calidad ecológica según el índice CERA para el río Namora fue “pésima” en las estaciones de muestreo E-1, E-2 y E-3 de la primera campaña; E-1 y E-2 de la segunda campaña y en las cuatro estaciones de muestreo de la tercera y cuarta campaña; mientras que para las estaciones de muestreo E-4 de la primera campaña y las estaciones de muestreo E-3 y E-4 de la segunda campaña se encontró que la calidad ecológica es regular, según la interpretación de valoración del índice CERA.

4.3. Comparación de los cinco índices

En la tabla 20 se realiza una comparación de los resultados por estación de muestreo y el promedio por campaña de muestreo tanto en la época de lluvia y de estiaje.

Tabla 20. Comparación de los cinco índices ABI, EPT, BMWP/Col, BMWP/Bol y CERA obtenidos las 4 campañas de muestreo

CAMPAÑAS	Estiaje								Lluvia							
	1era campaña				2da campaña				3era campaña				4ta campaña			
Estaciones	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4
Índice ABI	33	40	33	48	34	29	55	59	14	7	19	13	14	39	30	17
Índice EPT	2	2	3	3	2	1	4	5	0	1	1	2	1	3	2	1
Índice BMWP-col	39	48	37	54	39	30	57	72	14	8	20	16	14	45	34	18
Índice BMWP-bol	38	47	35	53	37	29	56	64	13	9	22	16	17	45	37	19
Índice CERA	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1

Como se muestra en la tabla 20 se puede interpretar que la estación que presenta una relación en los valores según el índice ABI, BMWP-Col y BMWP-Bol es la estación de muestreo E-4, indicando que el agua es buena o aceptable y que se encuentra ligeramente o alguna evidencia de contaminación, mientras que para el índice EPT y CERA se encuentra en mala calidad, estos resultados son obtenidos en época de estiaje y si observamos en la misma tabla pero en época de lluvia en la campaña 4, se puede observar que para los índice ABI, BMWP-Col y BMWP-Bol en la estación de muestreo E-4 pasa de una calidad aceptable a crítica o mala y para los índice EPT y CERA se mantiene los resultados en mala calidad.

4.4. Análisis de los Parámetros de Campo:

a) Potencial de Hidrógeno (pH)

Tabla 21. pH obtenido en las 4 muestras y dos campañas de muestreo

Campañas	Estaciones de Muestreo			
	E – 1	E - 2	E – 3	E - 4
1era campaña	9.43	9.18	9.22	9.12
2da campaña	8.85	8.7	8.87	8.68
3era campaña	9.36	9.33	9.21	9.18
4ta campaña	9.5	9.51	9.58	9.5
Promedio por estación	9.29	9.18	9.22	9.12
ECA cat 3 agua de riego	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5

El pH es un limitante para el desarrollo biológico en un río, sobre todo para los macroinvertebrados bentónicos, Huertas (2014) afirma que su valor define la capacidad de auto depuración de una corriente; los resultados obtenidos con respecto a los valores de pH de las muestras de agua del río Namora, como se observa en la tabla 21 no cumplen con los ECAs D.S. N° 004-2017-MINAM categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales; ya que se encuentran en su mayoría en un rango de 8 a 9 indicando un pH alcalino. Al compara los resultados con los de Castañeda (2021), son iguales en ambos no cumplen con el rango de pH presentando una condición por la geología circundante al área de estudio, donde predominan suelos de naturaleza calcárea.

b) Temperatura (°C)

Tabla 22. Temperatura obtenida en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo

Campañas	Estaciones de Muestreo			
	E – 1	E - 2	E – 3	E – 4
1era campaña	17	16	18	17
2da campaña	16	15	19	18
3era campaña	18	17	16	16
4ta campaña	16	17	18	18
Promedio por estación (°C)	16.67	16.33	17.67	17.33
ECA cat 3 agua de riego	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3

El comportamiento de la temperatura por ser un parámetro físico se ve influenciado por la altura, la época, la hora de muestreo y las descargas de aguas, este parámetro es relevante para la disolución de gases como el oxígeno en el agua, el cual es un limitante del desarrollo de los macroinvertebrados bentónicos (Camarago, 2005). Los resultados obtenidos en el muestreo brindan un promedio que fluctúa entre 16 y 17, como se muestran en la tabla 22 todos se encuentran dentro del ECAs D.S. N° 004-2017-MINAM categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales. Con respecto a la relación de temperatura y macroinvertebrados bentónicos, se puede decir que los resultados obtenidos son positivos para estos organismos y que el aumento de la temperatura permite un buen desarrollo de los macroinvertebrados bentónicos.

c) Oxígeno disuelto (mg/L)

Tabla 23. Oxígeno disuelto en mg/L obtenido en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo

Campañas	Estaciones de Muestreo			
	E - 1	E - 2	E - 3	E - 4
1era campaña	6.24	6.49	6.29	5.98
2da campaña	6.35	6.62	6.11	5.98
3era campaña	6.05	6.36	6.47	6.49
4ta campaña	6.33	6.35	6.46	6.44
Promedio por estación (mg/L)	6.24	6.45	6.33	6.22
ECA cat 3 agua de riego	≥ 4	≥ 4	≥ 4	≥ 4

Los resultados que se muestran en la tabla 23 de los valores del oxígeno disuelto es aceptable, según lo establecido por los ECAs D.S. 004-2017 MINAM categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales). Según Escandón (2022) los factores que favorecen la concentración de oxígeno disuelto es la turbulencia que se registra en épocas de lluvia permitiendo mayor oxigenación del cuerpo de agua y otro factor importante es la vegetación de ribereña que reduce la temperatura y evaporación.

d) Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Tabla 24. Conductividad eléctrica en $\mu\text{S}/\text{cm}$ obtenido en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo

Campañas	Estaciones de Muestreo			
	E – 1	E – 2	E - 3	E – 4
1era campaña	244	285	274	280
2da campaña	191	253	252	271
3era campaña	305	312	288	285
4ta campaña	237	290	282	285
Promedio por estación (us/cm)	244.47	285.00	274.00	280.33
ECA cat 3 agua de riego	2500	2500	2500	2500

La conductividad registrada en la tabla 24 donde se muestra dichos valores obtenidos en las cuatro estaciones de muestreo presenta en épocas de estiaje y lluvia, se cumplió con los límites establecidos por los ECA D.S. 004-2017 MINAM categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales). Solo se registra una máxima de 312 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la estación de muestreo E-2 de la tercera campaña, no superando lo establecido. Castañeda (2021) señala que la conductividad en las aguas superficiales de montaña por lo regular es muy baja y el aumento de sales en el agua provocados por actividades humanas aumentan la conductividad ocasionando una disminución de familias de macroinvertebrados.

