

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental



TESIS

Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**“CALIDAD DEL AGUA EN FUNCIÓN A LOS
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y PARÁMETROS
FISICOQUÍMICOS EN EL RÍO MUYOC GRANDE, MIGUEL
IGLESIAS, CELENDÍN-2018”**

PRESENTADO POR:

BACHILLER: Nilson Hoyos Pompa

ASESOR: M.Sc. Manuel Roberto Roncal Rabanal

CAJAMARCA-PERÚ

-2019-



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Norte de la Universidad Peruana
Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Cajamarca, a los dieciséis días del mes de agosto del año dos mil diecinueve, se reunieron en el ambiente 2A-201 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del Jurado designado por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 241-2019-FCA-UNC, Fecha 17 de junio de 2019, con el objeto de Evaluar la sustentación de Tesis titulada: "**CALIDAD DEL AGUA EN FUNCIÓN A LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS EN EL RÍO MUYOC GRANDE, MIGUEL IGLESIAS, CELENDÍN-2018**", para optar el título profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**, de el Bachiller **NILSON HOYOS POMPA**.

A las dieciséis horas y diez minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición del trabajo de Tesis, la formulación de preguntas y de la deliberación del Jurado, el Presidente anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **DIECISIETE (17)**.

Por lo tanto, el graduado queda expedito para que se expida el **Título Profesional** correspondiente.

A las diecisiete horas y quince minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, 19 de agosto de 2019.

Ing. M. Sc. Alfredo Quispe Urteaga

PRESIDENTE

Ing. M. Sc. Giovana Ernestina Chávez Horna

SECRETARIO

Ing. José Lizandro Silva Mego

VOCAL

Ing. M. Sc. Manuel Roberto Roncal Rabanal

ASESOR

DEDICATORIA

A mi querido padre Felimon Hoyos Rodríguez, porque es un ejemplo a seguir, por su apoyo incondicional en las diferentes etapas de mi vida; a mi madre Teodora Pompa Vásquez, quien con su amor, apoyo y consejos me llevaron a formarme como persona y a mis hermanos (Santos, Vilma, Roberto, Marleny y Euler) quienes fueron mi respaldo y apoyo en cada momento.

AGRADECIMIENTO

A Dios por regalarme el don de vida, la salud y sabiduría para desarrollarme cada etapa de mi vida.

A mis padres, quienes están brindándome su apoyo incondicional a cada momento.

A mis hermanos, quienes con entusiasmo y alegría me apoyan siempre para lograr mis objetivos.

A mi asesor, M.sc. Manuel Roberto Roncal Rabanal, por brindarme su apoyo, en el desarrollo de la presente tesis, incentivándome a crear nueva información que permita contribuir al medio ambiente y la sociedad.

Finalmente agradecer a todos los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, quienes impartieron sus conocimientos y experiencias para formarme profesionalmente.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	ix
ABSTRAC	x
INTRODUCCIÓN	11
1.1. Problema de investigación	12
1.2. Formulación del problema de investigación	12
1.3. Objetivos	12
1.4. Hipótesis de la investigación	13
REVISIÓN DE LITERATURA	14
2.1. Antecedentes	14
2.2. Ecosistemas Acuáticos	19
2.3. Macroinvertebrados bentónicos.....	19
2.4. Bioindicadores.....	19
2.5. Los macroinvertebrados en la bioindicación.....	20
2.6. Ventajas del uso de macroinvertebrados acuáticos	21
2.7. Principales Ordenes de Macroinvertebrados	21
a) Ephemeroptera.....	21
b) Plecóptera.....	21
c) Trichóptera	22
d) Coleóptera.....	22
e) Díptera	22
f) Odonata.....	23
g) Annelida.....	23
h) Collembola.....	23
i) Gasteoropoda	23
j) Tricladida	23

2.8. Índices bióticos.....	23
a) Índice biótico de familias (IBF)	24
b) Índice Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera (EPT).....	24
c) Biological monitoring working party (BMWP/Col)	25
d) Índice biótico andino (ABI)	25
2.9. Parámetros fisicoquímicos	25
a) Potencial de hidrógeno (pH).....	26
b) Conductividad eléctrica (CE).....	26
c) Oxígeno disuelto (OD)	26
d) Temperatura	26
2.10. Estándar de calidad ambiental	27
MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. Ubicación.....	29
3.2. Materiales y Equipos	31
3.2.1. Material experimental.....	31
3.2.2. Equipos.....	31
3.2.3 Materiales de campo.....	31
3.2.4 Materiales de escritorio	32
3.3. Metodología.....	32
3.3.1. Parámetros fisicoquímicos	32
3.3.2. Toma de muestra para laboratorio.....	32
3.3.3. Muestreo Biológico	33
3.3.4. Procesamiento de datos	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. Macroinvertebrados colectados en el río Muyoc Grande, Miguel Iglesias.....	37
a) Regresión y correlación para el número de macroinvertebrados con la altitud (m).....	42

b) Análisis y resultados del BMWP/col en el río Muyoc Grande, Miguel Iglesias.....	43
c) Análisis y resultados de Índice Biótico Andino (ABI) en el río Muyoc Grande, Miguel Iglesias.	44
d) Análisis y resultados del índice biótico de familias (IBF) el río Muyoc Grande, Miguel Iglesias.	45
e) Análisis y resultados para la aplicación de EPT en el río Muyoc Grande, Miguel Iglesias.	46
4.2. Parámetros fisicoquímicos	47
a) Potencial de Hidrógeno (pH).....	48
b) Regresión y correlación para el número de macroinvertebrados con el pH.	48
c) Conductividad eléctrica.....	49
d) Regresión y correlación para el número de macroinvertebrados y la conductividad eléctrica.....	50
e) Dureza total	50
f) Regresión y correlación para el número de macroinvertebrados y la dureza total.....	51
g) Oxígeno disuelto	51
h) Temperatura	53
i) Regresión y correlación para el número de macroinvertebrados y la temperatura.....	54
j) Nitratos /nitritos	54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
BIBLIOGRAFIA	56
ANEXOS	60

LISTA DE TABLAS

Página

Tabla 1: Clasificación de las aguas de acuerdo al índice BMWP/Col y colores para representaciones cartográficas.....	27
Tabla 2: Puntuación de las familias de macroinvertebrados para obtener el índice BMWP/Col.....	28
Tabla 3: Puntos de muestreo para el análisis fisicoquímico en el río Muyoc Grande, Miguel Iglesias, Celendín.	30
Tabla 4: Parámetros y metodología utilizada en el Laboratorio.....	33
Tabla 5: Escala para índices de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera	35
Tabla 6: Escala de índices de valores de BMWP/Col.	35
Tabla 7: Escala de índice biótico andino(ABI).	36
Tabla 8: Escala para índice Biótico de familias	36
Tabla 9: Cantidad de macroinvertebrados colectados en el río Muyoc Grande, Miguel Iglesias.....	38
Tabla 10: Análisis de varianza (ANOVA) para las poblaciones de macroinvertebrados ..	39
Tabla 11: Poblaciones de macroinvertebrados en los diferentes meses evaluados	39
Tabla 12: Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad, para las poblaciones de macroinvertebrados en los diferentes puntos de muestreos	40
Tabla 13: Familias de MIB encontrados en cada punto de monitoreo y puntuaciones asignadas para el BMWP/col	42
Tabla 14: Resultados del índice BMWP/col en las dos épocas de monitoreo.	43
Tabla 15: Resultados de Índice Biótico Andino (ABI) en las dos épocas de monitoreo. ..	44
Tabla 16: Resultados del índice biótico de familias (IBF) en las dos épocas de monitoreo	45
Tabla 17: Resultados del EPT en el río Muyoc Grande-Miguel Iglesias.....	46
Tabla 18: Resultados de los parámetros fisicoquímicos en el río Muyoc Grande.	47

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Ubicación de la zona de estudio.	29
Figura 2: Puntos de monitoreo del río Muyoc Grande, Miguel Iglesias.	30
Figura 3: Promedio de las poblaciones de macroinvertebrados en los puntos de muestreos.	40
Figura 4: Porcentaje de familias de macroinvertebrados encontrado en el mes octubre del 2018.	41
Figura 5: Porcentaje de familias de macroinvertebrados encontrado en el mes enero del 2019.	41
Figura 6: Recta de regresión para los macroinvertebrados en función a la altitud (m).	42
Figura 7: pH de los puntos evaluado en los meses de octubre del 2018 y enero del 2019.	48
Figura 8: Recta de regresión para los macroinvertebrados en función del pH.	48
Figura 9: Conductividad eléctrica de los puntos evaluado en los meses de octubre del 2018 y enero del 2019.	49
Figura 10: Recta de regresión para los macroinvertebrados en función de la conductividad eléctrica.	50
Figura 11: Dureza total de los puntos evaluado en los meses de octubre del 2018 y enero del 2019.	50
Figura 12: Recta de regresión para los macroinvertebrados en función de la dureza total.	51
Figura 13: Oxígeno disuelto de los puntos evaluado en los meses de octubre del 2018 y enero del 2019.	51
Figura 14: Temperatura de los puntos evaluado en los meses de octubre del 2018 y enero del 2019.	53
Figura 15: Recta de regresión para los macroinvertebrados en función a la temperatura.	54

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la calidad del agua en función a la presencia de macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en el río Muyoc Grande, distrito de Miguel Iglesias, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca; el periodo de evaluación fue de octubre del 2018 a enero del 2019, se establecieron en seis puntos de monitoreo a lo largo de esta fuente de agua. Se utilizó la metodología establecida por Roldán 2012, donde se utilizó la red surber colocándola en sentido contrario a la corriente del río, removiendo el sustrato durante los cinco primeros minutos y dejándola por un periodo de treinta minutos con la finalidad de capturar la mayor diversidad de macroinvertebrados bentónicos; se hicieron tres repeticiones por punto de monitoreo y se aplicaron los índices bióticos : Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT), Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col), Índice Biótico Andino (ABI) y el índice biótico de la familia (IBF); además se tomaron en cuenta los parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, nitritos/nitratos y la dureza total. El EPT muestra una calidad del agua “pobre” en la estación seca y, húmeda; el Índice BMWP/col manifiesta una calidad del agua “crítica” en estación seca y húmeda; el Índice ABI presenta una calidad del agua “moderada” en la época seca y una calidad “mala” en la época húmeda y finalmente en el índice IBF presenta una calidad del agua “pobre”. Los parámetros fisicoquímicos presentaron los siguientes valores más representativos: el oxígeno disuelto con valor mínimo de 6.37 en el P1 y un valor máximo de 8.49 mgO₂/L en el P5; la temperatura tiene un valor mínimo de 7.5°C en el P1 y un valor máximo de 10°C en el P5; la conductividad eléctrica tiene un valor mínimo de 224.3 en el P3 y un máximo de 322.2 uS/cm en el P1; la dureza total tiene un valor mínimo de 123.9 en el P3 y un máximo de 181.0 mg/L en el P1 y los nitritos/ nitratos, encontrándose dentro de los ECA (Estándares de Calidad Ambiental) según el DS, N°004-2017-MINAM; excepto el pH en la estación húmeda en los puntos P3, P5 y P6 con valores 8.67, 8.79 y 8,75 respectivamente, no cumplen con los ECA.

ABSTRAC

The objective of this study was to determine water quality based on the presence of benthic macroinvertebrates and physicochemical parameters in the Muyoc Grande river, Miguel Iglesias district, Celendín province, Cajamarca department; The evaluation period was from October 2018 to January 2019, they were established in six monitoring points along this water source. The methodology established by Roldán 2012 was used, where the surber network was used by placing it in the opposite direction to the river current, removing the substrate during the first five minutes and leaving it for a period of thirty minutes in order to capture the greatest diversity of benthic macroinvertebrates; Three repetitions were made per monitoring point and the biotic indices were applied: Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (EPT), Biological Monitoring Working Party Index (BMWP / Col), Andean Biotic Index (ABI) and the family biotic index (IBF); In addition, the physicochemical parameters were taken into account: pH, temperature, electrical conductivity, dissolved oxygen, nitrites / nitrates and total hardness. The EFA shows a "poor" water quality in the dry and wet season; the BMWP / col Index shows "critical" water quality in dry and wet seasons; The ABI Index has a "moderate" water quality in the dry season and a "bad" quality in the wet season and finally in the IBF index it has a "poor" water quality. The physicochemical parameters presented the following most representative values: dissolved oxygen with a minimum value of 6.37 in P1 and a maximum value of 8.49 mgO₂ / L in P5; the temperature has a minimum value of 7.5 ° C in P1 and a maximum value of 10 ° C in P5; the electrical conductivity has a minimum value of 224.3 in P3 and a maximum of 322.2 uS / cm in P1; The total hardness has a minimum value of 123.9 in P3 and a maximum of 181.0 mg / L in P1 and nitrites / nitrates, being within the ECA (Environmental Quality Standards) according to the DS, No. 004-2017 -MINAM; except the pH in the wet season at points P3, P5 and P6 with values 8.67, 8.79 and 8.75 respectively, do not comply with the RCTs.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

A lo largo de las civilizaciones el hombre ha usado el agua para sus diferentes actividades, generando consigo aguas residuales que son vertidas a los ríos, ocasionando degradación de las mismas, provocando el cambio del paisaje, el incremento de descargas de sedimentos y nutrientes a los sistemas fluviales y la pérdida de la capacidad reguladora de las cuencas. Estos cambios traen consigo una fuerte influencia sobre sus ecosistemas, alterando la estabilidad del medio ambiente acuático (Corpochivor 2005 y Roldán 2003).

Dentro de los indicadores biológicos más utilizados en la evaluación de los ecosistemas fluviales del mundo se encuentran las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, los cuales son sensibles a los cambios en las variables fisicoquímicas e hidrológicas que se producen por estas alteraciones. Mediante análisis fisicoquímico y la composición taxonómica de las comunidades de macroinvertebrados se puede llegar a determinar íntegramente el grado de afectación producido por diversas perturbaciones antrópicas (Roldán 2003).

Los índices biológicos se basan en valores de tolerancia y sensibilidad de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos a la contaminación; representan actualmente el registro más valioso para la determinación del estado ecológico o integridad biótica de un río, este concepto abarca más que solo evaluación de la calidad del agua (Aguirre 2011). El monitoreo del río Muyoc Grande, se realizó durante un periodo de 4 meses abarcando la estación húmeda y seca, en seis puntos establecidos, evaluando parámetros fisicoquímico; temperatura (T°), pH, oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), dureza total, nitritos y nitratos, los resultados fueron analizados y comparados con los estándares de calidad ambiental; al mismo tiempo se realizó un minucioso y delicado monitoreo e identificación de macroinvertebrados en la cual permitió determinar la calidad del agua en este río Muyoc Grande, Miguel Iglesias.

1.1. Problema de investigación

El agua del río Muyoc Grande es un recurso indispensable para la vida, ya que es utilizada para el riego de cultivos, siembra de pastizales, bebederos de animales y consumo humano de los centros poblados Muyoc Grande, Muyoc Chico y el caserío de Alto Perú. Sin embargo, dicho recurso está expuesto a posibles riesgos de contaminación debido al vertimiento de aguas residuales domésticas y de actividades como: ganadería, la utilización de fertilizantes sintéticos y plaguicidas en la agricultura.

Por esta razón se tiene la necesidad de conocer la calidad del agua mediante el análisis biológico en función a la presencia de macroinvertebrados bentónicos y de parámetros fisicoquímicos, para alertar a los pobladores sobre el posible riesgo de contaminación que este recurso puede estar tolerando, afectando a la salud humana, de los animales y la conservación del ambiente acuático.

