

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental Celendín



TESIS

Para optar título profesional de Ingeniera Ambiental

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EMPLEANDO
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y PARÁMETROS
FISICOQUÍMICOS EN EL RÍO SENDAMAL, CELENDÍN.”**

PRESENTADO POR:

BACHILLER: Daysi Yanazet Jáuregui Araujo.

ASESOR: Ing. M.Sc. Manuel Roberto Roncal Rabanal.

Celendín – 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 veintidós días del mes de julio 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 240-2019-FCA-UNC, Fecha 17 de junio de 2019, con el objeto de Evaluar la sustentación de Tesis titulada **“DETRMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EMPLEANDO MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN EL RÍO SENDAMAL, CELENDÍN”**, para optar el título profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**, de la Bachiller **JÁUREGUI ARAUJO DAYSI YANAZET**.

A las diez horas y cuarenta 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 dieciséis (16)

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

A las once horas y cincuenta minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, 22 de julio de 2019.

Ing. M. Sc. Segundo Guevara Cieza
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 Dios por guiarme para ser mejor persona y a no rendirme en las adversidades.

A mi niño de Pumarume por siempre cuidarme.

A mi familia por apoyarme a cumplir mis metas y por su constante amor.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios, porque siempre está presente en cada momento de mi vida.

A mis padres Napoleón Jáuregui Barboza y Daysi Araujo Cáceres porque siempre me apoyan en mis proyectos de vida, por haberme inculcado los valores para ser una mejor persona y brindarme un amor incondicional.

A mi hermano Napoleón Jáuregui Araujo por su apoyo en la elaboración de mi tesis.

A mis abuelitas Olga Barboza Rojas y María Cáceres Zeballos quien son ejemplo de madre, y por su cariño incondicional.

A mi tío Gilberto Araujo Barboza, por su constante apoyo y alentarme a seguir adelante.

A mi buena amiga Fany Marilú Tirado Cerna, quien me ayudó en el desarrollo de mi tesis.

A mi asesor Ing. M.Sc. Manuel Roncal Rabanal por ser un digno profesor de la Escuela Profesional Ingeniería Ambiental, quien me ha brindado su tiempo. Su conocimiento y su apoyo para poder concluir un trabajo valioso.

Al biólogo Marco Sánchez, por su conocimiento y por el apoyo en la identificación del presente estudio.

A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental – Celendín, por ser el centro de formación.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
ABSTRAC.....	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Problema de la investigación	3
1.2. Formulación del problema	4
1.3. Objetivo de investigación.....	4
1.4. Hipótesis.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. El agua.....	6
2.3. Importancia del agua	7
2.4. El agua superficial.....	7
2.5. Cuenca hidrográfica	7
2.6. Calidad del agua.....	8
2.7. Calidad biológica del agua.....	9
2.8. Evaluación biológica de la calidad de las aguas	9
2.9. Estándares de calidad ambiental (ECA).....	9
2.10. Macroinvertebrados bentónicos	10
2.11. Macroinvertebrados como bioindicadores	11
2.12. Principales ordenes de macroinvertebrados	11
2.13. Índices relacionados con la calidad del agua	13
2.14. Impactos al ecosistema fluvial que alteran la comunidad de macroinvertebrados	18
2.15. Parámetros físicos químicos del agua	19
2.16. Fisicoquímica de los ecosistemas acuáticos.....	19
2.17. Relación para la composición de macroinvertebrados bentónicos y las variables fisicoquímicas	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. Ubicación	21
3.2. Materiales.....	24
3.3. Metodología	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29

4.1.	Resultado del muestreo fisicoquímico	29
4.2.	Resultado de muestro biológico.....	35
4.3.	Índices bióticos	37
4.4.	Relación para la composición de macroinvertebrados bentónicos y las variables fisicoquímicas.....	41
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
5.1.	Conclusiones	45
5.2.	Recomendaciones.....	46
VI.	BIBLIOGRAFÍA.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Escala de valores índice EPT.....	15
Tabla 2: Clasificación de las aguas, significado ecológico de acuerdo al índice BMWP/Col y colores para representaciones cartográficas.	16
Tabla 3: Clases de estado ecológico según ABI Perú.....	18
Tabla 4: Ubicación georreferenciada de las estaciones de muestreo en el río Sendamal, Celendín 2018.....	23
Tabla 5 . Resultados de muestreo fisicoquímicos en la época húmeda del río Sendamal - Celendín 2018.....	29
Tabla 6. Resultados del muestreo fisicoquímico en la época seca del río Sendamal - Celendín 2018-	29
Tabla 7: Macroinvertebrados bentónicos en el río Sendamal - Celendín 2018.....	36
Tabla 8: Porcentaje de macroinvertebrados bentónicos encontrados en las nueve estaciones de muestreo, durante las dos estaciones realizadas en Sendamal - Celendín 2018.....	36
Tabla 9: Promedios por puntos de monitoreo para el índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT).....	37
Tabla 10: Promedios por puntos de monitoreo para el índice BMWP.....	39
Tabla 11: Promedios por puntos de monitoreo y por época para el índice ABI.....	40
Tabla 13: Variables dependientes e independientes.	42
Tabla 14: Descripción de variables en estudio para componentes fisicoquímicos con el índice EPT (elaboración en IBM SPSS).	42
Tabla 15: Regresión lineal para variables en estudio de componentes fisicoquímicos (elaboración en IBM SPSS).	43
Tabla 16: Descripción de variables en estudio para componentes fisicoquímicos con el índice BMWP (elaboración en IBM SPSS).	43
Tabla 17: Regresión lineal para variables en estudio de componentes fisicoquímicos (elaboración en IBM SPSS).	44
Tabla 18: Descripción de variables en estudio para componentes fisicoquímicos con el índice ABI.	44
Tabla 19: Regresión lineal para variables en estudio de componentes fisicoquímicos (elaboración en IBM SPSS).	44
Tabla 20: Puntuaciones del índice biótico andino (ABI) (Ríos 2019) para las familias de macroinvertebrados bentónicos.	52
Tabla 21: Puntajes de las familias de macroinvertebrados para el índice BMWP/ Col de acuerdo a los valores originales del BMWP, ajustados por Roldán (2012) para Colombia, Alba Torcedor y Sánchez Ortega (1998).	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Valores de pH del río Sendamal-Celendín	30
Figura 2: Valores de conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) del río Sendamal- Celendín.....	31
Figura 3: Valores oxígeno disuelto (mg/L) del río Sendamal - Celendín	32
Figura 4: Valores de dureza (mg/L) del río Sendamal – Celendín	33
Figura 5: Valores nitritos y nitratos (mg/L) del río Sendamal - Celendín	33
Figura 6: Valores por punto y época de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) del río Sendamal – Celendín.	34
Figura 7: Valores por promedio de época y anual de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) del río Sendamal Celendín	34
Figura 8: Resultados de los promedios por punto de monitoreo para el índice Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera (EPT).	38
Figura 9: Resultados de los promedios por punto de monitoreo para el índice BMWP. .	39
Figura 10: Resultados de los promedios por punto de monitoreo para el índice ABI.	41
Figura 11: Panel fotográfico de la caracterización fisicoquímica de la calidad del agua del río Sendamal- Celendín 2018.	55
Figura 12: Panel Fotográfico de la caracterización biológica del río Sendamal - Celendín 2018.	56
Figura 13: Panel fotográfico de todas las familias de macroinvertebrados bentónicos identificados en el río Sendamal - Celendín.....	59
Figura 14: Informes de ensayo Laboratorio Regional del Agua.....	64
Figura 15: Constancia de identificación de macroinvertebrados en Gabinete de Recursos Naturales.	70

RESUMEN

Se caracterizó las aguas del río Sendamal en los distritos de Sucre, Sorochuco y Huasmín en la provincia de Celendín, Cajamarca, Perú, en nueve estaciones de monitoreo en el año 2018, durante los meses de mayo y agosto correspondiendo a los periodos de avenidas y estiaje respectivamente. En cada estación de monitoreo se midieron parámetros fisicoquímicos oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), pH, dureza, nitratos y nitritos y temperatura (T°). Así mismo se recolectaron macroinvertebrados bentónicos con tres repeticiones por punto de monitoreo, para determinar la biodiversidad por medio de los índices bióticos como: EPT (Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera), índice biótico andino (ABI) y el Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col). Los individuos encontrados pertenecieron a 3 clases, 10 órdenes y 30 familias, el índice EPT, muestra que en las dos épocas de monitoreo el río Sendamal con una calidad de agua moderadamente impactada; el índice BMWP/ col, muestra una agua de aceptable calidad, mientras que en la época húmeda califica como dudosa calidad; según los resultados del índice ABI, en los promedios de época seca presenta una buena calidad de agua, mientras que la época húmeda presentó una clasificación de calidad moderada.

ABSTRAC

The waters of the Sendamal River were characterized in the districts of Sucre, Sorochuco and Huasmín in the province of Celendín, Cajamarca, Peru, in nine monitoring stations in 2018, during the months of May and August corresponding to the avenues and wastewater respectively. In each monitoring station, physicochemical parameters dissolved oxygen (OD), electrical conductivity (EC), pH, hardness, nitrates and nitrites and temperature (T°) were measured. Likewise, benthic macroinvertebrates were collected with three repetitions per monitoring point, to determine biodiversity through biotic indices such as: EPT (Ephemeroptera, Plecóptera and Trichoptera), Andean biotic index (ABI) and the Biological Monitoring Wrking Party (BMWP / Col). The individuals found belonged to 3 classes, 10 orders and 30 families, the EPT index, shows that in the two monitoring periods the Sendamal river with a moderately impacted water quality; the BMWP / col index shows acceptable water quality, while in the wet season it qualifies as dubious quality; according to the results of the ABI index, in the dry season averages it presents a good water quality, while the wet season presented a moderate quality classification.

I. INTRODUCCIÓN

Los ríos son una corriente natural formada por agua dulce que fluye continuamente, irrigando durante su recorrido los diferentes ecosistemas de la superficie terrestre; los seres humanos hemos usado los ríos como ejes para el desarrollo de nuestras civilizaciones y así cubrir necesidades como agricultura, ganadería, industria y para uso doméstico. El creciente deterioro de los ecosistemas acuáticos debido a causas naturales y/o antropogénicas, ha venido demandando el desarrollo de sistemas y metodologías que permitan conocer su grado de alteración, la mayoría de los análisis se hace a través de pruebas químicas que consideran únicamente la calidad del agua desde su potabilidad, siendo estas de mayor costo; una manera económica de conocer la calidad del río es la utilización de índices biológicos con presencia de macroinvertebrados (Rueda & López 2003)

El uso de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua empezó hace más de 100 años en Europa, las importancias de usar la comunidad biológica en la bioevaluación de los cuerpos de agua resultan, entre otros factores, la capacidad de reflejar la condición ecológica de un cuerpo de agua, así como de ser sensibles al impacto de factores externos. (Springer 2010)

El presente estudio, propone el uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en el río Sendamal, complementados con un análisis fisicoquímico para brindar información del estado actual de estas aguas, he incentivar la realización de comités de vigilancia ambiental.

1.1. Problema de la investigación

El agua del río Sendamal es usada para el consumo humano y riego de cultivos, en los distritos de Huasmín, Sorochuco y Sucre, la cual pueden estar afectada por factores antrópicos, siendo nocivos para la salud humana y alterando el ecosistema acuático; por esta razón se tiene la necesidad de hacer análisis físico químico y biológico en función a la presencia de macroinvertebrados bentónicos, para alertar a la población de una posible contaminación del recurso hídrico y a la vez incentivar la utilización de estos organismos para la vigilancia de la calidad de sus aguas ya que éste es un método económico y probado científicamente.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la calidad del agua del río Sendamal en función a la presencia de macroinvertebrados bentónicos y algunos parámetros fisicoquímicos?

1.3. Objetivo de investigación

Evaluar la calidad del agua del río Sendamal en función a la presencia de macroinvertebrados bentónicos y algunos parámetros fisicoquímicos.

1.3.1. Objetivo específico

- Determinar el pH, oxígeno disuelto, temperatura nitritos/nitratos, conductividad eléctrica y dureza del agua del río Sendamal -Celendín.
- Identificar los macroinvertebrados que habitan en el río Sendamal, según su morfología y taxonomía.
- Determinar los índices de Ephemeroptera Plecóptero y Trichoptera (EPT), el Índice Biótico Andino (ABI), Índice BMWP en la cuenca del río Sendamal- Celendín.

1.4. Hipótesis

Las aguas del río Sendamal están siendo afectadas por las distintas actividades antrópicas presentando una mala calidad, la cual se refleja en cambios de la composición y distribución de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, Celendín

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Los trabajos de caracterización fisicoquímica y biológica con el uso de macroinvertebrados bentónicos para determinar de la calidad del agua, son diversos, los países que más experiencia han tenido trabajando con bioindicadores son Chile, Colombia, Costa Rica; además existen estudios recientes en nuestro país, aunque este campo aún es muy reducido, pero cuenta con un gran potencial y oportunidades de crecimiento. Algunas de las experiencias de trabajo con macroinvertebrados bentónicos en Perú, fueron registradas en la guía elaborada por (Flores 2014), con el apoyo de la Universidad Nacional de Cajamarca, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Ingeniería Sin Fronteras, Asociación para la Cooperación en el Sur- Las Segovias, Grupo de Formación e Intervención para el Desarrollo Sostenible y otras pocas instituciones están trabajando con bioindicadores (macroinvertebrados) como herramienta para la evaluación de la calidad de agua dentro del país, logrando en Cajamarca la elaboración de la denominada “Guía de vigilancia ambiental con macroinvertebrados bentónicos en Cajamarca”.

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 estudio 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° 004–2017–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.

Cruz (2014) n el proyecto denominado “Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad de las aguas del rio Santa” en Huaraz, llegó a la conclusión que la contaminación por metales tiene una fuerte capacidad para organizar las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, y que existen familias que se desarrollan bajo condiciones extremas para la vida como los Chironomidae.