4.1. Metales

a) Aluminio (Al)

Tabla 25. Concentración de Aluminio en mg/L obtenido en las 4 campañas de muestreo de las 4 campañas

Campañas	Estaciones de Muestreo			
	E - 1	E - 2	E - 3	E - 4
1era campaña	0.061	0.093	0.046	0.039
2da campaña	0.296	0.333	0.28	0.296
3era campaña	0.161	0.259	15.43	14.41
4ta campaña	0.756	1.321	4.958	4.683
Promedio por estación (mg/L)	0.32	0.50	5.18	4.86
ECA cat 3 agua de riego	5	5	5	5

De los resultados obtenidos en la tabla 25, se menciona que los valores obtenidos en las estaciones de muestreo están dentro de lo establecido; es decir que, cumplen con los ECAs D.S. N° 004-2017-MINAM categoría 3, a excepción de las estaciones de muestreo E-3 en el que se obtuvo un valor de 15.43 y E-4 con un valor de 14.41 de la tercera campaña correspondiente a época de lluvia, lo que pudo generar que se obtenga esos valores y no cumplan con lo establecido en relación al Aluminio.

b) Arsénico (As)

Tabla 26. Concentración de Arsénico en mg/L obtenido en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo

Campañas	Estaciones de Muestreo			
	E - 1	E - 2	E - 3	E - 4
1era campaña	<0.003	<0.003	0.003	<0.003
2da campaña	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
3era campaña	<0.003	<0.003	0.004	<0.003
4ta campaña	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Promedio por estación (mg/L)	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
ECA cat 3 agua de riego	0.1	0.1	0.1	0.1

El resultado obtenido en las estaciones de muestreo con respecto al arsénico, como se puede observar en la tabla 26 que están por debajo de lo establecido en los ECAs D.S. N° 004-2017-MINAM categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales); es decir que, los valores obtenidos cumplen con lo establecido, ya que los datos de las 4 estaciones de muestreo son los mismos (<0.003 mg/L), de tal manera que no existen componentes principales.

c) Bario (Ba)

Tabla 27. *Concentración de Bario en mg/L obtenido en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo*

Campañas	Estaciones de Muestreo			
	E - 1	E - 2	E - 3	E - 4
1era campaña	0.012	0.013	0.021	0.016
2da campaña	0.011	0.014	0.019	0.024
3era campaña	0.012	0.012	0.222	0.229
4ta campaña	0.013	0.016	0.038	0.037
Promedio por estación (mg/L)	0.01	0.01	0.08	0.08
ECA cat 3 agua de riego	0.7	0.7	0.7	0.7

Según los resultados obtenidos con respecto al Bario realizadas en las cuatro estaciones de muestreo de las cuatro campañas que se muestran en la tabla 27 los valores están por debajo de los ECAs D.S. N° 004-2017-MINAM categoría 3 que es para riego de vegetales y bebida de animales, indicando que las concentraciones de Bario obtenidas no representan un riesgo para la presencia de macroinvertebrados bentónicos.

d) Berilio (Be)

Tabla 28. Concentración de Berilio en mg/L obtenido en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo

Campañas	Estaciones de Muestreo			
	E - 1	E - 2	E - 3	E - 4
1era campaña	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
2da campaña	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
3era campaña	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
4ta campaña	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Promedio por estación (mg/L)	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
ECA cat 3 agua de riego	0.1	0.1	0.1	0.1

Los resultados obtenidos de las 4 estaciones de muestre, que se observan en la tabla 28 no sobrepasan los límites de los valores de los ECAs D.S. N° 004-2017-MINAM categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales); por lo tanto, la correlación de berilio con los macroinvertebrados bentónicos es dispersa.

e) Boro (B)

Tabla 29. Concentración de Boro en mg/L obtenido en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo

Campañas	Estaciones de Muestreo			
	E - 1	E - 2	E - 3	E - 4
1era campaña	<0.021	<0.021	<0.021	<0.021
2da campaña	<0.021	<0.021	<0.021	<0.021
3era campaña	<0.021	<0.021	<0.021	<0.021
4ta campaña	<0.021	<0.021	<0.021	<0.021
Promedio por estación (mg/L)	<0.021	<0.021	<0.021	<0.021
ECA cat 3 agua de riego	1	1	1	1

Los valores obtenidos en relación al Boro, realizados en las cuatro campañas como se muestra en la tabla 29 cumplen con lo establecido en los ECAs D.S. N° 004-2017-MINAM categoría 3 que es para riego de vegetales y bebida de animales.

f) Cadmio (Cd)

Tabla 30. *Concentración de Cadmio en mg/L obtenido en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo*

Campañas	Estaciones de Muestreo			
	E - 1	E - 2	E - 3	E - 4
1era campaña	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
2da campaña	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
3era campaña	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
4ta campaña	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Promedio por estación (mg/L)	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
ECA cat 3 agua de riego	0.01	0.01	0.01	0.01

En la tabla 30 el resultado obtenido con respecto al cadmio, realizados en las cuatro campañas está por debajo de los ECAs D.S. N° 004-2017-MINAM categoría 3, no influyendo en el desarrollo de los macroinvertebrados bentónicos.

g) Cobre (Cu)

Tabla 31. *Concentración de Cobre en mg/L obtenido en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo*

Campañas	Estaciones de Muestreo			
	E - 1	E - 2	E - 3	E - 4
1era campaña	<0.014	<0.014	<0.014	<0.014
2da campaña	0.022	<0.014	<0.014	<0.014
3era campaña	<0.014	<0.014	0.04	0.035
4ta campaña	0.027	0.017	0.017	<0.014
Promedio por estación (mg/L)	0.02	0.02	0.03	0.04
ECA cat 3 agua de riego	0.2	0.2	0.2	0.2

En la tabla 31 el resultado obtenido con respecto al Cobre, realizados en las cuatro campañas está por debajo de la norma, concluyendo que estos valores si cumplen con los ECAs D.S. N° 004-2017-MINAM categoría 3 que es para riego de vegetales y bebida de animales.

h) Cobalto (Co)

Tabla 32. Concentración de Cobalto en mg/L obtenido en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo

Campañas	Estaciones de Muestreo			
	E - 1	E - 2	E - 3	E - 4
1era campaña	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
2da campaña	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
3era campaña	<0.002	<0.002	0.008	0.008
4ta campaña	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Promedio por estación (mg/L)	<0.002	<0.002	0.01	0.01
ECA cat 3 agua de riego	0.05	0.05	0.05	0.05

Como se muestra en la tabla 32 los valores obtenidos en relación al Cobalto, realizados en las cuatro campañas, si cumplen con lo establecido en los ECAs D.S. N° 004-2017-MINAM categoría 3, por encontrarse todos los valores por debajo de lo establecido en la norma.

i) Cromo (Cr)

Tabla 33. Concentración de Cromo en mg/L obtenido en las 4 muestras y dos campañas de muestreo

Campañas	Estaciones de Muestreo			
	E - 1	E - 2	E - 3	E - 4
1era campaña	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
2da campaña	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
3era campaña	<0.002	<0.002	0.006	0.013
4ta campaña	<0.002	0.004	0.003	0.003
Promedio por estación (mg/L)	<0.002	0.00	0.00	0.01
ECA cat 3 agua de riego	0.1	0.1	0.1	0.1