1.2. Formulación del problema de investigación

¿Cuál es la calidad del agua del río Muyoc Grande en función a los macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Determinar la calidad del agua del río Muyoc Grande en función a los macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar los índices Ephemeroptera Plecoptero y Trichoptera (EPT), el Índice Biótico Andino (ABI), Índice BMWP/Col y el índice biótico de la familia (IBF) de las aguas del río Muyoc Grande, Miguel Iglesias, Celendín.
- Analizar el pH, la temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, nitritos/nitratos y la dureza total de las aguas del río Muyoc Grande, Miguel Iglesias, Celendín.

1.4. Hipótesis de la investigación

La presencia de macroinvertebrados bentónicos muestran que la calidad del agua del río Muyoc Grande, Miguel Iglesias, Celendín, según: EPT es baja; ABI, es mala; BMWP/Col, es crítica e IBF es muy mala. Además, los parámetros fisicoquímicos no cumplen con estándares de calidad ambiental ECA establecidos en el DS N° 004-2017 MINAM.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

La evaluación de la calidad del agua mediante la utilización de macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos se inició a principios del siglo XX introduciendo el concepto de Saprobidad, que según Segnini (2003), en su investigación “El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente”, lo describe como el grado de medida de contaminación orgánica del agua, señala también, que en la década de los años 80 la bioindicación estaba orientada a la comparación biológica de lugares poco intervenidos o impactados, por un lado índices que miden la condición biológica en base a atributos de una comunidad y el otro de predicción mediante el uso de la estadística multivariada, en ambos casos se realiza para comparar sitios impactados o degradados con poca intervención.

De acuerdo a Paredes (2004) en la investigación de “Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú”, se realizó la evaluación a través del índice “Biological Monitoring Working Party ” (BMWP), cuyo objetivo fue analizar la composición faunística, riqueza de familias y calidad del agua con base en el índice biótico exactamente en dos ríos del noreste de Perú en febrero-marzo 2002; donde la primera evaluación fue en el río Wuanwuas (Bagua, Amazonas), en siete estaciones de muestreo, cuyo resultado con la valoración del índice BMWP fue de 67 puntos, catalogándose como agua de calidad aceptable; por otro lado la segunda evaluación fue en el río Amojú (Jaén, Cajamarca), en ocho estaciones de muestreo, cuyo resultado fue de 38 puntos catalogándose como aguas contaminadas o de calidad dudosa/crítica.

Cabe señalar que Paredes (2005) realizó un estudio similar al anterior, donde la investigación fue “Uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua del río Rímac-Callao, Perú” teniendo como resultado de 6 zonas de muestreo 29 puntos aplicando el índice BMWP, catalogándose una calidad crítica o de aguas muy contaminadas.

Perales. N, (2008). Desarrolló un estudio de análisis fisicoquímicos para determinar la calidad del agua en la cuenca del río Grande – Celendín, durante este estudio se concluyó que la mayor contaminación que presenta las aguas de la cuenca del río Grande se debió a la presencia de desagües que se localizan en los márgenes de las quebradas Dungul, Itihuagana y Chacarume; seguido por los botaderos de basura y los criaderos de animales.

Por otra parte, en un programa de monitoreo de calidad del agua en cuencas realizado por Medina (2008), siendo el título: “El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. Perú. 2008.”, el cual fue ejecutado en 18 puntos de muestreo teniendo como resultado la presencia de 46 familias, 13 órdenes, agrupados en 7 clases de macroinvertebrados , y aplicando el índice BMWP adaptado y modificado para este monitoreo, se concluye que en la parte alta de la microcuenca Perejil tiene una calidad biológica regular, en cambio en la parte baja tiene una calidad mala, por otro lado en la parte alta de la microcuenca Caballo Moro tiene una calidad biológica mala y la parte baja muestran una calidad buena o aceptable, además en la parte alta de la microcuenca Chuyugual tiene un calidad regular y en la parte baja una calidad aceptable o buena, resalta también que estos dos últimos resultados se dan debido a que en la parte alta existen actividades que alteran la calidad del agua tales como: la minería, agricultura y ganadería.

Sobre el estudio de la calidad del agua del río Chili en Arequipa, mediante el uso del índice ABI que de acuerdo a Medina (2011), hace referencia a la presencia de macroinvertebrados con mayor incidencia en los ríos de la sierra, es decir parte andina, asimismo infiere que este índice es una adaptación del índice BMWP para poder obtener resultados más exactos y confiables, así que los realizó en tres estaciones a lo largo de la subcuenca del río Chili en los meses de junio a agosto del 2011, donde se monitoreo tanto con macroinvertebrados y algunos parámetros fisicoquímicos, en cuanto a lo primero se identificaron 11 familias dentro de 9 órdenes, entre las cuales la más abundante fue Díptera , seguido por Trichoptera y Ephemeroptera ; concluyendo que la calidad del agua del río Chili, es de regular a mala o contaminada, porque la puntuación obtenida en el Índice ABI es 36.

Por otro lado, Terneus (2012), en su investigación sobre la utilización de macroinvertebrados bentónicos como Bioindicadores de la calidad del agua en el río Lliquino – Ecuador, pudo determinar la salud ecológica de este, dando como resultado que se encuentra en buenas condiciones, dicha investigación se realizó en un periodo de 5 años, donde se registró la presencia y dominancia de especies indicadoras de buena calidad ambiental de las órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera, en cuanto a sus resultados indica que la mayor abundancia de macroinvertebrados se obtuvieron de ambientes rápidos frente a un menor abundancia en los ambientes lentos, cabe destacar que durante el periodo de monitoreo se encontraron 35 familias.

Mientras tanto en un estudio de biodiversidad de macroinvertebrados en el sistema de cultivo de arroz en Piura realizado por Andrea y Mejía (2013), el cual se llevó a cabo en tres parcelas de arroz y en cada una se establecieron tres puntos de muestreo, la primera fue referencial en la entrada del agua de riego, la segunda fue en el drenaje principal y la tercera en el canal que desemboca en los manglares de San Pedro de Vice, teniendo como resultados de 2,24 con el índice Shannon-Wiener y una abundancia media de 450 macroinvertebrados, siendo mayores a los encontrados en el segundo y tercer punto; por otro lado la explicación a esto se da gracias a los parámetros fisicoquímicos analizados tales como: conductividad eléctrica, salinidad y oxígeno disuelto, ya que sufren variaciones negativos afectando la abundancia de macroinvertebrados entre los diferentes puntos de muestreo evaluados.

En relación con lo antes indicado, Salcedo (2013) en su investigación de Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad del agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú; concluyen 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, por ende, en la comunidad de macroinvertebrados.

Además, Cruz (2014), en su estudio para determinar la calidad del agua del río Santa, concluye que este está impactado, el mayor impacto es aguas arriba, por lo tanto, la contaminación por metales influye negativamente en la población de macroinvertebrados y por ende en la calidad del agua.

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

Además, Muñoz (2016), con el proyecto denominado “Caracterización fisicoquímica y biológica de las aguas del río grande Celendín - Cajamarca” permitió determinar la Calidad del agua del río Grande mediante la evaluación de parámetros fisicoquímicos y biológicos (macroinvertebrados).

El mencionado proyecto concluyó que, las aguas del río Grande Celendín-Cajamarca, en algunos parámetros fisicoquímicos 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, además las comunidades de macroinvertebrados bentónicos presentes si son indicadores biológicos del agua del río Grande Celendín-Cajamarca.

Linares (2018), en su investigación denominada “Caracterización fisicoquímica y de macro invertebrados bentónicos de los ríos Perlamayo y Tacamache, Distrito de Chugur Cajamarca. “concluye que se identificó de 6 órdenes y 16 familia de MIB, de las que destacan Leptophlebiidae, Gripopterygidae, Leptoceridae, Hydrobiosidae, Hyalellidae, Chironomidae, en cuanto a la aplicación de los índices bióticos, el índice ETP obtuvo una calidad pobre, con respecto al índice BMWP/Bol y BMWP/Col, tienen una calidad crítica, con el índice ABI y CERA con una calidad moderada, respectivamente; por otro lado se realizó una caracterización fisicoquímica con los siguientes parámetros: temperatura, pH conductividad eléctrica, y oxígeno disuelto, estando la mayoría de estos dentro de 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 oxígeno disuelto, en P6 en el mes de julio, hallándose por debajo de la subcategoría D2 bebida de animales y

riego de vegetales, no cumpliendo con los parámetros de acuerdo al D.S.N°004-2017.MINAM.

Finalmente, para Saavedra (2019) con su proyecto denominado “Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad del agua del río Llaucano de la ciudad de Bambamarca” concluyó que al aplicar los índices IBMNWP, ETP, ABI, obteniendo un calidad del agua “moderada”, el total de individuos colectados fue 1428 pertenecientes a 4 clases, 7 ordenes, y 14 familias, mostrando una disminución significativa de individuos colectados entre puntos, asimismo se analizó los parámetros fisicoquímicos como demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), coliformes termo tolerantes (CT), y huevos de helmito (HH), y parámetros de campo: oxígeno disuelto (OD), pH, conductividad eléctrica (CE), temperatura (T°), sólidos totales disueltos (TDS) y turbiedad. Los resultados fueron comparados con los estándares de calidad ambiental para agua, categoría 3, establecidas en el DS N°004-2017-MINAM, determinado que los parámetros que sobrepasaron los ECA fueron el pH, llegando a presentar un valor máximo de 9,27 en época seca en el punto 3: coliformes termo tolerantes con un valor de 35000 NMP/100ml, en temporada seca, valor que representa un grado alarmante de contaminación y los huevos de helmito los cuales llegaron a un valor máximo de 7 y 8 HH/L, encontrando los valores más altos en el punto 2 y punto 3 respectivamente dichos resultados nos permitieron determinar que el agua en dichos puntos monitoreados no es apta para el consumo de animales ni riego de vegetales.

En la actualidad, no existe estudios sobre las comunidades de macroinvertebrados presentes en el río Muyoc Grande a pesar que en estos últimos años los estudios de la biota acuática de cuerpos de agua están convirtiéndose en una herramienta importante en el monitoreo y manejo del agua a nivel mundial.

La presente tesis es considerada como la primera en estudiar la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el río Muyoc Grande, así como estimar la calidad del agua en base a esta comunidad de organismos acuáticos. Con este estudio, se busca aportar al conocimiento de la ecología y distribución de los macroinvertebrados bentónicos, así como de los factores ambientales que más influye en su diversidad (parámetros fisicoquímicos del agua, actividades humanas).

2.2. Ecosistemas Acuáticos

Se entiende por ecosistema a la unidad ecológica en la cual un grupo de organismos interactúa entre sí y con el ambiente, en este sentido, de forma general podría hablarse de dos tipos básicos de ecosistema: acuáticos y terrestres (Roldán 1992).

Desde siempre, los ecosistemas acuáticos han estado influenciados por dos grandes grupos de factores: bióticos y abióticos. Los primeros se refieren a todas las interacciones entre los diferentes organismos del ecosistema, entradas, flujos de energía y zonas de ribera, mientras que los factores abióticos hacen referencia a variables climáticas, físico-químicos y biogeográficos que influyen el medio en el cual se desenvuelven los organismos acuáticos (Roldán 1992).

2.3. Macroinvertebrados bentónicos

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 (Roldán 2003).

2.4. Bioindicadores

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 (Reyes 2013).

Para el análisis de la calidad de las aguas de un río pueden utilizarse diferentes métodos, tanto físico-químicos como biológicos. Los problemas de los parámetros físico-químicos radican en que sus resultados, más o menos exactos, son siempre puntuales. Así, estos métodos sirven para detectar un vertido en el momento en que está en el agua, pero pueden no detectar un vertido realizado unos días atrás. Además, no tienen en cuenta en muchas ocasiones otras alteraciones del ecosistema acuático que pueden afectar a sus componentes (Roldán 1992).

Para complementar a lo anterior se recurre a métodos biológicos, basado en comunidades de organismos acuáticos, ya que éstos reaccionan ante alteraciones en la calidad de las aguas cambiando su composición específica. Aportan una visión, no sólo puntual, sino también histórica: así, los bentos fluviales son visto como una acumulación de la historia que afecta al tramo y aguas arriba (Margalef 1983).

Los índices biológicos de calidad de las aguas estudian parámetros o aspectos biológicos del medio acuático, cuyos cambios indican la existencia de alteraciones de dicho medio. Están basados, pues, en la correspondencia entre las características del medio y los organismos que en él se desarrollan (Margalef, 1983). En efecto, las modificaciones del medio acuático producen un cambio en las comunidades de organismos, favoreciendo a ciertas especies y creando circunstancias intolerables para otras y, en definitiva, alterando la composición y estructura de dichas comunidades (González y Maestre 1986).

2.5. Los macroinvertebrados en la bioindicación

Dentro de los cuerpos de aguas continentales, los macroinvertebrados han recibido una gran atención, tanto por su importancia como eslabones tróficos intermediarios entre los productores primarios y consumidores, como por el papel que desempeñan como transformadores e integradores de la materia orgánica alóctona (hojas, semillas, ramas, troncos caídos, entre otros) principal entrada de energía a los sistemas fluviales.

El uso de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua, tiene cada vez mayor aceptación y es uno de los métodos más usados en la evaluación de los efectos ambientales causados por el desarrollo de proyectos de diferente índole (represas, minas, carreteras, actividad petrolera y otros), que de alguna forma repercuten en los ecosistemas acuáticos (Roldán 1992).

Al evaluar la calidad del agua mediante el estudio de la composición y la estructura de las comunidades de organismos surge el término de calidad biológica. Se considera que un medio acuático presenta buena calidad biológica cuando tiene unas características naturales que permiten que en su seno se desarrollen las comunidades de invertebrados (Tercedor 1996).

2.6. Ventajas del uso de macroinvertebrados acuáticos

Según Roldán (2003) las razones por las cuales se consideran los macroinvertebrados como los mejores indicadores de calidad de agua son las siguientes:

- Son abundantes, de amplia distribución y relativamente fáciles de recolectar.
- Son sedentarios en su mayoría, por tanto, reflejan las condiciones locales.
- Relativamente fáciles de identificar, si se comparan con otros grupos, como las bacterias y virus entre otros.
- Presentan los efectos de las variaciones ambientales de corto tiempo.
- Proporcionan información para integrar efectos acumulativos.
- Poseen ciclos de vida largos.
- Son apreciables a simple vista.
- Se pueden cultivar en el laboratorio.
- Responden rápidamente a los cambios ambientales.

