

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LAS AGUAS DEL
RIO GRANDE EN LA LOCALIDAD DE CORTEGANA – CELENDÍN –
CAJAMARCA**

T E S I S

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por la Bachiller

DAVID CASTAÑEDA ESTELA

Asesor:

Ing. M.Sc. MANUEL ROBERTO RONCAL RABANAL

CAJAMARCA-PERÚ

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Fundada por Ley N° 14015 del 13 de febrero de 1,962
"Norte de la Universidad Peruana"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica

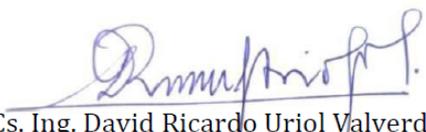
-----000-----

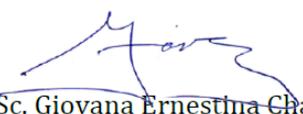
ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los veintinueve días del mes de marzo del año dos mil veintiuno, se reunieron en la Plataforma Virtual de la Universidad Nacional de Cajamarca, a través del Google Meet, los miembros del Jurado, designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 410-2019-FCA-UNC, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: **"CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LAS AGUAS DEL RIO GRANDE EN LA LOCALIDAD DE CORTEGANA - CELENDÍN - CAJAMARCA"**, ejecutado por el Bachiller en Ciencias Ambientales don **DAVID CASTAÑEDA ESTELA**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las DIECINUEVE horas y DIEZ minutos, de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando al sustentante a exponer su trabajo de Tesis y, luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación, el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la APROBACIÓN por UNANIMIDAD con el calificativo de DIECISÉIS (16); por tanto, la Bachiller queda expedito para que inicie los trámites y se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

A las VEINTE horas y VEINTICINCO. minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.


MCs. Ing. David Ricardo Uriol Valverde
PRESIDENTE


Ing. M. Sc. Giovana Ernestina Chávez Horna
SECRETARIO


Ing. Oscar Rogelio Sáenz Narro
VOCAL


Ing. M. Sc. Manuel Roberto Roncal Rabanal
ASESOR

DEDICATORIA

A:

Dios, a mi Sr. padre Gonzalo Castañeda Acuña, a mi Sra. madre Flor Emilce Estela Rodríguez por la vida y apoyo incondicional y a mis hermanos Santos Elizabeth Castañeda Estela, Manuel Castañeda Estela y a mi novia Nancy Thalila Soto Ortíz por la fuerza de aliento y motivos de superación.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por la vida, salud, sabiduría e inteligencia para alcanzar mis objetivos planteados.

A mis padres, hermanos y a la señora Nancy Ortíz Lozano por el apoyo incesante e incondicional durante el día a día.

A mi asesor, Ing. Msc. Manuel Roberto Roncal Rabanal por su confianza y apoyo.

A los profesores de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Cajamarca por su conocimiento, experiencia, paciencia y motivación.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
CONTENIDO	v
LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Antecedentes de la investigación.....	3
2.1.1. A nivel internacional	3
2.1.2. A nivel nacional.....	6
2.1.3. A nivel regional	8
2.2. Bases teóricas	10
CAPÍTULO III	24
MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1 Área de estudio.....	24
3.2 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos	28
3.3 Caracterización biológica	31
3.4 Procesamiento de datos y análisis estadístico.....	34
CAPÍTULO IV	35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1. Parámetros fisicoquímicos.....	35
4.2 Índices bióticos	40
4.3 Análisis estadístico	49
CAPÍTULO V.....	53
CONCLUSIONES.....	53
RECOMENDACIONES	54

CAPÍTULO VI	55
BIBLIOGRAFÍA	55
CAPÍTULO VII.....	65
ANEXOS	65

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores de los parámetros de la categoría 3 del ECA nacional para aguas:	14
Tabla 2. Puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas.....	26
Tabla 3. Parámetros y métodos utilizados por el laboratorio.....	29
Tabla 4. Valores de calidad ecológica EPT.	31
Tabla 5. Valoración de la calidad ecológica BMWP/Col.	32
Tabla 6. Valoración de las familias de macroinvertebrados para obtener el índice BMWP/Col.....	33
Tabla 7. Valoración ecológica ABI, adaptado para Perú.	34
Tabla 8. Análisis de varianza (ANOVA) para las poblaciones de macroinvertebrados. ..	50
Tabla 9. Poblaciones de macroinvertebrados en los monitoreos de evaluación.	50
Tabla 10. Familias de macroinvertebrados en los monitoreos de evaluación.	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de ubicación de la zona de estudio.	25
Figura 2.	Mapa de ubicación de los puntos de muestreo.	27
Figura 3.	Valores de pH.	36
Figura 4.	Valores de oxígeno disuelto.....	37
Figura 5.	Valores de temperatura.	38
Figura 6.	Valores de la conductividad eléctrica.	39
Figura 7.	Valores de dureza total.	40
Figura 8.	Cuantificación de macroinvertebrados en el monitoreo de noviembre del 2018.	41
Figura 9.	Cuantificación de macroinvertebrados en el monitoreo de enero del 2019.....	42
Figura 10.	Valores del índice ecológico EPT.....	44
Figura 11.	Valores del índice BMWP/Col	47
Figura 12.	Valores del índice ABI	48
Figura 13.	Promedio de las poblaciones de macroinvertebrados en los monitoreos de evaluación.....	50
Figura 14.	Promedio de las poblaciones de macroinvertebrados en los diferentes puntos de muestreo.....	51
Figura 15.	Promedio del número de familias por monitoreo de evaluación.	51
Figura 16.	Promedio de familias de macroinvertebrados en los diferentes puntos de monitoreo.....	52
Figura 17.	Toma de muestras para el análisis fisicoquímico en el P1.	65
Figura 18.	Toma de muestras para el análisis fisicoquímico en el P3.	66
Figura 19.	Recolección de macroinvertebrados en el P5.	67
Figura 20.	Toma de muestras para la recolección de macroinvertebrados en el P4.	67
Figura 21.	Observación de macroinvertebrados en el laboratorio.	68
Figura 22.	Identificación de macroinvertebrados en el laboratorio.	68
Figura 23.	Orden Amphipoda	69
Figura 24.	Orden Plecoptera	69
Figura 25.	Orden Tricladida	69
Figura 26.	Orden Coleoptera.....	70
Figura 27.	Orden Ephemeroptera	70
Figura 28.	Orden Trichoptera.....	70

RESUMEN

Se evaluó la calidad de las aguas del río Grande en el distrito de Cortegana – Celendín al norte de Perú 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. Se logró identificar 959 individuos pertenecientes a 11 órdenes y 25 familias de macroinvertebrados bentónicos distribuidos en 5 estaciones de monitoreo, de las que destacan las familias Hyalellidae, Perlidae, Leptohypidae, Helicopsychidae, Hydrobiosidae y Planariidae; 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 encuentran 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 no estuvieron dentro del rango, presentando una condición alcalina por la geología circundante al área de estudio, donde predominan suelos de naturaleza calcárea.

Palabras clave: Río Grande, Cortegana, macroinvertebrados bentónicos, EPT, BMWP/Col, ABI

ABSTRACT

The quality of the waters of the Rio Grande in the district of Cortegana - Celendín in northern Peru was evaluated through the physicochemical and biological characterization during the months of November 2018 to January 2019; The national protocol for monitoring the quality of surface water resources of the National Water Authority (2016) and the weighting values established for each biotic index were taken into consideration. It was possible to identify 959 individuals belonging to 11 orders and 25 families of benthic macroinvertebrates distributed in 5 monitoring stations, of which the families Hyalellidae, Perlidae, Leptohypidae, Helicopsychidae, Hydrobiosidae and Planariidae stand out; Regarding the application of biotic indices, the EPT index obtained an average score of 4.2 qualifying the water as poor quality, with respect to the BMWP / Col index it obtained an average score of 59.3 qualifying as doubtful quality and with the ABI index, an average score of 50 was obtained, qualifying it as moderate quality. Regarding the physical-chemical parameters: Electrical conductivity, pH, dissolved oxygen, temperature, nitrites / nitrates and hardness, they are within the range stipulated in DSN ° 004-2017.MINAM, ECA for category 3 waters: Irrigation of vegetables and animal drink, except for the pH that during the first monitoring (November 2018) at points P4 and P5 were not within the range, presenting an alkaline condition due to the geology surrounding the study area, where calcareous soils predominate.

Key words: Río Grande, Cortegana, benthic macroinvertebrates, EPT, BMWP / Col, ABI.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales más importantes que se encuentra en serios problemas de escasez y contaminación, por lo que es necesario determinar los agentes contaminantes, origen y las posibles soluciones (Castells 2012).

Asimismo, la creciente presión sobre los cuerpos naturales de agua originada por las actividades antropogénicas (poblacionales y productivas) puede afectar la calidad de los recursos hídricos, impactando en los ecosistemas acuáticos y comprometiendo la disponibilidad del recurso hídrico; dado que el uso de aguas contaminadas constituye un riesgo para la salud de las personas y la calidad de los productos agropecuarios, agroindustriales e hidrobiológicos. Por tal motivo, se hace necesaria la ejecución de acciones de vigilancia y fiscalización de la calidad de los recursos hídricos que permitan evaluar, planificar e implementar acciones de prevención, mitigación y control de los impactos negativos (Autoridad Nacional del Agua 2016).

Las principales causas de la contaminación de las aguas del río Grande del distrito de Cortegana son: vertimiento de las aguas residuales, agricultura intensiva, ganadería y otras actividades antrópicas (lavado de vehículos, arrojado de residuos sólidos); lo que en un futuro podría tener repercusiones negativas en la calidad de sus aguas.

De acuerdo con la problemática descrita anteriormente, surge la necesidad de realizar el presente trabajo de investigación; convirtiéndose en el estudio base sobre la calidad del recurso hídrico que permitirá a la población conocer la situación actual, la misma que en un futuro será de gran utilidad para la vigilancia de los impactos de las actividades antrópicas en la zona de estudio.

El presente estudio ha contemplado la evaluación de las características fisicoquímicas y biológicas de las aguas del río Grande, aplicando la normatividad vigente para parámetros fisicoquímicos y el uso de macroinvertebrados bentónicos, que permitieron estimar la relación de las condiciones ecológicas del recurso hídrico y las comunidades acuáticas que en ella habitan.

El objetivo general de la investigación fue determinar las características fisicoquímicas y biológicas de las aguas del río Grande en la localidad de Cortegana – Celendín – Cajamarca; y los objetivos específicos fueron:

- Determinar los parámetros: pH, oxígeno disuelto, temperatura, conductividad eléctrica, dureza, nitritos/nitratos de las aguas del río Grande del distrito de Cortegana – Celendín – Cajamarca.
- Determinar el Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT), el Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col) y el Índice Biótico Andino (ABI) de las aguas del río Grande del distrito de Cortegana.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. A nivel internacional

Walteros y Paiba (2010) caracterizaron la comunidad de macroinvertebrados en relación con la diversidad de microhábitats en la cuenca alta del río Chinchiná, ubicada en la reserva forestal Torre Cuatro (Colombia), identificaron en total 44 familias distribuidas en 9 estaciones de muestreo. Además, valoraron la calidad de agua del río por medio del índice BMWP/Colombia, determinando que la calidad de agua varió entre buena y aceptable.

Sanchez (2005), llevó a cabo un estudio en el río Pamplonita departamento de Norte de Santander, utilizando el índice BMWP modificado para Colombia y llevando a cabo una adaptación para el área de estudio, analizó la influencia de 4 parámetros fisicoquímicos y biológicos. Obteniendo como resultado la clasificación del agua del río pamplonita; cuenca alta, aguas con algunos efectos de contaminación y aguas muy contaminadas, en la cuenca media, aguas fuertemente contaminadas y en la cuenca baja se presentan aguas contaminadas lo que llevó a concluir que a medida que las condiciones de calidad del agua disminuyen la cantidad de familias de macroinvertebrados acuáticos disminuye considerablemente.

Según Aguirre (2011), en su estudio de monitoreo del río Yanuncay en Cuenca - Ecuador, indica que los macroinvertebrados son animales acuáticos que determinan la calidad del agua, ya sea con su presencia o ausencia, también menciona que el uso de macroinvertebrados bentónicos se ha expandido alrededor del planeta. Obteniendo como resultados que en sus tres tramos de monitoreo; es decir parte alta, media y baja, concluye que mediante el uso de los índices WQL y BMWP, la parte baja sufre alteraciones debido que la presencia de macroinvertebrados disminuye y los parámetros fisicoquímicos tienden a modificarse con datos negativos.

Gutiérrez (2009) realizó un trabajo en la microcuenca del río Gaira – Colombia, con el objetivo de caracterizar la composición florística del bosque ribereño y determinar la

calidad del agua con base en parámetros físico – químicos y biológicos. Registró un total de 206 especies florísticas, y 44 familias de macroinvertebrados acuáticos. Además, de acuerdo a su evaluación el río Gaira presentó buena calidad del agua respecto a los parámetros físico – químicos y biológicos, con un leve descenso hacia la parte baja, que se explica debido al efecto de acumulación y continuos de los ecosistemas ribereños, además esta parte de la microcuenca mostró menor riqueza de macroinvertebrados, pero mayor diversidad florística ribereña.

Por su parte Chará *et al.* (2007), realizó su estudio en la cuenca del río La Vieja – Colombia, con el objetivo de evaluar y comparar las características bióticas y abióticas de quebradas con dominancia de pasturas y quebradas con protección de corredores ribereños y sin ellos. Determinó que las quebradas con corredores ribereños presentaron menor turbidez, demanda biológica de oxígeno (DBO), coliformes y mayor diversidad de sustratos y porcentaje de piscinas que las quebradas sin protección; la abundancia relativa de macroinvertebrados de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera combinados fue mayor en las quebradas protegidas; los corredores ribereños demostraron su utilidad en la reducción del impacto negativo del pastoreo en microcuencas pequeñas de la cuenca del río la Vieja, al disminuir el deterioro de la calidad del agua y proveer un hábitat físico más favorable para la fauna acuática.

Correa *et al.* (2010) en sus estudio “efectos de una zona urbana sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de un ecosistema fluvial del sur de Chile”, indican que para que puedan determinar, el efecto espacial de los centros urbanos ribereños sobre la calidad del agua realizaron 6 puntos de muestreo, donde encontraron 15 taxones, los cuales pertenecen al grupo de organismos tolerantes a condiciones de anoxia y a altas concentraciones de materia orgánica, también indican que existe una gran diferencia en la composición y abundancia de taxones en los diferentes puntos de muestreo, puesto que se ubicaron en zona pre-urbana, urbana y post-urbana; además los parámetros fisicoquímicos tales como pH, sólidos suspendidos totales y oxígeno disuelto explican los patrones observados en los macroinvertebrados, por ultimo concluyen que la comunidad de invertebrados es sensible a perturbaciones de origen antrópico.

Reyes (2013), en su estudio denominado “Macroinvertebrados acuáticos de los cuerpos lenticos de la Región Maya, Guatemala, estableció para cada monitoreo 6 estaciones de muestreo como máximo y se obtuvo un total de 38 familias predominando las ordenes

Odonata, Coleóptera, Tripchotera y Ephemeroptera, adicional a esto se realizaron análisis de los parámetros físicoquímicos de temperatura, pH, salinidad, conductividad, sólidos disueltos totales, nutrientes, sulfatos y profundidad; cabe resaltar que indica que hay mayor diversidad de especies de macroinvertebrados bentónicos en lugares donde no hay intervención del hombre y tiende a disminuir cuando aumenta las perturbaciones antrópicas, también infiere que la distribución de macroinvertebrados está influida por variables físicoquímicas.

También Morelli y Verdi (2014), en su estudio en los cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay, con el objetivo de determinar la composición y estructura trófica de la comunidad de macroinvertebrados, así como su relación con algunos parámetros físicoquímicos en los ríos donde el bosque nativo se encuentra bien conservado, y sentar las bases para futuros estudios; recolectó muestras entre diciembre de 2006 a diciembre de 2007, además realizaron evaluaciones in situ de algunos parámetros físicoquímicos, tales como temperatura, oxígeno disuelto, pH y conductividad eléctrica. Registraron un total de 1 291 ejemplares de macroinvertebrados pertenecientes a 92 taxones, las taxas más abundantes fueron Ephemeroptera (36%), Amphipoda (17%) y Coleoptera (12%); además, mencionan que los ríos muestran una gran diversidad y una baja abundancia, también indican que la conductividad, pH y temperatura fueron los factores principales en la determinación de la distribución y composición de los macroinvertebrados.

Cárdenas y Mair (2014), estudió dos ramales estuarinos afectados por la actividad industrial, estero salado – Ecuador, con el fin de evaluar la composición, abundancia y diversidad de los macroinvertebrados en dos zonas afectadas por aguas residuales industriales y domésticas en dos ramales estuarinos en la ciudad de Guayaquil: Aventura Plaza y la Universidad de Guayaquil. Donde no se encontraron diferencias significativas entre las varianzas de la riqueza y abundancia de especies, registrándose la mayor abundancia en el ramal estuarino cercano a la Universidad de Guayaquil, donde el taxón más abundante fue los Oligoquetos; además, indican que los sitios estudiados fueron muy pobres y poco diversos debido posiblemente a las emisiones de aguas residuales de uso doméstico e industrial que alteran parámetros claves para la supervivencia de especies estuarinas como la salinidad, la temperatura y el pH.

2.1.2. A nivel nacional

Barra (2015), en su estudio realizado en nueve quebradas del tramo de la carretera Puerto Maldonado-Mazuko, departamento de Madre de Dios, evaluó la calidad del agua en relación a los diferentes usos de suelos de las áreas circundantes a las quebradas; para la colecta de macroinvertebrados empleó el método denominado "Paquete de hojas (Leaf Pack)". Registrando un total de 10 053 individuos, pertenecientes a 51 familias, 13 órdenes y 7 clases, el mayor índice de dominancia fue para la quebrada Mazuko con 0,427; siendo la clase oligochaeta la más abundante; respecto a los índices bióticos, EPT y BMWP'-CR mostraron que las quebradas La Joya, Central Santa Rosa, Mazuko, Infierno V e Infierno III presentaron una mala calidad del agua; para las quebradas Santo Rosario y East Santa Rosa de acuerdo a ambos índices éstos presentan una excelente calidad de agua, debido a que no se observan agentes antrópicos que estén alterando el medio acuático.

Llasha (2016) por su parte en su estudio realizado en las microcuencas de Huacamarcanga, la Arena y Tres Cruces, La Libertad. Estableció 15 estaciones de muestreo, con el objetivo de determinar la calidad de agua de acuerdo a los macroinvertebrados bentónicos, además, usó el método propuesto por Samanez y Col. (2014). Determinó 9 Clases, 15 órdenes y 42 familias (38 familias determinadas y 04 morfoespecies no determinadas), concluyendo que la calidad del agua de la microcuenca de Huacamarcanga varía de “aceptable” (nPeBMWP = 97) a “regular” (nPeBMWP = 49); microcuenca Tres Cruces varía de “buena” (nPeBMWP = 101) a “regular” (nPeBMWP = 48); microcuenca La Arena varía de “aceptable” (nPeBMWP = 93) a “pésima” (nPeBMWP = 13); en los meses de julio – diciembre del 2015 en la Libertad.

Arana (2008) realizó una caracterización ecológica del río Santa Eulalia (Lima, Perú) mediante el uso de macroinvertebrados como indicadores biológicos, registrando 28 taxas en época seca y 23 taxas en época lluviosa. Además, valoró la calidad de agua mediante el uso del índice BMWP' Modificado, BMWP/Colombia y el IBF (índice biótico de familia). En general, determinó que la calidad del agua varió entre muy contaminada y ligeramente contaminada.

Loayza *et al.* (2010), analizaron el efecto de la contaminación por metales pesados sobre la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en 3 ríos ubicados en la región centro-norte de la Cordillera de los Andes (Ancash) localizados entre los 3500

y 4500 m.s.n.m., concluyendo que la clase collembola y los órdenes Diptera, Coleoptera y Ácari son los más resistentes a las condiciones ambientales alteradas por la presencia de metales pesados además de la alta conductividad y el pH ácido.

Custodio y Chamame (2016) en su investigación “Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú”. Mencionan que los indicadores fisicoquímicos y bacteriológicos de la calidad del agua del río Cunas fueron determinados, según sector, época de muestreo y están en el rango de los estándares de calidad ambiental para agua de ríos de la Sierra; especialmente para las categorías III y IV (riego de vegetales y bebida de animales y, conservación del ambiente acuático). Así mismo indicaron que los mayores porcentajes de macroinvertebrados lo presentaron los órdenes Diptera (46,05%) y Ephemeroptera (37,87%), contribuyendo con el 83,92% del total de los taxa.