Alarcón y Peláez (2012), “Calidad del agua del río Sendamal (Celendín, Cajamarca, Perú): determinación mediante uso de diatomeas” llegó a la conclusión que en los parámetros fisicoquímicos, han evidenciado que el agua del río Sendamal y sus afluentes cumplen con los ECA- CAT III “Riego de vegetales y bebida de animales”, para la mayoría de los parámetros a excepción de fosfatos, nitritos nitratos y pH los mismos que reflejan una ligera contaminación orgánica. Los parámetros comunitarios del río Sendamal y sus afluentes que lo forman, indican que el índice de diversidad de Shannon & Wiener oscilan entre 2.4 y 3.3 lo que determina una calidad de agua con “Contaminación imperceptible” a “Contaminación leve”, en ambas épocas.

Villamarín (2008), con la tesis doctoral denominada “Estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos alto andinos del Ecuador y Perú. Diseño de un sistema de medida de la calidad del agua con índices multimétricos”, en Barcelona. Concluyó que en total en la región alto andina tropical de Ecuador y Perú se registró una riqueza de 178 taxones de macroinvertebrados que se distribuyen desde el norte del Ecuador al sur del Perú en las dos vertientes y desde los 2 000 msnm hasta los 4 800 msnm.

2.2.El agua

El agua es esencial para la vida. La cantidad de agua dulce existente en la tierra es limitada y su calidad está sometida a una presión constante. La conservación de la calidad del agua es importante para el suministro de agua de bebida, la producción de alimentos y el uso recreativo. La calidad del agua puede verse comprometida por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos (OMS 2018)

De la superficie total de la tierra, algo más del 70% está ocupado por el agua que forma los océanos y mares. El agua es una sustancia más noble que existe en la naturaleza. Puede presentarse en los tres estados de la naturaleza (líquido, sólido y vapor), y mantenerse durante largo tiempo (años) conservando su calidad, si no es afectada por contaminación. El volumen total de agua en nuestro planeta no ha variado en los últimos años 30 a 40 mil años, pero si ha sufrido un deterioro de la calidad, debido al crecimiento de la población y las actividades asociadas. A principios del siglo 20 la población mundial era de unos 1600 millones, y la industria tenía escaso desarrollo y por ende producido pocos efluentes y la agricultura se practicaban sin aplicar

plaguicidas y fertilizantes sintéticos. Al finalizar el siglo 20, la población mundial creció a más de 6 000 millones, la industria tuvo un desarrollo espectacular y agricultura casi sin excepción utiliza plaguicidas y fertilizantes para mejorar los rendimientos. Los crecimientos demográficos, industrial y el cambio en las prácticas agrícolas, generaron una alta carga de sustancias que afectaron y afectan la calidad del agua el aire y la biota que en definitiva resultan en una degradación general de la calidad de vida de la población (Auge 2017).

2.3.Importancia del agua

Al respecto (Acevedo 2009) manifiesta que, el agua es tan importante y necesaria como escasa, importante porque nos es impredecible para la vida. Se calcula porque en la tierra existen aproximadamente 1, 385, 000, 000 Km³ de agua, de los cuales 97.3% es salada, el 2.8 se encuentra congelada de los polos y sólo una pequeña parte se encuentra disponible para nuestras necesidades. De tal manera que sólo el 7% de agua de lluvia se recupera en los diversos cuerpos de agua para su posible empleo como agua dulce mientras que el 93% se pierde por medios físicos o biológicos (evapotranspiración).

2.4. El agua superficial

(Monroy 2011), sostiene que, el agua superficial es aquella que se encuentra circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra. Estas masas sobre la superficie de la tierra forman ríos, lagos, lagunas, pantanos, charcas y humedales, y otros similares, sean naturales o artificiales. El agua superficial es proveniente de las precipitaciones, que no se infiltra ni regresa a la atmosfera por evaporación o a la que proviene de manantiales o nacimientos que se originan de las aguas subterráneas. Las aguas superficiales pueden están fluyendo constantemente como los ríos o estar en reposo como los lagos y lagunas. El escurrimiento se da sobre la tierra debido a que la gravedad y a la inclinación del terreno.

2.5.Cuenca hidrográfica

Su significado más simple, se conoce como cuenca hidrográfica al área drenada por un río. La cuenca es una unidad natural hidrológica y geofísica, con límites definidos que facilitan la planificación y el aprovechamiento de sus recursos. Los límites de la cuenca dependen de su topografía y están determinados por la línea divisoria de agua. Asimismo, las cuencas hidrográficas se facilitan la precepción del

efecto negativo de las acciones del hombre sobre su entorno, evidenciándolos en la contaminación y en calidad del agua evacuada por la cuenca, quedando claro, por cierto, que el agua es el recurso integrador y el producto resultante de la cuenca. El movimiento del agua conecta e integra sus cuencas, presentando a esta unidad natural como un arquetipo de sistema. Es decir, como una entidad en la cual sus componentes están dispuestos en una agrupación de elementos ligados y mutuamente dependientes, de manera que conforman una unidad y actúan como tal, esta figura se da muy claramente en las cuencas hidrográficas, en su arreglo jerárquico como cuencas, subcuenca y microcuenca, y en la respuesta de conjunto de los procesos biofísicos, naturales o alterados por la actividad humana, que tienen lugar dentro de sus límites (IPROGA 1996).

2.6. Calidad del agua

La calidad del agua se refiere a las condiciones en el que se encuentra el agua respecto a las características físicas, químicas y biológicas en su estado natural o al estar alteradas por el ser humano. (Monroy 2011).

Pero también el concepto aplica en relación al uso que se va a hacer del recurso, por lo que el concepto de calidad varía de acuerdo al uso que se va a dar. Es por ello que se dijo que el concepto va a tomar distintas interpretaciones dependiendo de quién se lo plantee, mas no podemos desligar la idea de la importancia que representa mantener la calidad del agua para el hombre, puesto que tiene una relación directa con las actividades que este realiza. La alteración de la calidad del agua va a conllevar un impacto directo al hombre; siendo varios los problemas derivados de la contaminación de cuerpos de agua, como son: la reducción del suministro de agua dulce, riesgos en la salud, la inutilización del uso de agua para diversos usos, el impacto negativo sobre la vida acuática son algunos de los efectos asociados a la calidad del agua (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO 1992).

En nuestro país la calidad del agua se ve regulada por el ministerio del ambiente que aprobó mediante Decreto Supremo N°004- MINAM, recientemente actualizado, que modifica los Estándares de Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, los cuales se fijan en función a las categorías que reciben los cuerpos de agua como se menciona en la ley de recursos Hídricos (Ley N°29338).

2.7. Calidad biológica del agua

Los índices biológicos de calidad del agua estudian parámetros o aspectos biológicos del medio acuático, cuyos cambios indican la existencia de alteraciones de dichos medios. Están basados en la correspondencia de la característica del medio y los organismos que en él desarrollan. En efecto, las modificaciones del medio acuático, producen cambios 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. (Gil 2014)

2.8. Evaluación biológica de la calidad de las aguas

La evaluación biológica a través de organismos vivos que habitan en los cursos de agua presenta adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales, y límites de tolerancia a las diferentes alteraciones de las mismas. Estos límites de tolerancia varían frente a una determinada alteración habiendo organismos “sensibles” que no soportan las nuevas condiciones impuestas, comportándose como “intolerantes”, mientras que otros, que son “tolerantes” no se ven afectados. Si la perturbación llega a un nivel letal para los intolerantes, estos mueren y su lugar es ocupado por comunidades de organismos tolerantes. Del mismo modo, aun cuando la perturbación no sobrepase el umbral letal, los organismos intolerantes abandonan la zona alterada, con lo cual dejan espacio libre que puede ser colonizado por organismos tolerantes. De modo que variaciones inesperadas en la composición y estructura de las comunidades de organismos vivos de los ríos pueden interpretarse como signos evidentes de algún tipo de contaminación. (Roldán 2012)

2.9. Estándares de calidad ambiental (ECA)

El ECA es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos de sustancia o parámetros físico químicos o 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 del ambiente. Según el parámetro en particular al que se refiera, la concentración o grado será representada en máximos, mínimos o rangos (MINAM 2016).

2.9.1. ECA para cuerpos de agua en el Perú

Es importante destacar que los ECA de agua del Perú se han establecido considerando referentes internacionales. Por ello la regulación peruana ha empleado, para las aguas destinadas a la producción de agua potable (Categoría 1), preferentemente las actualizaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en el caso de agua para riego de vegetales y bebidas de animales (Categoría 3) se han adoptado las correspondientes a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO); así como a la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (EPA).

Es necesario precisar que, estas guías internacionales se actualizan continuamente en función a estudios periódicos de toxicidad. El D.S. N°004-2017- MINAM que actualiza los ECA para agua ha considerado las guías más recientes

El ámbito del presente estudio se enmarca en el río Sendamal, clasificado como categoría 3 (aguas para riego y bebidas de animales) según se indica en la R. J. N°202-2010 ANA de la misma manera el estudio abarca la determinación únicamente de parámetros fisicoquímicos. En tal sentido consideramos los cuadros elaborados en el D.S. N° 004-2017-MINAM para categoría 3 en los parámetros fisicoquímicos.

2.10. Macroinvertebrados bentónicos

Los macroinvertebrados bentónicos son bichos que se pueden observar a simple vista, (miden entre 2 mm y 3 cm). Estos animales proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua, y al usarlos en monitoreos pueden entender claramente el estado en que ésta se encuentra, algunos de ellos requieren agua de buena calidad para sobrevivir, otros en cambio resisten, crecen y abundan cuando hay contaminación. (Carrera y Fierro 2001)

El estudio de los macroinvertebrados en las aguas continentales, comprende todos aquellos organismos que se pueden observar a simple vista. Estos viven al fondo de los ríos, lagos o enterrados al fondo de la arena adheridos a troncos. (Roldan 1996)

2.11. Macroinvertebrados como bioindicadores

Los macroinvertebrados bentónicos son uno de los grupos biológicos más ampliamente usados como indicadores de calidad del agua. Esto se debe a que integran muchas de las cualidades que se esperan de un indicador. Entre estas destaca una elevada diversidad, con requerimientos ecológicos diferentes relacionados con las características hidromorfológicas, fisicoquímicas y biológicas del medio acuático (Alva et al 2005)

2.12. Principales ordenes de macroinvertebrados:

Según (Ladera 2012), existen especies de macroinvertebrados que pueden describirse en los órdenes siguientes:

2.12.1. Ephemeroptera

Las larvas de este orden son exclusivamente acuáticas y pueden vivir hasta dos años. Su respiración se realiza por medio de branquias abdominales relativamente bien desarrolladas y en su mayor parte dentrívoros (se alimenta de materia orgánica muerta) y herbívoros.

A pesar de que presentan diferencias en cuanto a su tolerancia a bajas concentraciones de oxígeno, un gran número de familias de este orden son buenos indicadores de la calidad del ecosistema y poseen generalmente gran sensibilidad a condiciones ácidas.

2.12.2. Odonata

Engloban a los conocidos como libélulas y caballitos del diablo. Los adultos no se ven obligados a vivir en inmediaciones del agua, pero las larvas son acuáticas sin excepción. Las larvas de todas las especies de odonatos son zoófagas, atacan a diferentes animales con los que comparten territorio.

Pueden vivir en una amplia variedad de hábitats, pero son más frecuentes en zonas con poca velocidad de corriente de los cursos fluviales, viven en aguas limpias o ligeramente eutróficas.

2.12.3. Plecóptera

Se trata de especies que viven en el fondo de cauces de agua fría, bien oxigenada y libre de contaminación, por lo que son ampliamente utilizados como bioindicadores de la calidad del ecosistema acuático.

Esta sensibilidad a las bajas concentraciones de oxígeno parece derivarse de la ausencia de grandes branquias. De acuerdo a su régimen alimenticio pueden ser fragmentadores de materia orgánica.

2.12.4. Coleóptera

Constituye el mayor grupo de insectos y quizás el más evolucionado, únicamente el 15 % de las especies aproximadamente son acuáticas. Presentan un régimen alimenticio muy variado y la calidad del agua no suele ser un factor determinante en la distribución de muchas familias en este grupo.

2.12.5. Dípteros

Este orden también conocido como moscas verdaderas, es uno de los más ampliamente distribuidos y con mayor diversidad, en las que muchas especies presentan larvas acuáticas como los mosquitos y larvas.

Algunas especies están adaptadas a vivir en zonas con elevadas corrientes y concentraciones de oxígenos, minetas que otras son especies oportunistas, adaptadas a vivir en ecosistemas con ciertas perturbaciones e incluso en condiciones extremas. Por lo que hay especies con requerimientos muy diferentes en cuanto a la calidad del agua.

2.12.6. Trichoptera

Constituye uno de los grupos de insectos más importantes del ecosistema acuático. Algunas especies fabrican estuches con materiales tan diversos como arena, grava o restos de vegetales y en el interior del mismo desarrollan su estado larvario. Su modo de alimentación es muy variado, con especies herbívoras, detritívoras y depredadoras, y presentan en general cierta exigencia en cuanto a la calidad del agua.

2.13. Índices relacionados con la calidad del agua

Según (Arce 2006), los índices de calidad de las aguas se han venido utilizando desde hace algún tiempo, con el propósito de simplificar en una expresión numérica las características positivas o negativas de cualquier fuente de agua. De otro lado el mismo autor manifiesta que, dichos índices tienen como objeto la estimación de un número generalmente entre 0 y 1, que define el grado de calidad de un determinado cuerpo hídrico continental. Con ello se pretende reconocer problemas de contaminación de una forma ágil, sin tener que recurrir a la observación de cada una de las numerosas variables fisicoquímicas determinadas; sus bondades resaltan cuando se evalúa una cantidad amplia de cursos hídricos, o uno sólo en forma periódica. En general, todo organismo es indicador de las condiciones del medio en que se desarrolla, ya que de cualquier forma su existencia en un espacio y momentos determinados responden a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales. Sin embargo, en términos más estrictos, un indicador biológico acuático se ha considerado como aquél cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita. Los indicadores biológicos se han asociado directamente con la calidad del agua más que con procesos ecológicos o con su distribución geográfica. Es pertinente aclarar que más que a un organismo, el indicador biológico se refiere a la población de individuos de la especie indicadora, y en el mejor de los casos al conjunto de especies que conforman una comunidad indicadora. El análisis de las comunidades requiere utilizar expresiones matemáticas sencillas, empleando para ello datos taxonómicos y de tolerancia, en general se utilizan tres tipos de índices: de diversidad, sapróbicos e índices bióticos. (Magurran 2004); pero los índices que más se asemejan a las características del presente trabajo de investigación son los índices de diversidad e índices bióticos.