2.7. Principales Ordenes de Macroinvertebrados

a) Ephemeroptera

Según su etimología es: Ephemero = Efímero, ptera = Alas, por tanto son alas efímeras, ya que hace referencia a la corta vida de los adultos, por ende para Domínguez (2009), Forman parte de la fauna bentónica, ya sea en número de individuos o biomasa, es por ello que debido a su abundancia y tolerancia a diferentes grados de contaminación se utilizan como indicadores biológicos, cabe indicar que tanto para Roldán, (1988), y como para Medina (2011), las ninfas de Ephemeroptera viven por lo regular en aguas corrientes lenticas, loticas, limpias y bien oxigenadas; solo algunas especies parecen resistir cierto grado de contaminación.

b) Plecoptera

Para Flores (2014), la orden Plecoptera tienen las siguientes características: 2 antenas largas, delgadas y rectas, 2 colas largas, 3 pares de patas y no tienen branquias en el abdomen, así mismo: “Las ninfas de los Plecóptera viven en aguas rápidas, 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 rápidas y muy limpias situadas alrededor de los 2000m de altura. Son, por tanto, indicadores de aguas muy limpias y oligotróficas” (Roldán 1988).

c) Trichoptera

Esta orden también son indicadores de aguas limpias, cuyas características para Flórez (2014) son: Hombros esclerotizados (duros), uñas en la cola donde puede contener hojas y granos de arena pequeños, posee una cabeza más oscura a comparación del cuerpo que es enrollado, se debe indicar que existen 8 familias de Trichoptera y que en los ambientes acuáticos tanto quebradas como ríos; según Álvarez y Pérez (2007) juegan un papel importante en la cadena alimentaria, debido a su diversidad, además gracias a su grado de tolerancia son útiles como bioindicadores de la calidad del agua y la salud del ecosistema acuático.

d) Coleóptera

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, así mismo Álvarez y Pérez (2007), concluyen que esas aguas donde habitan pueden ser loticas y lenticas, la primera se refiere a los sustratos como troncos y hojas, grava, piedras, arena y vegetación., la segunda en zonas donde la corriente no es fuerte y el agua es limpia, y con temperaturas media.

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.

e) Díptera

De acuerdo a Flores (2014), Los dípteros tienen un parecido a gusano de moscas, no tienen patas articuladas cuando son larvas, por otro lado Oscoz (2009), menciona que la orden díptera se encuentran 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

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 Odonata viven en pozos, pantanos, márgenes de lagos y corrientes lentas y poco profundas, por lo regular, rodeados de abundante vegetación acuática sumergida o emergente. Viven en aguas limpias o ligeramente eutrofizadas (Roldán 1988).

g) Annelida

En cuanto a la orden Annelida, Oscoz (2009), menciona que tienen la forma de gusanos alargados, por otro lado, Flores (2014), aclara que en cantidades excesivas de estos gusanos demuestra una zona muy contaminada debido a que algunos parásitos de peces y camarones, siendo su alimento la materia orgánica degradada.

h) Collembola

De acuerdo a Flores (2014), esta Orden viven en la superficie del agua exactamente en la hojarasca y troncos caídos, en cuanto a sus características poseen 6 patas y una cola larga llegando a alcanzar un tamaño de 1 a 3 mm.

i) Gasteropoda

Según Oscoz (2009), son pequeños caracoles que poseen una sola concha enrollada en forma de espiral viviendo debajo de piedras y vegetación soportando varios tipos de hábitats.

j) Tricladida

Para Flores (2014), estos animales viven en aguas lentas, donde se acumulan las hojas y también pegados a las piedras teniendo un cuerpo pegajoso de un color marrón.

2.8. Índices bióticos

Suelen ser específicos para un tipo de contaminación y/o región geográfica, y se basan en el concepto de los organismos indicadores. Permiten la valoración del estado ecológico de un ecosistema acuático afectado por un proceso de contaminación. Para ello se les asigna un valor numérico a los grupos de invertebrados de una muestra en función de su tolerancia a un tipo de contaminación. Los más tolerantes reciben un valor numérico menor y los más sensibles un valor

numérico mayor, la suma de todos estos valores indica la calidad de ese ecosistema (Baddii 2005).

El valor numérico obtenido expresa el efecto de la contaminación sobre una comunidad biológica y está basado en la capacidad de los organismos de reflejar las características o condiciones ambientales del medio en el que se encuentran. La presencia o ausencia de un género, una especie o familia, así como su densidad o abundancia de éstas, es lo que se va a usar como indicador de la calidad. La mayor diferencia con los índices bióticos y los índices fisicoquímicos radica en que los primeros permiten indicar el estado del agua en un periodo prolongado de tiempo definido por la duración del ciclo vital de cada individuo, o la magnitud de colonias, entre otras características, pero no permite, identificar los agentes contaminantes existentes, por lo tanto, su utilización es complementaria y no sustitutiva a los índices fisicoquímicos (Núñez 2003).

a) Índice biótico de familias (IBF)

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

El valor de ponderación representa la tolerancia de cada grupo de organismos a la contaminación orgánica y varía entre 0 y 10. El valor de 0 es asignado a las familias más intolerantes a la contaminación orgánica y un valor de 10 a las familias más tolerantes. Los valores entre 0 y 10 definen tolerancias intermedias. Los valores del índice muestran una relación inversamente proporcional a la buena calidad del agua y directamente proporcional al grado de contaminación orgánica.

b) Índice Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera (EPT)

De acuerdo con el Instituto Mi Río y la Universidad de Antioquia (2001), este índice corresponde a un valor determinado por tres grupos taxonómicos muy sensibles a la contaminación y que por lo general son indicadores de aguas limpias. El análisis EPT se realizó mediante la utilización de estos tres grupos de macroinvertebrados (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) que son indicadores de buena calidad de agua debido a su alta sensibilidad a la contaminación. Se obtiene contando el número

de taxa de estos órdenes presentes en la muestra. El valor obtenido se compara en un cuadro de calidad de agua (Alba- Tercedor 1996)

c) Biological monitoring working party (BMWP/Col)

Este es un índice de fácil utilización y de aplicabilidad, las familias de los macroinvertebrados acuáticos se ordenan en 10 grupos siguiendo un gradiente de menor a mayor tolerancia a la contaminación. A cada familia se le hace corresponder una puntuación que oscila entre 10 y 1. Con este sistema de puntuación es posible comparar la situación relativa entre estaciones de muestreo. (Alba-Tercedor 1996). Sin embargo, no permite emitir juicios respecto de la situación de calidad. Es por ello que se correlacionan con los valores del BMWP con cinco grados de contaminación, asignándoles una significación respecto de la misma.

d) Índice biótico andino (ABI)

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 (Acosta 2009).

La principal ventaja de utilizar el índice ABI es que permite utilizar a los macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua, a partir de información taxonómica a nivel de familia y es específico para las zonas andinas (> 2 000 msnm). Además, 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)

2.9. Parámetros fisicoquímicos

Según Roldan (1988), los parámetros a los cuales son más sensibles los organismos son a menudo el pH, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto y la temperatura.

a) Potencial de hidrógeno (pH)

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

b) Conductividad eléctrica (CE)

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

c) Oxígeno disuelto (OD)

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

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

d) Temperatura

La temperatura del agua tiene gran importancia por el hecho de que los organismos requieren determinadas condiciones para sobrevivir (organismos estenotérmicos y euritérmicos). Este indicador influye en el comportamiento de otros indicadores de

la calidad del recurso hídrico, como el pH, el OD, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas (Oscoz 2009).

2.10. Estándar de calidad ambiental

El estándar de calidad ambiental – ECA, es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiere, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

Los ECA – Agua son de cumplimiento obligatorio en la determinación de los usos de los cuerpos de agua, atendiendo condiciones naturales o niveles de fondo, y el diseño de normas legales, de conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente. Es un instrumento útil para evaluar el estado de la calidad de los cuerpos naturales de agua en las cuencas hidrográficas del país.

Tabla 1: Clasificación de las aguas de acuerdo al índice BMWP/Col y colores para representaciones cartográficas.

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	>150	Aguas muy limpias, no contaminadas	Azul
II	Aceptable	101-120	Se evidencian efectos de la contaminación	Verde
III	Dudosa	61-100	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	36-60	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas/situación crítica	Rojo

Fuente: Roldán (2003). Bioindicadores de la calidad del agua en Colombia.

Tabla 2: Puntuación de las familias de macroinvertebrados para obtener el índice BMWP/Col

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

Fuente: Roldan, 2003. (Bioindicación de la calidad del agua en Colombia)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

Se realizó en el curso principal del río Muyoc Grande que se encuentra ubicado entre los centros poblados de Muyoc Grande, Muyoc Chico y el caserío de Alto Perú del distrito de Miguel Iglesias, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca. Con un recorrido de 10 Km entre los 728423E y 9264739N a 3421m de altitud y; 798426E y 9268820N con una altitud de 3525m.

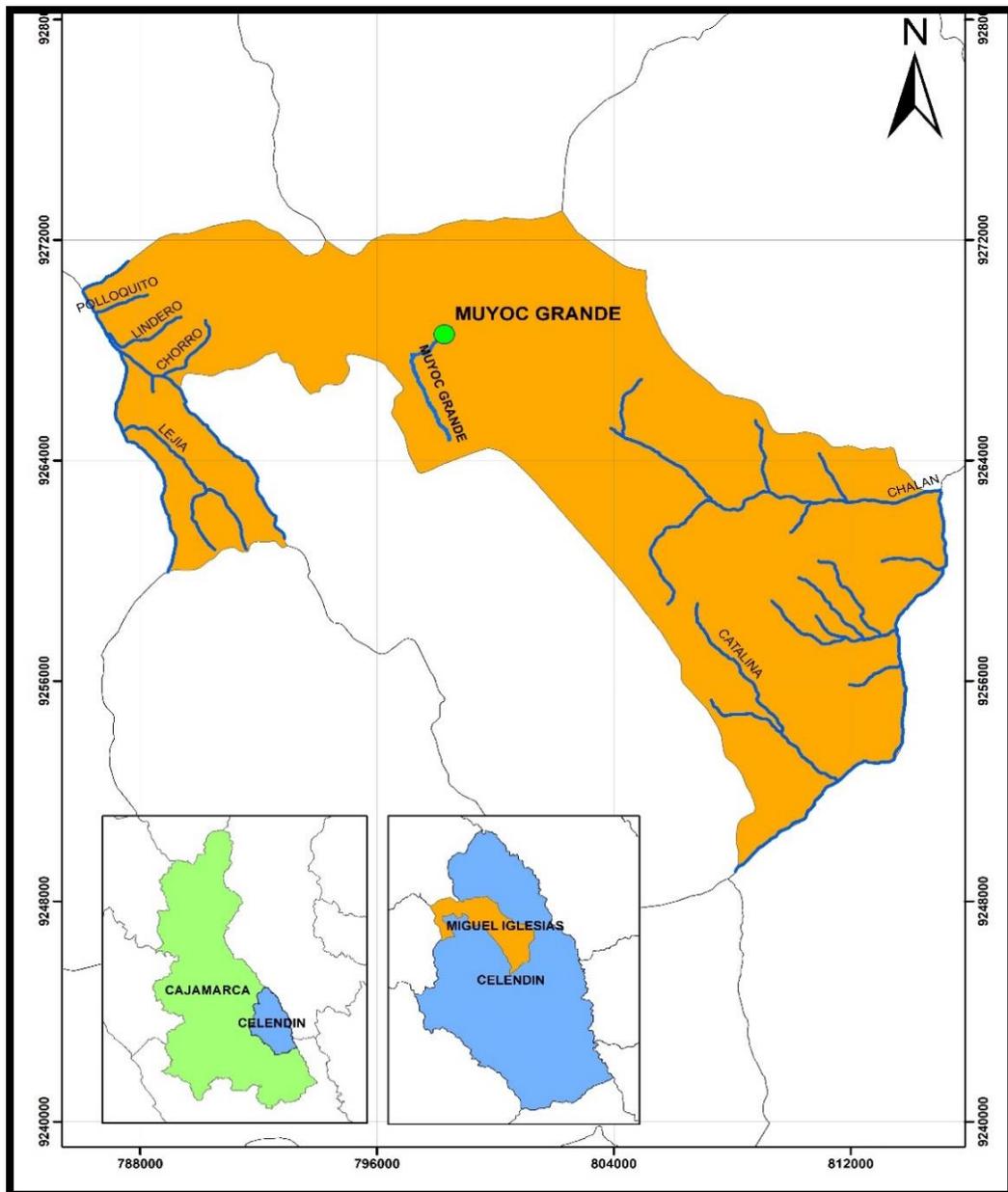


Figura 1: Ubicación de la zona de estudio.

Tabla 3: Puntos de muestreo para el análisis fisicoquímico en el río Muyoc Grande, Miguel Iglesias, Celendín.

Puntos de muestreo	Datum UTM WGS84-Zona17S		
	Este	Norte	Altitud (m)
1	798496	9268820	3525
2	798188	9268412	3500
3	797699	9267896	3492
4	797232	9267848	3465
5	797376	9266917	3448
6	798423	9264739	3421

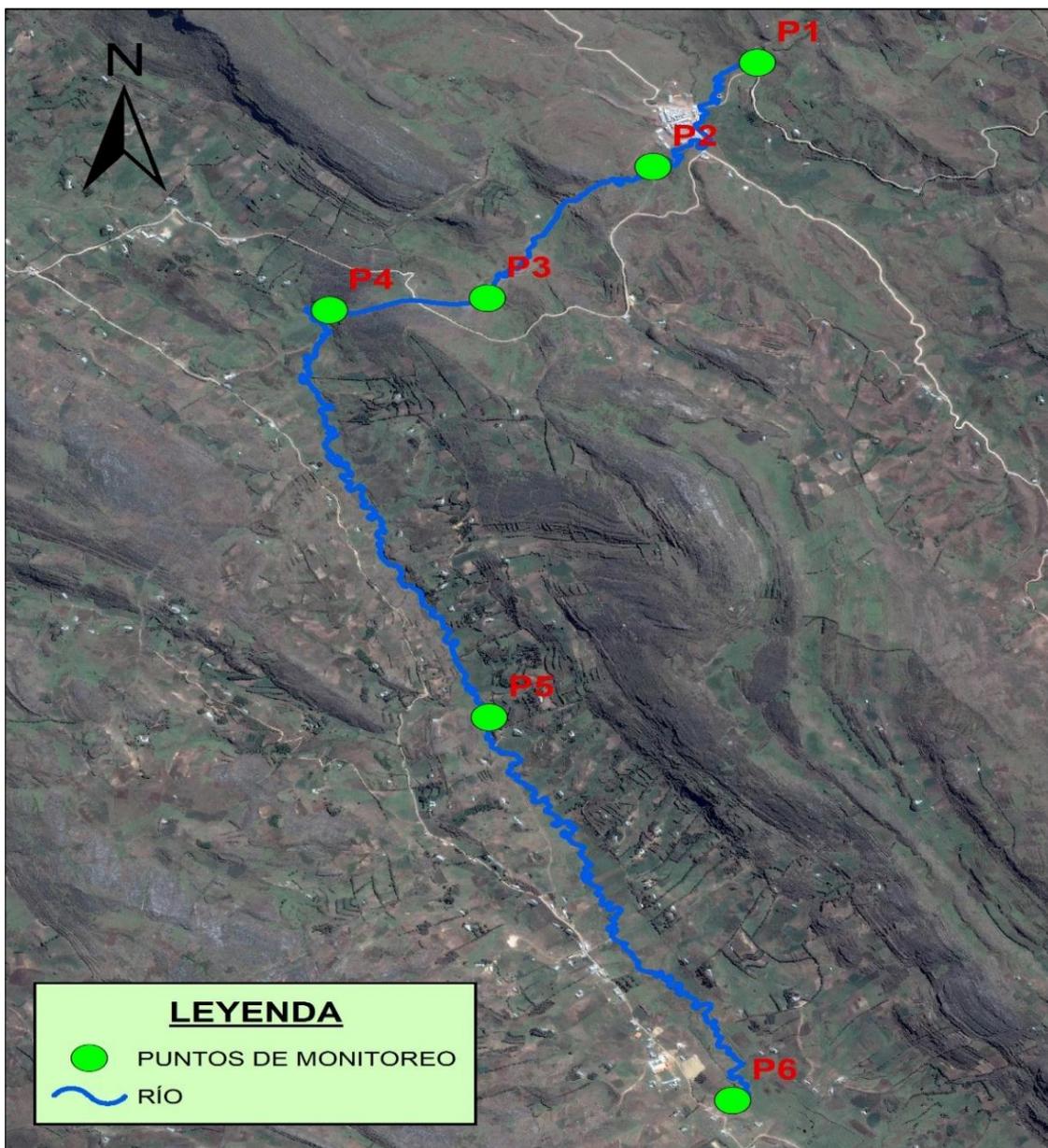


Figura 2: Puntos de monitoreo del río Muyoc Grande, Miguel Iglesias.