Salcedo *et al.* (2013) evaluó la biodiversidad de macroinvertebrados y la calidad ecológica de la microcuenca San Alberto en la provincia de Oxapampa, Pasco, de abril a julio del año 2013. Para ello colectaron macroinvertebrados bentónicos en piedra y arena, además evaluaron parámetros fisicoquímicos, nutrientes y metales en el agua. Registrando un total de 123 taxones de 47 familias (101 taxones en la cuenca alta, 77 en la cuenca media y 55 en la cuenca baja). El estado ecológico de las cuencas alta y media fueron de “muy buena” calidad y de la cuenca baja fue “regular”. Además, los resultados indican que la diferencia de calidad de hábitat ribereño y fluvial, así como de conductividad, sólidos disueltos y nitratos influyen negativamente sobre la calidad del agua, y ésta, sobre la comunidad de macroinvertebrados.

También Jáuregui (2018), realizó una evaluación de macroinvertebrados como bioindicadores en la calidad de agua, en la quebrada corrientillo, dentro de los límites de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP). Logrando identificar la presencia de macroinvertebrados en las 3 zonas de evaluación; de la clase Insecta se identificó, el orden Diptera con 3 familias (Chironomidae, Psychodidae, Ceratopogonidae), orden Ephemeroptera, 3 familias (Leptophlebiidae, Baetidae, Caenidae), orden Trichoptera, 2 familias (Hydroptilidae, Polycentropodidae), orden Odonata, 2 familias (Coenagrionidae, Libellulidae), Ephemeroptera, 1 familia (Belostomatidae) y orden Coleoptera, 1 familia (Elmidae); dentro de la clase malacostrácea se identificó una familia (Palaemonidae), así como una familia de la filo anélida (Haplotaxia).

2.1.3. A nivel regional

Muñoz (2016) en un estudio de “Caracterización fisicoquímica y biológica de las aguas del río Grande en Celendín – Cajamarca”, durante los periodos de estiaje y avenidas respectivamente; estableció 5 estaciones de muestreo ubicadas en los sectores de Chupset, el Gaitán, Shuitute, los Pajuros y Llanguat; determinando que algunos parámetros fisicoquímicos del agua del río estudiado no cumplieron con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua en la categoría 3, establecidas en el Decreto Supremo N° 015–2015–MINAM, excepto en los parámetros de conductividad eléctrica y temperatura considerados en este estudio, respecto a la evaluación biológica se obtuvo como resultado la identificación de 9 713 individuos de macroinvertebrados bentónicos pertenecientes a 9 clases, 14 órdenes y 37 familias, las mismas que si son indicadores biológicos de la calidad del agua.

Carranza *et al.* (2014) realizaron una investigación en el río Mashcón – Cajamarca, cuyo objetivo fue analizar los parámetros físico – químicos de este cuerpo de agua y compararlos con los parámetros dados por el Decreto Supremo (MINAM) N° 002-2008. Obtuvieron que los niveles de pH estaban dentro de los estándares recomendados, pues se obtuvo valores de 7,36 y 7,65; los valores de oxígeno disuelto (OD) son 7,51 y 7,4; también se encontraron dentro de lo permisible (mayores a 5 mg/L), en coliformes totales se obtuvo valores de 31,1 y 54,1 NMP/100mL, aceptables también (por debajo de los parámetros estándares, valor máximo de NMP/100mL). Además, concluyó que esta agua puede ser utilizada para fines agrícolas, así como también para el consumo de animales.

También Silva y Roncal (2016) realizaron una investigación en la cuenca del río Mashcón -Cajamarca, entre los meses de enero a mayo del año 2016, con el objetivo de determinar la influencia de la vegetación ribereña en la calidad del agua. Como resultado obtuvieron que el 77,5% de las locaciones poseen una calidad de agua “excelente” según el índice WATQI, según el ABI el 55% de locaciones poseen un estado ecológico de macroinvertebrados entre “muy bueno” y “bueno”, mientras que el 82,1% de los tramos de vegetación ribereña presentan entre “mala calidad” y “calidad pésima” según el índice QBR. Estadísticamente no se pudieron corroborar la relación existente entre presencia de vegetación ribereña y la mejora de algunos parámetros físico – químicos.

Además, Palomino (2017) en una investigación relacionó los cambios en la estructura comunitaria de los macroinvertebrados acuáticos bentónicos (MAB) con la variación de los parámetros asociados a la calidad del agua en el río Mashcón. Determinando que en dos de sus estaciones de evaluación (E1 y E2) se observó una mayor abundancia de individuos de la familia Chironomidae, los mismos que son considerados como indicadores de aguas contaminadas con materia orgánica; en las estaciones E3, E4 y E5 la familia Baetidae fue la que presentó una mayor abundancia, aunque también se registró en la E2, por lo que no indicaría precisamente aguas de buena calidad; no siendo el caso de la familia Leptophlebiidae y familias de los órdenes Trichoptera y Coleóptera que solo se registraron en las estaciones E4 y E5, que presentan una menor perturbación.

Linares (2018) en su estudio sobre la caracterización fisicoquímica y de macro invertebrados bentónicos de los ríos Perlamayo y Tacamache, distrito de Chugur - Cajamarca. Cuyo objetivo fue caracterizar la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en los ríos Perlamayo y Tacamache, en 7 puntos de muestreo. Obtuvo como resultados la identificación de 6 órdenes y 16 familia de MIB, de las que destacan Leptophlebiidae, Gripopterygidae, Leptoceridae, Hydrobiosidae, Hyalellidae, Chironomidae; respecto a la aplicación de los índices bióticos, el índice ETP obtuvo una calidad pobre, el índice BMWP/Bol y BMWP/Col , mostraron una calidad crítica y el índice ABI y CERA mostraron una calidad moderada; además respecto a la caracterización fisicoquímica, la mayoría de estos estuvieron dentro de límites de la normatividad peruana a excepción del pH, en los puntos P1 y P2 con una condición de acidez y en P5 y P6 con una condición alcalina , y el oxígeno disuelto , en el P6 en el mes de julio no cumplió con los parámetros de acuerdo al D.S.N°004-2017.MINAM.

Por su parte Romero y Tarrillo (2017) en el estudio en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca, durante agosto, diciembre 2016 y marzo 2017. Con el objetivo de evaluar la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca. Obtuvieron como resultados la identificación de 8 órdenes y 17 familias de MIB, de las que destacan Díptera, Ephemeroptera y Coleóptera, en cuanto a la aplicación del índice EPT se obtuvo que la calidad del agua fue pobre, con respecto al índice BMWP, una calidad ligeramente contaminada, los resultados del índice ABI, moderada respectivamente; también 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.

Vásquez y Chilón (2019) estudiando las comunidades de macroinvertebrados presentes en el Río Llaucano y las variables fisicoquímicas del agua. Utilizaron los siguientes métodos biológicos (los índices BMWP/ col, BMWP/ bol, CERA, EPT, ABI) y fisicoquímicos (DBO, DQO, nitratos, fosfatos, coliformes termotolerantes, pH, turbidez, conductividad, oxígeno disuelto y caudal). Como resultados obtuvieron que al evaluar la contaminación orgánica del Río Llaucano se pudo determinar que la estación que presenta la mayor contaminación fue PM3 debido a su cercanía a la provincia de Bambamarca, también indicaron de acuerdo a los 5 índices aplicados, la mayor calidad del ecosistema acuático del río Llaucano se presentó en las estaciones PM5 y PM6 obteniéndose resultados que van de regular a buena.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Los ecosistemas de aguas continentales del Perú

Samanez *et al.* (2014) indican que el Perú es un país megadiverso, cuya riqueza natural incluye a poblaciones de organismos de flora, fauna terrestre, acuática y su integración a los ecosistemas. Dentro de éstos destacan los acuáticos continentales; distribuidos en la costa en forma de humedales costeros, lagunas, pantanos, la mayoría de estos ecosistemas se originan por filtraciones fluviales y con influencia marina; mientras que los ríos tienen su origen en la región altoandina mayoritariamente de glaciares. Ello hace diferentes de los ecosistemas altoandinos representados por sistemas lénticos de origen glaciar, bofedales, ríos, arroyos y quebradas los que fluyen en dos direcciones: hacia la vertiente occidental en el océano Pacífico, ó hacia la vertiente oriental formando finalmente los grandes ríos de la cuenca amazónica. Excepcionalmente, la cuenca del Lago Titicaca es endorreica determinando así la presencia de especies acuáticas que no ocurren en otra parte del mundo.

Las aguas continentales del Perú se clasifican de acuerdo a sus características físicas, como lólicas y lénticas, pero también de acuerdo al estado trófico (riqueza de nutrientes) en: oligotróficas como aquellas lagunas o ríos que presentan escasos nutrientes, con poco

o nulo impacto antropogénico, aguas por lo general prístinas; mesotróficas, con moderado contenido de nutrientes y, por lo tanto, una producción igualmente moderada; y las eutróficas, con abundante concentración de nutrientes y alta producción (Samanez *et al.* 2014).

2.2.2. Definición de los sistemas lóticos

Para el fondo para la comunicación y la educación ambiental (2007) las corrientes lóticas, como los ríos, varían de acuerdo con la velocidad de su flujo, temperatura, materia en suspensión y otros factores que determinan a su vez la flora y la fauna que se encuentran a lo largo de la corriente. Adicionalmente, los ríos difieren de los lagos porque reciben una mayor cantidad de materia orgánica procedente de su entorno. Cabe destacar que, dada la velocidad de estos cuerpos de agua, son áreas muy inestables e irregulares. Esto se debe a que, en la parte más alta del río, la pendiente es más pronunciada y las aguas adquieren mayor velocidad y, conforme la pendiente disminuye gradualmente al perder altitud, el volumen de agua, la temperatura y turbidez aumentan, la concentración de oxígeno disminuye y el suelo cambia de rocoso a lodoso. Es importante mencionar que los grandes ríos suelen ser profundos y la velocidad del agua es variable de acuerdo con la temporada de lluvias.

Además de ser un recurso natural productivo y ser hábitat de una gran variedad de organismos, los ríos tienen diferentes funciones como: aprovisionamiento de agua, descarga de agua de zonas altas, mitigación en las áreas de inundaciones, suministro de agua dulce para el hombre, plantas y animales, transporte de nutrientes, movilización de contaminantes, regulación de microclimas.

2.2.3. Río saludable

Flores (2014) menciona seis características para evaluar el estado o salud de un río, éstas son:

- Vida animal diversa

Si un río está sano entonces en ella habitan una gran diversidad de vida acuática tales como peces, arañas, insectos y crustáceos. Sin embargo, si un río está contaminado pueden vivir principal o solamente insectos y animales que toleran varios tipos de contaminación.

- Pozas, rápidos y corrientes

Existe tres formas en que el agua corre en el río, están una detrás de la otra: las pozas son donde el agua se hace como un charco; los rápidos donde el agua corre con mayor velocidad (comúnmente caen de piedras acumuladas y por eso hacen espuma) en estas zonas hay más cantidad de oxígeno; las corrientes son donde el agua pasa a un ritmo tranquilo, ni con mucha velocidad ni muy lentas.

- Orilla verde

Desde dos a tres metros desde el río hacia afuera, deben crecer diversas plantas y árboles (pequeñas, medianas y grandes) propias de la localidad. Éstas funcionan como “esponja y filtro” que evita que los contaminantes que pueden venir con la lluvia no ingresen al río. Además, evita la erosión del suelo y los árboles hacen sombra para controlar la temperatura del agua.

- Parámetros fisicoquímicos

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

- Diversos tipos de hábitat

Puede haber zonas de piedras grandes y pequeñas, algas, plantas del río, arena y arcilla. Un río no tiene que tener todos los hábitats, pero tener más de uno.

- Borde del río estable

Porción de tierra y vegetación que va desde el río hacia la orilla. Debe tener plantas con raíces largas y profundas, que hagan al suelo más compacto y resistente a la fuerza del río.

2.2.4. Calidad del agua

Según Brack y Mendiola (2006), la calidad del agua es un término variable en función del uso concreto que se vaya a hacer de ella, sin embargo, puede ser definida a través de las características físicas, químicas y biológicas. Además, la CCA (2014) indica que éstas características afectan la capacidad del agua para sustentar tanto a las comunidades humanas, a la vida vegetal y animal.

Por su parte Sierra (2011) menciona que la calidad del agua se refiere a las características químicas, físicas, biológicas del agua. Es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito. Se utiliza con mayor frecuencia por referencia a un conjunto de normas contra las cuales puede evaluarse el cumplimiento. Los estándares más comunes utilizados para evaluar la calidad del agua se relacionan con la salud de los ecosistemas, seguridad de contacto humano y agua potable.

2.2.5. Contaminación del agua

La Organización Mundial de la Salud (OMS 1993) define el agua contaminada como aquella cuya “composición haya sido modificada de modo que no reúna las condiciones para el uso que se le hubiera destinado en su estado natural”. Esta modificación se da en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, que pueden hacer perder hasta su potabilidad. Las aguas naturales, al estar en contacto con diferentes agentes (aire, suelo, vegetación, subsuelo, etc.), incorporan parte de los mismos por disolución o arrastre (Marín 2014), sin embargo, siempre hay una contaminación natural originada por restos animales, vegetales, por minerales y sustancias gaseosas que se disuelven cuando los cuerpos de agua atraviesan diferentes terrenos (Ascencio 2011).

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

Flores (2014) indica algunos colores del agua que pueden indicar contaminación:

- Café claro u oscuro: suele indicar mucha tierra flotando en el agua (se le llama “sedimentos suspendidos”) debido a que el borde u orilla del río puede estar desgastado al no tener mucha vegetación que retenga el agua; es un problema porque al impedir el ingreso de luz al agua del río las plantas no podrán realizar la fotosíntesis y alimentar a todos los seres vivos que viven ahí. Además, la tierra absorbe los rayos del sol y aumenta la temperatura del agua a un grado que sus habitantes no están acostumbrados.

- Naranja, rojo, azul: estos colores pueden señalar contaminación por cobre, si es cobre de algún plaguicida tendrá un olor fuerte.
- Brillo aceitoso: de varios colores de una capa delgada y diferenciada en el agua, comúnmente es un derrame de petróleo o gasolina; muy difícil de limpiar, es preferible que no sea consumida por los animales y plantas que hayan estado en contacto con esta agua.
- Mucha espuma: es común cuando se ha usado mucho jabón o detergente al lavar aguas arriba en el río, o cuando la excesiva basura de hogares o industrias ha producido muchas algas. Esto perjudica la cantidad de oxígeno disponible para la vida de animales y puede enfermar a quienes consuman esa agua.

2.2.6. Parámetros fisicoquímicos del agua

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

Además, el MINAM (2017) en su Decreto Supremo N° 004-2017 indica que para el riego de vegetales y bebida de animales en la categoría 3, deben cumplir con los valores adecuados de los parámetros, un valor de pH entre 6,5 y 8,5 de ambas subcategorías, un valor máximo de conductividad eléctrica de 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para cultivos y bebida de animales, un valor mínimo de 4 y 5 mg/L de oxígeno disuelto para cultivos de tallo alto y bajo, y bebida de animales respectivamente.

Tabla 1. Valores de los parámetros de la categoría 3 del ECA nacional para aguas:

Parámetros	Unidad medida	Riego de vegetales	Bebida de animales
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Oxígeno disuelto	mg/L	> = 4	>= 5
Conductividad	$\mu\text{S}/\text{cm}$	250	500
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	Δ 3	Δ 3

Fuente: Extraído del -D. S N°004 – 2017 MINAM

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

La determinación del potencial de hidrógeno (pH) en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o de su alcalinidad. Si el pH es menor de 7,0 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un valor mayor de 7.0 muestra una tendencia hacia lo alcalino (Sierra, 2011). Para la mayoría de las especies acuáticas, la zona de pH favorable se sitúa entre 6,0 y 7,2; fuera de este rango no es posible la vida como consecuencia de la desnaturalización de las proteínas (Vizcarra 2002). En caso de la presencia de pH bajo es un indicativo de problemas muy específicos, como descargas procedentes de minerías o lluvia acida (Altamirano 2005).

- **Conductividad eléctrica (CE)**

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

- **Oxígeno disuelto (OD)**

Es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para la vida en los cuerpos de agua (Obregón 2016). La baja concentración de oxígeno disuelto puede ser un indicador de que el agua tiene una alta carga orgánica (heces, restos de comida, animales muertos, etc.), ya que los desperdicios orgánicos arrojados en los cuerpos de agua son descompuestos por microorganismos que usan el oxígeno en la respiración. De esa forma, cuanto mayor sea la carga de materia orgánica, mayor será el número de microorganismos que descomponen y consecuentemente, mayor el consumo de oxígeno (Vizcarra 2002). La ausencia total de oxígeno produce la presencia de malos olores como consecuencia de la descomposición de la materia orgánica (Verástegui 2001).

- **Temperatura**

Según Pradillo (2016) la temperatura es uno de los parámetros físicos más importantes, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la

desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. Existen múltiples factores, que principalmente son ambientales, que pueden hacer que la temperatura del agua varíe.

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

- **Nitritos y Nitratos**

La fuente principal de nitrógeno es el aire, en el cual representa el 79% de volumen. En un medio acuático natural se espera encontrar la mayoría del nitrógeno como nitratos, que es su forma oxidada. La presencia de nitritos y de amonio, es un indicio de reciente contaminación orgánica o de procesos reductivos predominantes. Bajo estas condiciones, los macroinvertebrados sufren cambios drásticos en los ciclos y se provoca una fuerte reducción en la diversidad de especies (Roldán 2012).

2.2.7. Bioindicadores

Los bioindicadores son organismos o comunidades de estos que a través de su presencia indican el nivel de preservación o el estado de un hábitat (Morais *et al.* 2009). Además, Pineda y Quiroz (2015) manifiestan que los bioindicadores no sólo pueden ser organismos vivos sino también restos de restos de estos mismos, el objetivo que tienen los bioindicadores es ayudar a determinar acontecimientos producidos y directamente relacionados con el estudio de su hábitat, por ende, un organismo tendrá mayor utilidad como indicador mientras más estrecho sea su límite de tolerancia.

Por su parte Reyes (2013) menciona que el concepto de bioindicador aplicado a la evaluación de calidad de agua, es definido como: especie (ó ensamble de especies) que posee requerimientos particulares con relación a uno o un conjunto de variables físicas o químicas, tal que los cambios de presencia/ausencia, número, morfología o de conducta de esa especie en particular, indique que las variables físicas o químicas consideradas, se encuentran cerca de sus límites de tolerancia.

2.2.8. Los macroinvertebrados bentónicos (MIB)

2.2.8.1. Definición de macroinvertebrados bentónicos

Carrera *et al.* (2001), menciona que se llaman macro porque son grandes (entre 2 mm y 30 cm), invertebrados porque no tienen huesos, y acuáticos porque viven en los lugares con agua dulce: esteros, ríos, lagos y lagunas, proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua al usarlos en el monitoreo se puede entender claramente el estado en que ésta se encuentra: algunos de ellos requieren agua de buena calidad para sobrevivir; otros, en cambio, resisten, crecen y abundan cuando hay contaminación.

Alba-Tercedor (1996), define a los macroinvertebrados bentónicos como aquellos animales invertebrados, que, por su tamaño relativamente grande, son retenidos por redes de luz de malla de entre 250-300 μm . La mayoría de los mismos (alrededor del 80%) corresponden a grupos de artrópodos, y dentro de estos los insectos en sus formas larvarias son los más abundantes.

Roldán (2003) por su parte indica que los macroinvertebrados acuáticos son un grupo variado de organismos que no tienen espina dorsal y que son fáciles de ver sin la necesidad de un microscopio, además de ser una fuente de energía para los animales más grandes. Estos son utilizados para el biomonitoreo por su sensibilidad a cambios externos que afectan la composición de sus poblaciones.

El conocimiento de las características y abundancia de los organismos bentónicos en un sistema acuático es fundamental para relacionarlos con las condiciones del medio. Las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en zonas tropicales son muy similares a las comunidades de zonas templadas. El grupo más grande de los macroinvertebrados acuáticos en aguas continentales son los insectos, los cuales son valiosos indicadores, considerados los más diversos en contraste con los peces e insectos terrestres (Thorne y Williams 1997).