2.13.1. Índices bióticos

Los 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 macroinvertebrados 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 et al. 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. (Naranjo y González 2007).

Para poder implementar los índices bióticos, es necesario realizar un inventario de las especies presentes en el lugar de estudio, de la manera más específica posible, esto actualiza los conocimientos taxonómicos y de composición sobre la fauna acuática, que en algunos grupos no se conocía. (Burillo 1997). Los índices bióticos son altamente especializados para un tipo particular de contaminación del agua, que normalmente es de origen orgánica. Cada uno de los índices está limitado al área geográfica en donde los organismos tolerantes fueron integrados de un ambiente a otro, pero aun así, éstos pueden variar. Por otro lado, existen índices bióticos especializados para grupos taxonómicos específicos y para diferentes ecorregiones.

a) **Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT):**

Se refiere a la presencia o ausencia de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera en una comunidad biológica. En general, las especies de estos grupos de insectos son sensibles a las perturbaciones humanas (Alonso & Camargo 2005), de aquí su uso como indicadores en el cálculo del índice.

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 (Klemm et al. 1990) (Tabla 1). El resultado obtenido se compara con los siguientes valores y se determina la calidad del agua.

Tabla 1 Escala de Valores Índice EPT.

EPT*	CALIDAD DEL AGUA
>10	Sin impacto
6 -10	Levemente impactado
2-5	Moderadamente impactado
0- 1	Severamente impactado

*EPT: *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*

Fuente: Klemm et al (1990).

b) **Biological monitoring working party (BMWP/Col)**

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

Se consideran macroinvertebrados bentónicos a aquellos organismos invertebrados que desarrollan alguna fase de su ciclo vital en el medio acuático, y cuyo tamaño es superior a los 2 milímetros. Abarca insectos, moluscos, crustáceos, turbelarios y anélidos principalmente. Las familias más sensibles como Perlidae (Plecoptera) y Oligoneuriidae (Ephemeroptera) reciben un puntaje de 10; en cambio, las más tolerantes a la contaminación, como Tubificidae (Clitellata), reciben una puntuación de 1. La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP. (Armitage 1983).

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. (Tercedor 1996). Sin embargo, no permite emitir juicios respecto de la situación de calidad. Es por ello que se correlacionaron los valores del BMWP con cinco grados de contaminación, asignándoles una significación respecto de la misma. (Tercedor y-Ortega 1988).

En Latinoamérica se han hecho intentos de aplicar índices para evaluar la calidad de las aguas. El libro “Bioindicación de la calidad del agua en Colombia” de (Roldan 2003), propone el uso del BMWP/Col; que no es más que una modificación del BMWP, aplicando un puntaje de 1 a 10 a las diferentes familias de macroinvertebrados comunes en el país y para las clases de calidad de agua normalmente encontradas. Esta modificación, además incluye un color significativo para representaciones cartográficas (Tabla 2).

Tabla 2: Clasificación de las aguas, significado ecológico de acuerdo al índice BMWP/Col y colores para representaciones cartográficas.

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
		>150	Aguas muy limpias	Celeste
I	Buena	101-120	Aguas no contaminadas poco alteradas	Azul
II	Aceptable	61-100	Se evidencia efectos de la contaminación	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas situación crítica	Rojo

Fuente: Roldán (2003).

c) **Índice biótico andino (ABI)**

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

La 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). 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. (Baddi et al. 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 (Tabla 3).

Tabla 3: Clases de estado ecológico según ABI Perú.

Estado ecológico	
Muy bueno	>74
Bueno	45-74
Moderado	27-44
Malo	nov-26
Pésimo	<11

Fuente: Flores (2014)

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

2.14.1. Contaminación del agua

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

2.14.2. Eutrofización

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

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

2.14.3. Alteraciones morfológicas

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

disminución de la diversidad de macroinvertebrados y el consiguiente empobrecimiento del ecosistema.

2.15. Parámetros físicos químicos del agua

Al hablar de calidad del agua sea para su vertido, tratamiento de depuración, potabilización o cualquier otro uso, es impredecible determinar una serie de parámetros físico químicos mediante métodos normalizados con el objeto de conocer si estos parámetros se encuentran dentro del intervalo que marca la legislación vigente. (Aznar 2000).

2.16. Físicoquímica de los ecosistemas acuáticos

2.16.1. Temperatura

La radiación solar no solamente determina la calidad y cantidad de luz, sino que también afecta la temperatura del agua. Mientras que en las zonas templadas la temperatura varía ampliamente con el cambio de estaciones, en las zonas tropicales permanece más o menos constante a lo largo del año. En otras palabras, los organismos sometidos a cambios de estaciones toleran más los cambios de temperatura y sus ciclos de vida están acoplados a estos cambios. Por el contrario, para los organismos tropicales al estar adaptados a temperaturas relativamente constantes, cualquier cambio puede ser fatal para su supervivencia. (Roldán 2012)

2.16.2. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes de la calidad del agua. Los valores normales varían entre los 7.0 y 8.0 mg/l. La fuente principal de oxígeno es el aire, siendo de vital importancia para la presencia de macroinvertebrados, el cual se difunde rápidamente en el agua por la turbulencia en los ríos y por el viento en los lagos. (Roldán 2012).

2.16.3. pH

La contaminación de los ecosistemas acuáticos con residuos orgánicos o industriales rompe el equilibrio ecológico, lo cual provoca cambios drásticos de pH, se tornan más marcados los fenómenos de respiración y fotosíntesis, se ocasiona el agotamiento del oxígeno en las horas de la noche y exceso de producción durante el día. Obviamente, la mayoría de las especies no resiste estos cambios y terminan por desaparecer. (Roldán 2012).

2.16.4. Nitritos y Nitratos

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

2.16.5. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica mide la cantidad total de iones presentes en el agua y, por ende, se relaciona con la salinidad, se define como el recíproco de la resistencia medida entre dos electrodos de 1.0 cm² y distanciados entre sí por 1.0 cm. Los valores de conductividad se expresan en microsiemens por cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) o micromohos/cm. Para un limnólogo experimentado, la conductividad y el pH son dos de las medidas que más aportan acerca de la estructura y funcionamiento del ecosistema acuático. (Roldán 2012)

2.17. Relación para la composición de macroinvertebrados bentónicos y las variables fisicoquímicas

Las comunidades biológicas propias de los sistemas acuáticos, suelen estar determinadas por diferentes factores que necesariamente se derivan de acciones naturales sino en las que la acción antrópica puede tener gran injerencia (Torralba & Alonso, 2010), entre otros ha dedicado gran parte de sus estudios a tratar de entender este tipo de relaciones.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El presente estudio se realizó en el curso del río Sendamal, que se encuentra ubicado entre los distritos de Huasmín, Sorochuco y Sucre. Se realizó el trabajo en 9 puntos de muestreo, la ubicación georreferenciada se presenta en la tabla 4.

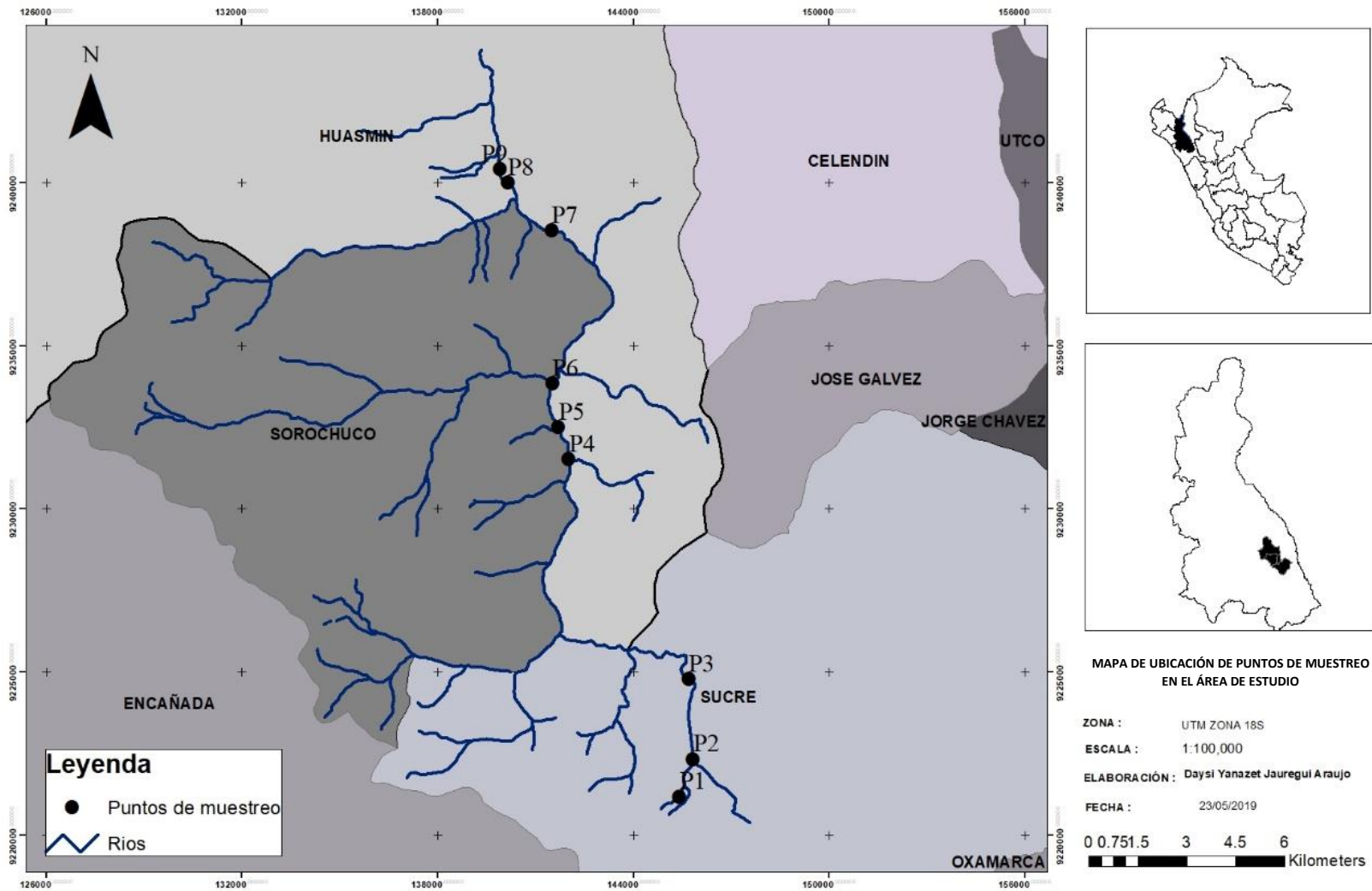


Tabla 4: Ubicación georreferenciada de las estaciones de muestreo en el río Sendamal, Celendín 2018.

PM*	ESTACIÓN DE MUESTREO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA		ALTITUD
		UTM		
		SUR	OESTE	
P1	Sucre	808356,1	9221474,3	3411
P2	Sucre	808787,0	9222605,2	3342
P3	Sucre	808684,4	9225072,4	3258
P4	Sorochocho	805093,9	9231853,2	2551
P5	Sorochocho	804758,8	9232813,4	2459
P6	Sorochocho	804627,2	9234173,3	2388
P7	Huasmín	804841,9	9239364,3	2006
P8	Huasmín	803314,5	9240313,8	1982
P9	Huasmín	803089,8	9240773,1	1941

UTM: Sistema Universal de Medida Transversal

* = PM: Punto de Monitoreo

- **Sucre (P1).** En este lugar se encuentran la primera estación de muestreo, lugar donde se origina el río Sendamal. Esta es una de las fuentes de agua con mayor potencial en la zona, para satisfacer las necesidades de riego y uso doméstico como es en el caso de Cruzconga.
- **Sucre (P2).** En este lugar se encuentra el segundo punto de monitoreo, ubicada en el puente de Cruzconga, en este punto se encuentran algunas construcciones de viviendas de esta zona.
- **Sucre (P3).** En este lugar se encuentra el tercer punto de monitoreo aguas abajo del puente de Cruzconga.
- **Sorochocho (P4).** En este lugar se encuentra el cuarto punto de monitoreo aguas arriba del puente de Sorochocho donde hay algunas viviendas de esta zona.
- **Sorochocho (P5).** Aquí se encuentra el quinto punto de monitoreo ubicado en el puente de Sorochocho, en este punto hay presencia de algunas viviendas de esta zona.
- **Sorochocho (P6).** En este lugar se encuentra el sexto punto de monitoreo aguas abajo del puente de Sorochocho donde hay algunas viviendas de esta zona.

- **Huasmín (P7).** Aquí se encuentran el séptimo punto ubicado aguas arriba del puente de Huasmín.
- **Huasmín (P8).** Aquí se encuentra el quinto punto de monitoreo ubicado en el puente de Huasmín o, en este punto hay presencia de algunas viviendas de esta zona.
- **Huasmín (P9).** En este lugar se encuentra el sexto punto de monitoreo aguas abajo del puente de Sorochuco donde hay algunas viviendas de esta zona.

3.2. Materiales

3.2.1. Material experimental

- Muestras de macroinvertebrados.
- Muestras de agua para análisis fisicoquímico.