3.2. Materiales y Equipos

3.2.1. Material experimental

- Muestras de agua del río Muyoc Grande para análisis fisicoquímicos y macroinvertebrados bentónicos.

3.2.2. Equipos

- pH-metro: marca OAKTON modelo RS 232
- Cronómetro: marca Taylor 5828.
- GPS: marca Garmin, modelo: GPS map76CSx.
- Multiparámetro marca: HQ40d serie: 11036088hd98569.
- Cámara fotográfica marca: SONY, modelo: ST56.
- Turbidímetro marca: HANNA modelo: HI93703

3.2.3 Materiales de campo

- Frasco lavador
- papel absorbente
- Cinta pegante y de enmascarar
- Marcador de tinta indeleble
- Tabla portapapeles
- Guantes
- H₂SO₄
- Preservantes para muestra: Ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄),
- Recipientes plásticos de vidrio. Varía según requerimiento de análisis
- Formato de captura de datos en campo (si la visita no resulta efectiva)
- Ropa de trabajo cómoda y que brinde protección adecuada.
- Botas de caucho.
- Cajas Petry
- Alcohol de 96°
- Formol
- Guía de vigilancia ambiental con macroinvertebrados bentónicos en Cajamarca.
- Pinzas entomológicas
- Lapicero de tinta indeleble
- Papel toalla
- Recipientes de plástico pequeños.

- Colador
- Red Surber adaptada
- Bolsas ziploc.
- Fuente grande color blanco.

3.2.4 Materiales de escritorio

- Fichas de estudio
- Copias fotostáticas
- Libreta de campo
- Tabla de campo
- Papel Bond A4
- Folders manila
- Planos del área de monitoreo
- Lapiceros
- Memoria USB
- Laptop
- Internet
- Cinta adhesiva

3.3. Metodología

3.3.1. Parámetros fisicoquímicos

El método para la medición de la temperatura se realizó in situ, se introdujo el termómetro ambiental al cauce del río manteniéndose hasta lograr un dato estable; y para el pH, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto, los nitritos/nitratos y la dureza total del agua fueron llevados para sus análisis al Laboratorio Regional del Agua-Gobierno Regional de Cajamarca. En la estación seca las muestras de agua del río Muyoc Grande fueron tomadas el 11 de octubre del 2018 entre 9:00 am hasta 11:20 am; y para la estación húmeda las muestras fueron tomadas el 21 de enero del 2019 entre 12:15 pm hasta 2:00 pm.

3.3.2. Toma de muestra para laboratorio

Consistió en coger un recipiente, retirar la tapa y contratapa tratando de evitar el contacto con la parte interna del frasco, luego se enjuagó los frascos, el recipiente se sumergió en dirección opuesta al flujo del agua evitando la remoción del sedimento, cabe señalar que se consideró un espacio libre de 1% aproximadamente

de la capacidad del envase, cuya muestra será para medir los parámetros de pH, dureza, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, nitritos y nitratos.

La medición de los parámetros se realizó en cada muestra obtenida de los seis puntos de monitoreo, en un tiempo que no pase de 24 horas después de haber recolectado la muestra. Durante el trabajo de campo, los reactivos se almacenaron de forma separada en un frasco pequeño, limpio y seguro para impedir la contaminación cruzada.

Tabla 4: Parámetros y metodología utilizada en el Laboratorio.

Parámetro	Métodos de ensayo
Potencial de Hidrogeno (pH)	SMEWWW-APHA.AWWA-WEF. Part 4500-H+. B. 23rd Ed. 2017. Ph Value: Electrometric Method.
Conductividad a 25°C	SMEWWW-APHA.AWWA-WEF. Part 2510. B. 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method.
Dureza Total	SMEWWW-APHA.AWWA-WEF. Part 2340. C, 23rd Ed. 2017: Hardness EDTA Titrimetric Method.
Oxígeno Disuelto (OD)	SMEWWW-APHA.AWWA-WEF. Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved). Azide Modification.
Nitritos y Nitratos	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Deterination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.

Fuente: Laboratorio Regional del Agua, 2018

3.3.3. Muestreo Biológico

- En la estación seca el muestreo se ejecutó el 10 y 11 de octubre del 2018 y en la estación húmeda se realizó el 20 y 21 de enero del 2019.
- En cada punto de muestreo se realizó tres repeticiones cada 10 metros de distancia con el fin de obtener resultados más confiables y sacar un promedio de cada punto de muestreo.
- Para recolectar los macroinvertebrados se utilizó una red Surber, la cual fue elaborada teniendo en cuenta las medidas y el material especificado en la guía de vigilancia ambiental de macroinvertebrados en Cajamarca.
- Se realizó un muestreo semicuantitativo ingresando al río, usando guantes y botas, colocando la malla en sentido contrario a la corriente del río y raspando con las manos la tierra durante 10 minutos, tratando de remover a una profundidad de 5 cm.

- El tiempo de muestreo abarcó 30 minutos, con la finalidad de explorar cuidadosamente cada lugar de monitoreo (piedra, raíces, lodos, restos de residuos que se pueda encontrar,), para así poder obtener resultados confiables.
- Al culminar el tiempo del muestreo sacamos todo lo recogido de la malla y lo colocamos en la bandeja blanca, de no alcanzar, usamos más bandejas, verificamos que todos los macroinvertebrados de la malla hayan salido, y nos ayudamos de las pinzas, pinceles, colador y dedos.
- Se utilizó frascos pequeños de plástico con tapa rosca debidamente rotulados, lo cual ha permitido poder realizar una separación y clasificación adecuada de acuerdo a cada punto monitoreado.
- Se fijaron las muestras con alcohol al 96% para su posterior identificación en el laboratorio y con ayuda de un Estéreo-microscopio se identificaron las muestras de macroinvertebrados recolectadas (Flores 2014).

3.3.4. Procesamiento de datos

Se otorgaron puntajes en base a los índices (EPT, BMWP, ABI, IBF) a las familias de macroinvertebrados bentónicos que se registraron.

Índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT)

El análisis EPT se realizó mediante la utilización de las Órdenes de macroinvertebrados Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, que son indicadores de buena calidad de agua debido a su alta sensibilidad a la contaminación, este cálculo se obtuvo sumando el número total de familias de las Órdenes encontrada, y el valor obtenido se compara y se identifica la clasificación de calidad del agua.

Tabla 5: Escala para índices de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera.

ETP	Calidad
>27	Excelente
21 – 27	Buena
14 – 20	Justo
7 – 13	Baja
0 – 6	Pobre

Fuente: Klemm *et al.* (1990)

Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/col)

El índice BMWP permite clasificar 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 (Tabla 6). Su fórmula es la siguiente: $BMWP = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \dots$, donde T es el nivel de tolerancia y el número corresponde a la familia, al final resultando una sumatoria de todas las familias indicando los niveles de calidad de agua. En la siguiente tabla se da a conocer la clasificación según el puntaje obtenido.

Tabla 6: Escala de índices de valores de BMWP/Col.

BMWP/ Col	Calidad
101 – 150	Buena
61 – 100	Aceptable
36 – 60	Dudosa
16 – 35	Crítica
< 15	Muy Crítica

Fuente: Roldan, 2003

Índice Biótico Andino (ABI)

El índice ABI es utilizado en zonas mayores a 2000 msnm, y al igual que el índice BMWP 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 (Tabla 7).

Tabla 7: Escala de índice biótico andino (ABI).

ABI	Calidad
>74	Muy bueno
45 – 74	Bueno
27 – 44	Moderado
11 – 26	Malo
< 11	Pésimo

Fuente: Guía de Vigilancia ambiental “Agua es Vida”. Isf, Acsur, Grufides. Cajamarca, Perú.

Índice Biótico de Familias (IBF)

Tabla 8: Escala para índice Biótico de familias

IBF	CALIDAD
0.00 – 3.75	Excelente
3.76 – 4.25	Muy buena
4.26 – 5	Buena
5.01 – 5.75	Mala
5.76 – 6.5	Muy mala
6.51 – 7.25	Pobre
7.26 – 10	Muy pobre

Parámetros fisicoquímicos

Se evaluó y se comparó cada uno de los resultados obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental, establecidas en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Macroinvertebrados colectados en el río Muyoc Grande, Miguel Iglesias.

De los resultados obtenidos en esta investigación, se puede deducir que el estudio de los macroinvertebrados bentónicos permite realizar un rápido análisis que refleja la situación de un ecosistema acuático y permite informar si con el transcurso del tiempo se han producido alteraciones, en cambio las variaciones de los parámetros fisicoquímicos del agua, pueden resultar difíciles de detectar, tanto por haberse mitigado sus efectos aguas más abajo, como por ser solo detectables en el momento en el que se producen, de modo que la integración entre los componentes fisicoquímicos como, temperatura, dureza total, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, nitritos /nitratos y los macroinvertebrados bentónicos permiten conocer de una forma más efectiva la calidad de un cuerpo de agua, cabe señalar que los parámetros fisicoquímicos ejercen una importante influencia sobre la distribución de los macroinvertebrados bentónicos (MIB).

Por lo tanto, “Un cuerpo de agua dulce en buen estado puede proveer de numerosos beneficios a la sociedad, aunque actualmente la degradación de este tipo de ecosistemas se ha visto incrementado por el establecimiento de centros urbanos en sus riberas...” (Correa, et al 2010), por ende la utilización de índices bióticos forma parte de los métodos más efectivos para obtener información de la calidad del agua; pero la aplicación de este requiere asignar un valor a cada taxa (familia), el cual para Tercedor, (1996), mide la respuesta de los organismos, la tolerancia y condición ambiental, sin embargo crea una gran dificultad su aplicación para regiones biogeográficamente diferentes de donde fueron desarrollados, es por ello que en el presente estudio realizado en el río Muyoc Grande, distrito de Miguel Iglesias, departamento de Cajamarca se aplicaron tres Índices Bióticos para una mayor veracidad en los resultados, esto se desarrolló a una altitud mayor a los 2000 m.s.n.m. según Flores, (2014).

Tabla 9: Cantidad de macroinvertebrados colectados en el río Muyoc Grande, Miguel Iglesias.

Macroinvertebrados		P1		P2		P3		P4		P5		P6		Total
Orden	Familia	Mes 1	Mes 2	Mes1	Mes2	Mes 1	Mes 2	Mes 1	Mes 2	Mes 1	Mes 2	Mes1	Mes2	
Amphipoda	Hyalellidae	11	3	2	10	2	12	228	185	49	25	28	8	563
Diptera	Chironomidae	72	29	22	32	7	10	16	32	15	36	42	28	341
Lumbricina	Lumbricidae	29	70	7	92	0	24	4	5	21	1	4	18	275
Odonata	Aeshnidae	0	1	0	0	4	1	1	0	16	10	3	1	37
Diptera	Tipulidae	3	2	1	2	0	0	3	1	0	0	1	0	13
Coleoptera	Elmidae	1	16	1	0	0	0	3	5	0	0	1	0	27
Basommatophora	Physidae	0	0	0	3	0	7	3	0	1	1	2	2	19
Basommatophora	Planorbidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	11	13
Collembola		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
Diptera	Simuliidae	0	1	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	5
Trichoptera	Limnephilidae	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
Tricladida	Planariidae	0	3	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	6
Diptera	Ceratopogonidae	38	20	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	61
Ostracoda		3	7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	11
Ephemeroptera	Baetidae	1	6	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	9
Diptera	Psychodidae	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Constructores De Piedra		13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
Diptera	Tabanidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Trichoptera	Philopotamidae	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
Diptera	Empididae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Veneroida	Sphaeriidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Total		174	159	36	142	13	54	260	236	103	74	87	70	1408

Tabla 10: 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	8.8	1	8.8	1.74 ns	0.2006
Mes (M)	4.2	1	4.2	0.83 ns	0.3721
Punto (P)	107.45	5	21.49	4.24 **	0.0071
M*P	22.52	5	4.5	0.89 ns	0.5048
Error	116.56	23	5.07		
Total	259.52	35			

ns: no significativo, (**) significativo

CV = 39.86 %

En Tabla 10, se observa 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 = 0.2006) es mayor al 0.05. Para la interacción (Mes*Punto), no se encontró significación estadística, dado que, el valor de significación (p-valor =0.5048) es mayor al 0.05, lo cual indica que las poblaciones de macroinvertebrados no se encuentran afectado por la acción conjunta del tiempo y la ubicación.

Para los efectos independientes de los factores en estudio (Mes y Punto), no se encontró significación estadística para el mes, dado que el valor de significación para este, es mayor al 0.05, esto indica que en los meses evaluados las poblaciones de macroinvertebrados no se diferenciaron en su número. Para el punto de muestreo se encontró significación, dado que, el valor de significación (p-valor =0.0071) para este caso es menor al 0.05, esto indica, que las poblaciones de macroinvertebrados difieren con respecto a su número en los diferentes puntos donde se realizaron los muestreos.

El coeficiente de variación (CV = 39.86 %), indica la variabilidad de los resultados, es decir, que en un mismo punto muestreado los resultados fueron variados.

Tabla 11: Poblaciones de macroinvertebrados en los diferentes meses evaluados.

Mes de evaluación	N° de macroinvertebrados
Enero (2019)	45
Octubre (2018)	41

Observando los datos de la tabla 11, el número de macroinvertebrados según las fechas evaluadas son similares, probablemente las condiciones ambientales no afectas a las poblaciones consideradas.

Tabla 12: Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad, para las poblaciones de macroinvertebrados en los diferentes puntos de muestreos.

Punto de muestreo	Nº de macroinvertebrados	Significación al 5 %
P4	87	A
P1	59	B
P2	34	BC
P5	33	BC
P6	30	BC
P3	15	C

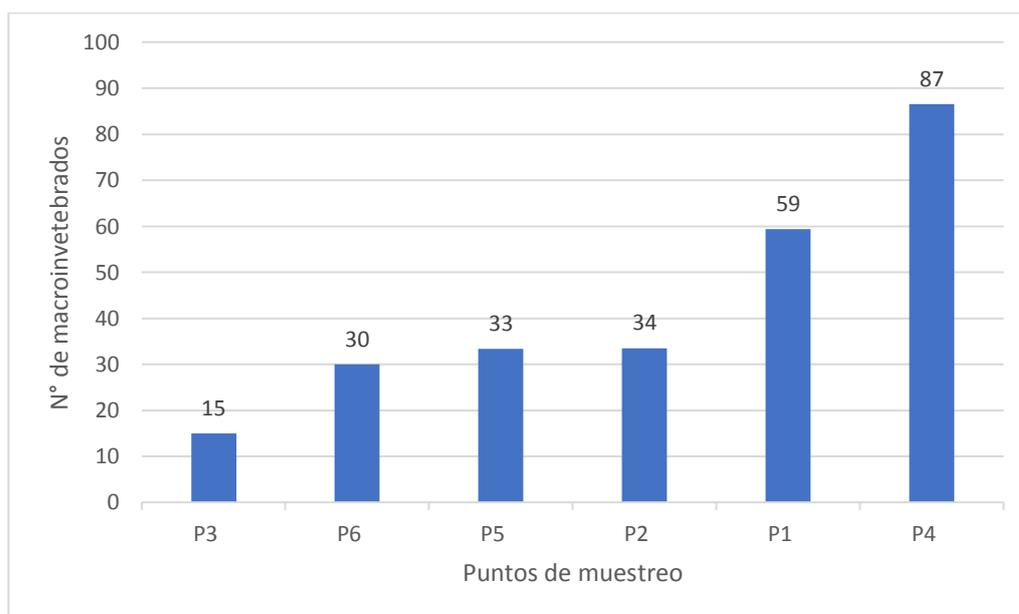


Figura 3: Promedio de las poblaciones de macroinvertebrados en los puntos de muestreos.