Los valores obtenidos en relación al Cromo que se realizaron en las cuatro campañas como se puede observar en la Tabla 33 los resultados están por debajo de lo establecido lo que indica que cumplen con los ECAs D.S. N° 004-2017-MINAM categoría 3 que es para riego de vegetales y bebida de animales.

j) Hierro (Fe)

Tabla 34. Concentración de Hierro en mg/ obtenido en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo

Campañas	Estaciones de Muestreo			
	E - 1	E - 2	E - 3	E - 4
1era campaña	0.151	0.187	0.136	0.138
2da campaña	0.377	0.367	0.363	0.346
3era campaña	0.238	0.252	20.39	19.23
4ta campaña	0.997	1.722	3.912	3.597
Promedio por estación (mg/L)	0.44	0.63	6.20	5.83
ECA cat 3 agua de riego	5	5	5	5

En la tabla 34 los valores que superan a los ECAs D.S. N° 004-2017-MINAM categoría 3 con respecto al hierro son el E-3 y E-4 de la 3ra campaña realizados en época de lluvia. Teniendo un valor de 20.39 y 19.23 respectivamente, originando un agua moderadamente de baja calidad, el hierro genera un aumento de bacterias que se alimentan de otros minerales que hay en el agua y el aumento de éstas bacterias no permiten el desarrollo de la población de familias de macroinvertebrados bentónicos.

k) Litio (Li)

Tabla 35. Concentración de Litio en mg/L obtenido en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo

Campañas	Estaciones de Muestreo			
	E - 1	E - 2	E - 3	E - 4
1era campaña	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
2da campaña	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
3era campaña	<0.004	<0.004	0.017	0.015
4ta campaña	<0.004	0.005	0.008	0.007
Promedio por estación (mg/L)	<0.004	0.01	0.01	0.01
ECA cat 3 agua de riego	2.5	2.5	2.5	2.5

Como se muestra en la tabla 35 los valores obtenidos en relación al Litio, realizados en las cuatro campañas, si cumplen con lo establecido en los ECAs D.S. N° 004-2017-

MINAM categoría 3, por encontrarse todos los valores por debajo de lo establecido en la norma.

l) Manganeso (Mn)

Tabla 36. Concentración de Manganeso en mg/L obtenido en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo

Campañas	Estaciones de Muestreo			
	E - 1	E - 2	E - 3	E - 4
1era campaña	0.021	0.03	0.041	0.037
2da campaña	0.042	0.034	0.071	0.072
3era campaña	0.039	0.034	1.003	1.1
4ta campaña	0.042	0.038	0.105	0.11
Promedio por estación (mg/L)	0.04	0.03	0.31	0.33
ECA cat 3 agua de riego	0.2	0.2	0.2	0.2

En la Tabla 36 se aprecia que los valores superan a los ECAs D.S. N° 004-2017-MINAM categoría 3 para el Manganeso son el E-3 y E-4, de la 3ra campaña. Teniendo un resultado de 1.003 y 1.1 respectivamente, el manganeso al igual que el hierro genera un aumento de bacterias las cuales se alimentan de otros minerales que hay en el agua; esto implica el aumento de están bacterias, las cuales no permiten el desarrollo de la población de familias de macroinvertebrados bentónicos.

m) Níquel (Ni)

Tabla 37. Concentración de Níquel en mg/L obtenido en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo

Campañas	Estaciones de Muestreo			
	E - 1	E - 2	E - 3	E - 4
1era campaña	<0.002	0.009	0.003	0.003
2da campaña	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
3era campaña	<0.002	<0.002	0.011	0.011
4ta campaña	<0.002	<0.002	0.002	<0.002
Promedio por estación (mg/L)	<0.002	0.01	0.01	0.01
ECA cat 3 agua de riego	0.2	0.2	0.2	0.2

Los resultados que se muestran en la tabla 37 se encuentran dentro del parámetro establecido; es decir, si cumple con los ECAs D.S. N° 004-2017-MINAM categoría 3 que es para riego de vegetales y bebida de animales.

n) Plomo (Pb)

Tabla 38. *Concentración de Plomo en mg/L obtenido en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo*

Campañas	Estaciones de Muestreo			
	E - 1	E - 2	E - 3	E - 4
1era campaña	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
2da campaña	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
3era campaña	<0.003	<0.003	0.018	0.017
4ta campaña	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Promedio por estación (mg/L)	<0.003	<0.003	0.02	0.02
ECA cat 3 agua de riego	0.05	0.05	0.05	0.05

Los resultados obtenidos de las cuatro campañas de muestreo con respecto al plomo, como se observa en la tabla 38 los valores están dentro de lo establecido para los ECAs D.S. N° 004-2017-MINAM categoría 3 que es para riego de vegetales y bebida de animales, no afectando a los macroinvertebrados ya que el plomo influye en el metabolismo celular.

o) Selenio (Se)

Tabla 39. *Concentración de Selenio en mg/L obtenido en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo*

Campañas	Estaciones de Muestreo			
	E - 1	E - 2	E - 3	E - 4
1era campaña	<0.017	<0.017	0.019	<0.017
2da campaña	<0.017	<0.017	<0.017	<0.017
3era campaña	<0.017	<0.017	<0.017	<0.017
4ta campaña	<0.017	<0.017	<0.017	<0.017
Promedio por estación (mg/L)	<0.017	<0.017	0.02	<0.017
ECA cat 3 agua de riego	0.02	0.02	0.02	0.02

Los resultados de las concentraciones del selenio, muestran una variación en la estación de muestreo E-3 de la primera campaña la cual es significativa, es decir no sobrepasa los límites establecidos por el ECA, al igual que todos los valores obtenidos en el muestreo como se puede observar en la tabla 39 cumplen con los ECAs D.S. N° 004-2017-MINAM categoría 3 que es para riego de vegetales y bebida de animales.

p) Zinc (Zn)

Tabla 40. *Concentración de Zinc en mg/L obtenido en las 4 muestras y 4 campañas de muestreo*

Campañas	Estaciones de Muestreo			
	E - 1	E - 2	E - 3	E - 4
1era campaña	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016
2da campaña	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016
3era campaña	<0.016	<0.016	0.069	0.069
4ta campaña	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016
Promedio por estación (mg/L)	<0.016	<0.016	0.07	0.07
ECA cat 3 agua de riego	2	2	2	2

De la tabla 40 ninguna de las estaciones supero el ECA categoría 3 aguas para riego de vegetales y bebida de animales, los valores donde se encuentran una variación significativa son en la E-3 y E-4 de la segunda campaña donde los resultados estuvieron por debajo del límite de los ECAs D.S. N° 004-2017-MINAM categoría 3 que es para riego de vegetales y bebida de animales.