3.2.2. Materiales y equipos de laboratorio para análisis fisicoquímico

- Frascos Winkler de 300 mL
- Cooler
- Gel enfriantes
- Acido
- Parafina
- Frascos de 500 ml
- Termómetro

3.2.3. Material y equipo de laboratorio para análisis biológico

- Estereo-microscopios Olympus
- Pinzas entomológicas
- Cajas petry
- Alcohol de 96°
- Lapicero de tinta indeleble
- Libro de “Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos”
- Guía de vigilancia ambiental con macroinvertebrados bentónicos en Cajamarca
- Papel toalla
- Colador

- Recipientes plásticos pequeños

3.2.4. Materiales de campo

- Protección personal (guantes quirúrgicos, botas, mascarilla)
- Red Surber adaptada
- Bolsas ziploc
- Alcohol puro 96°
- Libreta de campo
- Lapicero
- Lápices
- Linterna de mano
- GPS Garmin Oregón 515
- Cámara fotográfica
- Recipientes plásticos y/o de vidrio

3.3. Metodología

Se eligieron 9 puntos de monitoreo en base a la información levantada directamente en campo, considerando las variables altitud, las actividades antrópicas y accesibilidad a la zona.

Se realizaron 2 campañas de muestro en los meses de mayo y agosto de 2018, correspondiente a los periodos de época seca y época húmeda respectivamente, en estos periodos se encontraron una comunidad abundante y diversa de organismos bentónicos, así como las variables fisicoquímicas más definidas que presentó en el lugar de estudio.

3.3.1. Trabajo de campo

a) Muestreo fisicoquímico

La metodología empleada para el desarrollo de trabajo de campo se basó en el protocolo nacional de monitoreo de calidad de cuerpos de agua, (ANA, 2016)

En campo se tomaron datos de temperatura para el cual se utilizó termómetro en canastilla para la toma de datos in situ, además se registraron las características físicas del río en cada uno de los puntos de muestreo.

Cada punto de monitoreo se ubicó geográficamente con ayuda de un GPS portátil.

Para la recolección de las muestras se realizó en base al protocolo de monitoreo seleccionado, en este caso para los parámetros como 3oxígeno disuelto, conductividad, dureza, nitratos y nitritos, como se refiere a continuación. (ANA 2016).

- El procedimiento de colección de muestras fue según el protocolo y las muestras fueron analizadas en el Laboratorio Regional del Agua, laboratorio de ensayo acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL – con registro N° LE-084, dentro de las 6 horas posteriores a la toma de muestras, con la finalidad de reducir al mínimo las posibles variaciones de las características del agua, desde la toma de muestras hasta su análisis, los frascos colectores fueron completamente llenados con la muestra de agua y cerrados herméticamente. Cada muestra fue codificada.

b) Muestreo biológico

La metodología empleada está establecida en los métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú, (MINAM 2014).

Para la colecta de macroinvertebrados, se exploraron cuidadosamente los hábitats posibles en cada lugar de muestreo, esto incluye el sustrato de fondo (piedra, arena, lodo, restos de vegetación), macrofitas acuáticas (flotantes, emergentes y sumergidas) y raíces sumergidas de árboles.

Para obtener resultados comparables, se cubrió un área donde se realizó 3 repeticiones por punto y se realizó el muestreo durante 10 o 15 minutos.

El método de recolección seleccionado es cualitativo para el cual se utilizó la red Surber adaptada de 500 μm de luz de malla.

La red Surber se colocó sobre el fondo y en contra de la corriente y con las manos se remueve el material del fondo, quedando atrapados los organismos en la red. (MINAM 2014).

Esta operación se repitió tres veces en cada estación de muestreo. El material colectado se vació luego en unas bolsas con cierre hermético (ziploc) con alcohol al 90 % para ser separado en el laboratorio.

Las bolsas utilizadas se rotularon, etiquetados con datos de localidad, estación de muestreo, fecha, tipo de sustrato, colector; para posteriormente ser trasladados al laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Cajamarca.

3.3.2. Trabajo de laboratorio

a) Muestro fisicoquímico

Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio Regional del Agua, laboratorio de ensayo acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL – Con registro N°LE-084, dentro de las 6 horas posteriores a la toma de muestras.

b) Muestreo biológico

- Para el análisis de las muestras recolectadas, se inició lavando la muestra y separando el material grueso, luego se separó los macroinvertebrados los cuales fueron colocados a unas cajas Petri observadas con un Estéreo-microscopio, teniendo en cuenta sus características de importancia taxonómica.
- Se procede a identificar los macroinvertebrados bentónicos llegando hasta la categoría de familias, se empelo las claves taxonómicas de (Roldán 2012), Guía de vigilancia ambiental (Flores 2014)
- Se realizó la caracterización por familia de cada muestra la cual se detalla en la tabla, los organismos se colocaron en frascos debidamente rotulados, una vez determinados se procedió a evaluar las muestras de acuerdo a los índices de ABI, BMWP, EPT.

3.3.3. Trabajo en gabinete

Para el procedimiento de los datos se realizaron las siguientes tareas

Clasificación de los datos mediante la codificación y tabulación de los mismos.

a) Caracterización fisicoquímica

Para la caracterización fisicoquímica se llevaron las muestras al laboratorio certificado Regional de Cajamarca. Se compararon los resultados fisicoquímicos

con los estándares de Calidad Ambiental para el agua en nuestro país establecidos en el DS. N°004-2017-MINAM, en la categoría 3: “Riego de vegetales y bebida de animales”, artículo 3 numeral 3.3, para los cuerpos de agua que no se hayan asignado categoría de acuerdo a su calidad, se consideraron la categoría del río al que tributan debido a que el río Sendamal- Celendín no se encuentra registrado en la lista de clasificación de aguas de cuerpo superficial (Ríos) de la Resolución Jefatural N°056-2018 ANA. Los resultados están registrados en las Tablas 16 y 17.

b) Caracterización biológica

En el trabajo en gabinete se desarrolló seleccionando las tablas de valoración de especies para los índices bióticos, utilizando el protocolo (CERA 2011), (Roldán 2012), ver (Tablas 18 y 19), para cada uno de los índices Ephemeroptera, Plecóptero y Trichoptera (EPT), el Índice Biótico Andino (ABI), índice BMWP, obteniendo los promedios de los resultados de cada uno de los índices bióticos por punto y época de muestreo, finalmente para una determinación general de los índices bióticos utilizados se diseñaron tablas.

c) Relación parámetros fisicoquímicos y biológicos

Para obtener la relación entre macroinvertebrados y los parámetros fisicoquímicos se utilizó el programa IBM SPSS donde se realizó regresión lineal, en la cual se relacionaron las variables en dos componentes que comprendieron en la variable independiente que fueron los parámetros fisicoquímicos (oxígeno disuelto, pH, temperatura, dureza, conductividad, nitratos); la variable dependiente los índices EPT, BMWP, ABI.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultado del muestreo fisicoquímico

4.1.1. Parámetros fisicoquímicos

Tabla 5. Resultados de muestreo fisicoquímicos en la época húmeda del río Sendamal -Celendín 2018.

PARÁMETROS		ÉPOCA HÚMEDA								
FISICOQUÍMICOS	UNIDADES	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	8.53	8.70	8.78	8.51	8.55	8.57	8.5	8.6	8.5
Temperatura	Grados Celsius	10	11	11	11	11	12	13	13	13
Conductividad Eléctrica	μS/cm	374.0	367.0	352.0	302.0	306.5	300.5	328.5	331.0	329.0
Oxígeno disuelto	mg L-2	7.2	8.8	9.1	6.5	6.5	6.6	7.9	7.8	6.6
Nitritos	mg /L	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Nitratos	mg /L	1.255	1.268	1.023	0.888	0.911	0.854	0.978	0.887	0.815
Dureza	mg /L	196.8	192.4	187.8	139.4	127.5	122.7	142	150.9	142.3

Tabla 6. Resultados del muestreo fisicoquímico en la época seca del río Sendamal - Celendín 2018-

PARÁMETROS		ÉPOCA SECA								
FISICOQUÍMICOS	UNIDADES	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	8.45	8.43	8.38	8.49	8.56	8.60	8.39	8.37	8.42
Temperatura	Grados °C	13	13	12	13	13	13	16	17	17
Conductividad Eléctrica	μS/cm	404.5	361.50	291.3	305.5	305.0	306.0	318.6	319.75	318.4
Oxígeno disuelto	mg L-2	8.45	8.43	8.38	7.13	7.30	7.49	7.85	7.09	7.9
Nitritos	mg /L									
Nitratos	mg /L	0.275	0.206	0.097	0.293	0.221	0.316	0.414	0.444	0.499
Dureza	mg /L	287.1	259.40	198.8	147.1	145.5	145.1	159.3	156.6	154.8

Las variables fisicoquímicas a los que los macroinvertebrados suelen ser más sensibles son pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, temperatura, por esta

razón, la conductividad y el pH son dos de las medidas que más aportan acerca de la estructura y funcionamiento del ecosistema acuático. (Roldán 2003)

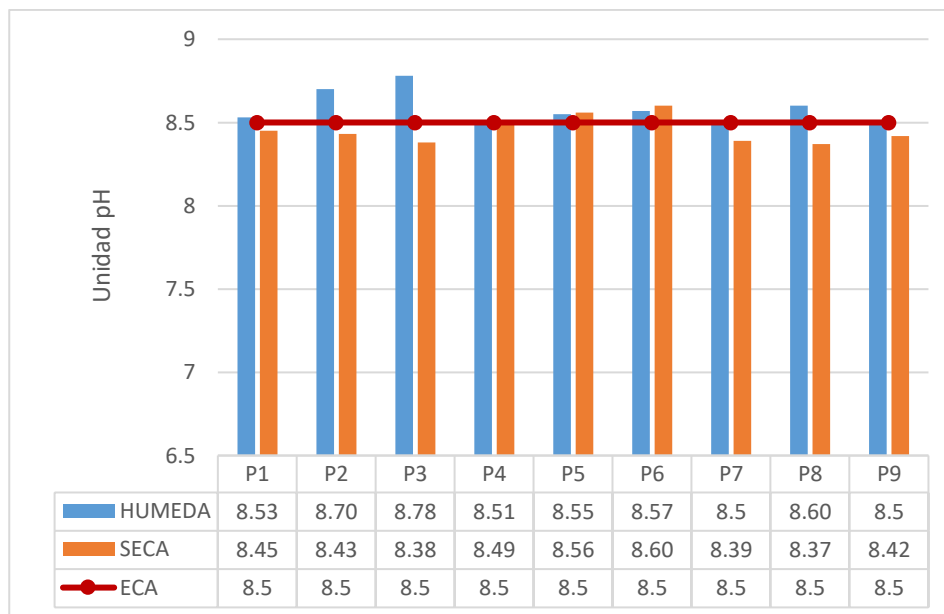


Figura 1: Valores de pH del río Sendamal-Celendín

En los cuerpos de agua superficiales el pH debe encontrarse en el intervalo de 6.5 a 8.5 unidades de pH según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Categoría 3. Los valores medidos oscilaron entre 8,38 – 8,78 unidades de pH la figura muestra estos resultados, teniendo como característica predominante del agua del río Sendamal en nueve estaciones de monitoreo y dos temporadas. Los valores obtenidos en P1, P2, P3 – Sucre; P4, P5, P6- Sorochuco P8-Huasmín en la época húmeda; P5, P6 – Sorochuco época seca; excedieron los límites establecidos en la norma nacional.

Según (Henry y Heinke 1999), Los contaminantes en el agua pueden causar un alto crecimiento de algas y crecimiento de plantas, como resultado del exceso de nutrientes, haciendo que los niveles de pH aumenten.

Los valores típicos de pH en las aguas residuales se encuentran en un rango comprendido entre 7,0 y 8,0 unidades.

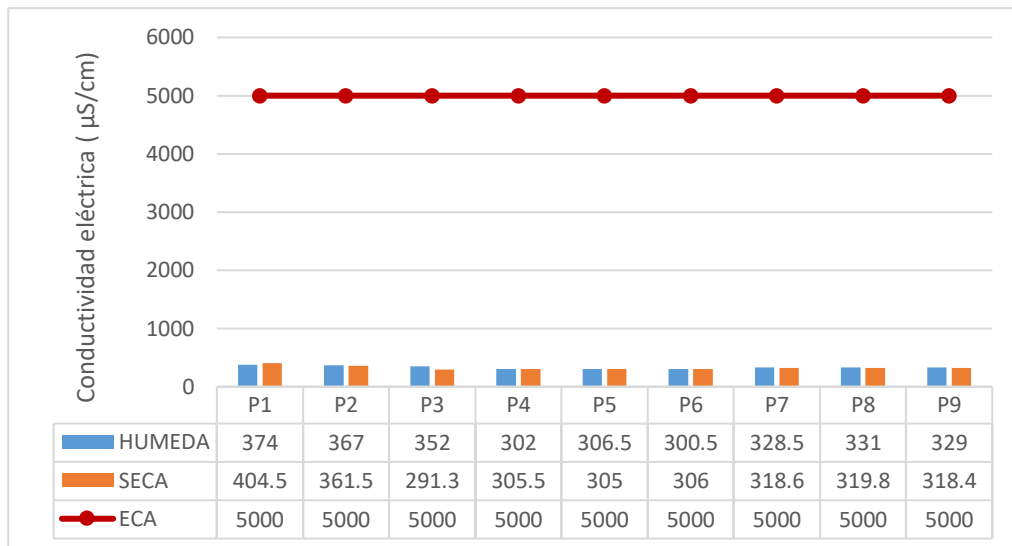


Figura 2: Valores de Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) del río Sendamal- Celendín

Los valores medidos de conductividad eléctrica oscilaron entre 300.5 – 404.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la figura muestra dichos valores obtenidos en las nueve estaciones de monitoreo en las dos temporadas, se cumplió con los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental categoría 3 para este parámetro. El río Sendamal está sujetos a actividades antrópicas desarrolladas

Los valores más altos se obtuvieron en el P1- Sucre de la época húmeda y seca con valores de 374 – 404.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente. Los valores de conductividad están relacionados con la salinidad del agua (Roldán 2012), los terrenos que atraviesa y la posibilidad de disolución de rocas y materiales, del tipo de sales presentes, del tiempo de disolución, pH, temperatura y en general todas las actividades que puedan afectar la solubilidad