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 12, y Figura 3) para el punto de muestreo, se observa que la mayor población de macroinvertebrados se encontró en el P4 en promedio 87 individuos, este resultado es estadísticamente superior al resto, seguido se encuentra el resultado obtenido en el P1 en la que se encontró 59 individuos. La menor población se encontró en el P3 en la que se encontró en promedio 15 individuos.

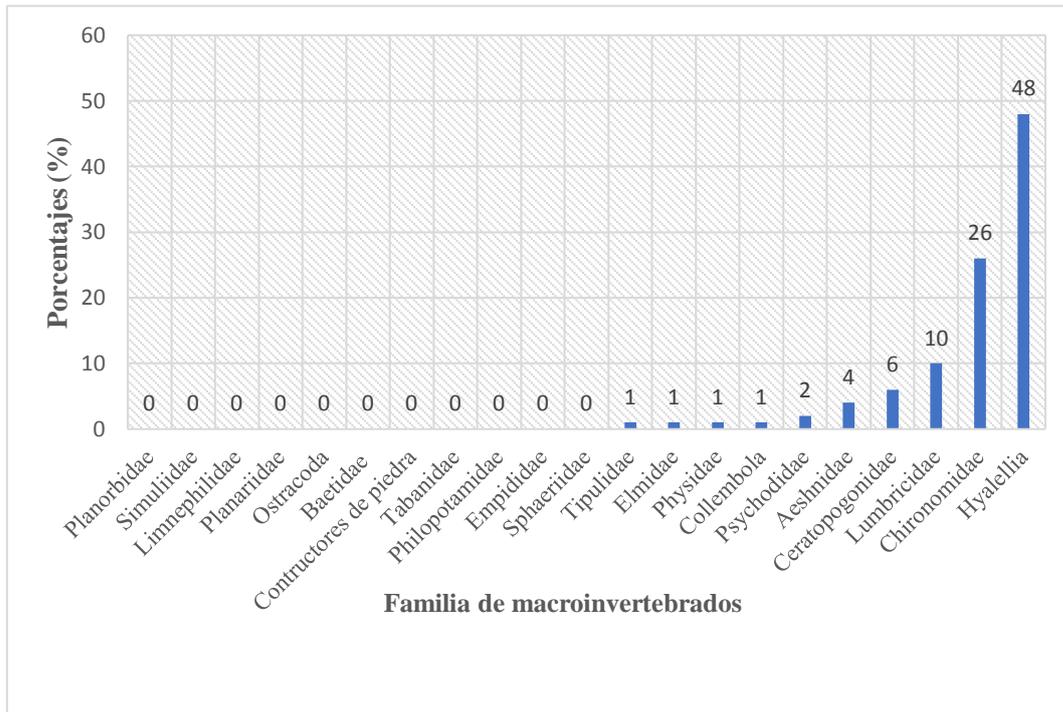


Figura 4: Porcentaje de familias de macroinvertebrados encontrado en el mes octubre del 2018.

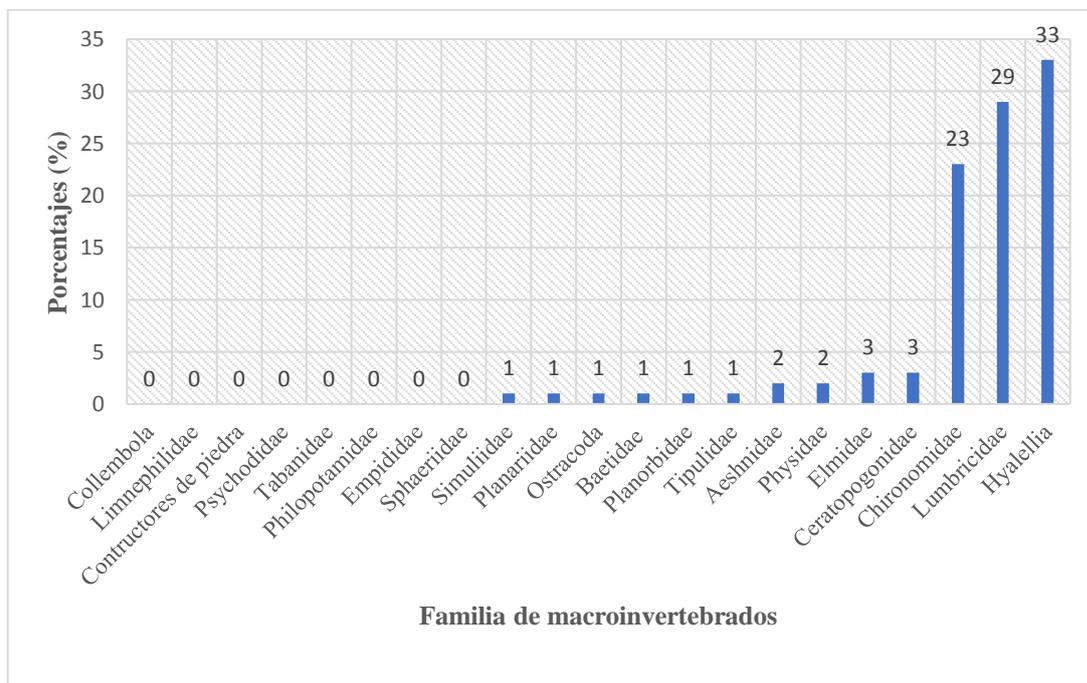


Figura 5: Porcentaje de familias de macroinvertebrados encontrado en el mes enero del 2019.

a) Regresión y correlación para el número de macroinvertebrados con la altitud (m).

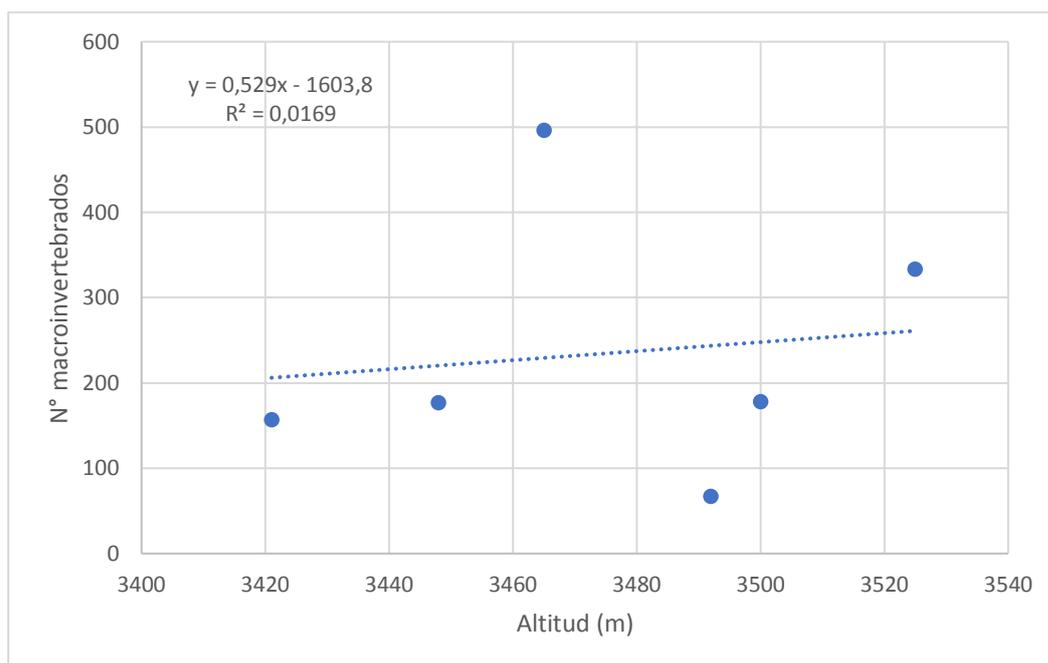


Figura 6: Recta de regresión para los macroinvertebrados en función a la altitud (m).

En la Figura 6, se observa el coeficiente de correlación lineal ($r = 0.0338$), el cual indica que existe una correlación directamente proporcional y baja entre variables, es decir, que a medida que la altitud (x) aumenta, el número de macroinvertebrados (y) también aumenta. El coeficiente de determinación ($r^2 = 0.0169$), indica que la altitud influye en 1.69 % sobre los macroinvertebrados. La ecuación lineal obtenida de este análisis de regresión es: $y = 0,529(x) - 1603,8$.

Tabla 13: Familias de MIB encontrados en cada punto de monitoreo y puntuaciones asignadas para el BMWP/col.

Orden	Familia	Puntuación	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Amphipoda	Hyaellidae	7	x	x	x	x	x	x
	Chironomidae	2	x	x	x	x	x	x
	Tipulidae	3	x	x		x		x
	Simuliidae	8	x			x		
Díptera	Ceratopogonidae	3	x	x				
	Psychodidae	7	x					
	Tabanidae	5		x				
	Empididae	4	x	x				
Odonata	Aeshnidae	6	x		x	x	x	x
Coleóptera	Elmidae	6	x			x		x

Basommatophora	Physidae	3		x	x	x	x	x
	Planorbiidae	5						x
Trichóptera	Limnephilidae	7	x			x		
	Philopotamidae	9				x		
Tricladida	Planariidae	7	x	x			x	
Ephemeroptera	Baetidae	7	x			x		
Veneroidea	Sphaeriidae	4						x
Lumbricina	Lumbricidae	3	x	x	x	x	x	x

La composición de macroinvertebrados encontrados en el río Muyoc Grande, está constituida por 18 familias y 11 órdenes, con una predominancia de las órdenes Díptera (Tabla 13), algo similar ocurre en los estudios realizados por Guerrero, et al. (2003), Paredes, et al. (2004) y Terneus, et al. (2012) donde las orden con familias más abundantes encontradas corresponde a Díptera, sin embargo la riqueza del número de familias encontradas es mayor que la del río Muyoc Grande; ya que en relación con los autores mencionados, en el primero se han identificado 38 familias y 11 órdenes, el segundo 22 familias y 7 órdenes, por último 35 familias y 11 órdenes.

b) Análisis y resultados del BMWP/col en el río Muyoc Grande, Miguel Iglesias.

Se aplicó el BMWP/col, al identificar las familias se asignó el puntaje del 1 al 10, otorgando mayores puntajes a las familias de macroinvertebrados menos tolerantes a la contaminación, en este índice no se toma en cuenta el número de macroinvertebrados encontrados. Finalmente se suman los puntajes de las familias encontradas (Flores 2014).

Tabla 14: Resultados del índice BMWP/col en las dos épocas de monitoreo.

Mes/Punto	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Promedio	calidad del agua
Octubre 2018	45	29	16	45	28	35	33	crítica
Enero 2019	49	28	21	45	21	30	32,3	crítica

En la Tabla 14, se observa los valores obtenidos al aplicar el índice BMWP/Col en cada punto y época de monitoreo, el método sólo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos. El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica” (Roldan (2016), además Guerrero, et al. (2003) Indica que la interpretación de este índice está basado en un criterio de presencia-ausencia, por tanto en esta investigación tiene relación a estos enunciados ya que mediante la aplicación de este índice se pudo determinar la calidad del agua en época seca y húmeda en el río Muyoc Grande, Miguel Iglesias, donde en el mes de octubre 2018(época seca) se tiene un puntaje promedio de 33, lo que indica una calidad de agua “crítica” (aguas muy contaminadas);y en el mes de enero del 2019 (época húmeda) tiene un puntaje promedio de 32,3 que indica que tiene una calidad de agua “crítica” (aguas muy contaminadas).

c) Análisis y resultados de Índice Biótico Andino (ABI) en el río Muyoc Grande, Miguel Iglesias.

El (ABI) analizó la composición de los macroinvertebrados acuáticos a nivel de familia y de acuerdo a su tolerancia a la contaminación, asignándole a cada familia un puntaje de acuerdo a su capacidad de supervivencia a distintos niveles de contaminación, 10 a los más sensibles o menos tolerantes y 1 a los tolerantes o resistentes. El puntaje final se obtiene sumando los valores de todos los componentes de cada muestra determinando así la calidad del agua.

Tabla 15: Resultados de Índice Biótico Andino (ABI) en las dos épocas de monitoreo.

Mes/Punto	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Promedio	Calidad del agua
Octubre 2018	37	27	12	38	21	29	27,3	Moderada
Enero 2019	45	26	16	34	16	22	26,50	Mala

En la tabla 15, se muestra los valores obtenidos al aplicar el índice ABI en cada punto y época de monitoreo, de acuerdo a Medina, (2011), en su investigación del río Chili obtuvo una puntuación de las familias aplicando el índice ABI de 36

puntos, indicando este resultado que las aguas de este río están en el límite máximo de contaminación moderada; mientras que en el río Muyoc Grande durante los meses de octubre 2018 se tiene un promedio de 27,3 que indica una calidad del agua “Moderada”; y enero 2019 en promedio obtuvo 26,50 indicando una calidad de agua “mala”.

d) Análisis y resultados del índice biótico de familias (IBF) el río Muyoc Grande, Miguel Iglesias.

Este IBF se aplica a lo contrario de los demás, se dio menos puntaje a las familias de macroinvertebrados menos tolerantes a la contaminación y mayor puntaje a los más tolerantes. En este índice contamos la cantidad de MIB por cada familia y lo multiplicamos por el puntaje otorgado (Flores 2014). Finalmente se aplicó la siguiente formula: $IBF = \frac{N^{\circ} \text{ Suma Total}}{N^{\circ} \text{ Total de MIB colectados}}$.

Tabla 16: Resultados del índice biótico de familias (IBF) en las dos épocas de monitoreo.

Orden	Familia	Puntaje	N° MIB	Puntaje*N° MIB
Amphipoda	Hyaellidae	8	563	4504
	Chironomidae	6	341	2046
Díptera	Tipulidae	3	13	39
	Simuliidae	6	5	30
	Ceratopogonidae	6	61	366
	Psychodidae	8	2	16
	Tabanidae	5	1	5
	Empididae	6	1	6
	Odonata	Aeshnidae
Coleóptera	Elmidae	4	27	108
Basommatophora	Physidae	8	19	152
	Planorbiidae	.....	.....	.....
Trichoptera	Limnephilidae	.....	.....	.....
	Philopotamidae	.....	.....	.....
Tricladida	Planariidae	.....	.....	.....
Ephemeroptera	Baetidae	5	9	45
Veneroidea	Sphaeriidae	.....	.....	.....
Lumbricina	Lumbricidae	8	275	2200
Collembola		5	4	20
Suma Total				9537
N° Total De Individuos				1408
IBF= Suma Total/ N° Total De Individuos				6.77
Calidad				Pobre

En la Tabla 16, presenta el valor obtenidos al aplicar el IBF en el río Mùyoc Grande, Miguel Iglesias; que al comparar con la tabla 8, permite obtener como resultado una calidad de agua “Pobre” (bastante contaminación), con un valor de 6,77.

e) Análisis y resultados para la aplicación de EPT en el río Muyoc Grande, Miguel Iglesias.