2.2.8.2. Los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua

Los macroinvertebrados bentónicos son animales que habitan el sedimento y otros sustratos sobre el fondo de los ecosistemas de agua dulce, siendo los principales grupos encontrados en estos ambientes los gusanos planos (platelmintos), anélidos, moluscos, crustáceos e insectos, y cuyas respuestas ante los cambios ambientales son útiles en la

evaluación de los efectos de la contaminación del agua (APHA 2012). Son un importante componente en los ecosistemas lóticos y son un nexo en la transferencia de materia y energía desde los productores hasta los consumidores superiores (Hussain y Pandit 2012).

Las características más importantes que tienen los macroinvertebrados bentónicos para ser considerados indicadores biológicos, según Bonada *et al.* (2006), son:

- 1) Tener una amplia distribución geográfica en diferentes ambientes.
- 2) Presentar una gran diversidad de especies con gran diversidad de repuestas a los gradientes ambientales.
- 3) Ser en su mayoría sedentarios, lo que permite el análisis espacial de la contaminación.
- 4) Tener ciclos de vida largos, lo cual integra los efectos de la contaminación en el tiempo.
- 5) Ser muestreados de forma sencilla y barata.
- 6) Tener una taxonomía en general bien conocida a nivel de familia y género.
- 7) Tener una sensibilidad bien conocida a diferentes tipos de contaminación.

2.2.8.3. Descripción de los principales ordenes de macroinvertebrados

a. Ephemeroptera

Los Ephemeropteros son los insectos más primitivos y antiguos de todos los insectos existentes. Los ciclos biológicos varían según las distintas especies y regiones en las que viven. Hay especies que tienen ciclos muy cortos, que se determinan rápidamente durante las cortas estaciones favorables a altas latitudes, mientras que hay otras que son mucho más largas en lugares tropicales, con generaciones no estacionales en los trópicos, con la presencia de adultos durante todo el año (Domínguez *et al.* 2009).

Además, Roldan (2016) menciona que las ninfas de ephemeroptera viven por lo regular en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas; sólo algunas especies parecen resistir cierto grado de contaminación. En general se consideran indicadores de buena calidad del agua.

b. Plecoptera

Romero (2009), manifiesta que la orden Plecóptera es un grupo relativamente pequeño de insectos, cerca de 3000 especies han sido descritas en el mundo, distribuidos en 16 familias y 286 géneros. En América del Sur existen 6 familias, 47 géneros y aproximadamente 460 especies, de las cuales las familias Gripopterygidae y Perlidae

tienen distribución más amplia. Los plec6pteros se encuentran generalmente en aguas r6pidas, turbulentas, frías y altamente oxigenadas, es por esta raz6n que son considerados excelentes bioindicadores de calidad de agua.

Roldan (2016), por su parte da a conocer que las ninfas de los plec6ptera viven en aguas r6pidas, bien oxigenadas, debajo de piedras, troncos, ramas y hojas. Se ha observado en ciertos casos que son especialmente abundantes en riachuelos con fondo pedregoso, de corrientes r6pidas y muy limpias situadas alrededor de los 2 000m de altura. Son, por tanto, indicadores de aguas muy limpias y oligotr6ficas.

c. Trichoptera

El orden Trichoptera representa a uno de los m6s diversos y abundantes grupos de los insectos acu6ticos, encontrados en casi todos los ecosistemas lenticos y l6ticos. A nivel mundial se han descrito 13 500 especies aproximadamente y 2 530 en la regi6n Neotropical (Moreno 2001). La importancia de este grupo radica en el hecho de que las larvas son una importante parte del alimento de muchos peces y otros animales acu6ticos (Triplehorn y Johnson 2005).

Los trich6pteros constituyen un grupo muy numeroso, con unas 5 000 especies, de insectos algo parecidos a pequeñas polillas, las alas peludas, patas dispuestas para correr, piezas bucales frecuentemente rudimentarias o pr6cticamente inutilizables y larvas acu6ticas; los huevos son pequeños. Constituyen un elemento muy importante en la fauna de agua dulce y especialmente de los ríos. Adem6s, se conoce una especie marina (*Philanisus plebeius*) del Pacífico y hay algunas citas del hallazgo de trich6pteros en charcos hiperalinos (Margaleff 1993).

Springer (2010), manifiesta que en los ambientes acu6ticos especialmente ríos y quebradas, los trichopteros juegan un papel importante, tanto en las cadenas alimentarias como el reciclaje de nutrientes. Debido a su gran diversidad y el hecho de que las larvas poseen distintos ámbitos de tolerancia y seg6n la familia o el g6nero al que pertenecen, son muy 6tiles como bioindicadores de calidad de agua y la salud del ecosistema.

d. Coleoptera

El orden Coleoptera es el grupo m6s numeroso de organismos que se conoce, incluye aproximadamente 350 000 especies en unas 170 familias; se encuentran en todo tipo de

aguas continentales, con excepción de ciertos lugares como ciertas partes muy profundas de lagos o aguas muy contaminadas (Williams y Feltmate 1994).

Merritt y Cummins (1996) manifiestan que los coleópteros es una de los órdenes principal de macroinvertebrados ya que comprenden mayor diversidad, esto se debe a que viven en un amplio espectro de habitats, por ejemplo: sistemas de aguas frías, corrientes rápidas, aguas salobres, aguas estancadas, entre otros. Además, Flores (2014) afirma que poseen 3 pares de patas iguales entre sí, cabeza esclerotizadas (duras), no presenta uñas en la cola y cuando son adultos tienen apariencia de escarabajos.

También Roldán (2016) menciona que la mayoría de coleoptera acuáticos viven en aguas continentales lólicas y lénticas. En las zonas lólicas los sustratos más representativos son troncos y hojas en descomposición, grava, piedras, arena y la vegetación sumergida y emergente. Las zonas más ricas son las aguas someras en donde la velocidad de la corriente no es fuerte, aguas limpias, con concentraciones de oxígeno alto y temperaturas medias.

e. Díptera

Flores (2014), manifiesta que los dípteros tienen un parecido a gusano de moscas, no presentando patas articuladas cuando están en estado larval. Además, Oscoz (2009), menciona que la orden díptera se encuentra en zonas rápidos, cascadas o estancadas, debido a sus preferencias relacionadas con su respiración, es por ello que en esta orden hay requerimientos ambientales distintos entre familias, por ejemplo, existen 23 especies exigentes en cuanto a la calidad del agua y otras no, es decir que algunas familias son resistentes a alteraciones de la calidad del agua.

f. Odonata

Los odonatos constituyen un grupo en estudio por los taxónomos y muchas especies aún no se han descrito; las hembras ovipositan sobre la vegetación flotante o emergente. Las larvas poseen una visión aguda y son depredadoras en su gran mayoría, intercambian gases a través de la piel y agallas anales (Roldan 1996). Viven en pozos, pantanos, márgenes de lagos y corrientes lentas y poco profundas, por lo regular, rodeados de abundante vegetación acuática sumergida o emergente, se los encuentra en aguas limpias o ligeramente eutrofizadas (Roldan 2016).

2.2.9. Impactos al ecosistema fluvial que alteran la comunidad de macroinvertebrados

Ladrera *et al.* (2013) indica a los siguientes impactos:

- **Contaminación del agua**

Las sustancias tóxicas que llegan al río provocarán un impacto sobre la comunidad de macroinvertebrados y la biota en general. Como ejemplo cabe destacar las crecientes concentraciones de pesticidas que se han detectado en los ríos y pueden afectar gravemente a los animales acuáticos.

- **Eutrofización**

Consiste en el crecimiento desmesurado de organismos fotosintéticos en el agua como consecuencia de un aumento de nutrientes en la misma fundamentalmente nitratos de actividades agroganaderas y fosfatos procedentes de detergentes.

La acumulación excesiva de algas y otros productores conducen finalmente a la muerte y putrefacción de éstas provocando un descenso de las concentraciones de oxígeno en el agua, que limita el asentamiento de gran cantidad de macroinvertebrados.

- **Alteraciones generales**

Cabe destacar que cada macroinvertebrado vive en un tipo concreto de habitat, como pueden ser pozas, rápidos, sombras, grandes bosques, raíces de árboles, etc. Por ello cualquier tipo de alteración que provoque una homogenización del cauce y la eliminación de muchos de estos hábitats provocará en último término la disminución de la diversidad de macroinvertebrados y el consiguiente empobrecimiento del ecosistema.

2.2.10. Índices bióticos

El uso de los índices de diversidad como el de los índices bióticos, constituyó una evolución conceptual importante en la bioindicación; el concepto organismo indicador fue sustituido por el de comunidad indicadora. Tal como señala Alba-Tercedor (1996), “al tener en cuenta a toda una comunidad se minimizan los errores y se multiplica la capacidad de detección de alteraciones”.

Las ventajas de usar la comunidad biológica en la bioevaluación de los cuerpos de agua resultan, entre otros factores de su capacidad: reflejar la condición ecológica de un sitio,

integrar los efectos de los impactos de diferentes factores de perturbación, acumular en el tiempo el efecto de las tensiones que le han afectado, y de ser sensibles al impacto de factores difusos, no puntuales que no pueden ser detectados por otros métodos (Barbour *et al.* 1996).

Sin embargo, la mayoría de los índices bióticos han sido diseñados para valorar la respuesta de la comunidad de macro-invertebrados a tipos específicos de perturbación, como la contaminación orgánica. Esta última limitación ha restringido su uso, especialmente en aquellas situaciones donde actúan factores de perturbación distintos al enriquecimiento orgánico, de origen múltiple y con efectos menos evidentes (Segnini 2003).

A. Índice biótico de familias (IBF)

En este método se identifican los diferentes grupos taxonómicos hasta los niveles de familias asignando el puntaje de tolerancia. Los valores del Índice Biótico de Familias se expresan en 7 clases de calidad ambiental, correspondiente a una escala de condición biológica (Hilsenhoff 1988)

Hilsenhoff (1987 y 1988), es un índice equivalente al BMWP y sus derivados, desarrollado y aplicado en los Estados Unidos, su valor no es otra cosa que un promedio ponderado de la abundancia de los diferentes taxas, que en este caso se identifican hasta el nivel de familia.

B. Índice biótico mediante Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT).

Consiste en la contabilización de las familias de macro invertebrados considerados como indicadores de calidad de agua, especialmente los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera; teniendo en cuenta que estas tres familias son las más sensibles a la contaminación (Carvacho, 2012).

También Roldán (1999), citado por Romero y Tarrillo, (2017) hace referencia a la presencia de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera dentro de una comunidad, donde, manifiestan que las adaptaciones evolutivas a diferentes condiciones ambientales y límites de tolerancia a una determinada alteración dan las características para ser considerados como organismos sensibles por no soportar variaciones en la calidad del agua, apoyando su uso como un indicador en el cálculo del índice.

C. Índice biological monitoring working party (BMWP/col)

Según Armitage *et al.* (1983). Representa un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. Con el apoyo del National Water Council, ordenaron las familias de macroinvertebrados acuáticos en 10 grupos siguiendo un gradiente de mayor a menor tolerancia a la contaminación. A cada familia le hicieron corresponder una puntuación que oscila entre 1 y 10. Con este sistema fue posible comparar la situación relativa entre estaciones de muestreo y finalmente con esta información se creó el índice BMWP/col.

Asimismo, Aguirre (2011) señala que las especies con puntaje alto son las menos tolerantes a la contaminación del agua y las menos puntuadas las más resistentes a la presencia de contaminantes.

Las familias más sensibles como Perlidae (Plecoptera) y Oligoneuridae (Ephemeroptera) reciben un puntaje de 10; en cambio, las más tolerantes a la contaminación, como Tubificidae (clitellata), reciben una puntuación de 1. La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP/col (Armitage 1983).

D. Índice biótico andino (ABI)

Según Acosta (2009), es un índice biótico que sirve para evaluar la calidad del agua y la integridad ecológica de ecosistemas acuáticos andinos; este índice se construye asignando valores numéricos entre 1 y 10 a cada familia registrada durante un muestreo, dependiendo de su nivel de tolerancia a la contaminación. En esta escala, el valor de 1 se asigna a las familias más tolerantes y el de 10 a las familias más sensibles. La suma de los puntajes de todas las familias encontradas en un sitio determinado equivale al puntaje ABI total, el cual es un indicador de la calidad de agua de dicho sitio.

La metodología requiere solo de datos cualitativos, (presencia o ausencia de familias), lo que hace de ella una alternativa económica, sencilla y que requiere de poca inversión de tiempo (Roldán 2003). Suelen ser específicos para un tipo de contaminación y/o región geográfica, y se basan en el concepto de los organismos indicadores.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

3.1.1 Ubicación

El presente estudio se realizó en el río Grande que pertenece al distrito de Cortegana (entre los caseríos Chimuch y Succhapampa Cortegana), provincia de Celendín, departamento de Cajamarca.

El distrito de Cortegana tiene una superficie territorial de 233, 31 km², con 7 449 habitantes de acuerdo al censo del 2017; tomando como punto referencial la plaza de armas del distrito se encuentra a 2 225 m.s.n.m. Está ubicado al norte de la provincia de Celendín, limitando geográficamente por el norte con la provincia de Chota, el río Marañón; por el sur con los distritos de Miguel Iglesias y Chumuch; por el este con el río Marañón y por el oeste con el distrito Paccha.

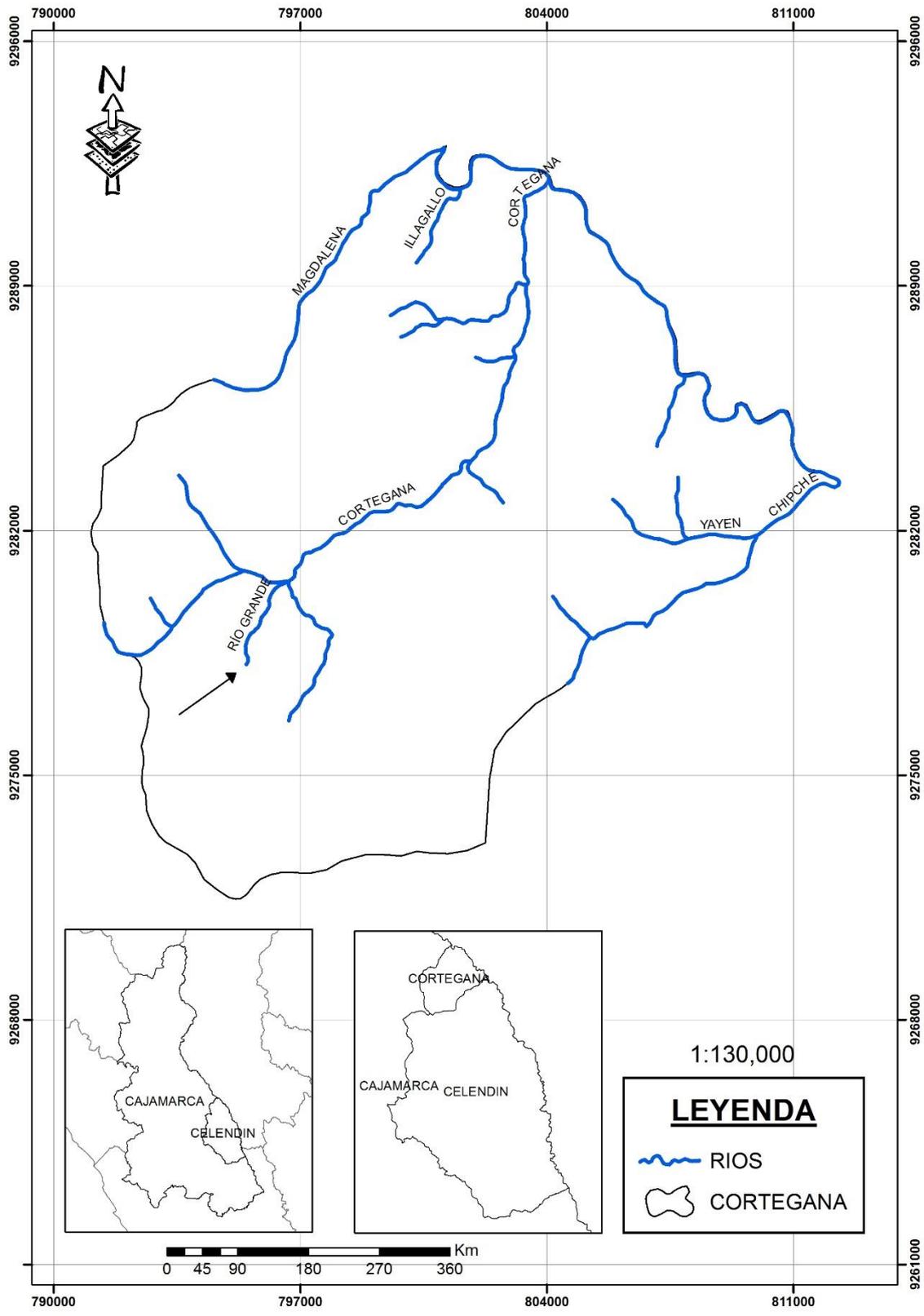


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio.

3.1.2 Vías de comunicación

Llegar al distrito de Cortegana desde la ciudad capital del departamento de Cajamarca toma un tiempo aproximado de 7 horas en vehículo motorizado. Se sigue la ruta principal de la carretera asfaltada Cajamarca – Celendín; luego se sigue la ruta Celendín – Miguel Iglesias, en el kilómetro 50 (Pizón) de esta vía se toma el desvío a la izquierda, siguiendo por una trocha carrozable que pasa por Muyoc Grande (centro poblado del distrito de Miguel Iglesias), Perlamayo, Miraflores, Santa Cruz, San José, Chimuch (caseríos del distrito de Cortegana) y finalmente se llega a la localidad de Cortegana.

3.1.3 Puntos de muestreo

El monitoreo del presente estudio se realizó en los meses de noviembre del 2018 y enero del 2019, distribuido en cinco estaciones de muestreo del río Grande del distrito de Cortegana. Los puntos de muestreo se muestran a continuación con sus respectivas referencias de ubicación y coordenadas. Estos puntos fueron considerados debido a su ubicación geográfica y la factibilidad de acceso.

Tabla 2. Puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas

Estación de muestreo	Referencia	Coordenada Norte (UTM) WGS84	Coordenada Este (UTM) WGS84	Altitud (msnm)
P1	Naciente del río	9 279 749	795 457	2 290
P2	Después de una mini hidroeléctrica	9 279 001	795 518	2 234
P3	Después de la desembocadura de las aguas residuales de la I.E. Secundaria Hipólito Unanue.	9 279 060	795 574	2 191
P4	Después de la desembocadura de las aguas residuales de la ciudad de Cortegana	9 279 417	795 848	2 065
P5	200 metros aguas abajo del cuarto punto de muestreo (potrерillo)	9 279 626	795 979	2 018

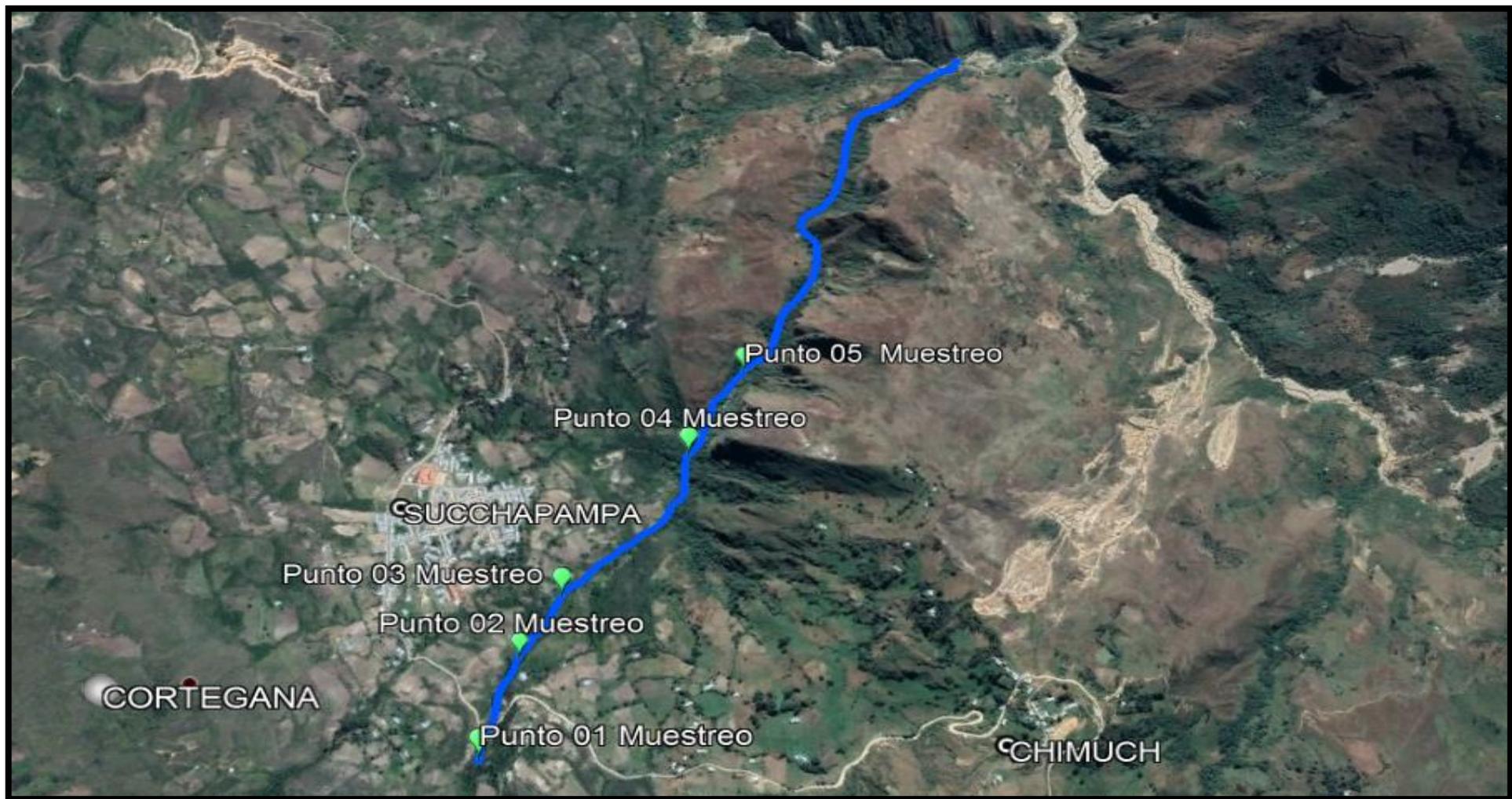


Figura 2. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo.