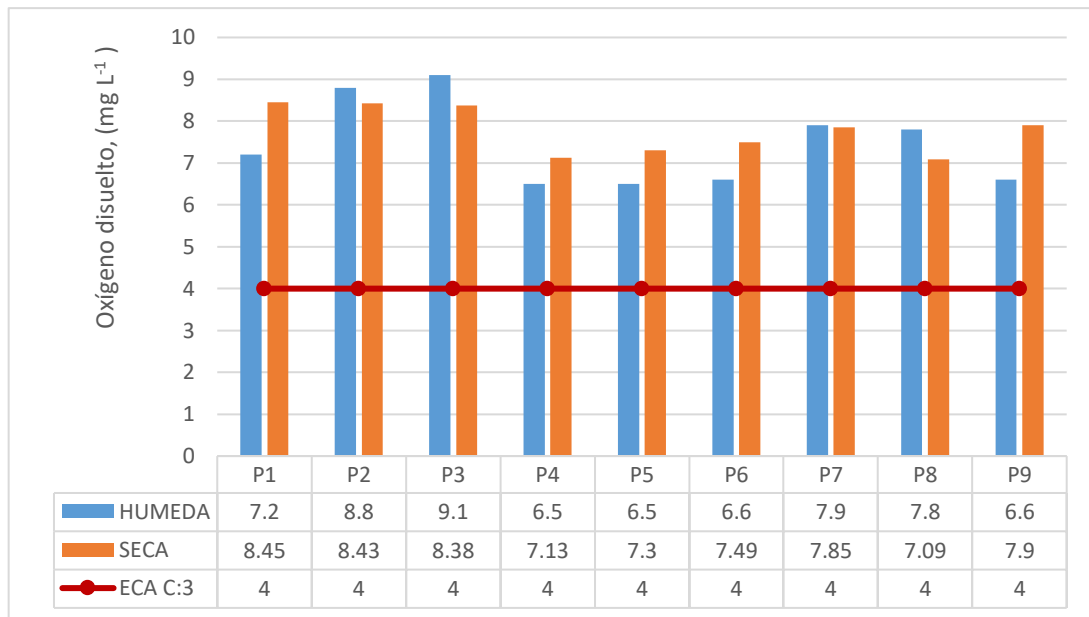


Figura 3: Valores Oxígeno Disuelto (mg/L) del río Sendemal - Celendín

Los valores medidos de oxígeno disuelto oscilaron entre 6.5 – 9.1 mg/L, la Figura muestra estas mediciones siendo la mayor en P3- Sucre de la época húmeda.

En la época húmeda se registraron promedios de 6.6 y 9.1 mg/L de oxígeno disuelto, en esta época tiende a aumentar debido a la turbulencia por el incremento del caudal y por ende los gases se disuelven mejor. Y en época seca se registraron promedios de 7.09 y 8.45 disminuyendo las concentraciones debido a que los microorganismos tienen una demanda mayor de oxígeno la misma que supera la disolución del gas.

La normativa nacional establecida en los Estándares de Calidad Ambiental, Categoría 3 ha señalado que el oxígeno disuelto tiene un valor mínimo de 4 mg/L, los puntos de monitoreo cumplen con los límites establecidos por la norma debido a que presentan valores superiores. El oxígeno disuelto es esencial para los riachuelos y lagos saludables. El nivel de oxígeno puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal (Peña 2007)

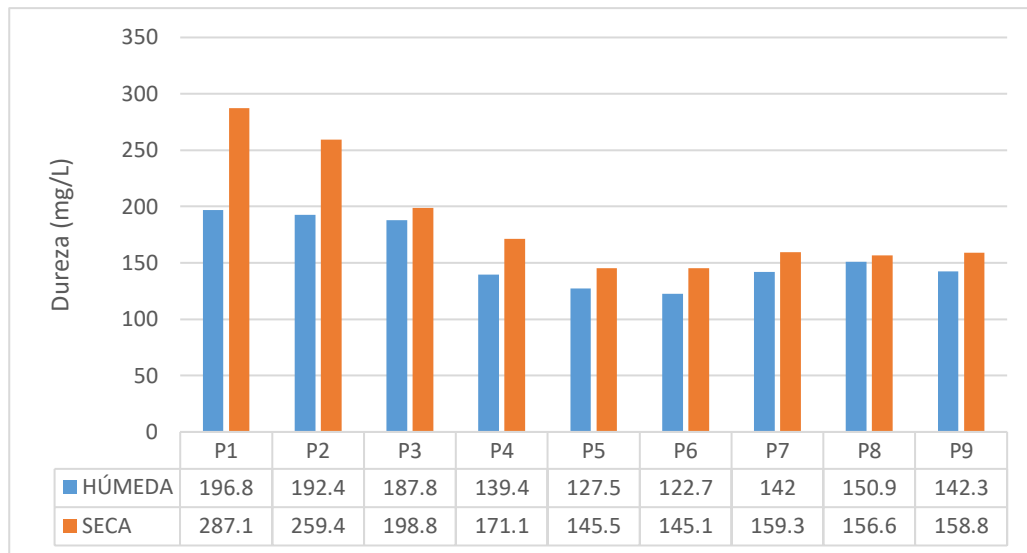


Figura 4: Valores de Dureza (mg/ L) del río Sendamal – Celendín

Los valores medidos en Dureza oscilaron entre 122.7 y 287.1 mg/ L, la figura muestra estas mediciones siendo la mayor en P1- Sucre época seca registrando promedios de 287.1 mg/ L.

En la época húmeda se registraron promedios de 187.8 y 122.7 mg/L de dureza, en esta época se presenta valores más bajos debido a que el agua de lluvia es blanda ya que contiene una baja concentración de carbonato de calcio y otros iones. Y en época seca se registraron promedios de 287.1 y 145.1 aumentando las concentraciones.

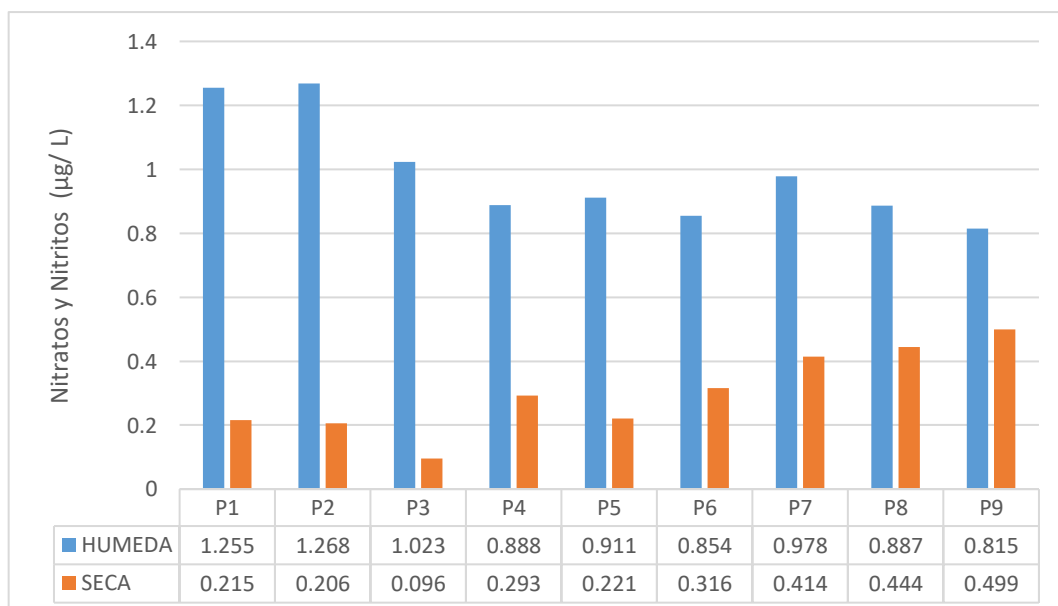


Figura 5: Valores Nitritos y Nitratos (mg/L) del río Sendamal - Celendín

Los valores medidos en nitritos y nitratos oscilaron entre 0.096 y 1.268 mg/ L, la figura muestra estas mediciones siendo la mayor en P2- Sucre Húmeda registrando promedios de 1.268 mg/ L.

En la época húmeda se registraron promedios de 1.268 y 0.815 mg/L de nitritos y nitratos, Según (Severiche 2013). en esta época se presenta valores más altos debido a que con la llegada de las lluvias se incrementan los nutrientes tales como las formas del nitrógeno y del fósforo; en época seca se registraron promedios de 0.449 y 0.096 disminuyendo las concentraciones.

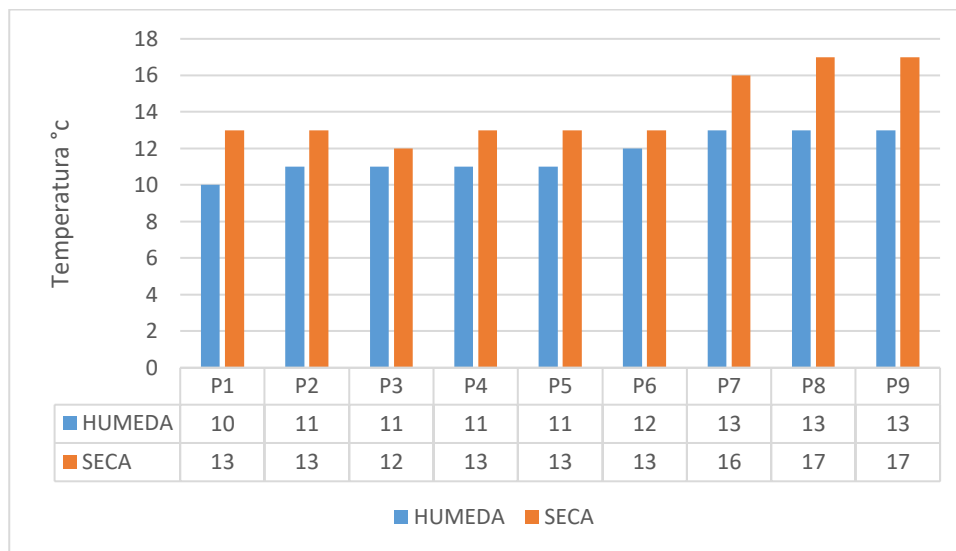


Figura 6: Valores por punto y época de temperatura (°C) del río Sendamal – Celendín.

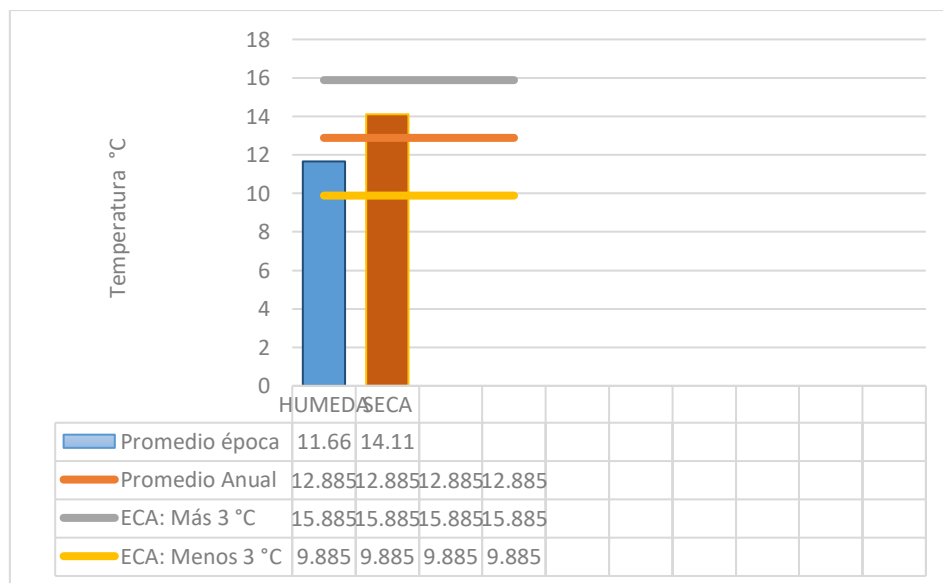


Figura 7: Valores por promedio de época y anual de temperatura (°C) del río Sendamal Celendín

Con el presente estudio, es importante considerar que la temperatura es un factor determinante en muchos sentidos, porque es el principal factor a tomar en cuenta al realizar las mediciones in situ al tomar la muestra, puesto que puede determinar la presencia de oxígeno en los cuerpos de agua. La medición termométrica se realizó en las nueve estaciones de monitoreo del río Sendamal. Los resultados oscilaron entre 10– 17 °C. En la Figura se muestran los resultados de los promedios mensuales obtenidos siendo el más alto en la época seca y el mínimo en la época húmeda.

En este caso existieron variaciones debido a cambios estacionales que se encuentran bien marcados al existir una variación de casi 7 grados centígrados comparando la época de seca que presenta el valor máximo de temperatura y la época húmeda registrando el menor valor.

Los valores de temperatura están establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental, Categoría 3 definido como la variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada, en nuestro caso al comparar dicha variación se obtuvieron datos que se encontraron incluidos en los límites establecidos en la norma nacional.

La solubilidad del oxígeno en el agua está afectada por la temperatura, así a mayor temperatura menor solubilidad y viceversa, un cuerpo de agua puede aumentar la solubilidad cerca de un 40% al bajar la temperatura de 25 a 0°C, esto se debe a que en el agua fría las moléculas se unen más reteniendo por lo tanto mayor cantidad de oxígeno (Roldán 2012).

4.2. Resultado de muestro biológico

Se colectaron 6 clases, 13 órdenes, 34 familias, el mayor número de órdenes encontradas (8) pertenecen a la clase insecta. El mayor número de familias encontradas (9) pertenecen a la clase insecta orden díptera. Mientras que 9 órdenes representados por el menor número de familias son Amphipoda, Basommatophora, Haplotaxida, Trombidiformes, Hemiptera, Plecoptera, Collembola, Megaloptera, Venroidea, con apenas una familia.