Tabla 17: Resultados del EPT en el río Muyoc Grande-Miguel Iglesias

Mes/Punto	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Promedio	Calidad del agua
Octubre 2018	2	0	0	1	0	0	0,5	Pobre
Enero 2019	1	0	0	2	0	0	0,50	Pobre

Se aplicó el índice Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera (EPT), en los 6 puntos de muestreo durante octubre 2018 y enero 2019, se categoriza con un tipo de calidad de agua “Pobre”, debido a que se encuentran en el rango de 0 a 6 familias identificadas de las ordenes Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera; lo obtenido en este estudio guarda relación con Custodio et al., (2016), en su investigación donde el número de taxa de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) decreció aguas abajo, lo que nos indica menor calidad de agua; sin embargo Gonzales, et al. (2012), en su estudio de evaluación de la calidad del agua de quebradas con macroinvertebrados bentónicos a más de 2300 m.s.n.m. concluye que la quebrada Romerales tiene una calidad Regular en las estaciones E1 y E3, mientras que en la E2 una calidad buena, por otro lado la quebrada Olivares en la estación E1 y E3 tiene una calidad buena y la estación E2 una calidad muy buena.

4.2. Parámetros fisicoquímicos

Para Álvarez y Pérez, (2007) las variables fisicoquímicas a las que los macroinvertebrados bentónicos tienden a ser más sensibles son el pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura.

En los seis puntos de monitoreo del río Muyoc Grande entre los 3421 y 3525 m.s.n.m., durante los meses de octubre del 2018 y enero del 2019 se evaluó los parámetros fisicoquímicos: pH, conductividad eléctrica, dureza total, oxígeno disuelto, temperatura y nitritos/nitratos.

Tabla 18: Resultados de los parámetros fisicoquímicos en el río Muyoc Grande.

Parámetros Fisicoquímicos							
Parámetros	Unidad	mes 1(octubre 2018)					
		i	ii	iii	iv	v	vi
Nitritos	mg/L	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM
Nitrato	mg/L	1.297	0.197	0.180	0.724	0.129	0.127
pH	pH	8.25	8.35	8.36	8.30	8.23	8.33
Conductividad	uScm	322.2	263.5	239.0	242.8	224.5	276.6
Dureza total	mg/L	181.0	143.8	117.6	127.9	122.6	144.4
Oxígeno disuelto	mg O2/L	6.99	7.87	8.17	6.43	7.99	8.36
Temperatura	°C	7.5	8	9	8	9	10
mes 2 (enero 2019)							
Nitrito	mg/L	0.068	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM
Nitrato	mg/L	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM
pH	pH	8.40	8.34	8.67	8.16	8.79	8.75
Conductividad	uScm	282.5	231.6	224.3	236.7	228.7	232.7
Dureza total	mg/L	154.3	126.3	123.9	128.1	130.7	132.0
Oxígeno disuelto	mg O2/L	6.27	6.45	8.34	6.58	8.49	7.90
Temperatura	°C	8	9	10	9.5	8	9

Fuente: Laboratorio Regional del Agua, 2018.

LCM: Limite de cuantificación del método, (*) los resultados químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

a) Potencial de Hidrógeno (pH)

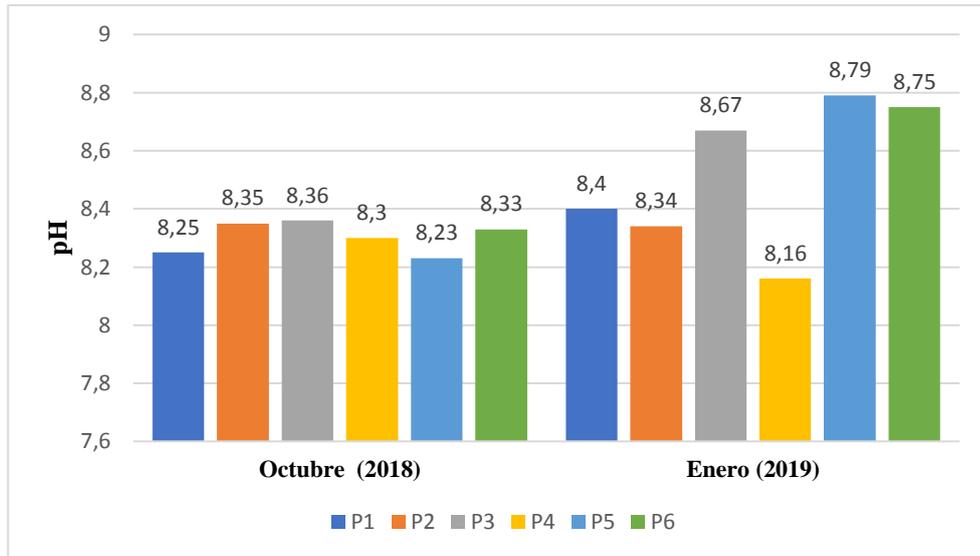


Figura 7: pH de los puntos evaluado en los meses de octubre del 2018 y enero del 2019.

Los resultados registrados, son mostrados en la figura 7, los valores de pH, más alcalinos se registraron en la estación húmeda en los puntos P3, P5 y P6 con 8.67, 8.79 y 8.75 respectivamente. En estos puntos no cumplen el ECA nacionales destinada para agua de riego y bebida de animales, categoría 3 y para aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (A1), según el D.S N° 004-2017- MINAM. Las aguas altamente alcalinas se deben a la presencia de rocas calizas en las proximidades de los puntos P3 y P4; debido a las Características geológicas del área de estudio” (Poma y Alcántara 2004).

b) Regresión y correlación para el número de macroinvertebrados con el pH.

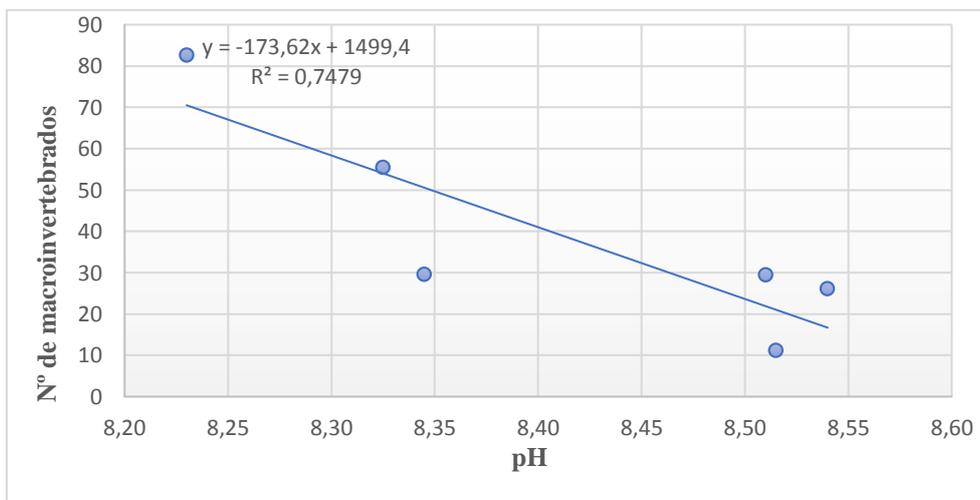


Figura 8: Recta de regresión para los macroinvertebrados en función del pH.

En la Figura 8, se observa el coeficiente de correlación lineal ($r = -0.86$), el cual indica que existe una correlación inversamente proporcional muy alta entre variables, es decir, que a medida que el pH (x) aumenta (es más alcalino) el número de macroinvertebrados (y) disminuye. El coeficiente de determinación ($r^2 = 0.7479$), indica que el pH influye en un 74.79 % sobre los macroinvertebrados. La ecuación lineal obtenida de este análisis de regresión es: $y = -173,62 (x) + 1499,4$.

c) Conductividad eléctrica

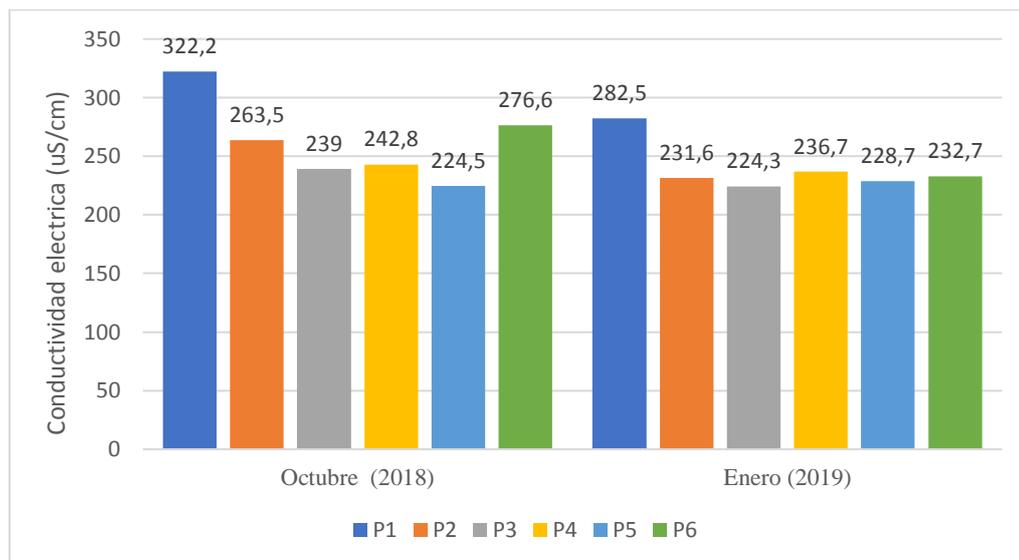


Figura 9: Conductividad eléctrica de los puntos evaluado en los meses de octubre del 2018 y enero del 2019.

Los mayores valores de conductividad eléctrica, se registraron en la estación seca (mes de octubre 2018), principalmente en el P1, con un valor de 322,2 uS/cm, y el valor mínimo 224,3 uS/cm se registró en el punto P3 la estación húmeda; para los seis puntos evaluados cumplen con el ECA de acuerdo D.S N°004-2017 MINAM, valores que son mostrados en la figura 9.

d) Regresión y correlación para el número de macroinvertebrados y la conductividad eléctrica.

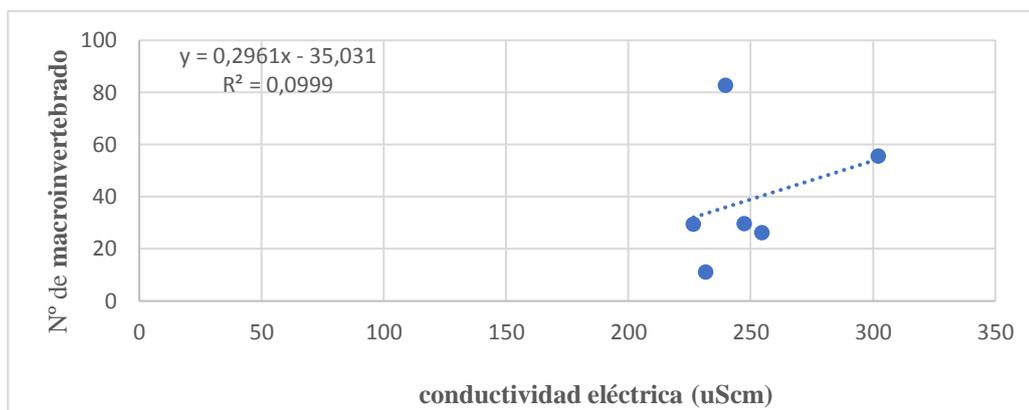


Figura 10: Recta de regresión para los macroinvertebrados en función de la conductividad eléctrica.

En la Figura 10, se observa el coeficiente de correlación lineal ($r = 0.3160$), el cual indica que existe una correlación directamente proporcional y baja entre variables, es decir, que a medida que la conductividad eléctrica (x) aumenta, el número de macroinvertebrados (y) también aumenta. El coeficiente de determinación ($r^2 = 0.0999$), indica que la conductividad influye en 9.99 % sobre los macroinvertebrados. La ecuación lineal obtenida de este análisis de regresión es: $y = 0,2961 (x) - 35,031$.

e) Dureza total

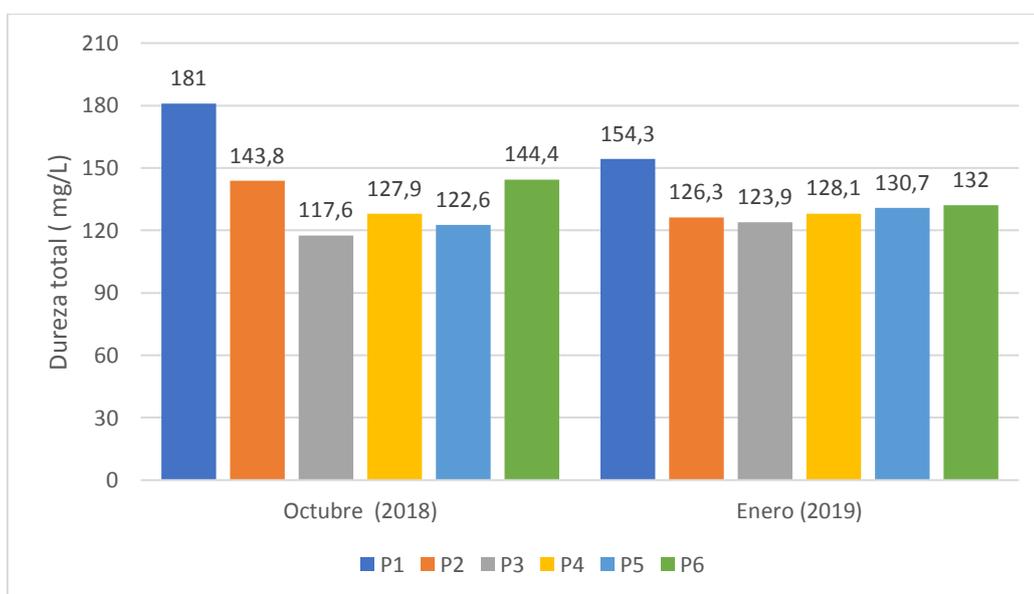


Figura 11: Dureza total de los puntos evaluado en los meses de octubre del 2018 y enero del 2019.

En la figura 11, se observa que la dureza total del agua en el mes de octubre oscilo entre 117.6 (P3) y 181 (P1), para el mes de enero del 2019, la dureza total oscilo entre 123.9 (P3) y 154.3 (P1).

f) Regresión y correlación para el número de macroinvertebrados y la dureza total.

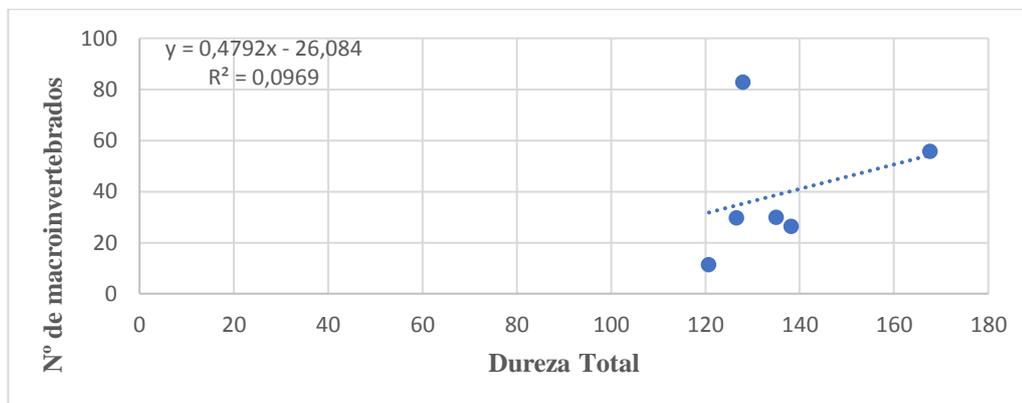


Figura 12: Recta de regresión para los macroinvertebrados en función de la dureza total.