3.2 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.2.1 Parámetros fisicoquímicos

- **Métodos**

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); la medición de la temperatura se realizó in situ, mientras que el pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, nitritos, nitratos y dureza se analizaron en el Laboratorio Regional del Agua del Gobierno Regional de Cajamarca ubicada en el Jr. Luis Alberto Sánchez S/N Urb. El Bosque, Cajamarca – Perú.

Para realizar la toma de muestras de agua, primero se identificó el punto de muestreo registrando la información en la ficha de identificación, además los parámetros a medir se anotaron en el registro de datos, y adicionalmente la ubicación geográfica con la ayuda de un GPS. Las consideraciones para la toma de muestras fueron:

Toma de muestra de agua superficial

- Previo a la toma de las muestras, el personal se colocó botas de jebe y guantes descartables.
- Luego se ubicó en el punto medio de la corriente principal, evitando aguas estancadas y poco profundas.
- Seguidamente se cogió el recipiente, retiró la tapa y contratapa evitando el contacto con la parte interna del frasco; además, se enjuagó como mínimo dos veces.
- El recipiente se sumergió en dirección opuesta al flujo del agua evitando la remoción del sedimento.
- Se agregó los preservantes de acuerdo al parámetro de medición, luego el etiquetado (protegido con cinta adhesiva transparente).
- Finalmente, la muestra se colocó en un cooler con refrigerante (ice pack), para asegurar su llegada al laboratorio en condiciones de conservación.

Tabla 3. Parámetros y métodos utilizados por el laboratorio

Parámetro	Unidad	Método de ensayo utilizado
Aniones (fluoruro, cloruro, nitrito, bromuro, sulfato, nitrato, fosfato)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev.1.0 1997. 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.
Potencial de hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+.B. 23rd Ed. 2017. pH. Value: Electrometric Method.
Oxígeno disuelto	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-O C. 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved). Azide Modification.

FUENTE: Laboratorio regional del agua de Cajamarca 2018.

3.2.2 Técnicas de recolección de muestras para macroinvertebrados

Se siguió la metodología propuesta por Flores (2014) que consiste en:

- En cada punto de muestreo, se eligió tres hábitats (corriente, rápido y poza); recogiendo tres muestras.
- Se usó la red Súrber, para ello se colocó sobre el fondo del río, en contra de la corriente y con las manos se removió el material del fondo, a una profundidad de 5 cm, quedando atrapados los macroinvertebrados bentónicos en la red.
- Culminado el tiempo del muestreo se recogió la muestra y se depositó en una bandeja blanca.
- Los macroinvertebrados colectados se depositaron en frascos pequeños de plásticos con tapa rosca debidamente rotulados, preservados con alcohol al 90% para ser identificados y clasificados en el laboratorio, de acuerdo a las guías de identificación.
- Aplicación de los índices ABI, EPT Y BMWP/col según las guías de clasificación.
- Así mismo se tuvo en cuenta de no muestrear después de lluvias intensas, pues puede haber pérdida de organismos locales o encontrarse otros arrastrados por la corriente. (Linares 2018).

3.2.3 Materiales y equipos

Materiales de campo y gabinete

- Malla súper
- Pinzas y pinceles
- Espátula
- Recipientes de plástico
- Bandejas de plástico
- Lupa 10x
- Bolsas ziploc
- Frascos con tapa
- Pizeta
- Alcohol 95%
- Agua destilada
- Etiquetas
- Cinta masking
- Guantes
- Libreta de campo
- Lápices
- Borrador
- Papelería
- Guías de identificación de macroinvertebrados
- Plumón de tinta indeleble
- Protección personal (botas, mascarilla.)

Equipos

- Microscopio
- Navegador GPS.
- Cámara fotográfica.

3.3 Caracterización biológica

El análisis de los datos se realizó mediante la aplicación de los índices bióticos: Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera (EPT), el índice biótico andino (ABI), índice BMWP/ col. (Roldan 2012).

Después de haber colectado e identificado y clasificado las familias de macroinvertebrados, se interpretó los datos según las fórmulas y tablas siguientes: (Roldan 2003; Roldan 2013; Acosta et al. 2019; Klemm et al. 1990), ver (tablas 4, 5, 6, 7).

3.3.1 Índice EPT

Consiste en la contabilización de las familias, perteneciente a los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera; teniendo en cuenta que estas tres familias son las más sensibles a la contaminación, considerados como indicadores de calidad de agua (Carvacho 2012).

Este índice se calcula sumando el número total de familias de los órdenes EPT (anexo 3), y el valor obtenido se comparó e identificó con la clasificación de calidad del agua (tabla 4).

Tabla 4. Valores de calidad ecológica EPT.

EPT		
Σ de Taxas presentes	Calidad	Significado
>10	Buena	Sin impacto
7-10	Baja	Levemente impactado
2-6	Pobre	Moderadamente impactado
0-1	Muy pobre	Severamente impactado

Fuente: Klemm et al. 1990

3.3.2 Biological monitoring working party (BMWP/Col)

El índice BMWP/col clasifica las familias de los órdenes de macroinvertebrados en 10 niveles, siendo el 1 un número de mayor tolerancia y 10 de menor tolerancia (Tabla 6).

El BMWP/col lo calculamos con la siguiente fórmula: $BMWP = T(NT1) + T(NT2) + T(NT3) + T(NT4) + \dots + T(NT10)$, donde $T(NTn)$ es el total del nivel de tolerancia enésimo. Es decir, $T(NTn)$ de cada nivel se obtuvo multiplicando el número de familias identificadas por el nivel de tolerancia al que pertenece (tabla 6).

Al final el resultado obtenido del índice BMWP/col se comparó con la tabla 5 y se identificó la clasificación de la calidad ecológica del agua.

A continuación, se muestra la tabla que permitió la clasificación de la calidad ecológica del agua de acuerdo a Roldan 2003.

Tabla 5. Valoración de la calidad ecológica BMWP/Col.

Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
Buena	101 – 150	Aguas muy limpias a limpias	
Aceptable	61 – 100	Aguas ligeramente Contaminadas	
Dudosa	36 – 60	Aguas moderadamente Contaminadas	
Crítica	16 – 35	Aguas muy Contaminadas	
Muy Crítica	< 15	Aguas fuertemente Contaminadas	

FUENTE: Roldan (2003).

Tabla 6. Valoración de las familias de macroinvertebrados para obtener el índice BMWP/Col.

FAMILIA	NIVEL DE TOLERANCIA (NT)	TOTAL T(NT)
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessidae, Odontoceridae, Olilgoneuridae, Perlidae. Polythoridae, Psephenidae, Ptilodactylidae.	10	N° familias ident. x 10
Ampullariidae, Dytiscidae. Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9	N° familias ident. X 9
Calamoceratidae, Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8	N° familias ident. X 8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossossomatidae, Hyaellidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7	N° familias ident. X 7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6	N° familias ident. X 6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5	N° familias ident. X 5
Chrysomelidae, Dolichopudidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae.	4	N° familias ident. X 4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydroptilidae, Physidae, Tipulidae.	3	N° familias ident. X 3
Culicidae, Chironomidae (cuando no es la familia dominante, si domina es 1), Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae	2	N° familias ident. X 2
Tubificidae	1	N° familias ident. X 1

FUENTE: Adaptado de bioindicación de la calidad del agua en Colombia (Roldan 2003).

3.3.3 Índice biótico andino (ABI)

El índice ABI es utilizado para las zonas mayores a 2 000 msnm, y al igual que el índice BMWP/col, consiste en ordenar las familias de los órdenes de macroinvertebrados en 10 niveles, siendo el 1 un número de mayor tolerancia y 10 de menor tolerancia.

El índice biótico andino lo determinamos de acuerdo al anexo 5, donde primero se identificó a la familia, designa su valor de acuerdo al nivel de tolerancia y por último se sumó todos los valores designados. El resultado obtenido se comparó con la tabla 7, la que nos permitió la clasificación de la calidad ecológica del agua.

Tabla 7. Valoración ecológica ABI, adaptado para Perú.

CLASE	ECUADOR	PERÚ
Muy Bueno	>96	>74
Bueno	59 – 96	45 – 74
Moderado	35 – 58	27 – 44
Malo	14 – 34	11 – 26
Pésimo	<14	<11

FUENTE: (Acosta *et al.* 2019).

3.4 Procesamiento de datos y análisis estadístico

Se elaboró una base de datos; la recolección, clasificación, procesamiento de información y por último los resultados de la investigación; también se utilizó la herramienta software microsoft Excel 2016, para la determinación de la calidad ecológica del agua del río Grande de Cortegana, mediante los formatos de los índices EPT, BMWP/col, ABI. Así mismo también se usó el programa informático Arc Map 10.3 para la elaboración del mapa de ubicación del área de estudio, Google Earth Pro para la identificación de los puntos de muestreo.

Finalmente, se hizo uso de los programas estadísticos IBM SPSS Statistics versión 23, Infostat versión 18, lo que permitió realizar el análisis de varianza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, prueba de Tukey de tipo estadístico; entre las variables dependientes e independientes definidas en el estudio.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Parámetros fisicoquímicos

4.1.1. Potencial de hidrógeno (pH)

Los resultados obtenidos son mostrados en la figura 3, donde los valores de pH durante los monitoreos de evaluación son alcalinos; los valores típicos de pH en aguas superficiales para riego de vegetales y bebida de animales se encuentran en el rango comprendido entre 6,5 y 8,5 unidades de pH (D.S N° 0004- 2017 MINAM). El registro más bajo se encontró en la estación P1 con 8,22 y el valor más alto en la estación P5 con 8,52; ambos registrados en el monitoreo del mes de noviembre del 2018; donde las estaciones P4 con 8,51 y P5 con 8,52 no cumple con el D.S N° 004 – 2017- MINAM. Según la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, ECA nacional para aguas. Los valores de pH son básicos lo que estaría explicado por la geología del área de estudio donde predominan suelos de naturaleza calcárea con pH mayores a 8 (Ibáñez 2007).

Según Linares (2018) en su investigación manifiesta que los valores más alcalinos se registraron en las estaciones P5 con 9,1 y P6 con 9,2; en ambas estaciones no cumple el ECA nacionales, según el D.S N° 004-2017- MINAM. Herrera (2013) en la zona de estudio, mientras que las aguas altamente alcalinas se deben a la presencia de rocas calizas.

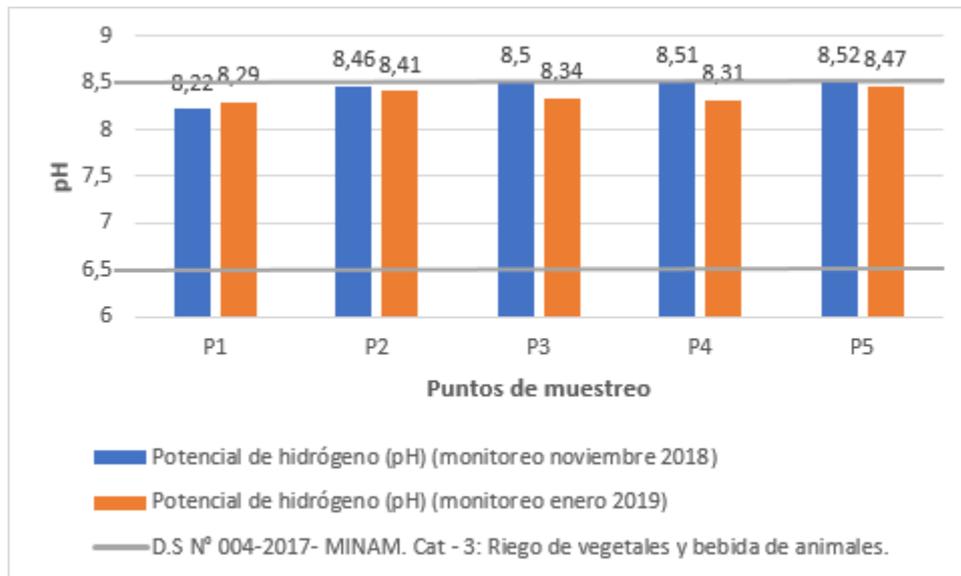


Figura 3. Valores de pH.

4.1.2. Oxígeno disuelto

La concentración de oxígeno disuelto está en función de la temperatura, presión atmosférica y salinidad del agua. Los valores de oxígeno disuelto se muestran en la Figura 4. El valor más bajo es de 7,46 Mg O₂/L registrado en el monitoreo de enero del 2019 en la estación P2 y el valor más alto es 9,0 Mg O₂/L registrado en el monitoreo de noviembre del 2018 en la estación P3. En términos generales los resultados del oxígeno disuelto cumplen con el ECA para aguas de acuerdo al D.S N° 004 – 2017 MINAM categoría 3, permitiendo el desarrollo de los macroinvertebrados.

La investigación de Romero y Tarrillo (2017) nos permite afirmar que los valores del oxígeno disuelto están directamente relacionados con la abundancia de los macroinvertebrados y calidad del agua. Puesto a que en su investigación obtuvieron lo siguiente, los resultados de oxígeno disuelto indican que a un valor máximo de OD de 7,9 Mg O₂/L registraron 12 familias de macroinvertebrados bentónicos (mayor presencia), en el mes de agosto 2016 en el punto QC-R y el menor número de familias es de 4 con un valor de 5,3 Mg O₂/L de OD en el mes de marzo 2017 en el punto QC-03.

Además, Barra (2015) señala que en su estudio los niveles de OD se mantienen entre 7 mg/L y 7,2 mg/L en la primera muestra realizada en el mes de enero (época de lluvias), estos niveles de OD bajan para el tercer muestreo realizado en el mes de

julio variando entre 4,5 a 6 mg/L, lo cual se puede deducir como un descenso por ausencia de lluvias y por consiguiente baja “aireación” del agua.

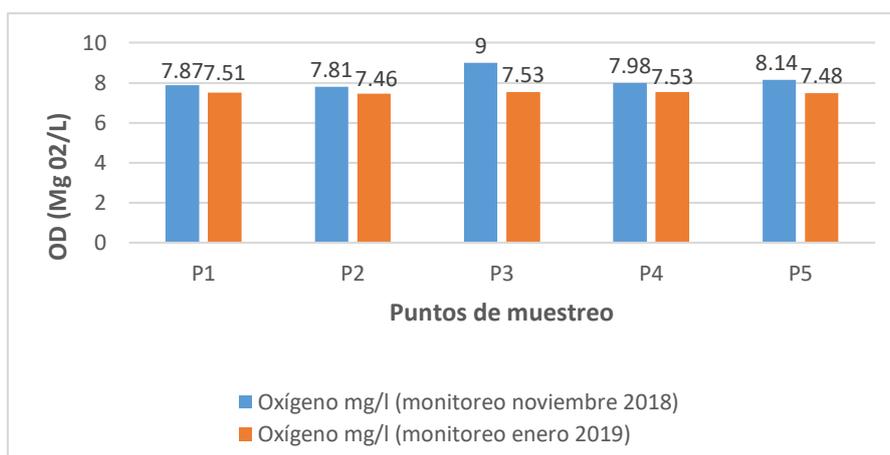


Figura 4. Valores de oxígeno disuelto.

4.1.3. Temperatura

La temperatura es factor relevante para la determinación de la calidad del agua que influye en la dilución de los gases, así como en la proliferación de microorganismos. En la Figura 5 se indica el rango de variabilidad de la temperatura que van desde los 10,9°C hasta 11,2°C. Las temperaturas mayores de los 25 °C aceleran la biodegradación, mientras que a temperaturas más bajas la población de algas y el metabolismo de las bacterias disminuyen, por lo cual la eliminación de la DBO (demanda biológica de oxígeno) es más lenta (Martínez y Quitan s.f).

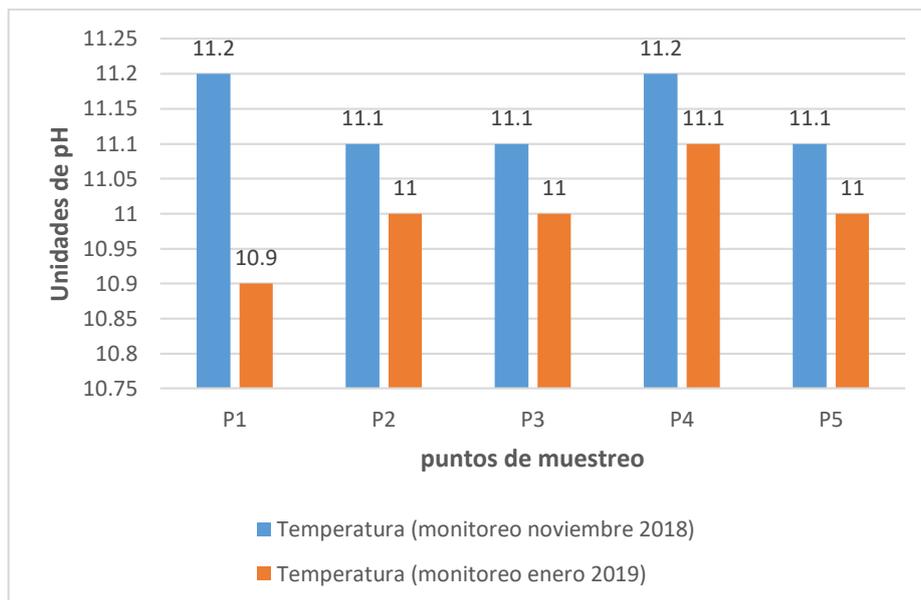


Figura 5. Valores de temperatura.

La variabilidad de los resultados es debido a la ubicación altitudinal de las estaciones de muestreo, la parte alta se encuentra a 2290 msnm y la parte baja a 2018 msnm. El promedio de temperatura en el agua durante el monitoreo de noviembre del 2018 fue de 11,14°C y para el monitoreo de enero del 2019 fue de 11°C. La variación de la temperatura fue comparada con los rangos establecidos por el D.S N° 004-2017-MINAM, cumpliendo con respecto al promedio mensual multianual del área evaluada del rango incremental a partir de 3°C (ANA 2016).

Los resultados correspondientes de la temperatura, donde el máximo valor del parámetro es de 15,9 °C en el punto de monitoreo QC-03 durante el mes de marzo del 2017 y la temperatura mínima correspondió a 13,9 °C en el punto de monitoreo QC-R en agosto del 2016, los valores mínimos se registran en época vaciante y los valores máximos en época creciente (Romero y Tarrillo 2017).