Tabla 7: Macroinvertebrados Bentónicos en el río Sendamal - Celendín 2018

Macroinvertebrados bentónicos		
Clase	Orden	Familia
Malacostraca	Amphipoda	Hyaellidae
Gatropoda	Basommatophora	Physidae
Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae
Aracnida	Trombidiformes	Hidracaridae
		Diptera
		Simuliidae
		Chironomidae
		Tipulidae
		Blepharoceridae
		Tabanidae
		Pyralidae
		Ceratopogonidae
		Empididae
		Psychodidae
		Coleoptera
		Psephenidae
		Elmidae
		Staphylinidae
		Scirtidae
		Gyrinidae
		Dytiscidae
		Hydrophilidae
		Hemiptera
		Naucoridae
		Plecoptera
		Perlidae
		Ephemeroptera
		Leptohyphidae
		Caenidae
		Baetidae
	Leptophlebiidae	
	Trichoptera	
	Hydropsychidae	
	Hydrobiosidae	
	Calamoceratidae	
	Xiphocentronidae	
	Limnephilidae	
	collembola	
	Isosomatidae	
	Megaloptera	
	Corydalidae	
Bivalvia	Venroidea	Sphaeriidae

Tabla 8: Porcentaje de Macroinvertebrados Bentónicos encontrados en las nueve estaciones de muestreo, durante las dos estaciones realizadas en Sendamal - Celendín 2018

Ordenes	Porcentajes, %
Malacostraca	7
Gatropoda	8
Oligochaeta	8
Arácnida	8
Insecta	61
Bivalvia	8

El 61% de los órdenes encontrados en los puntos de monitoreo son de la clase insecta, mientras que el 7 % de órdenes encontrados son de la clase Malacostraca.

4.3. Índices bióticos

Los índices bióticos son aplicados para calificar la calidad del agua en función a los macroinvertebrados bentónicos, a continuación se describen las valoraciones obtenidas por cada índice en promedio o por punto de monitoreo o época.

4.3.1. Índice Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera (EPT)

Tabla 9: Promedios por puntos de monitoreo para el índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT)

EPT	ÉPOCA		Promedio PM
	SECA	HÚMEDA	
Punto de monitoreo			
P1	4	5	4.50
P2	1	3	2.00
P3	1	4	2.50
P4	2	5	3.50
P5	5	4	4.50
P6	3	7	5.00
P7	3	4	3.50
P8	3	4	3.50
P9	3	3	3.00

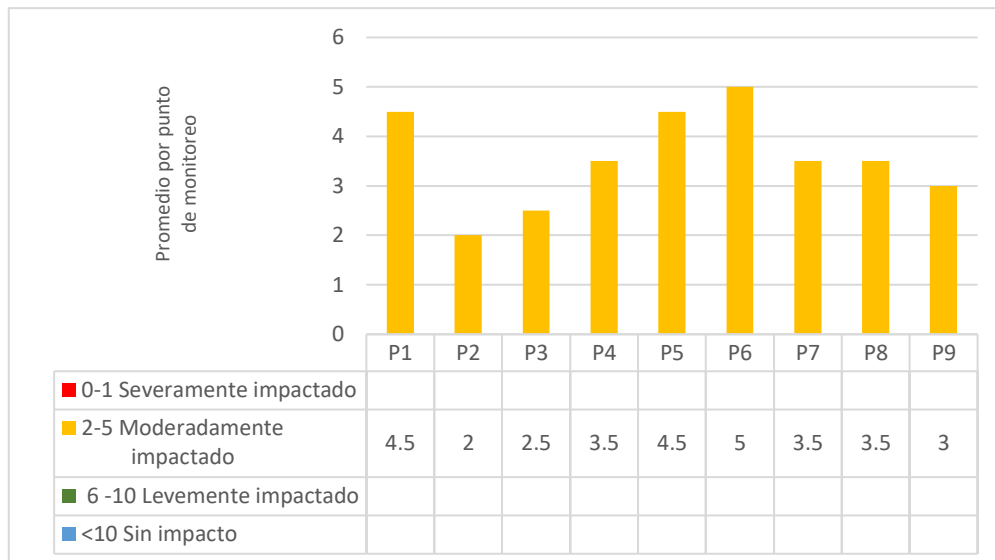


Figura 8: Resultados de los promedios por punto de monitoreo para el índice Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera (EPT).

Según el índice EPT, se presentaron valores entre 2 a 5 todas dentro del rango de moderadamente impactado, el punto de monitoreo que presentó mejor calidad de agua es P5, P6- Sorochuco y P1 –Sucre con valores de 5 y 4.5, como se observa la presencia de macroinvertebrados disminuye considerablemente del punto P1- Sucre al P2- Sucre, ya que entre estos puntos se encuentra la población de Cruz Conga, la cual presenta contaminación antropogénica.

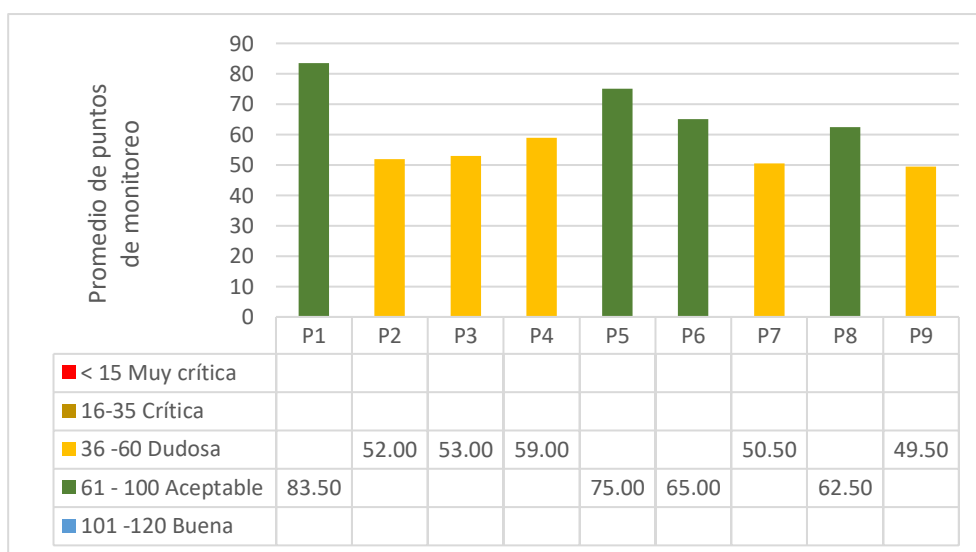
El índice EPT brinda resultados más precisos, porque mide la presencia o ausencia de familias catalogadas como sensibles a la contaminación del agua (Roldán 2003), la determinación de la calidad del agua está en relación a la proporción y abundancia en que estos grupos se encuentren representados en la comunidad. Dentro de estos órdenes existen especies que en su mayoría se encuentran en ríos con ciertas condiciones y tienden a disminuir conforme aumenta el grado de contaminación (Carrera y Fierro 2001).

4.3.2. Índice BMWP.

Tabla 10: Promedios por puntos de monitoreo para el índice BMWP.

BMWP	ÉPOCA		Promedio PM
	HUMEDA	SECA	
Punto de monitoreo			
P1	82	85	83.50
P2	51	53	52.00
P3	44	62	53.00
P4	45	74	59.50
P5	76	74	75.00
P6	34	96	65.00
P7	41	60	50.50
P8	46	79	62.50
P9	46	53	49.50

Figura 9: Resultados de los promedios por punto de monitoreo para el índice BMWP.



Los valores que se obtuvieron en promedio según el índice BMWP, se encontraron en un rango de 49.5 – 83.5, la condición del agua para P1-Sucre son de aceptable calidad debido a que se registró un valor de 83.5 y en P9- Huasmín presenta una condición dudosa registrando un valor de 49.5, según la clasificación de las aguas de y significado ecológico según Roldán (2012) ver (Tabla 2), No obstante, aunque con el BMWP es posible obtener puntuaciones para comparar situaciones de calidad, este índice no permite emitir juicios sobre la situación de la calidad (Alba-Tercedor 1996).

Según los resultados obtenidos del BMWP-Col (Figura 21) que indicó el grado de sensibilidad a la contaminación, los puntos de monitoreo con mayor grado de contaminación fueron los números P2, P3-Sucre P4-Sorocho y P7, P9- Huasmín, lo anterior se debe a la descarga de las aguas residuales, ya que llegan directamente al río Sendamal, sin tratamiento previo. Las descargas a los sistemas, son una de las principales amenazas para la calidad de las aguas y la fauna acuática (Oscos et al. 2006), por lo que la abundancia de los macroinvertebrados acuáticos disminuye y afecta el valor del BMWP/Col.

Según el índice BMWP/ col, los valores que se obtuvieron de la calificación por época como se muestra en la tabla 8, fueron 51.67 – 70.67; la condición del agua en la época seca se califica como de aceptable calidad en el río Sendamal por su valor de 70.67 La época húmeda califica como dudosa calidad porque se registró un valor de 51.67, según la clasificación establecida por Roldán (2012).

4.3.3. Índice ABI

Tabla 11: Promedios por puntos de monitoreo y por época para el índice ABI.

ABI	ÉPOCA		Promedio PM
	Punto de monitoreo	HUMEDA	
P1	64	70	67.00
P2	35	40	37.50
P3	37	49	43.00
P4	41	72	56.50
P5	70	64	67.00
P6	37	76	56.50
P7	36	42	39.00
P8	35	62	48.50
P9	35	42	38.50

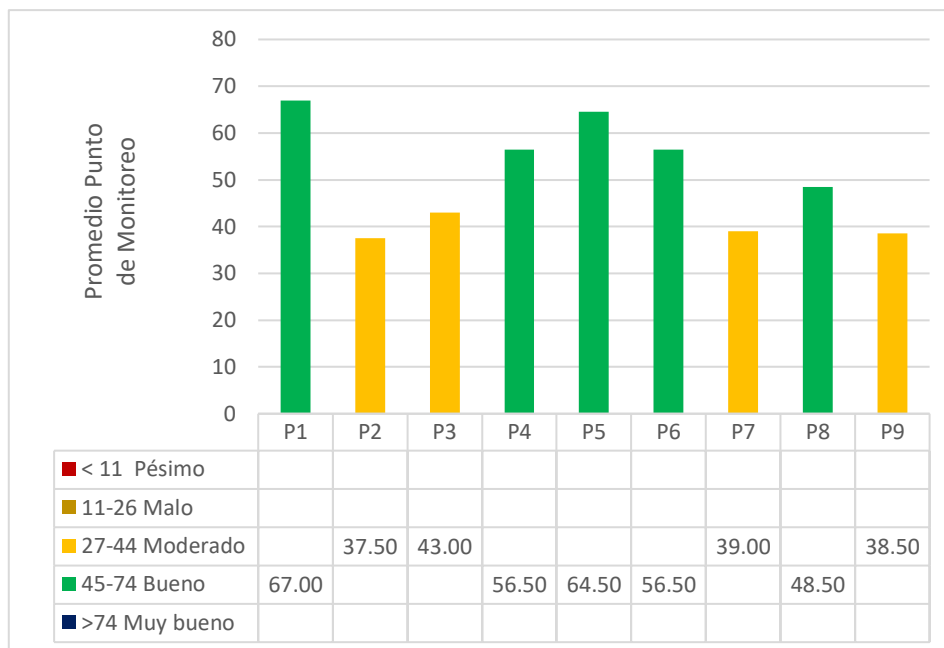


Figura 10: Resultados de los promedios por punto de monitoreo para el índice ABI.

Según el índice ABI se registró un valor de 67,00;56,50; 64,50; 56.50;48.50 para el sector P1-Sucre; P4, P5, P6 –Sorochuco y P8- Huasmín respectivamente que califica la calidad del agua como buena, mientras que los puntos de monitoreo P2, P3-Sucre y P7,P9-Huasmín, calificó el agua como calidad moderada que registraron valores de 37,5;43,00;39,00;38.50 respectivamente así lo determina los rangos establecidos en la Guía de Vigilancia Ambiental por Flores (2014) Este índice sirvió para evaluar la calidad del agua y su integridad ecológica de ecosistemas acuáticos andinos (Rios – Touma et al. Acosta et al. 2009).

4.4.Relación para la composición de macroinvertebrados bentónicos y las variables fisicoquímicas.

Se realizó un análisis de componentes principales, buscando establecer si los valores reportados por los parámetros fisicoquímicos medidos en los cuerpos de agua del Rio Sendamal.

Se realizó una regresión lineal, donde se relacionaron las variables en dos componentes que comprendieron las variables independientes, Oxígeno Disuelto, pH, Temperatura, Dureza, Conductividad, Nitratos; la variable dependiente los índices EPT, BMWP, ABI. Por lo que en ambos componentes se logró identificar

una relación directa que nos indica, a mayor concentración de contaminantes, el valor de los índices EPT BMWP, ABI, será menor.

Tabla 12: Variables independientes e dependientes.

	Variables dependientes						Variable independiente			
	pH	Conductividad	Dureza	Oxígeno disuelto	Nitratos	Temperatura	EPT	BMWP	ABI	
ÉPOCA HÚMEDA	P1	8,53	374,00	196,80	7,20	1,26	10,00	5,00	82,00	64,00
	P2	8,70	367,00	192,40	8,80	1,27	10,00	3,00	51,00	35,00
	P3	8,78	352,00	187,80	9,10	1,02	11,00	4,00	45,00	33,00
	P4	8,51	302,00	139,40	6,50	0,89	11,00	5,00	45,00	41,00
	P5	8,55	306,50	127,50	6,50	0,91	11,00	4,00	76,00	65,00
	P6	8,57	300,50	122,70	6,60	0,85	12,00	7,00	34,00	37,00
	P7	8,50	328,50	142,00	7,90	0,98	13,00	4,00	41,00	36,00
	P8	8,60	331,00	150,90	7,80	0,89	13,00	4,00	46,00	30,00
	P9	8,50	329,00	142,30	6,60	0,82	13,00	3,00	46,00	30,00
ÉPOCA SECA	P1	8.45	404.5	287.1	8.45	0.275	13.00	4,00	85.00	70.00
	P2	8.43	361.5	259.4	8.43	0.206	13.00	1,00	53.00	40.00
	P3	8.38	291.3	198.8	8.38	0.097	12.00	1,00	62.00	49.00
	P4	8.49	305.5	147.1	7.13	0.293	13.00	2,00	74.00	72.00
	P5	8.56	305.0	145.5	7.3	0.221	13.00	5,00	74.00	64.00
	P6	8.6	306.0	145.1	7.49	0.316	13.00	3,00	96.00	76.00
	P7	8.39	318.6	159.3	7.85	0.414	16.00	3,00	60.00	42.00
	P8	8.37	319.75	156.6	7.09	0.444	17.00	3,00	79.00	62.00
	P9	8.42	328.4	154.8	7.9	0.499	17.00	3,00	53.00	42.00

Tabla 13: Descripción de variables en estudio para componentes fisicoquímicos con el índice EPT (Elaboración en IBM SPSS).