En la Figura 12, se observa el coeficiente de correlación lineal ($r = 0.3112$), el cual indica que existe una correlación directamente proporcional y baja entre variables, es decir, que a medida que la dureza total (x) aumenta, el número de macroinvertebrados (y) también aumenta. El coeficiente de determinación ($r^2 = 0.0969$), indica que la dureza total influye en 9.69 % sobre los macroinvertebrados. La ecuación lineal obtenida de este análisis de regresión es: $y = 0,4792 (x) - 26,084$.

g) Oxígeno disuelto

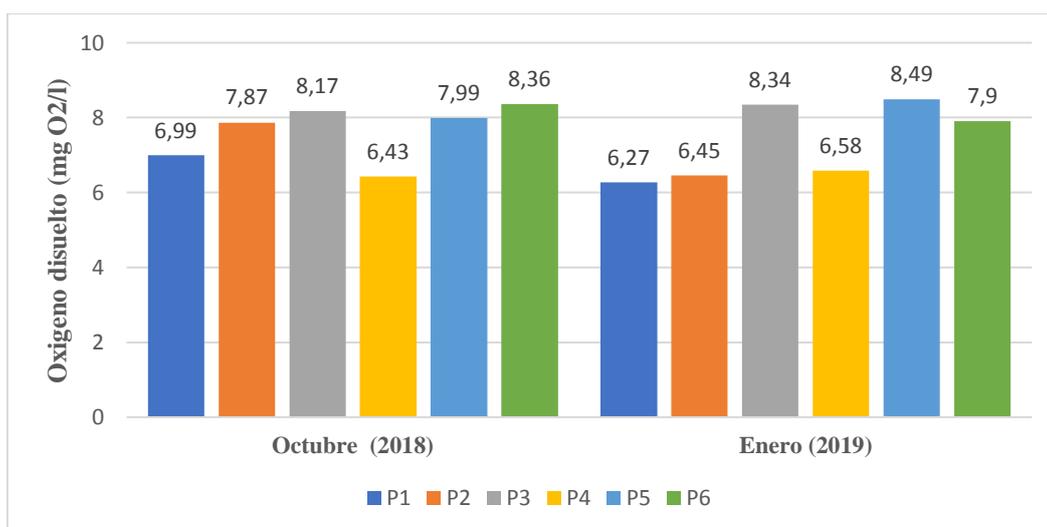


Figura 13: Oxígeno disuelto de los puntos evaluado en los meses de octubre del 2018 y enero del 2019.

En la figura 13, se observa que el oxígeno disuelto en el mes de octubre oscilo entre 6.43 (P4) y 8.36 (P6), para el mes de enero del 2019, el oxígeno disuelto oscilo entre 6.27 (P1) y 8.49 (P5).

El Oxígeno disuelto proviene de la mezcla del aire con el agua, especialmente el viento, asimismo en la mayoría de los casos por el oxígeno liberado de las plantas acuáticas en su proceso de fotosíntesis, la temperatura promedio del cuerpo de agua y sales disueltas, es decir la solubilidad del oxígeno en el agua es directamente proporcional a la presión atmosférica e inversamente proporcional a la temperatura y sales, lo cual coincide con lo expuesto por Roldan y Machado, 1981 (citado por Guerrero et al. 2003), que el oxígeno disuelto en ecosistemas loticos depende de la presión atmosférica, la temperatura y la altura sobre el nivel del mar. En importante considerar que todos los puntos de muestreo se encontraron sobre los 2000 msnm, siendo la presión parcial oxígeno baja, ocasionando un factor para que los valores obtenidos de los 6 puntos de muestreo estén dentro de los Estándares de Nacionales de Calidad Ambiental del Agua, Decreto supremo N°004-2017-MINAM, teniendo un valor mínimo de 6,27 mg/l.

Un rango óptimo entre 7-8 es ideal para sobrevivencia de muchas especies, aquellos que se encuentren por fuera de este rango han desarrollo una tolerancia en ambientes poco oxigenados (Roldan, 2012). Otro hecho asociado a los niveles bajos de oxígeno en el río frío, es por el nivel del caudal según Gonzales y García (2005), en los ríos de montaña la velocidad del agua es baja en comparación con tierras medias lo que hace que pueda oxigenarse de manera adecuada, aumentando la materia orgánica.

En relación con las comunidades de Macroinvertebrados, el oxígeno disuelto es una variable que condicionan la diversidad y abundancia de las especies de Macroinvertebrados (Zúñiga y Cardona, 2009). Aquellas tolerantes a bajos niveles de oxígeno lograran dominar estos ambientes, es el caso de la familia de *Chironominae* que tienen rangos muy amplios en cuanto el oxígeno disuelto existente en el agua (Roldan, 1988), y en hábitats con altas concentraciones de materia orgánica, por tal razón esta familia fue una de las más dominante en todos los sitios de muestreo debido a su adaptación a niveles oxígeno y concentración de materia orgánica.

h) Temperatura

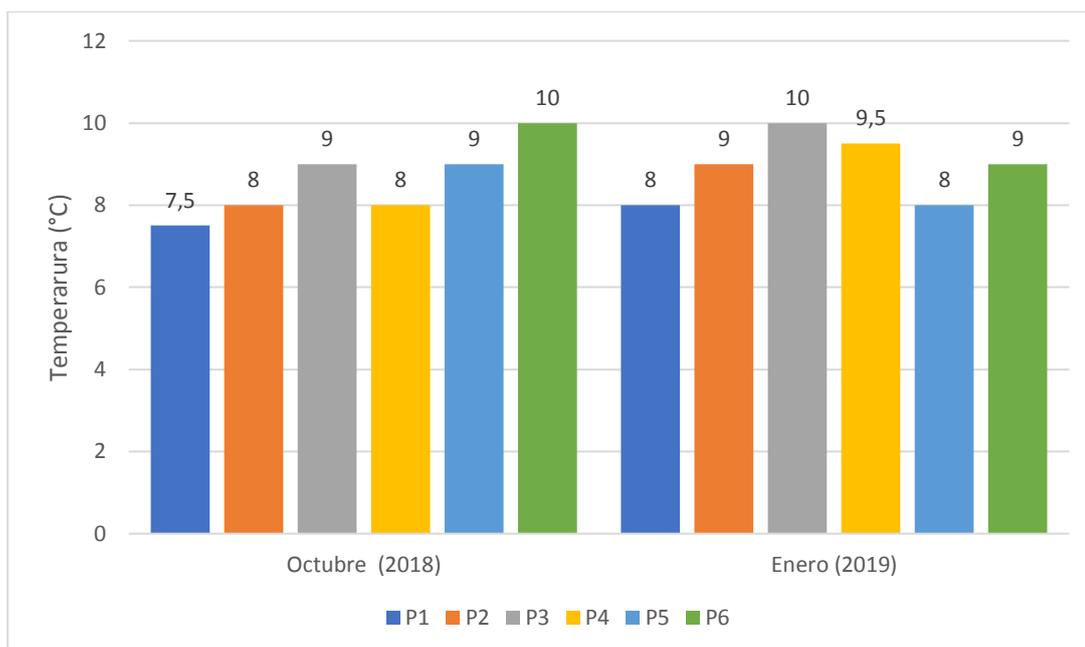


Figura 14: Temperatura de los puntos evaluado en los meses de octubre del 2018 y enero del 2019.

En la figura 14, se observa que la temperatura en el mes de octubre oscila entre 7.5 °C (P1) y 10 °C (P6), para el mes de enero del 2019, la temperatura oscila entre 8 °C (P1) y 10 °C (P3).

En cuanto la temperatura los valores de los puntos de muestreo están entre un rango 7,5 y 10), para ríos de zona alta oscilan entre 9° y 21° dependiendo de la altura (Gonzales y García 1995). Se puede inferir que las condiciones son casi óptimas para el desarrollo de las especies en el río, ya que los valores se encuentran dentro de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (DS, N°004-2017-MINAM).

La temperatura es un parámetro que afecta a las propiedades físicas y químicas del agua y tiene gran influencia sobre los organismos acuáticos, ejerciendo gran influencia en sus hábitos alimenticios, reproductivos, su tasa metabólica y causal del estrés térmico. Temperatura por arriba de 32 °C pueden ser letales para muchos organismos acuáticos. Así mismo la temperatura es uno de los factores que determinan la cantidad de O₂ que el agua puede mantener en disolución, también afecta la velocidad de reciclado de los nutrientes en un sistema acuático.

i) Regresión y correlación para el número de macroinvertebrados y la temperatura.

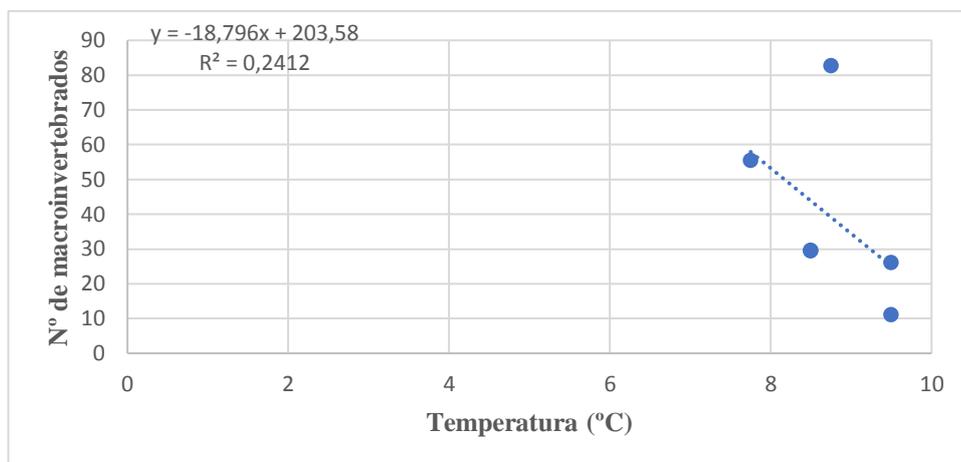


Figura 15: Recta de regresión para los macroinvertebrados en función a la temperatura.

En la Figura 15, se observa el coeficiente de correlación lineal ($r = 0.4911$), el cual indica que existe una correlación inversamente proporcional y moderada entre variables, es decir, que a medida que la temperatura (x) aumenta, el número de macroinvertebrados (y) disminuye. El coeficiente de determinación ($r^2 = 0.2412$), indica que la temperatura influye en un 24.12 % sobre los macroinvertebrados. La ecuación lineal obtenida de este análisis de regresión es: $y = -26,881 (x) + 240,36$.

j) Nitratos /nitritos

Los valores obtenidos en la tabla 18, muestras en la estación seca un valor máximo de 1,297 mg/L en el P1 y un valor mínimo de 0,127 mg/L de nitratos en el P6; y para los nitritos se encontraron por debajo de LCM (Limite de cuantificación del método) < 0,064 mg/L. En la estación húmeda tanto nitritos/nitratos se encontraron por debajo de LCM, excepto el punto P1 muestra un valor 0,068 de nitrito; sin embargo, todos los valores se encuentran dentro de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (DS, N°004-2017-MINAM). Los nitratos de manera general se deben a la utilización de fertilizantes, herbicidas y pesticidas en altas concentraciones por las actividades agropecuarias, que llegan al río a través de escorrentía (Quintero et al. 2010). Bajos registros de nitratos/nitritos se presentó en el agua del río Muyoc Grande, esto puede asociarse a la fertilidad de los suelos de la región ya que son suelos húmedos (Daza y Rodríguez, 2016), disminuyendo el uso de fertilizantes por los agricultores.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se recolectaron 1408 macroinvertebrados pertenecientes a 11 órdenes y 18 familias; al aplicar los índices bióticos: el EPT muestra una calidad del agua “pobre” en la estación seca y húmeda; el Índice BMWP/col manifiesta una calidad del agua “crítica” en estación seca y húmeda; el Índice ABI presenta una calidad del agua “moderada” en la época seca y una calidad “mala” en la época húmeda y finalmente en el índice IBF presenta una calidad del agua “pobre”.

También se analizaron los parámetros fisicoquímicos presentando los siguientes valores más representativos: el oxígeno disuelto con valor mínimo de 6.37 en el P1 y un valor máximo de 8.49 mgO₂/L en el P5; la temperatura tiene un valor mínimo de 7.5°C en el P1 y un valor máximo de 10°C en el P5; la conductividad eléctrica tiene un valor mínimo de 224.3 en el P3 y un máximo de 322.2 uS/cm en el P1; la dureza total tiene un valor mínimo de 123.9 en el P3 y un máximo de 181.0 mg/L en el P1 y los nitritos/ nitratos, encontrándose dentro de los ECA (Estándares de Calidad Ambiental) según el DS, N°004-2017-MINAM; excepto el pH en la estación húmeda en los puntos P3, P5 y P6 con valores 8.67, 8.79 y 8,75 respectivamente, no cumplen con los ECA.

Recomendaciones

Impulsar el uso de esta metodología en los demás ríos para enriquecer el listado de órdenes y familias de las microcuencas mejorando así los valores de tolerancia y sensibilidad a diferentes niveles de contaminación en la provincia de Celendín y Cajamarca.

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R. 2009. Propuesta de un Protocolo de Evaluación de la Calidad Ecológica de Ríos Andinos (C.E.R.A) y su Aplicación a dos Cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica* (en prensa).
- Aguirre, J. 2011. Validación de los indicadores biológicos (macroinvertebrados) para el monitoreo de la cuenca del río Yanuncay. (Tesis ingeniería Ambiental). Universidad Politécnica salesiana sede cuenca.
- Andrea, F; Mejía, J. 2013. Biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos en el sistema de cultivo de arroz en el sector Muñuela margen derecho en Piura, Perú. Vol. 12, p147 – p162.
- Alba-Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. En IV Simposio del Agua en Andalucía (pp. 203-213). Almería: Departamento de Biología Animal y Ecología. Universidad de Granada.
- Álvarez, S; Pérez, L. 2007. Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguare, Honduras. (Tesis de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente). Universidad de Zamorano. Honduras.
- Arce, O. 2006. Indicadores biológicos de calidad del agua. Cochabamba: Universidad Mayor de San Simón.
- Baddi, Z; Garza, C; Landero, F. 2005. Los indicadores biológicos en evaluación de la contaminación por agroquímicos en ecosistemas acuáticos asociados. *Cultura Científica y Tecnológica*, 2(6), 4-20.
- Cruz, R. 2014. Desarrollo de alternativas sostenibles de monitoreo y biorremediación de las aguas del río Santa. Universidad nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz – Perú.
- Correa, A; Vega, T. 2015. Utilización de indicadores biológicos e índices para la determinación de la calidad ecológica del río Mashcón. *Revista de la facultad de ingeniería Ambiental*.