4.5. Método estadístico análisis correlacionar de Pearson

Tabla 41. Correlaciones entre los índices aplicados y los parámetros físico-químicos

		Índice BMWP'COL	Índice ABI	Índice BMWP'BOL	Índice EPT	Índice CERA
Índice BMWP'COL	Correlación de Pearson	1	1	1	1	1
	Sig. (bilateral)					
	N	16	16	16	16	16
Ph	Correlación de Pearson	-,517*	-,535*	-.463	-.449	-,530*
	Sig. (bilateral)	,040	,033	.071	.081	,035
	N	16	16	16	16	16
Temperatura	Correlación de Pearson	,300	,333	.304	.425	.453
	Sig. (bilateral)	,259	,208	.252	.101	.078
	N	16	16	16	16	16
Oxígeno disuelto	Correlación de Pearson	-,480	-,501*	-.462	-.495	-,742**
	Sig. (bilateral)	,060	,048	.072	.051	,001
	N	16	16	16	16	16
Conductividad	Correlación de Pearson	-,259	-,273	-.251	-.165	-.056
	Sig. (bilateral)	,333	,307	.349	.542	.835
	N	16	16	16	16	16
Aluminio	Correlación de Pearson	-,394	-,408	-.379	-.220	-.251
	Sig. (bilateral)	,132	,117	.148	.413	.347
	N	16	16	16	16	16
Bario	Correlación de Pearson	-,335	-,350	-.331	-.148	-.172
	Sig. (bilateral)	,205	,184	.211	.585	.525
	N	16	16	16	16	16
Cobre	Correlación de Pearson	-,780	-,782	-,815*	-.659	. ^c
	Sig. (bilateral)	,068	,066	.048	.155	0.000
	N	6	6	6	6	6
Hierro	Correlación de Pearson	-,374	-,389	-.364	-.202	-.226
	Sig. (bilateral)	,154	,136	.166	.454	.400
	N	16	16	16	16	16

	Correlación de Pearson	-,338	-,353	-.340	-.148	-.158
Manganeso	Sig. (bilateral)	,201	,180	,197	,583	,558
	N	16	16	16	16	16

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

N: Numero de datos procesados por cada parámetro analizado

En la tabla 41, al realizar la correlación entre los índices todos presentaron un valor de significancia menor a 0.01 y una correlación que fluctúa entre 0.7 y 1 teniendo una relación alta positiva. Esto significa que en la zona evaluada se puede aplicar cualquiera de los cientos de índices y se obtendrán resultados similares, por tanto, se confirma la hipótesis planteada

El valor del cobre no será significativo porque la media no está completa debido a que mucho de los resultados para este parámetro están por debajo de los -LCM (límite de cuantificación del método) por ende por tener muchos vacíos en la tabla no los puede correlacionar. Por esa razón, se presenta la información estadística en la Tabla 41, la cual está marcada con rojo.

Tabla 42. *Análisis correlacional entre los Índices Bióticos Aplicados*

		Índice CERA	Índice ABI	Índice EPT	Índice BMWP'COL	Índice BMWP'BOL
Índice CERA	Correlación de Pearson	1	,758**	,746**	,722**	,720**
	Sig. (bilateral)		,001	,001	,001	,001
	N	16	16	16	16	16
Índice ABI	Correlación de Pearson	,758**	1	,874**	,992**	,991**
	Sig. (bilateral)	,001		,000	,000	,000
	N	16	16	16	16	16
Índice EPT	Correlación de Pearson	,746**	,874**	1	,881**	,876**
	Sig. (bilateral)	,001	,000		,000	,000
	N	16	16	16	16	16

Índice	Correlación de Pearson	,722**	,992**	,881**	1	,995**
BMWP´COL	Sig. (bilateral)	,001	,000	,000		,000
	N	16	16	16	16	16
Índice	Correlación de Pearson	,720**	,991**	,876**	,995**	1
BMWP´BOL	Sig. (bilateral)	,001	,000	,000	,000	
	N	16	16	16	16	16

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nivel de significancia de 99 %

En la tabla 42. el pH tiene una significancia menor a 0.05 para los índices BMWP Col, ABI y Protocolo CERA en todos teniendo una relación inversa media negativa lo que significa a pH muy ácidos o muy alcalinos los valores de los tres índices serán menores.

Para el caso del oxígeno se muestra una significancia menor a 0.05 para los índices ABI y protocolo CERA teniendo valores negativos altos -0.5 y -0.7, lo que significa que a menor concentración de oxígeno menor valoración de los índices,

Para los casos de los índices BMWP Bol y EPT los valores están muy próximos a la significancia de 0.05

Para todos los demás parámetros no existe una significancia menor a 0.05 por lo que no se puede considerar en este caso una correlación

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- Al comparar los cinco índices ABI, EPT, BMWP-Col, BMWP-Bol, y CERA en las cuatro estaciones de muestreo establecidos en el estudio, para conocer la calidad del agua en la cabecera del río Namora, se determinó que para el índice ABI la calidad es moderada, con un puntaje promedio de 30.
- Según el índice EPT, la calidad del agua es pobre, con resultados promedio menores de 5.
- En el índice BMWP/Col se obtuvo un puntaje promedio de 36 que determina una calidad dudosa, mientras que para el índice BMWP/Bol se obtuvo un puntaje promedio de 34 que determina una calidad de agua crítica y para el índice CERA una calidad pésima.
- La comunidad de macroinvertebrados bentónicos identificados en las cuatro estaciones de muestreo en época de estiaje y época de lluvia fueron las siguientes: *Ostracoda*, *Hyalellidae*, *Sphaeriidae*, *Physidae*, *Simuliidae*, *Chironomidae*, *Ceratopogonidae*, *Tipulidae*, *Empididae*, *Muscidae*, *Ephydriidae*, *Tubificidae*, *Hydracarina*, *Psephenidae*, *Elmidae*, *Leptohyphidae*, *Baetidae*, *Leptophlebiidae*, *Polycentropodidae*, *Hidrottilidae*, *Xiphocentronidae*, *Isomatidae*.
- La mejor valoración de la calidad ecológica del río Namora se obtuvo con el Protocolo CERA, por ser el más adecuado y trabajar con tres componentes esenciales.
- Los resultados de los parámetros fisicoquímicos pH, Temperatura, Oxígeno disuelto y Conductividad mostraron variaciones en cada una de las cuatro estaciones muestreadas; sin embargo, los parámetros evaluados cumplieron con el DS N° 004-

2017MINAM para la categoría 3: sub categoría D1, riego de vegetales y D2 bebida de animales, favoreciendo el desarrollo de los macroinvertebrados.