1.1.4. Conductividad

Los valores de conductividad se muestran en la figura 6, en el monitoreo de enero del 2019 se registró el valor más alto con 342,5 µS/cm en la estación P1 y en el mismo monitoreo en la estación P5 se registró el valor más bajo que es 329,5 µS/cm. Roldán (2003) señala que la conductividad en las aguas superficiales tropicales de montaña por lo regular es muy baja (aguas oligotróficas) y un aumento de sales en el agua provocado por actividades humanas aumenta la conductividad disminuyendo la diversidad de especies.

Todas las estaciones cumplen con el ECA para aguas de acuerdo D.S N°004-2017 MINAM- Categoría 3. La conductividad eléctrica hace referencia a la capacidad del agua para conducir la electricidad debido a la presencia de sales disueltas que pueden contener; su concentración se puede alterar por la presencia de vertidos salinos que limitan su uso para fines de riego (Bianchini 2006). Según Romero y Tarrillo en su investigación obtuvo: El máximo valor de 606 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto de monitoreo QC-03 durante el mes de diciembre del 2016 en época creciente y el mínimo valor correspondió a 234 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto de monitoreo QC-01 en agosto del 2016 en época vaciante, cumpliendo exitosamente con la normativa vigente.

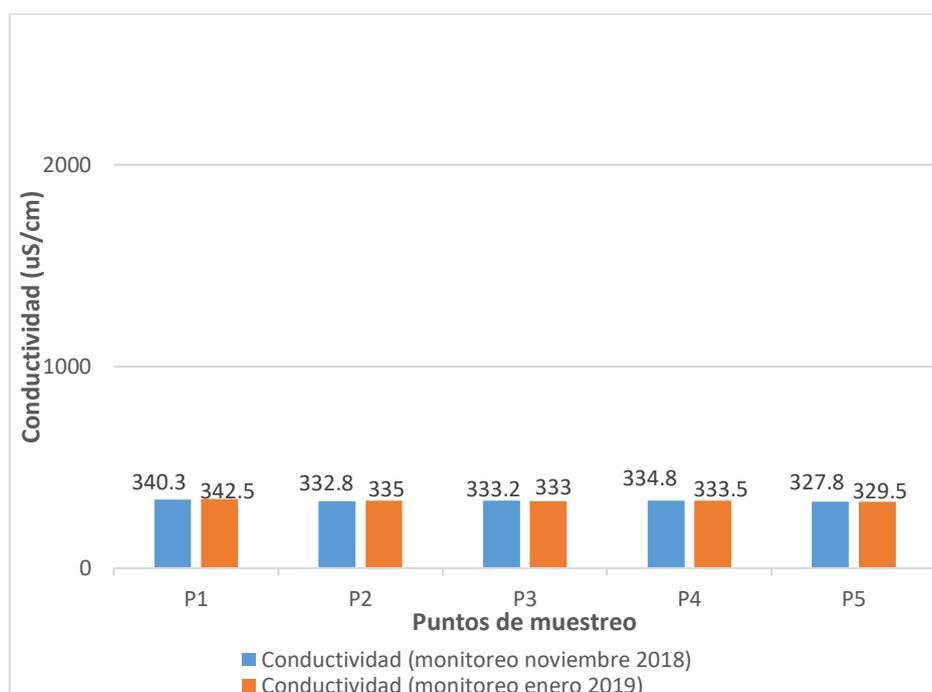


Figura 6. Valores de la conductividad eléctrica.

4.1.5. Dureza total

De los valores de la dureza total, se registraron en el monitoreo de noviembre del 2018 el valor más alto de 196,1 mg/L en la estación P2 y en el monitoreo de enero del 2019 se registró el valor más bajo de 178,8 mg/L en la estación P5. Éste parámetro no aplica para esta categoría 3 del D.S N°004-2017 MINAM- y los valores obtenidos son mostrados en la Figura 7. Apreciamos que la dureza total en el monitoreo de noviembre del 2018 osciló entre 183,1 mg/L (P5) y 196,1 mg/L (P2) y para el monitoreo de enero del 2019 la dureza total osciló entre 178,8 mg/L (P5) y 193,9 mg/L (P4).

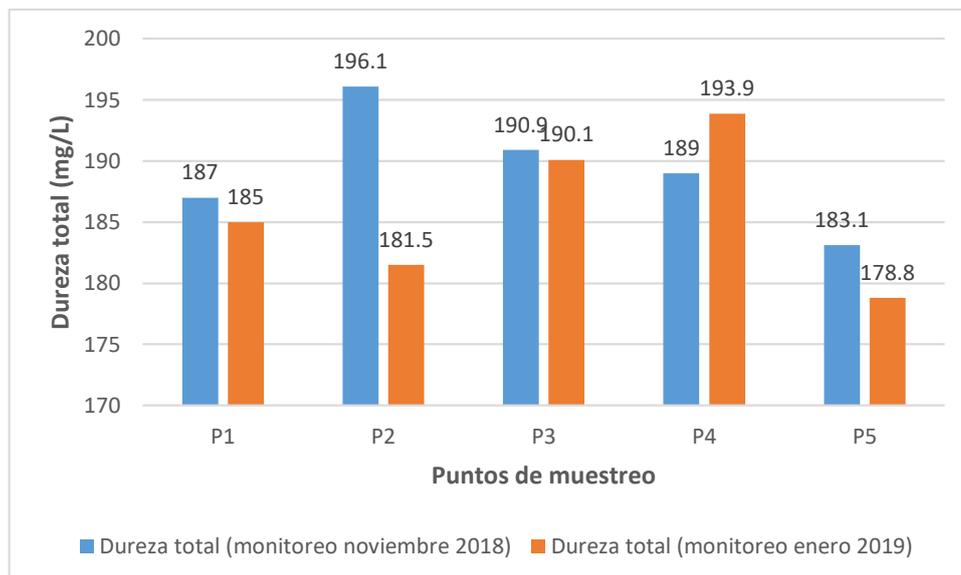


Figura 7. Valores de dureza total.

4.1.5. Nitritos y nitratos

En el monitoreo en noviembre del 2018 los nitritos se encontraron por debajo de LCM (Limite de cuantificación del método) < 0,064 mg/L y para los nitratos en la estación P1 se registró el valor máximo de 3,657 mg/L y un valor mínimo de 2,536 mg/L en la estación P5. En el monitoreo de enero del 2019 tanto nitritos/nitratos se encontraron por debajo de LCM a excepción de la estación P1 con un valor de 2,369 mg/L de nitritos; sin embargo, todos los valores se encuentran dentro de los estándares nacionales de calidad ambiental para aguas (DS N°004-2017-MINAM).

En el estudio de Vivanco y Galdós (2019) los nitratos tuvieron una media de 3mg/L lo cual se encuentra en los valores normales para este tipo de cuerpo lóxico.

4.2 Índices bióticos

Se evaluó la sensibilidad de los macroinvertebrados de acuerdo a sus niveles de tolerancia. A continuación, se presenta los resultados de la calidad ecológica del río Grande del distrito de Cortegana para cada uno de los índices bióticos analizados para los monitoreos de noviembre 2018 y enero 2019. Llegando a obtener un total de 959 individuos pertenecientes a 11 órdenes y 25 familias. La composición y diversidad de la fauna de los macroinvertebrados acuáticos puede mostrar una gran variabilidad en condiciones naturales y esto dependerá de las características físicas, climáticas y geomorfológicas en las cuales reside (Barbour et al. 1999). Las claves taxonómicas utilizadas fueron las de CERA-S (2011), Domínguez (2009), Roldan (1996).

En el monitoreo de noviembre del 2018, la familia más predominante es Elmidae perteneciente a la clase insecta con un valor de 94 individuos, mientras que las menos abundantes son la familia Empididae, Oligoneuridae, Leptophlebeidae, Hydroptilidae, con un valor de 1 individuo.

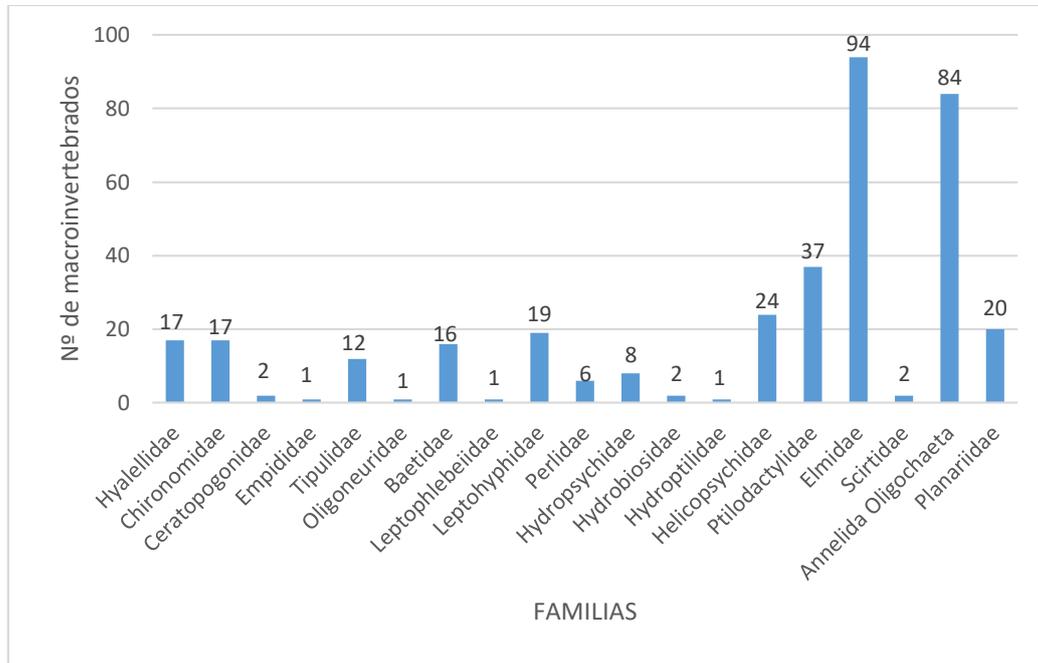


Figura 8. Cuantificación de macroinvertebrados en el monitoreo de noviembre del 2018.

En el monitoreo de enero del 2019, la familia más predominante es Helicopsychidae perteneciente a la clase insecta con un valor de 172 individuos, mientras que las menos abundantes son la familia Physidae, Calamoceratidae, Hydrobiosidae, Glossosomatidae, Collembola, con un valor de 1 individuo.

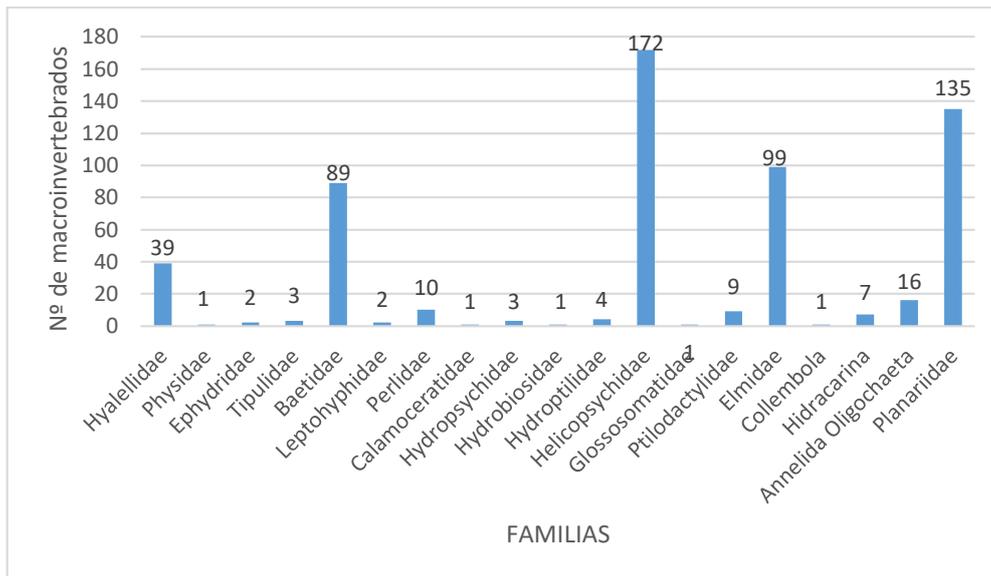


Figura 9. Cuantificación de macroinvertebrados en el monitoreo de enero del 2019.

4.2.1 Índice biótico Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera (EPT)

Los resultados durante los monitoreos de evaluación para el Índice biológico Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera, podemos concluir que:

Durante el monitoreo de noviembre del 2018, los resultados obtenidos de acuerdo al índice EPT es el siguiente, en la estación de monitoreo P1 se encontraron especies del orden Ephemeroptera con la familia Leptohyphidae, orden Plecoptera con la familia Perlidae y orden Trichoptera con la familia Helicopsychidae, obteniendo un puntaje de 4, correspondiendo un nivel de calidad “pobre”.

Para la estación P2, se encontraron las especies del orden Ephemeroptera, con la Familia Leptohyphidae, el orden Plecoptera con las familias Perlidae y orden Trichoptera con las familias Hydropsychidae, Hydroptilidae, Hydrobiosidae, obteniendo un puntaje de 6 y de acuerdo al nivel de calidad para EPT, es “pobre”. Las descargas a los sistemas son una de las principales amenazas para la calidad de las aguas y la fauna acuática (Oscoz *et al.* 2006)

Para la estación P3, se encontraron especies del orden Plecoptera con la familia Perlidae, orden Trichoptera con las familias Hydropsychidae, Helicopsychidae y con ausencia del orden Ephemeroptera, obteniendo un puntaje de 3, determinando que el nivel de calidad EPT es “pobre”.

Para la estación P4, se encontraron especies del orden Ephemeroptera las familias Leptohephyphidae, Leptophlebiidae, y en el orden Trichoptera con las familias Hydropsychidae, Helicopsychidae, Hydrobiosidae, obteniendo un puntaje de 5, determinando que el nivel de calidad EPT es “pobre”.

Finalmente, en la estación P5, se encontraron las especies del orden de Ephemeroptera la familia Leptohephyphidae, en el orden Trichoptera la familia Hydropsychidae, y ausencia del orden Plecoptera, obteniendo un puntaje de 2 y de acuerdo al nivel de calidad EPT, es “pobre”.

Caso similar al obtenidos en el estudio de “caracterización fisicoquímica y de macrinvertebrados bentónicos de los ríos Perlamayo y Tacamache, Distrito de Chugur Cajamarca,” donde concluye de acuerdo al índice biótico EPT, en ambas épocas de muestreo su calidad ecológica es “pobre”, debido a que este tipo de especies son altamente sensibles en aguas muy contaminadas (Linares 2018).

Durante el monitoreo de enero del 2019 de acuerdo a la valoración del índice de EPT tenemos los siguientes datos; en la estación de monitoreo P1 se encontraron especies del orden Ephemeroptera la familia Baetidae, orden Trichoptera con la familia Hydropsychidae y con ausencia del orden Plecoptera; obtiene un puntaje de 2, correspondiendo un nivel de calidad “pobre”.

Para la estación P2, se encontraron las especies del orden Ephemeroptera, con la Familia Baetidae, el orden Trichoptera con las familias Calamoceratidae, Hydropsychidae, Glossosomatidae y ausencia del orden Plecoptera; obteniendo un puntaje de 4 y de acuerdo al nivel de calidad para EPT, es “pobre”.

Para la estación P3, se encontraron especies del orden Ephemeroptera, la familia Baetidae, orden Plecoptera la familia Perlidae y el orden Trichoptera las familias Hydropschidae, Hydroptilidae y Helicopsychidae; obteniendo un puntaje de 5, determinando que el nivel de calidad EPT es “pobre”,

Para la estación P4, se encontraron especies del orden Ephemeroptera, las familias Baetidae, Leptohephyphidae, orden Plecoptera la familia Perlidae y en el orden Trichoptera la familia Helicopsychidae, obteniendo un puntaje de 4, determinando que el nivel de calidad EPT es “pobre”.

Finalmente, en la estación P5, se encontraron las especies del orden de Ephemeroptera las familias Baetidae, orden Plecoptera la familia Perlidae y en el orden Trichoptera las familias Calamoceratidae, Hydrobiosidae, Helicopsychidae, glossosomatidae, obteniendo un puntaje de 7 y determinando que el nivel de calidad EPT es “baja”.

Concluyendo que de acuerdo a la valoración del índice biótico EPT en ambos monitoreos de evaluación de muestreo se obtuvo un puntaje promedio de 4,2 calificando una calidad ecológica “pobre”; debido a que este tipo de especies son altamente sensibles en aguas contaminadas comprobado con los resultados obtenidos. Lo cual se visualiza en la Figura 10.

Caso similar han sido obtenidos en el estudio de “biomonitoreos con macro invertebrados bentónicos para evaluar las condiciones del agua del río grande en la Provincia de Cajamarca-Perú, 2016” donde los resultados promedio del índice EPT obtuvieron un valor promedio de la cuenca de 3 lo que indicaría aguas fuertemente contaminadas. (Leiva y Miguel 2017) citado por (Linares 2018).

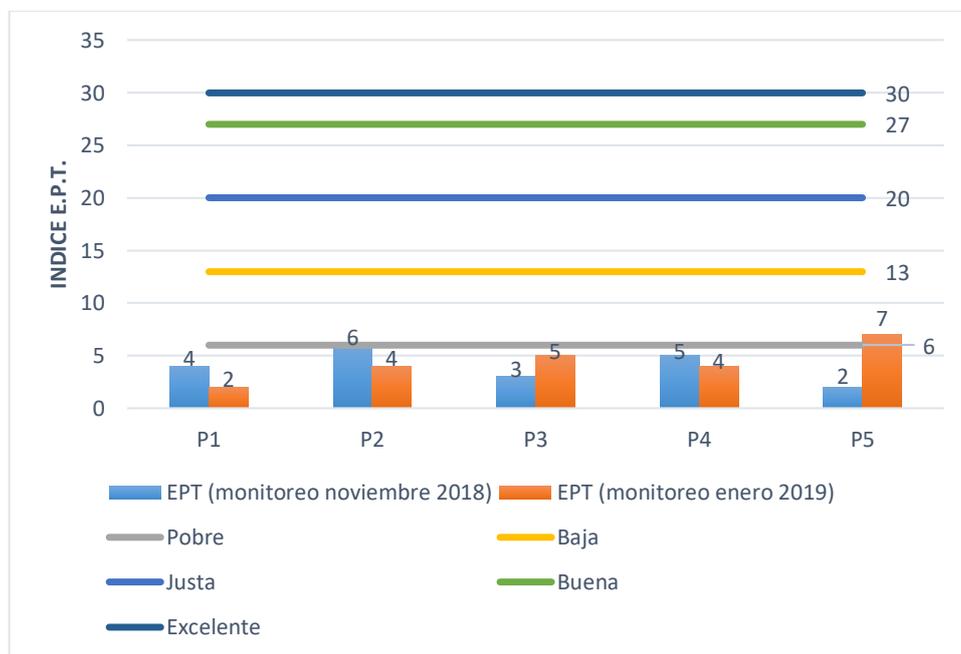


Figura 10. Valores del índice ecológico EPT

4.2.2 Índice biological monitoring working party (BMWP/Col)

Según la calificación establecida por Roldán (2003), el índice biological monitoring working party (BMWP/Col) clasifica las familias de los órdenes de macroinvertebrados en 10 niveles con las puntuaciones de 1 a 10, siendo el 1 un número de mayor tolerancia y 10 de menor tolerancia. Su fórmula es la siguiente: $BMWP = T1 + T2 + T3 + T4 \dots T(n)$, donde $T(1, 2, 3, \dots, n)$ es el total de cada nivel de tolerancia y se obtiene de multiplicar el número de familias identificadas por el nivel de tolerancia que pertenecen, luego se realiza la sumatoria de los totales de los niveles de tolerancia calculados y por último el resultado obtenido permite indicar el nivel de calidad del agua. Se ha obtenido los siguientes resultados durante los dos monitoreos de evaluación para el índice biológico BMWP/col, donde podemos concluir que:

En el monitoreo de noviembre del 2018 se obtuvo que en la estación P1 hubo presencia de los órdenes Amphipoda con la familia Hyalellidae; Díptera con las familias Ceratopogonidae, Tipulidae; Ephemeroptera con las familias Baetidae, Leptohiphidae; Plecoptera con la familia Perlidae; Trichoptera con la familia Helicopsychidae; Coleoptera con las familias Ptilodactylidae, Elmidae; Tricladida con la familia Planaridae. Obteniendo un puntaje de 68 que corresponde a una clase II, indicando una calidad “aceptable” significando que son aguas ligeramente contaminadas. Durante el monitoreo de enero del 2019 se obtuvo un valor de 37 que corresponde a una clase III, indicando una calidad “dudosa” significando aguas moderadamente contaminadas.