- Correa, F., Rivera, R., Urrutia, D., Contreras, A y Encina, F. (2010). *Efectos de una zona urbana sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de un ecosistema fluvial del sur de Chile, Madrid – España*. Revista iberica de limnología vol. (29), p183 – p194.
- Corpochivor. 2005. Plan de ordenamiento y manejo ambiental de la cuenca del Río Garagoa. Garagoa: Corporación Autónoma Regional de Chivor.
- Daza P., Rodríguez D., Patiño J. 2016, *Bioindicación de la calidad del agua del rio subachoque mediante el uso de macroinvertebrados acuaticos y parametros fisicoquimicos como una integracion espacial y temporal*. Universidad Francisco José de caldas. Bogotá, Colombia.
- Domínguez, E; Molineri, C; Nieto, C. 2009. Ephemeroptera. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.
- Flores, D. 2014. Guía de vigilancia ambiental: con macroinvertebrados bentónicos. IFS, ACSUR, GRUFIDES. Cajamarca, Perú. 59p.
- Gonzales, C; Maestre, J. 2014. Bentos (Macro invertebrados). 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. Pp.37-43. Lima: Editorial Zona comunicaciones S.A.C.
- Guerrero, F., Mnjarrés, A. y Nuñez N. (2003), Los macroinvertebrados bentónicos de pozo azul (Cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del Agua. *Acta Biológica Colombiana*, 8(2): 43-55.
- Marrugan, A. 2004. Measuring biological diversity. India: Blackw Ell Publishing.
- Medina, Y. 2011. Macroinvertebrados bentónicos indicadores de contaminación en el río chili entre junio a agosto del 2011. Recuperado el 23 de abril del 2016.
- Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis SEA. Sociedad Entomológica Aragonesa. Ed. Madrid, España.
- Muñoz, C. 2016. Caracterización fisicoquímica y bilógica de las aguas del río grande Celendín- Cajamarca. Tesis para optar título profesional de ingeniero ambiental. Universidad nacional de Cajamarca. Perú. 109p.

- Oscoz, J. 2009. Guía de campo: Macroinvertebrados de la Cuenca del Ebro. España: Confederación Hidrográfica del Ebro.
- Paredes, C. 1999. "Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en el río Rímac, Lima, Perú" Revista. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Universidad Nacional Federico Villarreal, 7 pg.
- Paredes, C; Iannacone, O; Alvarino, L. (2004). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú. Revista Peruana de Entomología, 44: 107-108.
- Perales, N. 2008. "Evaluación de la calidad del agua en la cuenca del río Grande de la provincia de Celendín" Tesis Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental Celendín 220 pg. Para optar título profesional de Ingeniero Ambiental.
- Prieto, J. 2004. El agua, sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación. Bogota: Eco Ediciones.
- Quintero, L., Rendón, E., Agudelo, Y., Quintana, S., & Osorio, A. (2010). *Determinación de indicadores para la calidad de agua, sedimentos y suelos, marinos y costeros en puertos colombianos*. Revista Gestión y Ambiente, Vol. 13(3) 51-64
- 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. Vol. 23.
- Roldán, G. 1992. Fundamentos de Limnología Neotropical. Universidad de Antioquia. Medellín, 529 p.
- Roldán, G. 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Medellín. Colombia. 226p.
- Roldán, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Medellín: Universidad de Medellín.
- Roldán, G. 2012. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. Bogotá. Colombia. 148p.
- Roldán, G. & Ramírez, J. J. 2008. Fundamentos de Limnología Neotropical. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia. 440 pp.
- Palma, A. 2013. Guía para la identificación de invertebrados acuáticos. Chile.

- Paredes, C., Iannacone, O y Alvariño, L. (2004). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú. *Revista Peruana de Entomología*, 44: 107-108.
- Segnini, S. 2003. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotropicos*, 16 (2), 45-63.
- Terneus, E. 2012. Evaluación ecológica del río Lliquino a través de macroinvertebrados acuáticos, Pastaza – Ecuador. *Revista de ciencias*. Vol. 16, p31 - p45.
- Zúñiga, M., Del C. (nsf). Bioindicadores de calidad del agua y caudal ambiental. *Imf* (cap. 7) Escuela de recursos naturales y del ambiente EIDENAR

ANEXOS



Rio Muyoc Grande, Miguel Iglesias



Centro Poblado de Muyoc Grande, Miguel Iglesias.



Toma de muestras para el análisis fisicoquímico P1



Toma de muestras para el análisis fisicoquímico P2



Toma de muestras para el análisis fisicoquímico P3.



Toma de muestras para el análisis fisicoquímico P4.



Toma de muestras para el análisis fisicoquímico P5.



Toma de muestras para el análisis fisicoquímico P6.



Recolección de macroinvertebrados en el P1.



Recolección de macroinvertebrados en el P2.



Recolección de macroinvertebrados en el P3.



Recolección de macroinvertebrados en el P4.

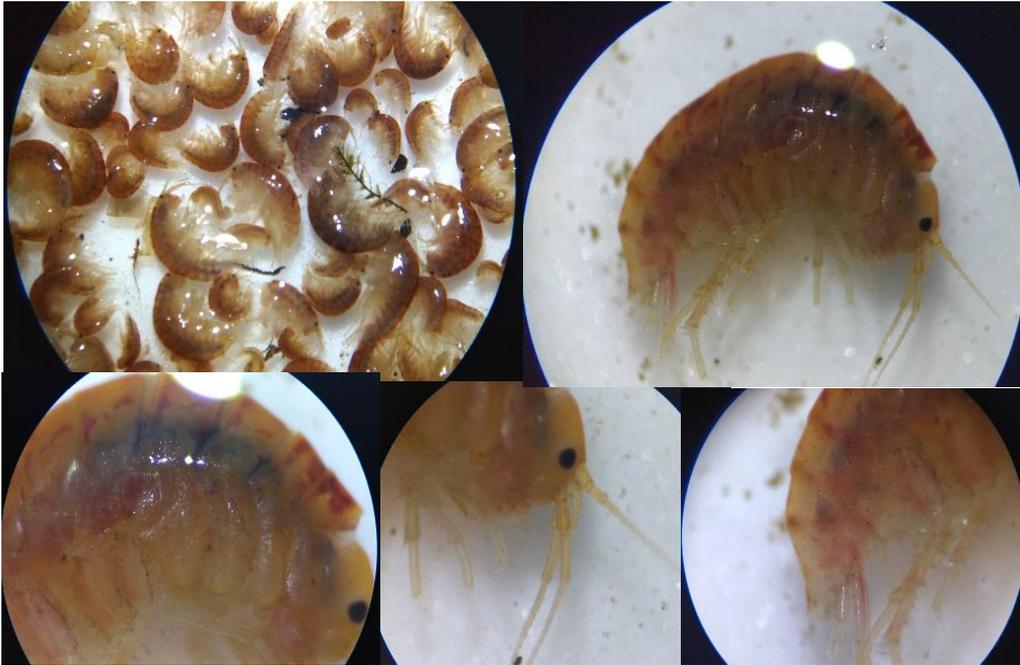


Recolección de macroinvertebrados en el P5.



Recolección de macroinvertebrados en el P6.

Familias de macroinvertebrados colectados



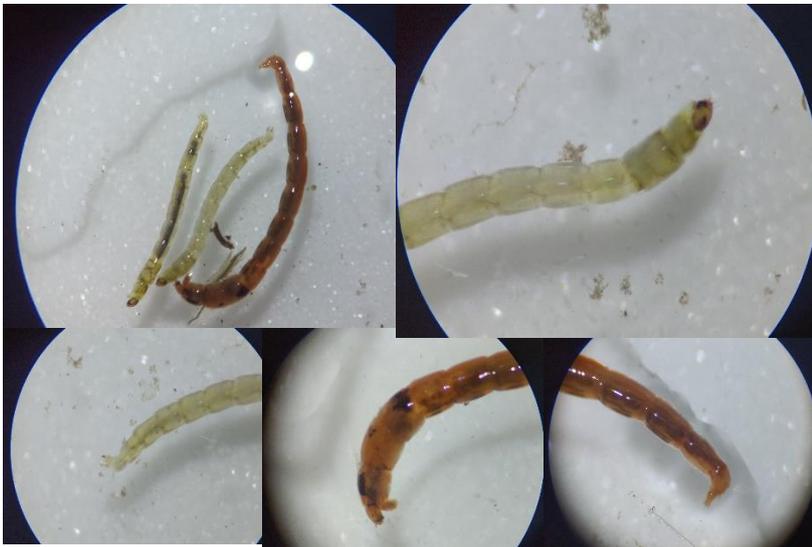
Familia: Hyalellidae



Familia: Aeshnidae



Familia: Elmidae



Familia: Chironomidae



Familia: Psychodidae



Familia: Lumbricidae



Familia: Baetidae



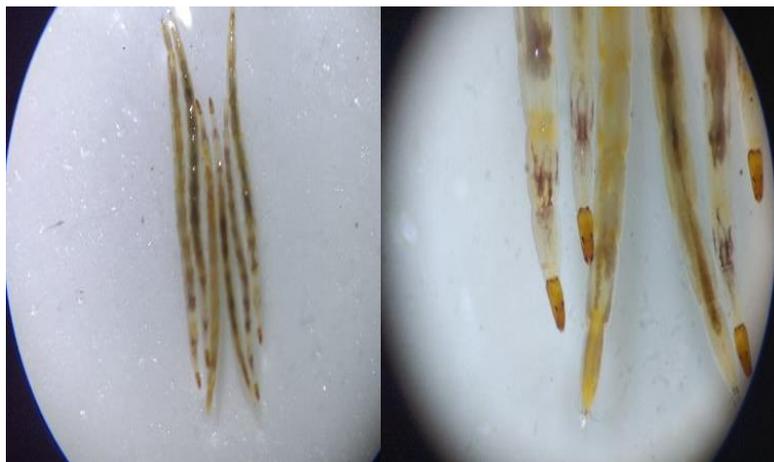
Familia: Tipulidae



Familia: Tipulidae (PUPA)



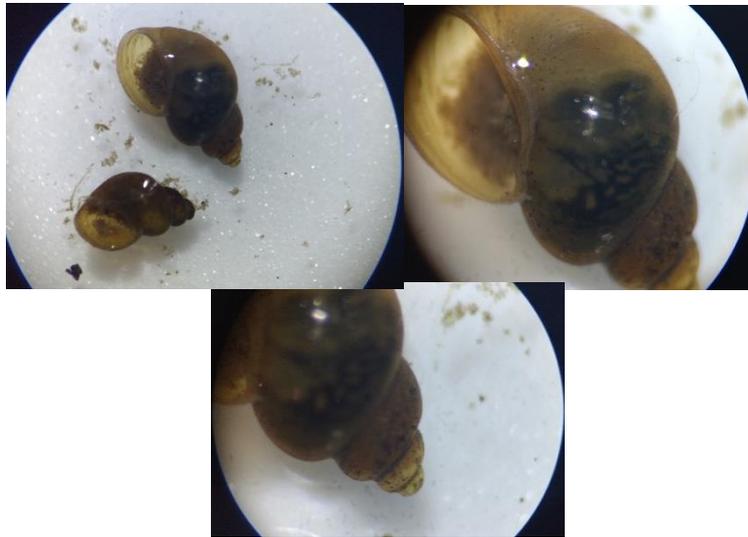
Familia: Limnephilidae



Familia: Ceratopogonidae



Familia: Elmidae (adulto)



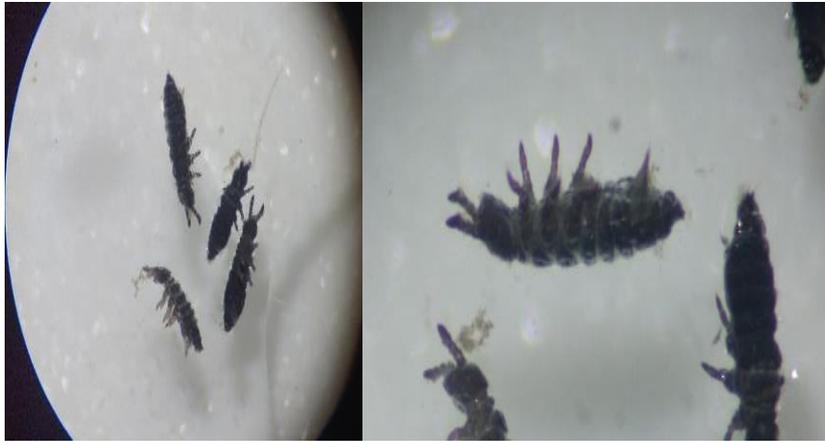
Familia: Physidae



Familia: Simuliidae



Familia: Planorbiidae



Collembola



Familia: Planariidae



Ostrácoda



Familia: Tabanidae (Pupa)



Familia: Philopotamidae



Familia: Empididae (Larva)



Familia: Sphaeriidae



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 1018587

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			P1 M1	P2 M2	P3 M3	P4 M4	P5 M5	P6 M6
Código Laboratorio			1018587-01	1018587-02	1018587-03	1018587-04	1018587-05	1018587-06
Matriz de Agua			NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial
Localización de la Muestra			E:798496 N:9268820	E:798188 N:9268412	E:797899 N:9267896	E:797232 N:9267846	E:797376 N:9266917	E:798423 N:9264739
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F)	mg/L	0.038	0.075	0.079	0.071	0.237	0.088	0.066
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.065	1.24	1.084	1.168	2.749	1.961	2.244
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.035	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	1.297	0.197	0.180	0.724	0.129	0.127
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.070	4.42	2.641	2.657	4.220	2.475	4.254
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.032	<LCM	<LCM	<LCM	0.085	<LCM	<LCM
pH a 25°C	pH	NA	8.25	8.35	8.36	8.30	8.23	8.33
Conductividad a 25°C	µS/cm	NA	322.2	263.5	239.0	242.8	224.5	276.6
(*) Dureza Total	mg/L	0.5	181.0	143.8	117.6	127.9	122.6	144.4
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	6.99	7.87	8.17	6.43	7.99	8.36


Ing. Qcto. Mariam de la Cruz Sarmiento
Analista Responsable de Química
CIP: 119544

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Cajamarca, 22 de Octubre 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 0119043

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente			P1	P2	P3	P4	P5	P6
Código Laboratorio	0119043-01		0119043-02	0119043-03	0119043-04	0119043-05	0119043-06	
Matriz	NATURAL		NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL
Descripción	Superficial		Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial
Localización de la Muestra	Río Muyoc Grande		Río Muyoc Grande	Río Muyoc Grande	Río Muyoc Grande	Río Muyoc Grande	Río Muyoc Grande		Río Muyoc Grande
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Nitrato (NO ₃)	mg/L	0.050	0.068	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Nitrato (NO ₂)	mg/L	0.064	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
pH a 25°C	pH	NA	8.40	8.34	8.67	8.16	8.79	8.75
Conductividad a 25°C	uS/cm	NA	282.5	231.6	224.3	236.7	228.7	232.7
(*) Dureza Total	mg/L	0.5	154.3	126.3	123.9	128.1	130.7	132.0
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	6.27	6.45	8.34	6.58	8.49	7.90

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

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Aniones: Fluoruro, Cloruro, Nitrato, Nitrito, Sulfato, Nitrato Total, N-NO ₂ , N-NO ₃ , F-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
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
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O, C, 23rd Ed. 2017. Oxygen (Dissolved), Azide Modification.
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 23rd Ed. 2017. Hardness EDTA Titrimetric Method

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.

Ing. Qc. Freddy H. López León
Analista de Química
CIP: 198264

Código del Formato: RT1-5-10-01 Rev: N°06 Fecha: 02/01/2019

Cajamarca, 29 de Enero de 2019.

Página: 2 de 2

Resultados de parámetros fisicoquímicos, mes de enero 2019.