- Los resultados con relación a la concentración de metales pesados en las cuatro estaciones de la época de lluvia y estiaje si cumplieron con el DS N° 004-2017MINAM, a excepción de las estaciones de muestreo E-3 y E-4 de la tercera campaña en relación al Aluminio (Al), Hierro (Fe) y Manganeso (Mn), las cuales registraron un aumento en sus concentraciones durante la época de lluvia. Estos resultados sugieren que la concentración de metales pesados con respecto a los resultados de índices bióticos de la tercera campaña puede haber afectado a la disminución de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por ser una limitante para el desarrollo de macroinvertebrados bentónicos.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguas urbanas. (2018). *Monitoreo biológico de calidad de agua – Aguas Urbanas*. Aguas Urbanas. Obtenido de:
<http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/14/monitoreo-biologico-de-calidad-de-agua/>
- Alomía, J., Iannacone, J., Alvaríño, L., & Ventura, K. (2017). Macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de las aguas de la cuenca alta del río Huallaga, Perú. *The Biologist*, 15 (1), 65 – 84. Obtenido de:
<https://revistas.unfv.edu.pe/index.php/rtb/article/view/144>
- Alonso, A., & Camargo, J. A. (2005). Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas*, 14 (3), 87 – 99. Obtenido de:
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/432>
- Baron, J. S., Poff, N. L., Angermeier, P. L., Dahm, C. N., Gleick, P. H., Hairston Jr, N. G., ... & Steinman, A. D. (2002). Meeting ecological and societal needs for freshwater. *Ecological Applications*, 12 (5), 1247-1260. Obtenido de:
[https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2002\)012\[1247:MEASNF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2002)012[1247:MEASNF]2.0.CO;2)
- Buenaño, M., Vásquez, C., Zurita-Vásquez, H., Parra, J., & Pérez, R. (2018). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del Pachanlica, provincia de Tungurahua, Ecuador. *Intropica*, 1 (1), 41-49. Obtenido de: <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.2405>
- Bustamante, Y. (2021). *Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos en el río Yanayacu, Chota-Cajamarca*

2019. Universidad Autónoma de Chota, Cajamarca. Obtenido de:
<https://hdl.handle.net/20.500.14142/146>
- Castañeda, D. (2021). *Caracterización fisicoquímica y biológica de las aguas del río Grande en la localidad de Cortegana – Celendín*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Obtenido de:
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1755>
- Correa-Araneda, F., Rivera, R., Urrutia, J., De los Ríos, P., Contreras, A., & Encina Montoya, F. (2010). Efectos de una zona urbana sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de un ecosistema fluvial del sur de Chile. *Limnetica*, 29(2), 183-194. Obtenido de:
<http://dx.doi.org/10.23818/limn.29.15>
- Elosegi, A. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Fundación BBVA. Obtenido de: https://www.fbbva.es/microsites/ecologia_fluvial/index.htm
- Encalada, A. (2021). Funciones ecosistémicas y diversidad de los ríos: Reflexiones sobre el concepto de caudal ecológico y su aplicación en el Ecuador. *Polémica*, 2 (5), 40 - 47. Obtenido de:
<https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/polemika/article/view/370>
- Encalada, A., & Rieradevall, M. (2011). Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S). *Ríos Alto Andinos*. 1 (1), 83 – 90. Obtenido de: <https://www.ub.edu/fem/index.php/ca/ceras-altoandinos>
- Endara, A. (2012). Identificación de macro invertebrados bentónicos en los ríos: Pindo Mirador, Alpayacu y Pindo Grande; determinación de su calidad de agua. *Enfoque UTE*, 3 (2), 33-41. Obtenido de:
<https://www.redalyc.org/pdf/5722/572260836003.pdf>

Escandón G., & Cáceres E. (2022). Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río San Francisco-Gualaceo. Obtenido de:

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21649>

Gonzales, C., & Maestre, J. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. MINAM. Obtenido de:
<https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wpcontent/uploads/sites/21/2014/02/M%C3%A9todos-de-Colectaidentificaci%C3%B3n-y-an%C3%A1lisis-de-comunidadesbiol%C3%B3gicas.compressed.pdf>

Hernández, Y., López, D., & Moya, F. (2019). Monitoreo ambiental como herramienta para el seguimiento continuo previsto en la evaluación de impacto ambiental. *Espacios*, 40(3), 17. Obtenido de:

<https://www.revistaespacios.com/a19v40n03/a19v40n03p17.pdf>

Huertas, D. (2014). *Análisis de la calidad de agua del río Cutuchi con base a variables físicoquímicas y macroinvertebrados acuáticos*. Universidad Tecnológica Equinoccial. Obtenido de

http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4681/1/58595_1.pdf

Jara, L. (2020). *Determinación de la calidad del agua de la sub cuenca del río Pariac en la quebrada de Rajucolta, Huaraz, mediante el uso de parámetros físicoquímicos y macroinvertebrados bentónicos, 2019*. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz. Obtenido de:

https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4420/T033_45983316_T.pdf?sequence=1

- López, J. (2016). *Análisis de sensibilidad de macroinvertebrados a la variación de parámetros físico químicos de calidad del agua en el Río Jatunhuayco–EPMAPS*. Quito. Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de:
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16739>
- Ministerio de Ambiente. (2015). *D.S 0015-2015 del MINAM. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. MINAM*. Obtenido de:
<https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/317544-015-2015-minam>
- Monroy, N. (2011). *Análisis de la situación jurídica actual de los recursos hídricos en la república de Guatemala y la necesidad de crear la ley de aguas y rectoría del recurso hídrico*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Obtenido de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04_9145.pdf.
- Neumann, M., Baumeister, J., Liess, M., & Schulz, R. (2003). An expert system to estimate the pesticide contamination of small streams using benthic macroinvertebrates as bioindicators II. The knowledge base of LIMPACT. *Ecological indicators*, 2 (3), 391-401. Obtenido de:
[https://doi.org/10.1016/S1470-160X\(02\)00056-0](https://doi.org/10.1016/S1470-160X(02)00056-0)
- Organización de Estados Americanos. (2014). *Calidad de Agua. OEA*. Obtenido de:
https://cicplata.org/wp-content/uploads/2017/04/calidad_del_agua_en_la_cuenca_del_plata_20170424.pdf
- Pérez, G. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Academia Colombiana de Ciencia*, 23 (88), 375-387. Obtenido de:
<https://goo.su/Snzkmi>
- Pimentel, H. (2014). *Análisis desde la perspectiva de los Índices bióticos, EVCA-Agua y manejo adaptativo; usando macroinvertebrados bentónicos en ríos altoandinos-*

- Camisea 2009-2012. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Obtenido de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1906>
- Pinilla (2011). *Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos en Colombia. Santander – Bogotá*. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/260186467_Indicadores_biologicos_en_ecosistemas_acuaticos_continental_de_Colombia_Compilacion_bibliografica
- Roldán, G. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista Académica Colombiana de Ciencias*, 23 (88), 375 - 387. Obtenido de: <https://es.scribd.com/document/66696971/Los-Macroinvertebrados-y-Su-Valor-Como-Indicadores-de-La-Calidad-del-Agua>
- Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP Col. Universidad de Antioquia, Colombia. Editorial Universidad de Antioquía. Obtenido de: <https://searchworks.stanford.edu/view/5799477>
- Roldán, G. (2012). *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Obtenido de: https://www.academia.edu/15459713/Los_Macroinvertebrados_omo_Bioindicadores_de_la_Calidad_Del_Agua
- Romero, D., & Tarrillo, H. (2017). *Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag, Santa Cruz - Cajamarca durante agosto a diciembre 2016 y marzo 2017*. Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca. Obtenido de: <https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/146>
- Rosado, Á., Yanez, Á., Zambrano, J., Cabezas, D., Chuez, J., & Cajas, C. (2017). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de