En el P2, se identificaron los órdenes Amphipoda con la familia Hyalellidae; Díptera con la familia Chironomidae; Ephemeroptera con la familia Leptohiphidae; Plecoptera con la familia Perlidae; Trichoptera con las familias Hydropsychidae, Hydrobiosidae, Hydroptilidae, Leptoceridae, Polycentropodidae, Helicopsychidae; Coleoptera con las familias Ptilodactylidae, Elmidae; tricladida con la familia Planaridae. Obteniendo un puntaje de 76 que corresponde a una clase II, indicando una calidad “aceptable” significando que son aguas ligeramente contaminadas. Durante el monitoreo de enero del 2019 se obtuvo un valor de 46 que corresponde a una clase III, indicando una calidad “dudosa” significando aguas moderadamente contaminadas. Las descargas a los sistemas son una de las principales amenazas para la calidad de las aguas y la fauna acuática (Oscor *et al.* 2006)

En el punto P3, se identificaron los órdenes Díptera con las familias Chironomidae, Tipulidae; Plecoptera con la familia Perlidae; Trichoptera con las familias Helicopsychidae, Hydropsychidae, Coleoptera con las familias Ptilodactylidae, Elmidae; Annelida con la familia Annelida Oligochaeta. Obteniendo un puntaje de 53 que corresponde a una clase III, indicando una calidad “dudosa” significando aguas moderadamente contaminadas. Durante el monitoreo de enero del 2019, obtuvo un valor de 48 que corresponde a una clase III, indicando una calidad “dudosa” significando aguas moderadamente contaminadas manteniendo la misma condición.

Para el P4, se identificaron los órdenes Díptera con las familias Chironomidae, Ceratopogonidae, Tipulidae; Ephemeroptera con las familias Leptophlebiidae, leptohypidae; Trichoptera con las familias Hydropsychidae, Hydrobiosidae, Helicopsychidae; Coleoptera con las familias Ptilodactylidae, Elmidae, Scirtidae; Annelida con la familia Annelida Oligochaeta; Tricladida con la familia Planariidae. Obtenidno un puntaje de 78 que corresponde a una clase II, indicando una calidad “aceptable” significando aguas ligeramente contaminadas. Durante el monitoreo de enero del 2019 se obtuvo un valor de 52 que corresponde a una clase III, indicando una calidad “dudosa” significando aguas moderadamente contaminadas.

Para el P5, se identificaron los órdenes Diptera con las familias Chironomidae, Empididae, Tipulidae; Ephemeroptera con las familias, Leptohypidae; Trichoptera con la familia Hydropsychidae; Coleoptera con las familias Ptilodactylidae, Elmidae, Scirtidae; Annelida con la familia Annelida Oligochaeta; Tricladida con la familia Planariidae. Obteniendo un puntaje de 46 que corresponde a una clase III, indicando una calidad “dudosa” significando aguas moderadamente contaminadas. Durante el monitoreo de enero del 2019 se obtuvo un puntaje de 89 que corresponde a una clase II, indicando una calidad “aceptable” significando aguas ligeramente contaminadas (Figura 11). Según la calificación establecida por Roldán (2003).

En general se observó que los órdenes y familias de macroinvertebrados bentónicos fue parecido en ambos monitoreos de evaluación, se obtuvo un puntaje promedio de 59 para los 5 puntos de muestreo calificando una calidad ecológica “dudosa” significando aguas moderadamente contaminadas; sin embargo, hubo diferencias notables con respecto a los valores de abundancia. No obstante, con el BMWP es posible obtener puntuaciones para

comparar situaciones de calidad, este índice no permite emitir juicios sobre la situación de la calidad (Alba-Tercedor 1996).

Caso similar se han obtenido en el estudio “caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad del agua en el río Llaucano de la ciudad de Bambamarca; los valores obtenidos al aplicar el índice BMWP/Col. El promedio de todos los índices nos permite obtener como resultado una calidad de agua dudosa en el índice BMWP/Col con un valor de 51.

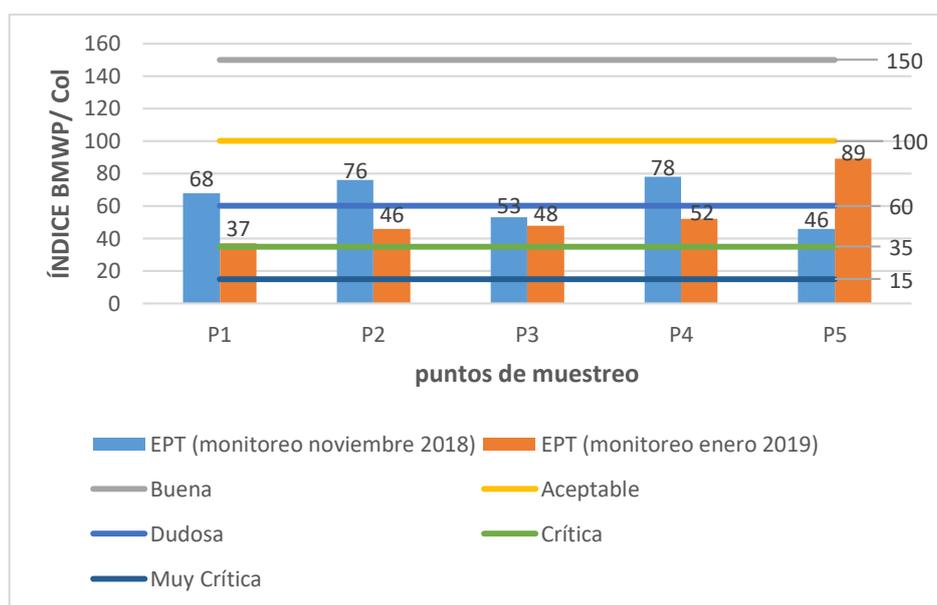


Figura 11. Valores del índice BMWP/Col

4.2.3 Índice biótico andino (ABI).

El ABI ordena las familias de los órdenes de macroinvertebrados en 10 niveles con las puntuaciones de 1 a 10, siendo el 1 un número de mayor tolerancia y 10 de menor tolerancia; también le dan mayores puntajes a los MIB menos tolerantes a la contaminación.

Los valores ABI obtenidos en el monitoreo de noviembre del 2018 en los puntos de monitoreo fue desde una calidad “buena” hasta una calidad de aguas “moderadas”. La estación que presento el mayor valor fue P4 con un valor de 67, seguido de P2 con un valor de 64 y P1 con un valor de 56 con una calidad “buena”; además P3 con un valor de 43 y P5 con un valor de 39 calificadas como estaciones con calidad de agua “moderada”.

En los resultados obtenidos para determinar calidad del agua utilizando macroinvertebrados, con su presencia o ausencia se observa que el número de familias decrece a medida que las condiciones de calidad disminuyen, esto guarda relación con lo expuesto por (Perez, *et al.* 2013) citado por (Linares 2018).

En el monitoreo de enero del 2019 los puntos de muestreo presentaron una calidad del agua desde “muy buena” hasta una calidad “mala”. La estación que presentó el mayor valor fue P5 con un valor de 77 determinando una calidad “muy buena”; seguido de P3 con un valor de 50 indicando una calidad “buena” de las aguas; P4 con un valor de 42 y P2 con un valor de 40 indicando una calidad “moderada”; y P1 con un valor 22 calificada con calidad de agua “mala”.

Según Muñoz (2016), en su estudio “caracterización fisicoquímica y biológica de las aguas del río Grande Celendín – Cajamarca, concuerda con la valoración para los resultados obtenidos usando el índice biótico andino (ABI), en la cual indica que sus promedios por campaña se registró rangos de 26,40 – 46,40; la campaña que presentó una condición buena del agua y su ecosistema acuático es la 4 debido a que registró un valor de 46,40; seguida por la campaña 3 que presentó una condición moderada del agua y su ecosistema acuático puesto que registró un valor de 40,60 y las campañas 1 y 2. Presentaron condiciones malas del ecosistema acuático con valores de 26,40 y 26,60 respectivamente, según los rangos establecidos en la guía de vigilancia ambiental por Flores (2014).

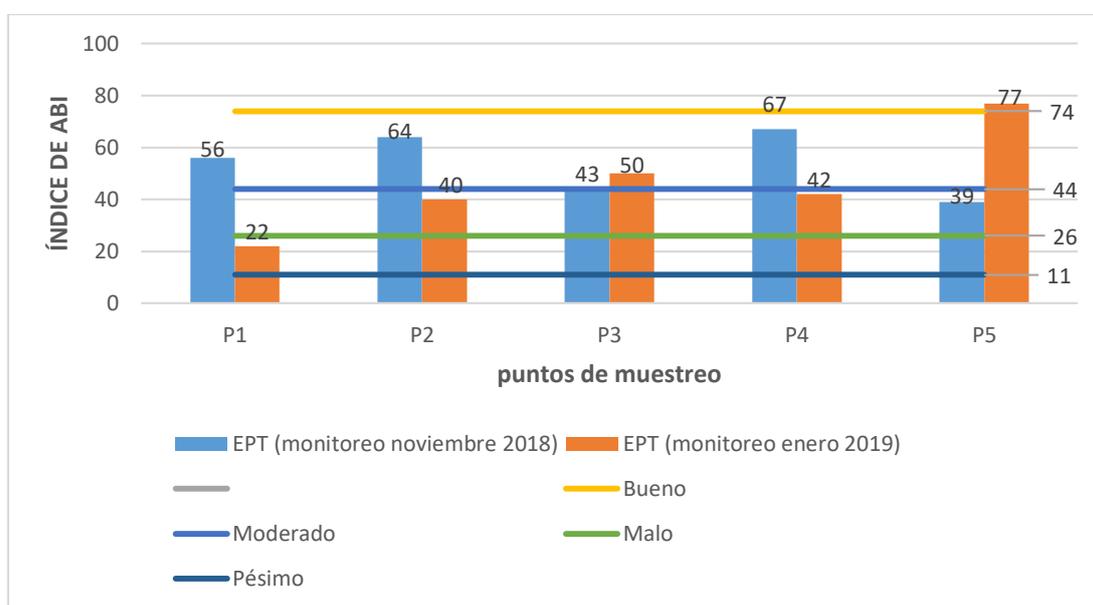


Figura 12. Valores del índice ABI

4.3 Análisis estadístico

4.3.1 Análisis de varianza (ANOVA) para las poblaciones de macroinvertebrados.

En la Tabla 8, observamos los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para las poblaciones de macroinvertebrados, los cuales indican que no existe significación estadística para las repeticiones, dado que el valor de significación (p-valor = 0,872) es mayor al 0,05 (5 %). Para los efectos independientes de los factores en estudio (monitoreo y punto), solo se encontró significación estadística para el monitoreo, dado que el valor de significación (p-valor = 0,0199) es menor al 0,05 (5 %), esto indica que en los monitoreos evaluados las poblaciones de macroinvertebrados se diferenciaron en su número. Para el punto de muestreo no se encontró significación estadística, dado que el valor de significación (p-valor = 0,1376) para este caso es mayor al 0,05, esto indica que las poblaciones de macroinvertebrados no difieren con respecto a su número en los diferentes puntos donde se realizaron los muestreos.

Para la interacción (monitoreo*punto) no se encontró significación estadística, dado que el valor de significación (p-valor = 0,1458) es mayor al 0,05; lo cual indica que las poblaciones de macroinvertebrados no se encuentran afectado por la acción conjunta del monitoreo de evaluación y el punto. El coeficiente de variación (CV = 29,08 %) indica la variabilidad de los resultados, es decir, en un punto muestreado los resultados fueron variados en sus tres repeticiones.

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (tabla 9 y figura 13) para los monitoreos de evaluación, observamos que el resultado obtenido en el monitoreo de enero 2019 (44 macroinvertebrados) es estadísticamente superior al obtenido en el monitoreo de noviembre del 2018 (26 macroinvertebrados). Este resultado indica que las poblaciones de macroinvertebrados son mayores en los monitoreos donde se presenta mayor cantidad de precipitaciones.

Según el análisis de varianza, las poblaciones de macroinvertebrados respecto a su número no se diferencian en los puntos evaluados, aun así, en el punto 5 se encontró 54 macroinvertebrados, siendo este resultado el mayor. En el punto 3, 4 y 1 se encontró 37, 35 y 27 macroinvertebrados, respectivamente y en el punto 2 se encontró 22 macroinvertebrados.

Tabla 8. Análisis de varianza (ANOVA) para las poblaciones de macroinvertebrados.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	p-valor
Repeticiones	0,57	2	0,29	0,14 ns	0,872
Monitoreo (M)	13,52	1	13,52	6,53 *	0,0199
Punto (P)	16,58	4	4,14	2 ns	0,1376
M*P	16,16	4	4,04	1,95 ns	0,1458
Error	37,29	18	2,07		
Total	84.13	29			

ns: no significativo, (*) significativo

CV = 29,08 %

Tabla 9. Poblaciones de macroinvertebrados en los monitoreos de evaluación.

Monitoreo de evaluación	Nº de macroinvertebrados	Significación al 5 %
Noviembre 2018	26	B
Enero 2019	44	A

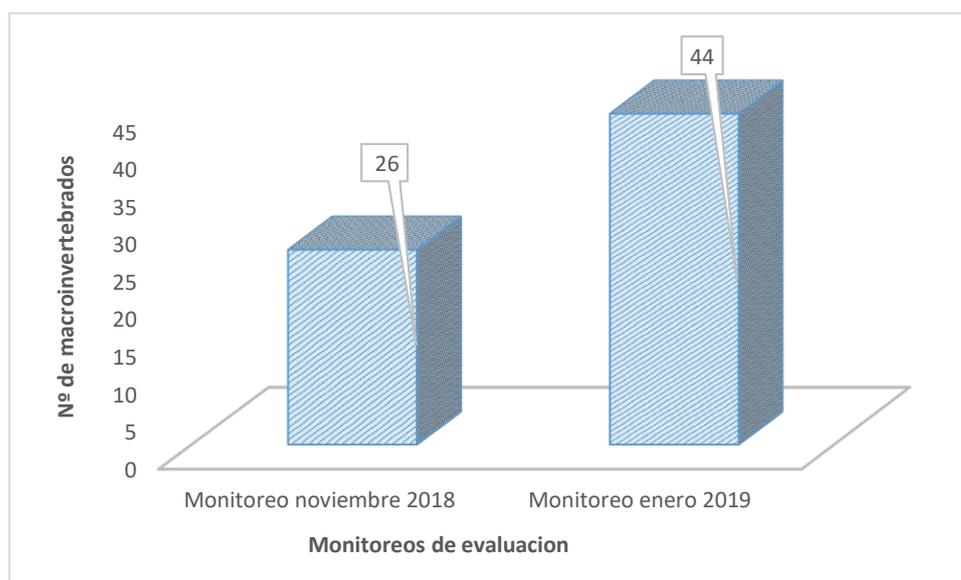


Figura 13. Promedio de las poblaciones de macroinvertebrados en los monitoreos de evaluación.

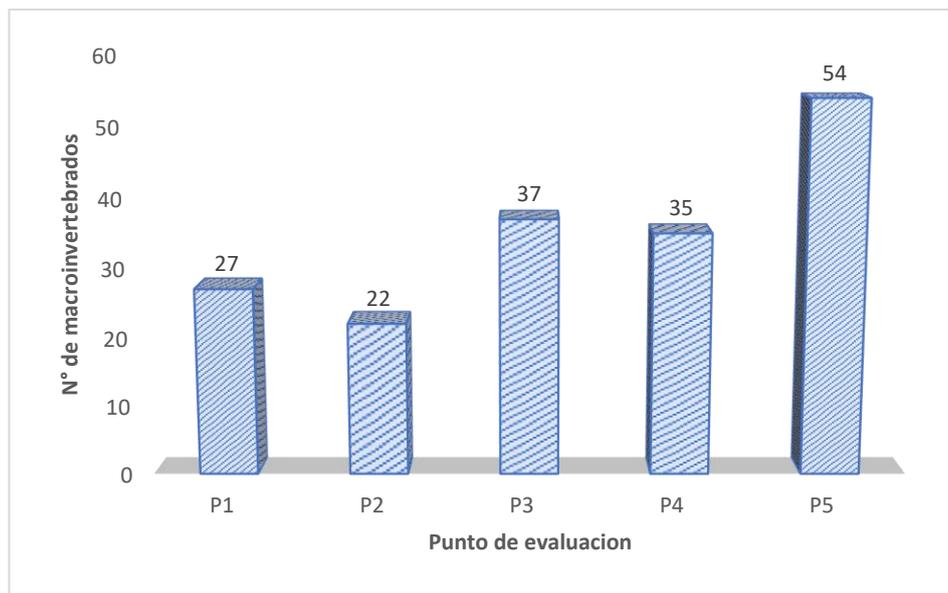


Figura 14. Promedio de las poblaciones de macroinvertebrados en los diferentes puntos de muestreo.

Tabla 10. Familias de macroinvertebrados en los monitoreos de evaluación.

Monitoreo de evaluación	N° de familias	Significación al 5 %
Enero 2019	10	A
Noviembre 2018	12	B

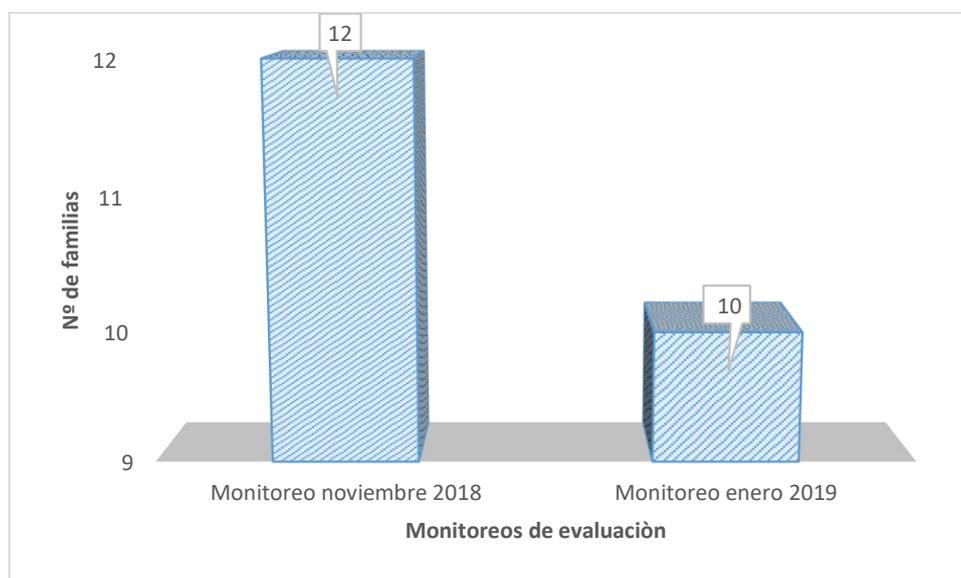


Figura 15. Promedio del número de familias por monitoreo de evaluación.