Variables entradas/eliminadas ^a			
Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Nitratos, pH, Temperatura, Dureza, Oxígeno Disuelto, Conductividad		Entrar

a. Variable dependiente: Valor índice EPT
b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Tabla 14: Regresión lineal para variables en estudio de componentes fisicoquímicos (Elaboración en IBM SPSS).

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,836 ^a	,699	-,204	1,42811

a. Predictores: (Constante), Nitratos, pH, Temperatura, Dureza, Oxígeno Disuelto, Conductividad

Tabla 15: Descripción de variables en estudio para componentes fisicoquímicos con el índice BMWP (Elaboración en IBM SPSS).

Variables entradas/eliminadas^a			
Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Nitratos, pH, Temperatura, Dureza, Oxígeno Disuelto, Conductividad		Entrada

a. Variable dependiente: Valor índice BMWP
b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Tabla 16: Regresión lineal para variables en estudio de componentes fisicoquímicos (Elaboración en IBM SPSS).

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,864 ^a	,747	-,013	1,62778

a. Predictores: (Constante), Nitratos, pH, Temperatura, Dureza, Oxígeno Disuelto, Conductividad

Tabla 17: Descripción de variables en estudio para componentes fisicoquímicos con el índice ABI.

Variables entradas/eliminadas^a			
Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Nitratos, pH, Temperatura, Dureza, Oxígeno Disuelto, Conductividad		. Entrada

a. Variable dependiente: Valor índice ABI
b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Tabla 18: Regresión lineal para variables en estudio de componentes fisicoquímicos (Elaboración en IBM SPSS).

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,854 ^a	,729	-,085	1,42025

a. Predictores: (Constante), Nitratos, pH, Temperatura, Dureza, Oxígeno Disuelto, Conductividad

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Para el parámetro pH, se determinó que en la época húmeda en los puntos de monitoreo de valores obtenidos en P1, P2, P3 – Sucre; P4, P5, P6- Sorochuco P8-Huasmín en la época húmeda; P5, P6 – Sorochuco época seca; excedieron los límites establecidos en la norma nacional, en el caso de Nitratos y Nitritos, para Nitritos no cumplió con la concentración de analito este es menor al límite de cuantificación del método del laboratorio establecido ($>LCM$), en el caso de los Nitratos si cumplió con los estándares de calidad ambiental, en el caso de dureza no hay un Estándar de Calidad Ambiental para Agua en la Categoría 3, establecidos en el decreto supremo N°-004-2017-MINAM.
- Se colectaron 6 clases, 13 órdenes, 34 familias, el mayor número de órdenes encontradas (8) pertenecen a la clase insecta. El mayor número de familias encontradas (9) pertenecen a la clase insecta orden díptera. Mientras que 9 órdenes representados por el menor número de familias son Amphipoda, Basommatophora, Haplotaxida, Trombidiformes, Hemiptera, Plecoptera, collembola, Megaloptera, Venroidea, con apenas una familia.
- Según los índices bióticos y su asignación de valores de ponderación desarrollados por punto de muestreo con el índice EPT, nos muestran que se califica al río Sendamal con una calidad de agua moderadamente impactada; según el índice BMWP/ col, la condición del agua en los puntos P1,P5,P6,P8 se califica como de aceptable calidad y los puntos P2,P3,P4,P7,P9 califica como dudosa calidad en el río Sendamal; Según los resultados del índice ABI, en sus puntos P1,P4,P5,P6,P8 presento una buena calidad de agua, mientras que los puntos P2,P3,P7,P9 presento una clasificación de calidad moderada.

5.2.Recomendaciones.

- Se debe realizar estudios de macroinvertebrados bentónicos y la aplicación de los índices de biodiversidad y bióticos en las demás cuencas de la región Cajamarca para enriquecer el listado de familias y géneros de la región.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, R. 2009. Bioindicadores del agua en la cuenca del río Tolantongo, Hidalgo. Tesis para obtener título de ingeniero en recursos naturales renovables. Universidad autónoma de Chapingo. México. 182p.
- Auge, M. 2007. Agua fuente de vida. La plata. Argentina.
- Alarcón, N y Peláez F.2012. Calidad del agua del río Sendamal (Celendín, Cajamarca, Perú): determinación mediante uso de diatomeas. Departamento de ciencias biológicas. Trujillo. Perú.
- Alba-Tercedor J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. Memorias IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almeria no. 2: 203-213.
- Alba-Tercedor J., y Sanchez-Ortega A.1988. Un metodo rapido y simple paevaluar la calidad biologica de las aguas corrientes basado en el de Hellawe(1978). Limnetica no. 4: 51-56.
- Alva, J., Pardo, I., Part, N., Pujante, A.2005. Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua. Protocolo de muestro y análisis para invertebrados bentónicos. EBRO.49p.
- Alonso A. y Camarago J.A. 2005. Evaluating the effectiveness of five mineral artificial substrates for the sampling of benthic macroinvertebrates. Journal of Freshwater Ecology no. 20: 311-320.
- Autoridad Nacional del Agua. “Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en cuerpos Naturales de Agua Superficial”. Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos del Ministerio de Agricultura. Lima 2016.
- Arce, O. 2006.. Indicadores biológicos de la calidad del agua. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de ciencias y Tecnología, Programa de maestría en Ingeniería Ambiental, Cochabamba, Bolivia. 21p.
- Armitage, P.D.; Mass, D. and Forse, M.T. 1983. The performance of a new biological water quality score systems based on macroinvertebrates over a wide range of unpollutes running-waters sites. Water Research 17:333-347.
- Aznar, A. 2000. Determinación de los parámetros físico químicos de la calidad de las aguas. Instituto tecnológico de química y materiales “Alvarado Alonso barba”. Madrid. España. 12p.

- Baddii, Z.M.; Garza, C.R.; Garza, A.V. y Landero, F.J. 2005. Los indicadores biológicos en la evaluación de la contaminación por agroquímicos en ecosistemas acuáticos asociados. *Cultura Científica y Tecnológica* 2(6): 4-20
- Carrera, C. y Fierro, K. 2001. Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. *EcoCiencia*. Quito. 57p.
- Cruz, R. 2014.. “Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad de las aguas del río Santa”, Proyecto. Facultad de Ciencias del Ambiente. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 8 pg.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).1992. Manual de campo para las ordenaciones de Cuencas Hidrográficas.
- Flores, D. 2014. Guía de vigilancia ambiental: con macroinvertebrados bentónicos. IFS, ACSUR, GRUFIDES. Cajamarca, Perú. 59p.
- Gil, J. 2014. Determinación de la calidad del agua mediante variables fisicoquímicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en la cuenca del río Garagoa. Trabajo de investigación para optar título de magíster en desarrollo sostenible y medio ambiente. Universidad de Manizales. Colombia. 84p.
- Henry, J.; Heinke, G. 1999. *Ingeniería Ambiental*. México, Prentice Hall. 283-284p.
- Instituto Mi Río. 2001.- Universidad de Antioquia. Segunda evaluación biológica del río Medellín. Colección Estado Social Ecológico y Ambiental del río Medellín. Tomo II. 109 p.
- IPROGA (Instituto de Promoción para la Gestión del Agua).1996. Metodología para la elaboración en planes maestros de cuenca. Lima. Perú. 17p.
- Klemm, D. J., Lewis P. A., Fulk F. y La-Zorchak J. M. 1990. Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. EPA/600/490/030. U S. Environmental Protection Agency. Environmental Monitoring Systems Laborato y, Cincinnati, Ohio 45268.
- Ladera, R. 2012. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológicos de los ríos. España. 39p.
- Magurran, A. 2004. *Measuring biological diversity* Blackwell Publishing, India.256 pp.

- MINAM (Ministerio del Ambiente).2014. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en ahuas continentales de Perú. Lima. Perú.
- MINAM (Ministerio del Ambiente).2016. Guía del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Lima. Perú.
- Monroy, R. 2011.Aguas con el agua
- Muñoz, C. 2016. Caracterización fisicoquímica y biológica de las aguas del río grande Celendín- Cajamarca. Tesis para optar título profesional de ingeniero ambiental. Universidad nacional de Cajamarca. Perú. 109p.
- Ríos-Touma, B., R. Acosta, & N. Prat, 2009. Distribution of macroinvertebrate communities in the high Andes and their tolerance to pollution. A review and proposal of a biotic index for high Andean streams (Andean Biotic Index, ABI).
- Roldán, G. 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Medellín. Colombia. 226p.
- Roldán, G. 1012. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. Bogotá. Colombia.148p.
- Roldán, G. 2003. Bioindicación de la calidad de agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col. Colombia. Editorial Universidad de Antioquia. 164 p.
- Rueda, J., López, C. 2003. Valoración de la calidad biológica de los ríos. Claves de identificación para la enseñanza secundaria. Universidad de Valencia. España. 123p.
- OMS Organización Mundial de la Salud.2018. Obtenido de <https://www.who.int/topics/water/es/>
- Springer, M. 2010. Biomonitorio acuático. Escuela de biología & centro de investigación en ciencias del mas y limnología. Costa Rica. 10p.
- Palacios, V.2000. Los colémbolos en el ecosistema mexicano. Conmabio. México 30p.
- Springer, M. 2010. Biomonitorio acuático. Biología tropical 48(5): 53-59.
- Springer, M. 2006. Clave taxonómica para larvas del orden Trichoptera (Insecta) de Costa Rica: Rev. Biol. Trop. no. 54 (1): 273-286.
- Universidad Nacional Agraria. 2002. Manejo de Cuencas Hidrográficas y Protección de fuentes de Agua. Estelí. UNA.

- Villamarín, C. 2008. “Estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos altoandinos del Ecuador y Perú. Diseño de un sistema de medida de la calidad del agua con índices multimétricos” Tesis. Programa de Doctorado Ecología Fundamental y Aplicada. Universidad de Barcelona, 204 p.

APÉNDICE

Tabla 19: Puntuaciones del Índice Biótico Andino (ABI) (Ríos 2019) para las familias de macroinvertebrados bentónicos.

ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN
Turbellaria		5
Hidrudinea		5
Oligochaeta		1
Gasteropoda	Ancylidae	6
	Physidae	3
	Hydrobiidae	3
	Lymnaeidae	3
	Planorbidae	3
Bivalvia	Sphaeriidae	3
Amphipoda	Hyalellidae	6
Ostracoda		3
Hydracarina		4
Ephemeroptera	Baetidae	4
	Leptophlebiidae	10
	Leptohyphidae	7
	Oligoneuridae	10
Odonata	Aeshnidae	6
	Gomphidae	8
	Libellulidae	6
	Coenagrionidae	6
	Calopterygidae	8
	Polythoridae	10
Plecoptera	Perlidae	10
	Gripopterygidae	10
Heteroptera	Veliidae	5
	Gerridae	5
	Corixidae	5
	Notonectidae	5
	Belostomatidae	4

	Naucoridae	5
	Helicopsychidae	10
	Calamoceratidae	10
	Odontoceridae	10
	Leptoceridae	8
	Polycentropodidae	8
	Hydroptilidae	6
Trichoptera	Xiphocentronidae	8
	Hydrobiosidae	8
	Glossosomatidae	7
	Hydropsychidae	5
	Anomalopsychidae	10
	Philopotamidae	8
	Limnephilidae	7
Lepidoptera	Pyralidae	4
	Ptilodactylidae	5
	Lampyridae	5
	Psephenidae	5
	Scirtidae	
	(Helodidae)	5
	Staphylinidae	3
Coleoptera	Elmidae	5
	Dryopidae	5
	Gyrinidae	3
	Dytiscidae	3
	Hydrophilidae	3
	Hydraenidae	5
	Blepharoceridae	10
	Simuliidae	5
	Tabanidae	4
Diptera	Tipulidae	5
	Limoniidae	4
	Ceratopogonidae	4

	Dixidae	4
	Psychodidae	3
	Dolichopodidae	4
	Stratiomyidae	4
	Empididae	4
	Chironomidae	2
	Culicidae	2
	Muscidae	2
	Ephydriidae	2
	Athericidae	10
	Syrphidae	1
Collembola	Collembola	0
Acari	Hidracarina	4
	Annelida	
Annelida	Oligocheata	1
Tricladia/Seriata	Planariidae	5
Haplotaxida	Haplotaxidae	3
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	1
Veneroida	Sphaeriidae	3
Megaloptera	Corydalidae	6
Hydroida	Hydridae	10

Tabla 20: Puntajes de las familias de macro-invertebrados para el índice BMWP/ col de acuerdo a los valores originales del BMWP, ajustados por Roldán (2012) para Colombia, Alba torcedor y Sánchez Ortega (1998).

FAMILIA	PUNTUACIÓN
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae, Gripopterygidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeraeidae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Vellidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, enagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae, Hydropsychidae.	7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libelulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Sphaeridae Lymnaeidae, Limoniidae Hydrometridae, Noteridae, Dolichopudidae, Hidracarina	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae, Ostracoda.	3
Culicidae, Ephidridae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae	2
Tubificidae	1

Figura 11: Panel fotográfico de la caracterización fisicoquímica de la calidad del agua del río Sendamal- Celendín 2018.

TRABAJO EN CAMPO



Toma de muestra, conductividad eléctrica.



Oxígeno disuelto.



Nitritos y Nitratos, dureza, pH.



Determinación de temperatura.



Conservación de muestras colectadas.

Figura 12: Panel Fotográfico de la caracterización biológica del río Sendamal - Celendín 2018.

TRABAJO DE CAMPO



Muestro EH – P1,P2,P3 Sucre.



Muestro EH – P3,P4,P5 Sorochuco.



Muestro EH – P6,P7,P8 Huasmín



Muestro ES – P1,P2,P3 Sucre.