- descargas residuales al río Quevedo, Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 10 (1), 27-34. Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6261804>
- Soria Reinoso, I. F. (2016). *Evaluación de la Calidad Ecológica del río Jatunhuayco en la zona asociada a la Captación Jatunhuayco (EPMAPS) utilizando comunidades de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua*. Escuela Politécnica Nacional, Quito. Obtenido de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16736/1/CD-7332.pdf>
- Terneus, E., Hernández, K., & Racines, M. (2012). Evaluación ecológica del río Lliquino a través de macroinvertebrados acuáticos, Pastaza - Ecuador. *Revista de Ciencias*, 16 (1), 31 – 45. Obtenido de: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/1285f883-5180-4853-ac38-02db3c8c519d/content>
- Villanueva, T., Belizario, G., Chui, H., & Perez, K. (2023). Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas superficiales del río Chacapalca para fines de riego. *Revista Boliviana de Química*, 40 (4), 1-8. Obtenido de: <https://doi.org/10.34098/2078-3949.40.4.1>
- Water boards. (2015). *Folleto informativos conductividad eléctrica*. Water boards. Obtenido de: http://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/313p.pdf Conductividad
- Zamora, J., & Ortuño, C. (2012). *Guía para la Evaluación de la Calidad Acuática Mediante el Índice BMWP/Bol*. Estado Plurinacional de Bolivia. Obtenido de: <https://fdocuments.net/document/gua-para-la-evaluacin-de-la-calidad-acutica-mediante-el-plan-nacional-de-cuencas.html?page=1>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Panel fotográfico.



Figura 3. *Material de campo*



Figura 4. *Primer punto de muestro*



Figura 5. *Segundo punto de muestro*

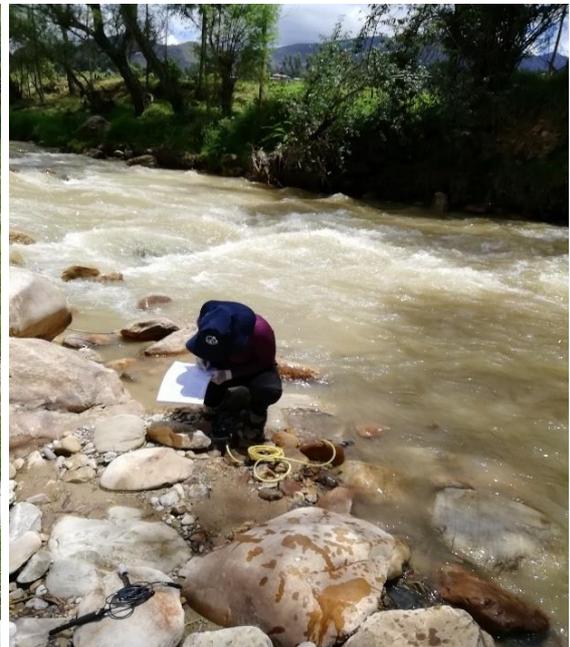


Figura 6. *Tercer punto de muestro*



Figura 7. *Cuarto punto de muestro*



Figura 8. *Familia Hydropsychidae*

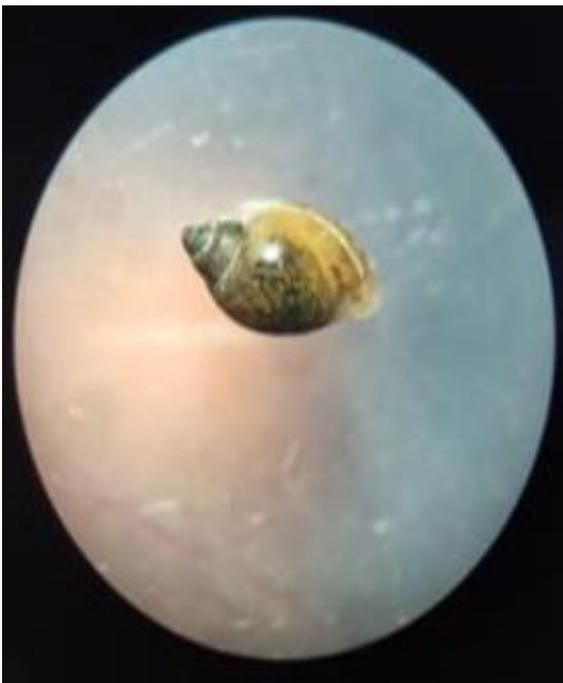


Figura 9. *Familia Physidae*



Figura 10. *Familia Hydracarina*

Informes de análisis de muestras de agua.

	LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA		
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084			
INFORME DE ENSAYO N° IE 1118639			
DATOS DEL CLIENTE/USUARIO			
Razon Social/Usuario	LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA		
Dirección	Jr. Luis Alberto Sánchez S/N		
Persona de contacto	UNC - Nilton DEZA	Correo electrónico	laboratoriodelagua@hotmail.com
DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	05.11.18	Hora:	12:25 a 13:18
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de Muestras	04 Muestras	N° Frascos x muestra	XXX
Ensayos solicitados	Fisicoquímicos y Microbiológicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.		
Responsable de la toma de muestra	Las muestras fueron tomadas por personal del Laboratorio		
Procedencia de la Muestra:	RÍO NAMORA		
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	MUESTRA INTERNA	Cadena de Custodia	CC - 639 - 18
N° Orden de Trabajo	1118639		
Fecha y Hora de Recepción	05.11.18	15:50	Inicio de Ensayo 05.11.18 16:40
Reporte Resultado	12.11.18	10:00	
 Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz Responsable Técnico (e) CBP: 9778			
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA			
Cajamarca, 13 de Noviembre de 2018.			
1 de 3			
<small>"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO" JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe FONDO: 599000 anexo 1140</small>			



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 1118639

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			P-01	P-02	P-03	P-04	-	-
Código Laboratorio			1118639-01	1118639-02	1118639-03	1118639-04	-	-
Matriz de Agua			NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	-	-
Localización de la Muestra			Río Namora	Río Namora	Río Namora	Río Namora	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Plata (Ag)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.022	0.061	0.093	0.046	0.039	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	0.003	<LCM	-	-
Boro (B)	mg/L	0.021	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.002	0.012	0.013	0.021	0.016	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.070	74.59	76.77	67.24	66.18	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.014	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.019	0.151	0.187	0.136	0.138	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.049	0.998	0.803	0.856	0.836	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.017	2.282	2.162	2.235	2.186	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.002	0.021	0.030	0.041	0.037	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.018	1.233	1.002	1.257	1.223	-	-
Niquel (Ni)	mg/L	0.002	<LCM	0.009	0.003	0.003	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.020	0.198	0.297	0.204	0.179	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.085	2.81	2.483	1.877	1.876	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	0.019	<LCM	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.085	2.382	2.192	2.411	2.401	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.138	0.133	0.146	0.138	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	0.004	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-

Cajamarca, 13 de Noviembre de 2018.