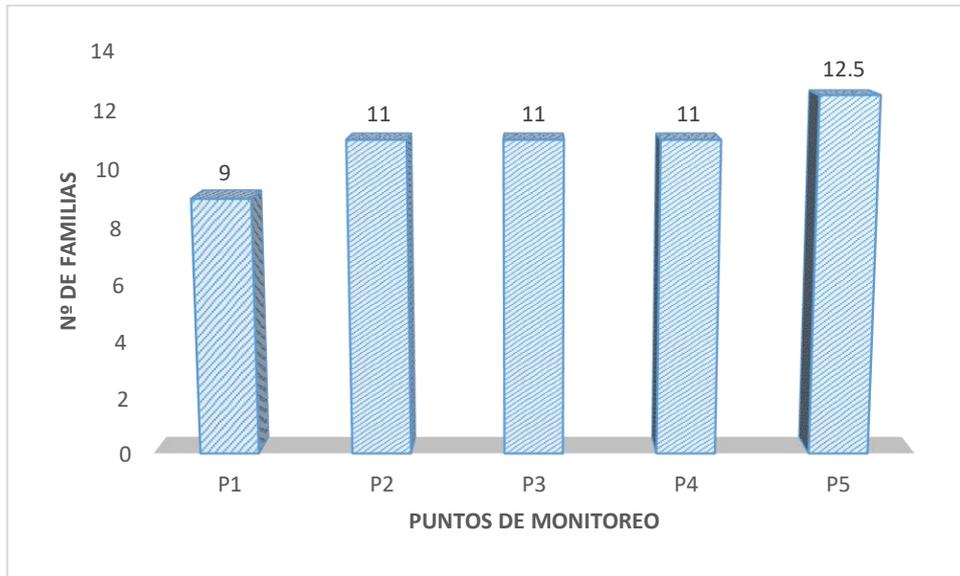


Figura 16. Promedio de familias de macroinvertebrados en los diferentes puntos de monitoreo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- Se recolectaron 959 individuos pertenecientes a 11 órdenes y 25 familias de macroinvertebrados bentónicos; en cuanto a la aplicación de los índices bióticos la calidad de las aguas del río Grande de Cortegana varió, según el índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) obtuvo un puntaje de 4,2 clasificando a una calidad pobre, el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col) obtuvo un puntaje de 59,3 clasificando a una calidad dudosa y el índice Biótico Andino (ABI) obtuvo un puntaje de 50 clasificando a una calidad moderada.
- Los resultados de los parámetros fisicoquímicos analizados; pH, oxígeno disuelto, temperatura, conductividad eléctrica, dureza, nitritos/ nitratos en los monitoreo de evaluación de noviembre 2018 y enero 2019 en los cinco puntos de muestreo cumplieron con el D.S N° 004.2017-MINAM, a excepción del pH en los puntos P4 y P5 con valores 8,51 y 8,52 no cumple con los ECAs nacionales destinados para aguas de riego y bebida de animales, durante el monitoreo de evaluación de noviembre 2018 presentaron condiciones de aguas alcalinas.

RECOMENDACIONES

- Se invita a los profesionales y estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental o afines para complementar este estudio, realizando la investigación de otros parámetros fisicoquímicos (caudal, turbiedad, DBO₅, DQO), microbiológicos y parasitológicos de las aguas del río Grande del distrito de Cortegana.
- Impulsar el uso y la aplicación de esta metodología en los demás ríos del distrito de Cortegana para enriquecer el listado de órdenes, familias de macroinvertebrados de las microcuencas y crear un inventario.
- Publicar los resultados de esta investigación por medio de la Municipalidad Distrital de Cortegana, instituciones educativas y otras organizaciones sociales.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R; Ríos, B; Rieradevall, M; Prat, N. 2009. Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación en dos cuencas del Ecuador y Perú. *Limnetica*. Vol. 28, N° 1. p. 35-64.
- Aguirre Andrade, JF. 2011. Validación de los indicadores biológicos (macroinvertebrados) para el monitoreo de la cuenca del río Yanuncay. Tesis lic. Ciudad de Cuenca. Ecuador. Universidad Politecnica Salesiana. 232 p.
- Alba-Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. *Memorias IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA)*, Almeria, 2: 203-213. ISBN:84-7840-262-4.
- Alonso, A; Camargo, J. 2005. Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *España, AEET. Ecosistemas* 14 (3), p.87-99. Disponible en <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=133>.
- Altamirano, C. 2005. Desarrollo de un Índice de calidad del agua adecuado para las condiciones de la República Mexicana. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Álvarez, S; Pérez, L. 2007. Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras. Tesis de Ingeniería en Desarrollo Socioeconomico y ambiente, Universidad de Zamorano. Honduras.
- APHA, WEF, AWWA. 2012. *Métodos estándar para el análisis de agua y aguas residuales*. 22ª ed. Asociación Estadounidense de Salud Pública. Washington.
- Arana, J. 2008. Caracterización ecológica del río Santa Eulalia, Lima (Perú) mediante el uso de macroinvertebrados como indicadores biológicos. Tesis Título Profesional. UNMSM, EAP Ciencias Biológicas, Lima.

- Armitage. 1983. El funcionamiento de un nuevo sistema biológico de puntuación de la calidad del agua basado en macroinvertebrados en una amplia gama de sitios de aguas corrientes contaminadas. *Water Research* 17: 333-347.
- Ascencio, M. 2011. Impacto de la actividad humana en la calidad del agua del río Chia - Ingenio. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. Tesis para optar por el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental. 91 p. Disponible en <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/2594>.
- Autoridad Nacional del Agua. 2016. "Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en cuerpos Naturales de Agua Superficial". R J 010-2016. Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos del Ministerio de Agricultura. Lima. Perú. 92 p. 11 ene.
- Baddii. 2005. Los indicadores biológicos en la evaluación de la contaminación por agroquímicos en ecosistemas acuáticos asociados. *Cultura Científica y Tecnológica* 2(6): 4-20.
- Barbour. 1996. Un trabajo enmarcador de criterios biológicos para arroyos de Florida utilizando macroinvertebrados bentónicos. *Revista de la Sociedad Bentológica Norteamericana*. Universidad de Chicago, 15 (2): 185-211. EPA 841-B-99-002.
- Barra Polanco, LX. 2015. Evaluación de la calidad del agua en nueve quebradas en el tramo carretero Puerto Maldonado-Mazuko, departamento de Madre De Dios, mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos. Puerto Maldonado, Madre de Dios, Perú. Disponible en <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/115/004-2-3-038.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consultado 20 de febrero del 2019.
- Bianchini, F. 2006. Estudio Técnico: Calidad de agua del río Tzala (Municipio de Sipakapa; departamento de San Marcos), México. 9 p. Disponible en http://blog.reportero.org/wp-content/estudio_de_agua_del_rio_tzal.pdf.
- Bonada, N; Prat, N; Resh, VH; Stanzner, B. 2006. Desarrollos en el biomonitoreo de insectos acuáticos: un análisis comparativo de enfoques recientes. *Annu. Rev. Entomol*, 51:495 - 523. Disponible en <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151124>.

- Brack, A; Mendiola, C. 2006. Enciclopedia Virtual: "Ecología del Perú". La Contaminación del agua. 1 p. Disponible en https://www.peruecologico.com.pe/lib_c23_t01.htm.
- Cárdenas-Calle, M; Mair, J. 2014. Caracterización de macroinvertebrados bentónicos de dos ramales estuarinos afectados por la actividad industrial, estero salado – Ecuador. Santa Marta, Colombia, Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Espíritu Santo-Ecuador. 9:118 p. ISSN 1794-161X.
- Carranza, V; Chilón, S; García, A; Hernández, J; Ispilco, J. 2014. Análisis de los parámetros básicos del agua en el río Mashcón para uso agrícola en Cajamarca.
- Carvacho, A. 2012. Estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y desarrollo de un índice multiparamétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Limari en Chile. Tesis: Universidad de Barcelona. España. 62 p.
- Castells, X. 2012. Reciclaje de residuos industriales: Residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora. 2 ed. Xavier, Madrid, España. Diaz de Santos. 489 p. ISBN: 978-84-7978-835-3. Consultado 02 Jul 2018. Disponible en https://books.google.com.co/books/about/Reciclaje_de_residuos_industriales.html?i d=8yWSZEbQsXgC&redir_esc=y.
- CCA (Comisión para la Cooperación Ambiental). 2014. El mosaico de América del Norte: panorama de los problemas ambientales más relevantes. 4 p. Disponible en <http://www3.cec.org/islandora/es/item/985-north-american-mosaic-overview-key-environmental-issues-es.pdf>.
- Chará, J; Pedraza, G; Giraldo, L; Hincapié, D. 2007. Efecto de los corredores ribereños sobre el estado de quebradas en la zona ganadera del río La Vieja, Colombia. *Agroforestería en las Américas*, (45):72-78. ISSN 1022-7482.
- Correa, F; Rivera, R; Urrutia, J; De los Rios, P; Contreras, A; Encina, F.2010. Efectos de una zona urbana sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de un ecosistema fluvial del sur de Chile. *Chile: Limnetica*, 29(2),0183-194.
- Custodio, M; Chamame, F. 2016. Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín – Perú. *Scientia Agropecuaria* 7(1):33-34

- Decreto supremo n° 004, 2017 MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. El Peruano. Perú. 7 jun.
- Domínguez, E; Fernández, H. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología. 1 ed. San Miguel de Tucumán – Argentina: Fundación Miguel Lillo. 654 p. ISBN 978-950-668-015-2.
- Encalada, A; Rieradevall, M; Ríos-Touma, B; García, N; Prat, N. 2011. Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S). Universidad San Francisco de Quito, USFQ, UB, AECID, FONAG. Quito. 83 p.
- Figueroa. 1999. Macro-invertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua: Resúmenes Sexta Jornada del Comité Chileno para el Programa Hidrológico Internacional - CONAPHI, Centro de Ciencias Ambientales, EULA, Concepción, Chile. p. 1-24.
- Flores, D. 2014. Guía para la vigilancia ambiental “Agua es Vida”. ISF, ACSUR, GRUFIDES. Cajamarca, Perú. 59 p.
- Gonzales, C; Maestre, J. 2014. Bentos (Macroinvertebrados). En la Universidad Nacional de San Marcos, Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú.
- Gutierrez Rojas, YA. 2009. Uso del suelo, vegetación ribereña y calidad del agua de la microcuenca del río Gaira, Santa Marta, Colombia. Tesis Magister. Turrialba, Costa Rica: Escuela de Posgrado CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 130 p. Disponible en http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5630/Uso_del_suelo_vegetacion_riberena_y_calidad_del_agua.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Hellawell J. 1986. Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. Elsevier Applied Science Publ. London y New Cork. 546 p.
- Herrera, H. 2013. Los pasivos mineros ambientales y los conflictos sociales en Hualgayoc. Cajamarca: Revista de investigacion social de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.7(30):265-277.

- Hilsenhoff, WL. 1987. An improved biotic index of organic stream pollution. *Great Lakes Entomologist* 20(1): 31-39.
- Hilsenhoff, WL. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. *Journal of the North American Benthological Society* 7(1): 65-68.
- Henze, M; Marck, CM; George A. 2008. *Biological Wastewater Treatment: Principles, Modeling, and Design*. Intl Water Assn.
- Hussain, QA; Pandit, AK. 2012. Macroinvertebrates in streams: A review of some ecological factors. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, Vol. 4(7): 114 – 123.
- Ibáñez, J. 2007. pH del Suelo. (en línea). Consultado el 09 de octubre 2018. Disponible en: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/04/02/62776>.
- Jáuregui Ríos, HP. 2018. Evaluación de Macroinvertebrados como Bioindicadores en la calidad de agua en la Quebrada Corrientillo. San Juan Bautista - Iquitos. 2018. Tesis Ingeniero. Perú. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. 75 p.
- Ladrera, R; Rieradevall, M; Prat, N. 2013. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: una herramienta didáctica. *Ikastorratza - Revista de Didactica*. Universidad de Barcelona. 11:1-16.
- Leiva J. (2004). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en la Cuenca del estero Peu Peu Comuna de Lautaro IX Region de la Araucania. Tesis presentada a la facultad de Ciencias de la Universidad Católica de Temuco para optar al Grado de Licenciado en Recursos Naturales. Temuco, Chile. 120p.
- Linares, JF. 2018. Caracterización fisicoquímica y de macro invertebrados bentónicos de los ríos Perlamayo y Tacamache, Distrito de Chugur Cajamarca. Tesis de Maestría. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. p. 181. Disponible en repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2485. Consultado el 18 de noviembre del 2018.
- Llasha, JE. 2016. Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos en las microcuencas de Huacamarcanga, La Arena y Tres Cruces; La Libertad, julio - diciembre 2015. Tesis para optar título de Biólogo. Trujillo, Perú. Universidad Nacional de Trujillo. 66 p. Disponible en

- <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/8784>. Consultado el 13 de diciembre del 2018.
- Loayza MR; Elías LR; Marticorena RJ; Palomino, E; Duivenvoorden, J; Kraak, M; Admiraal, W. 2010. Metal-induced shifts in benthic macroinvertebrate community composition in Andean high altitude streams. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 29(12): 2761 - 2768.
- Mata; Quevedo. 1998. Qué son los Gradientes Ambientales y el Dosel arbóreo. <http://elambienreron.wordpress.com/2018/10/17/que-son-los-gradientes-ambientales-y-el-dosel-arboreo/>.
- Margalef, R. 1993. Teoría de los sistemas ecológicos. Estudio General. Universidad de Barcelona, España. 290 p.
- Marín, R. 2014. Características Físicas, Químicas y Biológicas de las Aguas. Córdoba: Jefe de Control de Calidad, Calidad y Medio Ambiente. Empresa Municipal de Aguas de Córdoba S.A. (EMACSA). Obtenido de http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099.pdf
- Martínez, C; Quitan, F. s.f. Condiciones de carga orgánica, temperatura, precipitación, radiación solar, sulfuros y sulfatos en la estratificación de la biomasa algas en las lagunas de estabilización. Consultado el 18 octubre de 2018. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/tratagua/mexicon/R-0080.pdf>.
- Mejía, O. 2016. Contaminación de agua por metales producto de la actividad minera metálica en el río Zaña. Tesis para optar título de Ingeniero. Chiclayo, Lambayeque. Perú. Universidad de Lambayeque. 84 p.
- Merrit, R; Cummins, K. 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall-Hunt. Dubuque. 862 p.
- MINAM (Ministerio Del Ambiente). 2017. Decreto Supremo N° 004-2017- MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Lima, Perú Disponible en <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>. Consultado el 25 de agosto 2018.

- Morelli, E; Verdi, A. 2014. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay. Montevideo, Uruguay. Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Revista Mexicana de Biodiversidad 85: 1160-1170. DOI: 10.7550/rmb.45419.
- Moreno, CI. 2001. Manual para Evaluación de la Biodiversidad en Reservas de la Biosfera: Manuales y Tesis SEA 2 ED. GORFL, S.A. Madrid, España. p.1- 110.
- Moreno, F; Caro, CI; Pinilla, GA; Osorio, DP. 2017. Estado actual del conocimiento sobre microalgas del perifiton y macroinvertebrados bentónicos en el departamento del meta, Colombia. Bogota. Acta biológica Colombiana, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. 22(3):274 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/abc>.
- Muñoz, C. 2016. Caracterización Físico Química y Biológica de las Aguas del Rio Grande Celendín - Cajamarca. Tesis para Optar el Título de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional de Cajamarca. 109 p.
- Obregón, DA. 2016. Limnología aplicada a la acuicultura. Revista Electrónica de Veterinaria, REDVET, 7(11). 25 p. ISSN 1695-7504. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63612653022>.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 1993. Guías para la calidad del agua potable: vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad. Ginebra. 3:255 p.
- Oscoz, J. 2009. Guía de campo: Macroinvertebrados de la Cuenca del Ebro. España. Confederación Hidrográfica del Ebro, Universidad de Navarra. 128 p.
- Palomino Avellaneda, PD. 2017. Macroinvertebrados acuáticos bentónicos (MAB) y su relación con la calidad del agua en el río Mashcón-Cajamarca, 2016. Tesis para Optar el Título de Ingeniero Ambiental. Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú. 83 p. Disponible en <http://hdl.handle.net/11537/10671>.
- Pineda, J; Quiroz, G. 2015. Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados y estimación de la calidad del agua de las lagunas de chingaza, del medio y el arnical en el parque nacional natural chingaza. Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental. Bogotá, Colombia. Universidad Santo Tomas. 116 p.

- Pradillo, B. 2016. Parámetros de control del agua potable. Iagua. (en línea). España. Consultado 9 ago. 2018. Disponible en <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametroscontrol-agua-potable>
- Prieto, J. 2004. El agua, sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación. Bogotá: Eco Ediciones. 2 ed. 280 p. ISBN 9586483568 9789586483568.
- Reyes, F. 2013. Macroinvertebrados acuáticos de los cuerpos Lénticos de la Región Maya, Guatemala. Revista científica de Instituto De Investigaciones Químicas y Biológicas, Facultad de Ciencias Químicas Y Farmacia, y Universidad de san Carlos de Guatemala. 23(1):7-16 p.
- Roldán, G. 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. FEN-Colombia, COLCIENCIAS- Universidad de Antioquia, Medellín. 217 p. ISBN 9589129048 9789589129043.
- Roldán, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia., Bogotá, Colombia. Fondo para la Protección del Medio Ambiente “José Celestino Mutis” 217 p.
- Roldán, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Medellín: Medellín, Colombia. Universidad de Antioquia. 1 ed. ISBN: 958-655-081-8. 42 p. Disponible en books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=ZEjgIKZTF2UC&oi=fnd&pg=PR11&dq=roldan+2003+Bioindicación+de+la+calidad+de+agua+en+Colombia&ots=IMlWYFBUKJ&sig=UVXN5_PvjhdvPIxgCRL2I3oWask#v=onepage&q=roldan%20003%20Bioindicación%20de%20la%20calidad%20de%20agua%20en%20Colombia&f=false. Consultado el 10 de abril del 2019.
- Roldán, G. 2012. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. Bogotá. Colombia. 148 p.
- Roldan, G. 2016. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. Colombia: Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 40(155):254-274.

- Romero, VF. 2001. Plecóptera, pp: 93-109 (Capítulo 3). En: Fernández, H. R & E, Domínguez (Eds.) Guía para la determinación de artrópodos bentónicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán. Argentina.
- Romero, J. 2009. Calidad del agua. 3 ed. Colombia. Editorial escuela Colombiana de Ingeniería. 484 p.
- Romero, DJ; Tarrillo Sánchez, HJ. 2017. Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca, durante agosto, diciembre 2016 y marzo 2017. Tesis Ingeniero. Perú. Universidad de Lambayeque. 109 p. Disponible en <http://repositorio.udl.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/UDL/97/TESIS%20MIB%20ORIGINAL%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consultado el 21 de noviembre del 2018.
- Samanez, I; Rimarachin, V; Palma, C; Arana, G; Ortega, H; Correa, V; del Águila, MH. 2014. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Ministerio del Ambiente. Lima.
- Sanchez, M. 2005. El índice biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party Score), modificado y adaptado al cauce principal del río Pamplonita norte de Santander. Santander: Bistua: Revista de la facultad de Ciencias básicas, 3(2).
- Salcedo, S; Artica, L; Tarma, F. 2013. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú. Ciencia y Sociedad. 2013; 03(02).
- Segnini, S. 2003. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. Ecotropicos, 16: 45-63.
- Sierra, CA. 2011. Calidad del agua, evaluación y diagnóstico. Colombia. Editorial Ediciones de la U. Bogota. Columbia. 475 p.
- Silva, A; Roncal, W. 2016. Influencia de la vegetación ribereña en la calidad del agua de la cuenca del río Mashcón - Cajamarca. Tesis para Optar el Título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Cajamarca. 122 p.

- Springer, M. 2010. Biomonitoring acuático. *Revista de Biología Tropical*. *Revista de Biología Tropical* VI. 58(4):53.
- Tinaut, A; Ruano, F. 2002. Molecular phylogeny of two slave-making ants: *Rossomyrmex* and *Polyergus* (Hymenoptera: Formicidae). In *Annales Zoologici Fennici*. In *Annales Zoologici Fennici* (pp. 267-271) Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.
- Thorne, R. y Williams, P. 1997. The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: a multimetric system of bioassessment. *Freshwater Biology* 37(3): 671-686.
- Vásquez, A; Chilón, D. 2019. Determinación de la Contaminación Orgánica del río Llaucano - Cajamarca Perú aplicando Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de la Calidad del Ecosistema Acuático 2018. Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Ambiental y de Prevención de Riesgos. Cajamarca. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, UPAGU. 190 p.
- Verastegui, M. 2001. Evaluación biológico-química de la contaminación del río Shullcas mediante plantas indicadoras *Raphanus sativus* y *Lactuca sativa*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo.
- Vivanco, RM; Galdos JC. 2019. Calidad ecológica del riachuelo Oviedo en la Provincia de Tambopata – Madre de Dios. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco – Perú. 98 p.
- Vizcarra, MA. 2002. Ecosfera: la ciencia ambiental y los desastres ecológicos. ARS asesoría y servicios (ed.). Lima – Perú. ISBN 9972902900. 525 p.
- Walteros, JM; Paiba, JE. 2010. Estudio preliminar de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la Reserva Forestal Torre Cuatro (Colombia). *Boletín Científico del Museo de Historia Natural*, Vol. 14(1): 137 – 149.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo1. Panel fotográfico.