Muestro EH – P3, P4, P5 Sorochuco.



Muestro EH – P6,P7,P8 Huasmín



Muestras colectadas

TRABAJO EN LABORATORIO

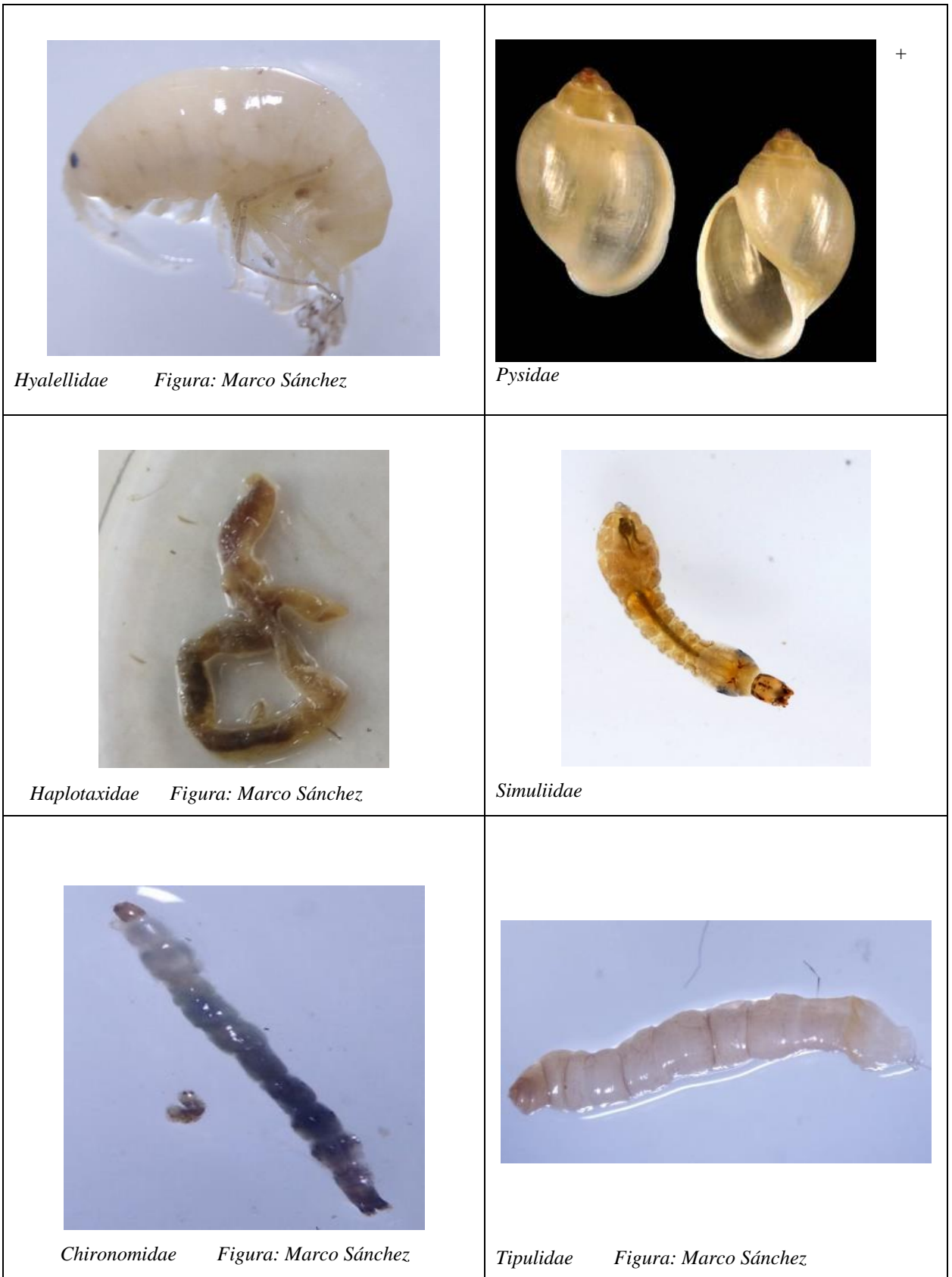


Traslado de muestras a caja petri



Identificación de individuos presentes

Figura 13: Panel fotográfico de todas las familias de macroinvertebrados bentónicos identificados en el río Sendamal - Celendín.





Blepharoceridae *Figura: Marco Sánchez*



Tabanidae



Pyralidae *Figura: Marco Sánchez*



Ceratopogonidae



Empididae



Psychodidae



Ephydriidae



Elmidae



Staphylinidae



Gyrinidae *Figura: Marco Sánchez*



Dytiscidae



Naucoridae *Figura: Marco Sánchez*



Perlidae Figura: Marco Sánchez



Baetidae Figura: Marco Sánchez



Leptophlebiidae



Hydropsychidae Figura: Marco Sánchez



Hydrobiosidae



Calamoceratidae Figura: Marco Sánchez




Xiphocentronidae Figura: Marco Sánchez




Corydalidae

Figura 14: Informes de ensayo Laboratorio Regional del Agua.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA


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




Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0518259

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente			P1 - EH	P2 - EH	P3 - EH	-	-	-
Código Laboratorio			0518259-01	0518259-02	0518259-03	-	-	-
Matriz de Agua			NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-	-
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	-	-	-
Localización de la Muestra			Río Sendamal - Sucre	Río Sendamal - Sucre	Río Sendamal - Sucre	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Nitrito (NO ₂)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Nitrato (NO ₃)	mg/L	0.064	1.255	1.268	1.023	-	-	-
pH a 25°C	pH	NA	8.53	8.70	8.78	-	-	-
Conductividad a 25°C	uS/cm	NA	374.0	367.0	352.0	-	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	7.2	8.8	9.1	-	-	-
(*) Dureza Total	mg/L	0.5	196.8	192.4	187.8	-	-	-



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



Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-NO ₂ , N-NO ₃ , P-PO ₄ , N-NO ₂ +N-NO ₃)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
pH a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B. 23 rd Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method.
Conductividad a 25°C	uS/cm	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510. B. 23 rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C. 22 nd Ed. 2012. Hardness EDTA Titrimetric Method
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C. 22 nd Ed. 2017. Oxygen (Dissolved). Azide Modification.

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación de los métodos, los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

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

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

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

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

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Cajamarca, 23 de Mayo de 2018.

Página: 2 de 2

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"
JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ SN. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0518294

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente	P4 - EH		P5 - EH	P6 - EH	-	-	-	
Código Laboratorio	0518294-01		0518294-02	0518294-03	-	-	-	
Matriz de Agua	NATURAL		NATURAL	NATURAL	-	-	-	
Descripción	Superficial		Superficial	Superficial	-	-	-	
Localización de la Muestra	Río Sendamal - Sorochuco		Río Sendamal - Sorochuco	Río Sendamal - Sorochuco	-	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Nitrito (NO ₂)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	
Nitrato (NO ₃)	mg/L	0.064	0.888	0.911	0.854	-	-	
pH a 25°C	pH	NA	8.51	8.55	8.57	-	-	
Conductividad a 25°C	uS/cm	NA	302.0	306.5	300.5	-	-	
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	6.5	6.5	6.6	-	-	
(*) Dureza Total	mg/L	0.5	134.9	127.5	122.7	-	-	

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



Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrito, Fosfato, N-NO ₂ , N-NO ₃ , P-PO ₄ , N-NO ₂ +N-NO ₃)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
pH a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 4500-H+ B. 23 rd Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method.
Conductividad a 25°C	uS/cm	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2510. B. 23 rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C. 22 nd Ed. 2012. Hardness EDTA Titrimetric Method
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C. 22 nd Ed. 2017. Oxygen (Dissolved). Azide Modification.

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación del métodos, los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.
Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.
(* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado
(* Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev.N°05 Fecha : 06/06/2017

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros.
- ✓ 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 posterior a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Cajamarca, 08 de Junio de 2016

Página: 2 de 2



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 0618303

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente	P7 - EH		P8 - EH	P9 - EH	-	-	-	
Código Laboratorio	0618303-01		0618303-02	0618303-03	-	-	-	
Matriz de Agua	NATURAL		NATURAL	NATURAL	-	-	-	
Descripción	Superficial		Superficial	Superficial	-	-	-	
Localización de la Muestra	Rio Sendamal - Huasmin		Rio Sendamal - Huasmin	Rio Sendamal - Huasmin	-	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Nitrato (NO ₃)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	
Nitrato (NO ₃)	mg/L	0.064	0.978	0.887	0.815	-	-	
pH a 25°C	pH	NA	8.50	8.60	8.50	-	-	
Conductividad a 25°C	uS/cm	NA	328.5	331.0	329.0	-	-	
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	7.9	7.8	6.6	-	-	
(*) Dureza Total	mg/L	0.5	142.0	150.9	142.3	-	-	

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



Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-NO ₂ , N-NO ₃ , P-PO ₄ , N-NO ₂ +N-NO ₃)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
pH a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B. 23 rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Conductividad a 25°C	uS/cm	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510. B. 23 rd Ed. 2017. Conductivity: Laboratory Method
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C. 22 nd Ed. 2012: Hardness EDTA Titrimetric Method
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C. 22 nd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved). Azide Modification.

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación del métodos, los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.
Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.
(* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado
(* Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev.N°05 Fecha : 06/06/2017

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ 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 posterior a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Cajamarca, 11 de Junio de 2018.

Página: 2 de 2



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 0818459

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente	PI - ES		P2 - ES	P3 - ES	-	-	-	
Código Laboratorio	0818459-01		0818459-02	0818459-03	-	-	-	
Matriz de Agua	NATURAL		NATURAL	NATURAL	-	-	-	
Descripción	Superficial		Superficial	Superficial	-	-	-	
Localización de la Muestra	Río Sendamal - Sucre		Río Sendamal - Sucre	Río Sendamal - Sucre	-	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Nitrito (NO ₂)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	
Nitrato (NO ₃)	mg/L	0.064	0.265	0.206	0.097	-	-	
pH a 25°C	pH	NA	8.45	8.43	8.38	-	-	
Conductividad a 25°C	uScm	NA	404.5	361.5	291.3	-	-	
(*) Dureza Total	mg/L	0.5	287.1	259.4	198.8	-	-	
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	8.21	5.33	7.62	-	-	

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



Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-NO ₂ , N-NO ₃ , P-PO ₄ , N-NO ₂ -N-NO ₃)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
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

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación de los métodos, los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.
Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.
(* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado
(* Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

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

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Cajamarca, 24 de Agosto de 2018.

Página: 2 de 2



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 0818470

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente	P4 - ES		P5 - ES	P6 - ES	-	-	-	
Código Laboratorio	0818470-01		0818470-02	0818470-03	-	-	-	
Matriz de Agua	NATURAL		NATURAL	NATURAL	-	-	-	
Descripción	Superficial		Superficial	Superficial	-	-	-	
Localización de la Muestra	Río Sendamal - Sorochuco		Río Sendamal - Sorochuco	Río Sendamal - Sorochuco	-	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Nitrito (NO ₂)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	
Nitrato (NO ₃)	mg/L	0.064	0.293	0.221	0.316	-	-	
* pH a 25°C	pH	NA	8.49	8.56	8.60	-	-	
Conductividad a 25°C	uS/cm	NA	305.5	305.0	306.0	-	-	
(*) Dureza Total	mg/L	0.5	147.1	145.5	145.1	-	-	
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	7.13	7.30	7.49	-	-	

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



Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrito, Fosfato, N-NO ₂ , N-NO ₃ , P-PO ₄ , N-NO ₂ +N-NO ₃)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
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

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación de los métodos, los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

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

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

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

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

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Cajamarca, 29 de Agosto de 2018.

Página: 2 de 2



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 0818484

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			P7 - ES	P8 - ES	P9 - ES	-	-	-
Código Laboratorio	0818484-01		0818484-02	0818484-03				
Matriz de Agua	NATURAL		NATURAL	NATURAL				
Descripción	Superficial		Superficial	Superficial				
Localización de la Muestra	Río Sendamal - Huasmin		Río Sendamal - Huasmin	Río Sendamal - Huasmin				
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Nitrito (NO ₂)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
Nitrato (NO ₃)	mg/L	0.064	0.414	0.444	0.499	-	-	-
° pH a 25°C	pH	NA	8.39	8.37	8.42	-	-	-
Conductividad a 25°C	uS/cm	NA	318.6	319.8	318.4	-	-	-
(*) Dureza Total	mg/L	0.5	159.3	156.6	154.8	-	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	7.85	7.09	7.90	-	-	-

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



Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-NO ₂ , N-NO ₃ , P-PO ₄ , N-NO ₂ +N-NO ₃)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1 0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
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

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación de los métodos, los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

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

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

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

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

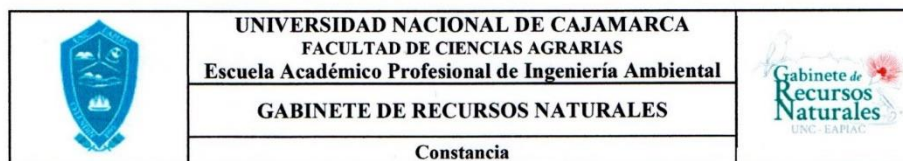
NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros.
- ✓ 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 lo produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Cajamarca, 03 de Setiembre de 2018.

Página: 2 de 2

Figura 15: Constancia de identificación de macroinvertebrados en Gabinete de Recursos Naturales.




HACE CONSTAR

Que la bachiller, **DAYSÍ YANAZET JÁUREGUI ARAUJO**, exalumna de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, realizó sus estudios de identificación de macroinvertebrados bentónicos en el gabinete de Recursos Naturales los días 20, 21 de junio y 3,4 de octubre de 2018 como parte de la TESIS Titulada **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EMPLEANDO MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN EL RÍO SENDAMAL, CELENDÍN”**.

Se expide la presente constancia a solicitud de la interesada, para los fines que crea conveniente.

Celendín, 15 de agosto de 2019



Ing° M./Sc. Manuel Roberto Roncal Rabanal
Responsable del Gabinete de Recursos Naturales
EAPIAC – FILIAL CELENDÍN