2 de 3



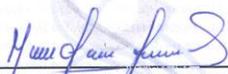
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 1118639

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS				
Código Cliente	P-01		P-02	P-03	P-04	-	-
Código Laboratorio	1118639-01		1118639-02	1118639-03	1118639-04	-	-
Matriz de Agua	NATURAL		NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-
Descripción	Superficial		Superficial	Superficial	Superficial	-	-
Localización de la Muestra	Río Namora		Río Namora	Río Namora	Río Namora	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados				
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.038	0.106	0.087	0.099	0.099	-
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.065	1.04	1.094	0.968	1.068	-
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.035	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	0.577	0.710	0.570	<LCM	-
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.070	3.52	3.192	2.619	2.594	-
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.032	0.115	0.092	0.095	<LCM	-
Conductividad a 25°C	uS/cm	NA	372.0	363.5	327.8	324.5	-


Ing. Oco. Mariano de la Cruz Sarmiento
Analista Responsable de Química
CIP: 119544

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4. 1994. (Validado) 2014. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-NO ₂ , N-NO ₃ , P-PO ₄ , N-NO ₂ +N-NO ₃)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
Conductividad a 25°C	uS/cm	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2510. B. 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method
Muestreo de Aguas Naturales- superficial	-	Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos superficiales. RJ N° 010-2016-ANA

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación del métodos, VE: Valor Estimado

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.1, <1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev.N°05 Fecha : 06/06/2017

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe conciernen única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Cajamarca, 13 de Noviembre de 2018.

3 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 1118687

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**
 Dirección **Jr. Luis Alberto Sánchez S/N**
 Persona de contacto **UNC - Nilton Deza** Correo electrónico **laboratoriodelagua@hotmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **23.11.18** Hora: **08:55 a 10:40**
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de Muestras **04 Muestras** N° Frascos x muestra **02**
 Ensayos solicitados **Fisicoquímicos**
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
 Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por Roxana Mantilla Huaripata.**
 Procedencia de la Muestra: **RÍO NAMORA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **MUESTRA INTERNA** Cadena de Custodia **CC - 687 - 18**
 N° Orden de Trabajo **1118687**
 Fecha y Hora de Recepción **23.11.18** **14:30** Inicio de Ensayo **23.11.18** **15:40**
 Reporte Resultado **30.11.18** **10:00**

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
[Firma]
Bigo. Juan V. Diaz Saenz
RESPONSABLE
CBP 7395

DEL AGUA

Cajamarca, 30 de Noviembre de 2018.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 1118687

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			P-01	P-02	P-03	P-04	-	-
Código Laboratorio			1118687-01	1118687-02	1118687-03	1118687-04	-	-
Matriz de Agua			NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	-	-
Localización de la Muestra			Río Namora	Río Namora	Río Namora	Río Namora	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Plata (Ag)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.022	0.296	0.333	0.280	0.296	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Boro (B)	mg/L	0.021	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.002	0.011	0.014	0.019	0.024	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.070	45.06	60.55	66.79	65.10	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.014	0.022	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.019	0.377	0.367	0.363	0.346	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.049	0.76	0.787	0.792	0.912	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.017	1.439	1.629	1.827	1.884	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.002	0.042	0.034	0.071	0.072	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.018	2.132	1.471	1.488	1.760	-	-
Niquel (Ni)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.020	0.277	0.398	0.659	0.503	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.005	2.78	1.670	1.517	1.609	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.085	3.733	3.119	2.846	3.028	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.086	0.113	0.133	0.136	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.003	0.006	0.004	<LCM	<LCM	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-

Cajamarca, 30 de Noviembre de 2018.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1118687

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente	P-01		P-02	P-03	P-04	-	-	
Código Laboratorio	1118687-01		1118687-02	1118687-03	1118687-04	-	-	
Matriz de Agua	NATURAL		NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-	
Descripción	Superficial		Superficial	Superficial	Superficial	-	-	
Localización de la Muestra	Río Namora		Río Namora	Río Namora	Río Namora	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.038	0.096	0.213	0.136	0.212	-	-
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.065	1.352	0.804	0.927	1.587	-	-
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.035	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	1.042	0.680	0.881	0.880	-	-
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.070	13.81	2.789	2.724	3.033	-	-
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.032	0.070	0.068	0.122	0.132	-	-
Conductividad a 25°C	uS/cm	NA	223.6	284.0	298.3	303.1	-	-

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado) 2014. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-NO ₂ , N-NO ₃ , P-PO ₄ , N-NO ₂ +N-NO ₃)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
Conductividad a 25°C	uS/cm	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2510. B. 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method
Muestreo de Aguas Naturales- superficial	-	Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos superficiales. RJ N° 010-2016-ANA

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación de los métodos, VE: Valor Estimado

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

Los Resultados Microbiológicos <1,8, 1,1, <1,0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev:N°05 Fecha : 06/06/2017

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.



Cajamarca, 30 de Noviembre de 2018.

3 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 1218772

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**
Dirección **Cajamarca**
Persona de contacto - Correo electrónico -

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **27.12.18** Hora: **13:24 a 15:32**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de Muestras **04** N° Frascos x muestra **02**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
Responsable de la toma de muestra -
Procedencia de la Muestra: **RIO NAMORA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato -- Cadena de Custodia **CC - 772 - 18**
N° Orden de Trabajo **1218772**
Fecha y Hora de Recepción **27.12.18 17:11** Inicio de Ensayo **28.12.18 10:00**
Reporte Resultado **06.01.19 15:00**

Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz
Responsable Técnico (e)
CBP: 9778

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Cajamarca, 06 de Enero de 2019.

1 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 1218772

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			P - 01	P - 02	P - 03	P - 04	-	-
Código Laboratorio			1218772-01	1218772-02	1218772-03	1218772-04	-	-
Matriz de Agua			NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	-	-
Localización de la Muestra			Río Namora	Río Namora	Río Namora	Río Namora	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Plata (Ag)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	0.021	<LCM	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.022	0.161	0.259	15.43	14.41	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	0.004	<LCM	-	-
Boro (B)	mg/L	0.021	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.002	0.012	0.012	0.222	0.229	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.070	65.67	70.22	91.17	92.83	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	0.008	0.008	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	0.006	0.013	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.014	<LCM	<LCM	0.040	0.035	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.019	0.238	0.252	20.39	19.23	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.049	1.039	0.922	2.717	2.736	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	0.017	0.015	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.017	2.109	2.168	3.528	3.595	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.002	0.039	0.034	1.003	1.100	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.018	1.974	1.279	1.248	1.348	-	-
Niquel (Ni)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	0.011	0.011	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.020	0.287	0.207	6.342	5.911	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	0.018	0.017	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.085	1.847	1.278	1.139	1.249	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.085	3.156	3.023	21.15	19.79	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.140	0.155	0.298	0.306	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	<LCM	0.006	0.093	0.092	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	0.024	0.023	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	0.069	0.069	-	-

Cajamarca, 06 de Enero de 2019.