Figura 17. Toma de muestras para el análisis fisicoquímico en el P1.



Figura 18. Toma de muestras para el análisis fisicoquímico en el P3.



Figura 19. Recolección de macroinvertebrados en el P5.

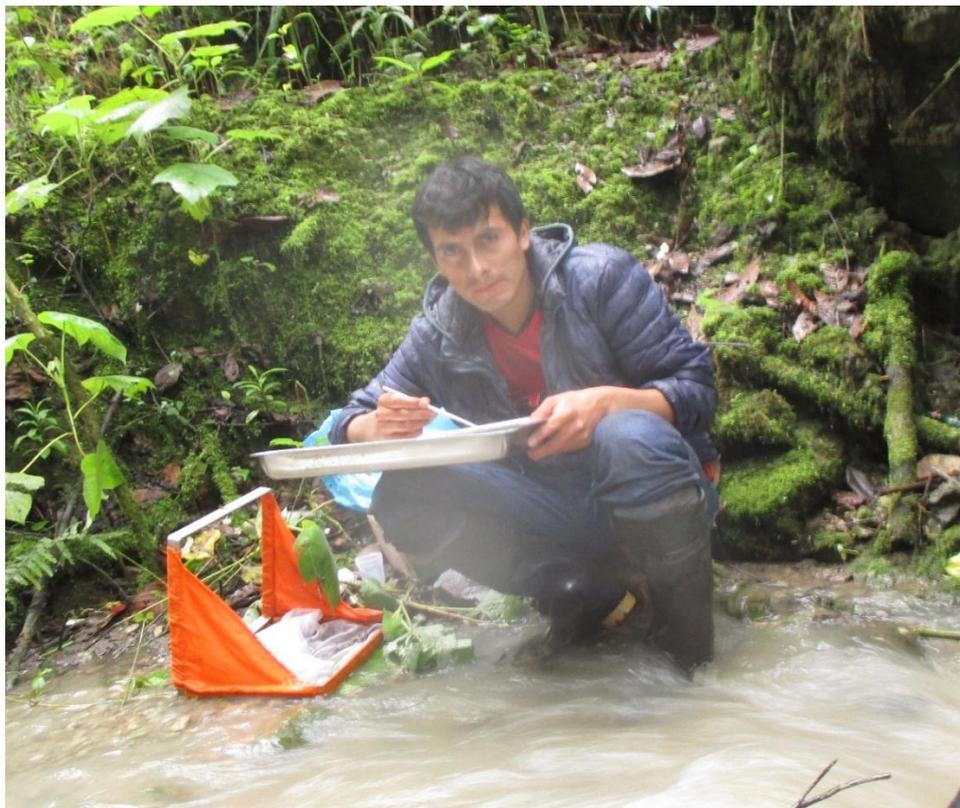


Figura 20. Toma de muestras para la recolección de macroinvertebrados en el P4.



Figura 21. Observación de macroinvertebrados en el laboratorio.



Figura 22. Identificación de macroinvertebrados en el laboratorio.



Figura 23. Orden Amphipoda
Familia Hyalellidae



Figura 24. Orden Plecoptera
Familia Perlidae



Figura 25. Orden Tricladida
Familia Planariidae



Figura 26. Orden Coleoptera

Familia Elmidae

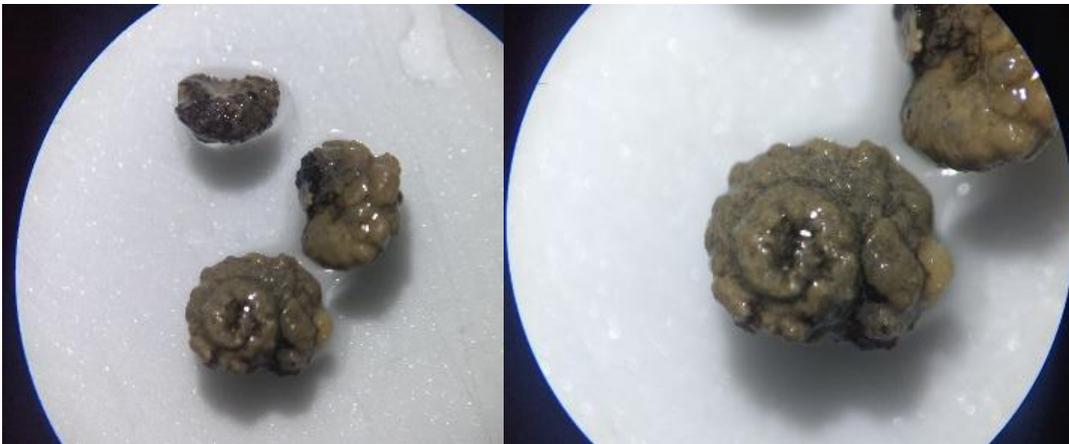


Figura 27. Orden Ephemeroptera

Familia Leptohiphidae



Figura 28. Orden Trichoptera

Familia Helicopsychidae

Anexo 2. Informes de ensayos del laboratorio regional del 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 1118669

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **DAVID CASTAÑEDA ESTELA**
Dirección **Cortegana/Celendín**
Persona de contacto **-** Correo electrónico **dcastañeda@gmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **15.11.18** Hora: **16:27 a 18:07**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de Muestras **05 Muestra** N° Frascos x muestra **06**
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**
Procedencia de la Muestra: **CELENDIN - CORTEGANA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 746** Cadena de Custodia **CC - 669 - 18**
N° Orden de Trabajo **1118669**
Fecha y Hora de Recepción **16.11.18 13:05** Inicio de Ensayo **16.11.18 14:40**
Reporte Resultado **23.11.18 11:30**

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

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Cajamarca, 26 de Noviembre de 2018.

1 de 3



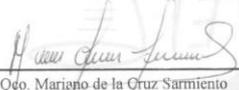
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

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



INFORME DE ENSAYO N° IE 1118669

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente	Punto 1 (P1)	Punto 2 (P2)	Punto 3 (P3)	Punto 4 (P4)	Punto 5 (P5)	-		
Código Laboratorio	1118669-01	1118669-02	1118669-03	1118669-04	1118669-05	-		
Matriz de Agua	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	-		
Descripción	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	-		
Localización de la Muestra	N: 9279749 E: 795457	N: 9279001 E: 795518	N: 9279060 E: 795574	N: 9279417 E: 795848	N: 9279626 E: 795979	-		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.038	0.102	0.084	0.073	0.098	0.082	-
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.065	1.083	0.554	0.563	1.254	0.656	-
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.035	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	3.657	2.730	2.726	3.108	2.536	-
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.070	4.636	2.724	3.690	5.281	5.584	-
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.032	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
pH a 25°C	pH	NA	8.22	8.46	8.50	8.51	8.52	-
Conductividad a 25°C	µS/cm	NA	340.3	332.8	333.2	334.8	327.8	-
(*) Dureza Total	mg/L	0.5	187.0	196.1	190.9	189.0	183.1	-
(*) Oxígeno disuelto	mg/L	0.5	7.87	7.81	9.00	7.98	8.14	-


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

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Cajamarca, 26 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 1118669

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrate, 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.
Potencial de Hidrogeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+.B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Conductividad a 25°C	uS/cm	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510. B. 23rd Ed. 2017. Conductivity, Laboratory Method
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C. 23rd Ed. 2017: Hardness EDTA Titrimetric Method
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C. 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved). Azide Modification.

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.



Cajamarca, 26 de Noviembre de 2018.

LABORATORIO REGIONAL
DEL 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 0119021

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **DAVID CASTAÑEDA ESTELA**
 Dirección **Cortegana - Celendín**
 Persona de contacto - Correo electrónico **dcastañeda13@unc.edu.pe**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **14.01.19** Hora de Muestreo **15:32 a 17:10**
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de Muestras **05** N° Frascos x muestra **03**
 Ensayos solicitados **Físicoquímicos**
 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**
 Procedencia de la Muestra: **CORTEGANA - CELENDIN**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 024** Cadena de Custodia **CC - 021- 19**
 Fecha y Hora de Recepción **15.01.19 12:20** Inicio de Ensayo **15.01.19 15:15**
 Reporte Final de Resultados **22.01.19 16:30**

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
Ronald A. Cáceda Cuba
Bigo. Ronald A. Cáceda Cuba
RESPONSABLE DE LA CALIDAD
C.B.P.: 4995

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Cajamarca, 23 de Enero de 2019.

1 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

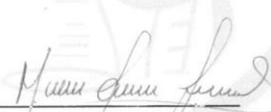
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0119021

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente			P1	P2	P3	P4	P5	-
Código Laboratorio			0119021-01	0119021-02	0119021-03	0119021-04	0119021-05	-
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	-
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	-
Localización de la Muestra			N: 9279749 E: 795457	N: 9279001 E: 795518	N: 9279060 E: 795574	N: 9279417 E: 795848	N: 9279626 E: 795979	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.038	0.124	0.119	0.092	0.121	0.173	-
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.065	0.263	0.500	0.420	0.761	1.059	-
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.035	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	2.369	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.070	2.009	2.180	2.489	4.361	4.997	-
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.032	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
° pH a 25°C	pH	NA	8.29	8.41	8.34	8.31	8.47	-
Conductividad a 25°C	uScm	NA	342.5	335.0	333.0	333.5	329.5	-
(*) Dureza Total	mg/L	0.5	185.0	181.5	190.1	193.9	178.8	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	7.51	7.46	7.53	7.53	7.48	-

Leyenda: LCM: Límite de cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)


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

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Cajamarca, 23 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 0119021

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-NO2, N-NO3, P-PO4, N-NO2+N-NO3)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
Potencial de Hidrogeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Conductividad a 25°C	uS/cm	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510. B. 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method
Cloro Residual	mg Cl/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl G. 23rd Ed. 2017. DPD Colorimetric Method.
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C. 23rd Ed. 2017. Oxygen (Dissolved). Azide Modification.

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.



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

Cajamarca, 23 de Enero de 2019.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

3 de 3

Anexo 3. Macroinvertebrados de la cuenca del Ebro (Oscoz 2009).

Phylum/Clase	Orden	Familia (taxón)		
Acari		Hydracarina		
Bryozoa		Bryozoa		
Cnidaria		Hydra		
Nematoda		Nematoda		
Nematomorpha		Gordius		
Porifera		Spongillidae		
Annelida	Branchiobdellea	Branchiobdellidae		
		Hirudinea		
		Erpobdellidae		
		Glossiphoniidae		
		Hirudinidae		
		Piscicolidae		
		Oligochaeta		
Crustacea	Amphipoda	Corophiidae		
		Gammaridae		
		Niphargidae		
		Branchiopoda		
		Copepoda		
		Decapoda		
		Astacidae		
		Atyidae		
		Pacifastacus		
		Palaemonidae		
		Procambarus		
		Isopoda		
		Asellidae		
	Cirolanidae			
	Stenasellidae			
	Ostracoda			
Insecta	Coleoptera	Ostracoda		
		Chrysomelidae		
		Clambidae		
		Curculionidae		
		Dryopidae		
		Dytiscidae		
		Elmidae		
		Gyrinidae		
		Haliplidae		
		Helodidae		
		Helophoridae		
		Hydraenidae		
		Hydrochidae		
		Hydrophilidae		
		Hygrobidae		
		Noteridae		
		Psephenidae		
		Scirtidae		
		Insecta	Díptera	Anthomyiidae
				Athericidae
				Blephariceridae
Ceratopogonidae				

		Chironomydae
		Culicidae
		Dixidae
		Dolichopodidae
		Empididae
		Ephydriidae
		Limoniidae
		Muscidae
		Musc+Anthom
		Psychodidae
		Ptychopteridae
		Rhagionidae
		Sciomyzidae
		Simuliidae
		Stratiomyidae
		Syrphidae
		Tabanidae
		Thaumaleidae
		Tipulidae
	Ephemeroptera	Baetidae
		Caenidae
		Ephemerellidae
		Ephemeridae
		Heptageniidae
		Leptophlebiidae
		Oligoneuriidae
		Polymitarcyidae
		Potamanthidae
		Prosopistomatidae
		Siphonuridae
	Heteroptera	Aphelocheiridae
		Corixidae
		Gerridae
		Hydrometridae
		Mesoveliidae
		Naucoridae
		Nepidae
		Notonectidae
		Pleidae
		Veliidae
Insecta	Hymenoptera	Agriotypus
	Lepidoptera	Pyralidae
	Megaloptera	Sialidae
	Odonata	Aeshnidae
		Calopterygidae
		Coenagrionidae
		Cordulegastridae
		Corduliidae
		Gomphidae
		Lestidae

		Libellulidae
		Platycnemididae
	Plannipenia	Osmylidae
		Sisyridae
	Plecoptera	Capnidae
		Chloroperlidae
		Leuctridae
		Nemouridae
		Perlidae
		Perlodidae
		Taeniopterygidae
	Trichoptera	Beraeidae
		Brachycentridae
		Calamoceratidae
		Ecnomidae
		Glossosomatidae
		Goeridae
		Hydropsychidae
		Hydroptilidae
		Lepidostomatidae
		Leptoceridae
		Limnephilidae
		Molannidae
		Odontoceridae
		Philopotamidae
		Phryganeidae
		Polycentropodidae
		Psychomyiidae
		Rhyacophilidae
		Sericostomatidae
		Thremmatidae
		Uenoidae
Mollusca	Bivalvia	Corbicula
		Dreissena
		Sphaeriidae
		Unionidae
	Gastropoda	Ancylidae
		Bithyniidae
		Bythinellidae
		Ferrissidae
		Hydrobiidae
		Lymnaeidae
		Neritidae
		Physidae
		Planorbidae
		Thiaridae
		Valvatidae
		Viviparidae
Platyhelminthes/ C turbellaria	Triclada	Dendrocoelidae

Dugesiidae
Planariidae

Base de datos de cuantificación de macroinvertebrados por cada monitoreo.

**MONITOREO
NOVIEMBRE 2018**

FECHA:

OPERADOR:

FAMILIA	CANT. INDIVIDUOS
Hyalellidae	17
Chironomidae	17
Ceratopogonidae	2
Empididae	1
Tipulidae	12
Oligoneuridae	1
Baetidae	16
Leptophlebeidae	1
Leptohiphidae	19
Perlidae	6
Hydropsychidae	8
Hydrobiosidae	2
Hydroptilidae	1
Helicopsychidae	24
Ptilodactylidae	37
Elmidae	94
Scirtidae	2
Annelida Oligochaeta	84
Planariidae	20
TOTAL	364

MONITOREO ENERO 2019

FECHA:

OPERADOR:

FAMILIA	CANT. INDIVIDUOS
Hyalellidae	39
Physidae	1
Ephydriidae	2
Tipulidae	3
Baetidae	89
Leptohiphidae	2
Perlidae	10
Calamoceratidae	1
Hydropsychidae	3
Hydrobiosidae	1
Hydroptilidae	4
Helicopsychidae	172
Glossosomatidae	1
Ptilodactylidae	9
Elmidae	99
Collembola	1
Hidracarina	7
Annelida Oligochaeta	16
Planariidae	135
TOTAL	595

Anexo 4. Formato para la evaluación de la calidad del agua, para el índice EPT.

**Monitoreo
Noviembre2018
PM1**

RIQUEZA TOTAL Y EPT			
Orden	Familia (Marcar con una x en caso de presencia)		
Amphipoda	Hyalellidae	X	
Gasteropoda	Physidae		
Diptera	Tabanidae		
	Chironomidae		
	Simuliidae		
	Ceratopogonidae	X	
	Empididae		
	Limoniidae		
	Ephydriidae		
	Blephariceridae		
	Psychodidae		
Ephemeroptera	Tipulidae	X	
	Oligoneuridae		
	Baetidae	X	
	Leptophlebiidae		
Plecoptera	Leptoxyphidae	X	
	Perlidae	X	
Trichoptera	Gripopterygidae		
	Calamoceratidae		
	Hydropsychidae		
	Hydrobiosidae		
	Hydroptilidae		
	Leptoceridae		
	Polycentropodidae		
	Helicopsychidae	X	
	Xiphocentronidae		
Coleoptera	Glossosomatidae		
	Dytiscidae		
	Ptilodactylidae	X	
	Psephenidae		
	Gyrinidae		
	Elmidae	X	
Collembola	Collembola		
Acari	Hidracarina		
Annelida	Annelida		
	Oligochaeta		
Tricladia/Seriata	Planariidae	X	
N° Total de Familia		10	37

PORCENTAJE DE RIQUEZA ENCONTRADA = (N° TOTAL DE FAMILIAS ENCONTRADAS/37) X 100	27,027027
---	-----------

EPT = N° TOTAL FAMILIAS TRICHOPTERA + EPHEMEROPTERA + PLECOPTERA	4
---	---

Ilustración 1. Valoración de la calidad ecológica según el índice Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera (EPT).

EPT ∑ de Taxas presentes	Calidad	Significado
>10	Buena	Sin impacto
7-10	Baja	Levemente impactado
2-6	Pobre	Moderadamente impactado
0-1	Muy pobre	Severamente impactado

Fuente: Klemm et al. 1990

Anexo 5. Formato para la evaluación de la calidad del agua, para el índice BMWP/Col.

Ilustración 2. Valoración de la calidad ecológica índice biological monitoring working party (BMWP/Col.)

Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
Buena	101 – 150	Aguas muy limpias a limpias	
Aceptable	61 – 100	Aguas ligeramente contaminadas	
Dudosa	36 – 60	Aguas moderadamente contaminadas	
Crítica	16 – 35	Aguas muy Contaminadas	
Muy Crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	

Fuente: Roldan 2013.

Ilustración 3. Valoración de las familias de macroinvertebrados para obtener el índice BMWP/Col. Adaptado de bioindicación de la calidad del agua en Colombia (Roldan 2003). (Monitoreo noviembre 2018 PM1)

FAMILIA	NIVEL DE TOLERANCIA	TOTAL T(NT)
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessidae, Odontoceridae, Oligoneuridae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae, Ptilodactylidae.	10	20
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9	0
Calamoceratidae, Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossossomatidae, Hyalellidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7	28
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limmichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5	0
Chrysomelidae, Dolichopudidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae.	4	0
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydroptilidae, Physidae, Tipulidae.	3	6
Culicidae, Chironomidae (cuando no es la familia dominante, si domina es 1), Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae	2	0
Tubificidae	1	0
TOTAL		68

Anexo 6. Formato para la evaluación de la calidad del agua, para el índice ABI

Ilustración 4. Valoración ecológica del índice biótico andino (ABI), adaptado para Perú.

CLASE	ECUADOR	PERÚ
Muy Bueno	>96	>74
Bueno	59 – 96	45 – 74
Moderado	35 – 58	27 - 44
Malo	14 – 34	11 - 26
Pésimo	<14	<11

Fuente: Acosta et al. 2019

Ilustración 5. Valoración de las familias de acuerdo al nivel de tolerancia según el índice biótico andino (ABI)

**MONITOREO Noviembre
2018**

Orden	Familia (Marcar con una x en caso de presencia)		ÍNDICE BIÓTICO ANDINO (ABI)		
			Nivel de tolerancia	Cálculo (Presencia = nivel de tolerancia)	
Amphipoda	Hyaellidae	X	6	6	
Gasteropoda	Physidae		3		
Diptera	Tabanidae		4		
	Chironomidae		2		
	Simuliidae		5		
	Ceratopogonidae	X	4	4	
	Empididae		4		
	Limoniidae		4		
	Ephydriidae		2		
	Blephariceridae		10		
	Psychodidae		3		
	Tipulidae	X	5	5	
Ephemeroptera	Oligoneuridae		10		
	Baetidae	X	4	4	
	Leptophlebiidae		10		
	Leptohephidae	X	7	7	
Plecoptera	Perlidae	X	10	10	
	Gripopterygidae		10		
Trichoptera	Calamoceratidae		10		
	Hydropsychidae		5		
	Hydrobiosidae		8		
	Hydroptilidae		6		
	Leptoceridae		8		
	Polycentropodidae		8		
	Helicopsychidae	X	10	10	
	Xiphocentronidae		8		
Glossosomatidae		7			
Coleoptera	Dytiscidae		3		
	Ptilodactylidae	X	5	5	
	Psephenidae		5		
	Gyrinidae		3		
	Elmidae	X	5	5	
	Scirtidae		5		
Collembola	Collembola		0		
Acari	Hidracarina		4		
Annelida	Annelida Oligochaeta		1		
Tricladia/Seriata	Planariidae	X			
N° Total de Familia		10	ABI = SUMA TOTAL	56	BUENO