2 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 1218772

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente	P - 01		P - 02	P - 03	P - 04	-	-	
Código Laboratorio	1218772-01		1218772-02	1218772-03	1218772-04	-	-	
Matriz de Agua	NATURAL		NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-	
Descripción	Superficial		Superficial	Superficial	Superficial	-	-	
Localización de la Muestra	Rio Namora		Rio Namora	Rio Namora	Rio Namora	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.038	0.229	0.120	0.187	0.202	-	-
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.065	1.497	0.848	1.210	1.095	-	-
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.035	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	1.427	0.914	1.233	1.236	-	-
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.070	4.613	2.649	2.490	2.489	-	-
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.032	0.219	0.104	0.248	0.229	-	-
Conductividad a 25°C	uS/cm	NA	337.7	349.4	316.7	313.4	-	-

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cr, Fe, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado) 2014. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Mercurio por AAS-CV	mg/L	EPA 245.1. Rev 3.0. 1994. (Validado) 2014. Determination of mercury in water by cold vapor atomic absorption spectrometry
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-NO ₂ , N-NO ₃ , P-PO ₄ , N-NO ₂ +N-NO ₃)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
Conductividad a 25°C	uS/cm	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510. B. 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación del métodos, VE: Valor Estimado

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.1, <1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev.N°05 Fecha: 06/06/2017

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.


Ing. Qco. Mariano de la Cruz Sarmiento
Analista Responsable de Química
CIP: 119544

Cajamarca, 06 de Enero de 2019.

3 de 3

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

IE 1218772

Cliente: LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
Localización: Cajamarca

ENSAYOS			P - 01	P - 02	P - 03	P - 04	-	-	ECA C3 (D2)-(D.S-004)
Parámetro	Unidad	LCM							
Aluminio (Al)	mg/L	0.022	0.161	0.259	15.43	14.41	-	-	5
Arsénico (As)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	0.004	<LCM	-	-	0.2
Boro (B)	mg/L	0.021	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	5
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	0.1
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	0.05
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	0.008	0.008	-	-	1
Cromo (Cr)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	0.006	0.013	-	-	1
Cobre (Cu)	mg/L	0.014	<LCM	<LCM	0.04	0.03	-	-	0.5
Litio (Li)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	0.017	0.015	-	-	2.5
Magnesio (Mg)	mg/L	0.017	2.109	2.168	3.528	3.595	-	-	250
Manganeso (Mn)	mg/L	0.002	0.039	0.034	1.003	1.100	-	-	0.2
Níquel (Ni)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	0.011	0.011	-	-	1
Plomo (Pb)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	0.018	0.017	-	-	0.05
Selenio (Se)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	0.05
Zinc (Zn)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	0.069	0.069	-	-	24
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.070	4.613	2.649	2.490	2.489	-	-	1000

INTERPRETACIÓN

- Los resultados de las muestras P-01 y P-02, cumplen los parámetros analizados, Categoría 3. D1. Riego de Vegetales y D2 Bebida de animales del D.S. N° 004-2017-MINAM.
- Los resultados de las muestras P-03 y P-04, NO cumplen los parámetros de Al, Mn y Pb, Categoría 3. D1. Riego de Vegetales y D2 Bebida de animales del D.S. N° 004-2017-MINAM.

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
Ronald A. Cáceda Cujá
Bigo. Ronald A. Cáceda Cujá
RESPONSABLE DE LA CALIDAD
CBP: 4998

Cajamarca, 06 de Enero de 2019.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0219115

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**
Dirección **JR. Luis Alberto Sánchez S/N**
Persona de contacto **Valentín Díaz - Nilton Deza** Correo electrónico

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **14.02.19** Hora de Muestreo **09:44 a 12:05**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de Muestras **04 Muestras** N° Frascos x muestra **02**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario: Roxana Mantilla Huaripata**
Procedencia de la Muestra: **RÍO NAMORA, muestra para control interno**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **Muestra Interna** Cadena de Custodia **CC - 115 - 18**
Fecha y Hora de Recepción **14.02.19 15:20** Inicio de Ensayo **14.02.19 16:00**
Reporte *Final de* Resultados **21.02.19 15:00**

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
Díaz Saenz
Eigo. Juan V. Díaz Saenz
RESPONSABLE

Cajamarca, 25 de febrero de 2019.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0219115

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			P-01	P-02	P-03	P-04	-	-
Código Laboratorio			0219115-01	0219115-02	0219115-03	0219115-04	-	-
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	-	-
Localización de la Muestra			Río Namora	Río Namora	Río Namora	Río Namora	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.022	0.756	1.321	4.958	4.683	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Boro (B)	mg/L	0.021	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.002	0.013	0.016	0.038	0.037	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.070	51.33	64.78	71.43	67.47	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.002	<LCM	0.004	0.003	0.003	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.014	0.027	0.017	0.017	<LCM	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.019	0.997	1.722	3.912	3.597	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.049	1.060	1.237	2.505	2.376	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.004	<LCM	0.005	0.008	0.007	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.017	1.799	2.121	2.775	2.653	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.002	0.042	0.038	0.105	0.110	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.018	1.410	1.050	1.408	1.404	-	-
Niquel (Ni)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	0.002	<LCM	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.020	0.260	0.260	0.609	0.596	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.085	1.838	1.124	1.104	1.131	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.085	4.277	4.655	11.31	10.99	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.113	0.146	0.181	0.174	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	0.018	0.036	0.146	0.140	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.003	<LCM	0.006	0.019	0.016	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-

Cajamarca, 25 de febrero de 2019.

2 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0219115

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente			P-01	P-02	P-03	P-04	-	-
Código Laboratorio			0219115-01	0219115-02	0219115-03	0219115-04	-	-
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	-	-
Localización de la Muestra			Río Namora	Río Namora	Río Namora	Río Namora	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.038	0.127	0.097	0.165	0.146	-	-
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.065	0.966	1.055	0.960	0.937	-	-
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.035	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	0.523	0.736	0.586	0.611	-	-
Sulfato (SO ₄ ⁼)	mg/L	0.070	3.696	2.785	2.577	2.364	-	-
Fosfato (PO ₄ ⁼)	mg/L	0.032	0.218	0.229	0.189	0.195	-	-
Conductividad a 25°C	uScm	NA	262.6	328.5	310.0	309.0	-	-

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado) 2014. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-NO ₂ , N-NO ₃ , P-PO ₄ , N-NO ₂ +N-NO ₃)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
Conductividad a 25°C	uS/cm	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2510, B, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method
Muestreo de Aguas Naturales- superficial	-	Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos superficiales. RJ N° 010-2016-ANA

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica
- (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev: N°06 Fecha: 02/01/2019

Cajamarca, 25 de febrero de 2019.

3 de 3