

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



TESIS

**CALIDAD DEL AGUA UTILIZANDO MACRO INVERTEBRADOS
BENTÓNICOS EN EL RÍO SAN LUCAS DEL DISTRITO DE
CAJAMARCA - PROVINCIA DE CAJAMARCA**

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentada por el Bachiller:

EDWIN HERNÁN GUEVARA SOLÓN

Asesor:

Ing. M. Sc. MANUEL ROBERTO RONCAL RABANAL

CAJAMARCA - PERÚ

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
FILIAL CELENDÍN

Shuitute s/n – Chacapampa – Celendín - Telefax: 076- 555307 – E-mail: tpereyra@unc.edu.pe



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD ANTIPLAGIO URKUND

El que suscribe, asesor y docente adscrito a la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de Cajamarca.

HACE CONSTAR

Que, la tesis denominada: **CALIDAD DEL AGUA UTILIZANDO MACRO INVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN EL RÍO SAN LUCAS DEL DISTRITO DE CAJAMARCA - PROVINCIA DE CAJAMARCA**. Presentada Por el Bach **Edwin Hernán Guevara Solón**, identificado con **DNI N°47595473** con código **SUNEDU N°2012810035** ha sido sometida a revisión mediante el software **Antiplagio URKUND**, obteniendo **0%** de similitud.

Se expide la presente constancia para fines consiguientes.

Celendín, 12 de marzo de 2024.

Atentamente



Ing. M. Sc. Manuel Roberto Roncal Rabanal
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Celendín, a los veintidós días del mes de febrero del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el **Aula 101** de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental - Sede Celendín, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 408-2023-FCA-UNC, de fecha 04 de setiembre del 2023**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: "**CALIDAD DEL AGUA UTILIZANDO MACRO INVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN EL RÍO SAN LUCAS DEL DISTRITO DE CAJAMARCA - PROVINCIA DE CAJAMARCA**", realizada por el Bachiller **EDWIN HERNÁN GUEVARA SOLÓN** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las diecisiete horas y cero minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de diecisiete (17); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las dieciocho horas y treinta y seis minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Ing. M. Cs. **Edgar Darwin Díaz Mori**
PRESIDENTE

Dr. **Agustín Emerson Medina Chávez**
SECRETARIO

Ing. M. Cs. **Giovana Ernestina Chávez Horna**
VOCAL

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

COPYRIGHT © 2024 by

EDWIN HERNAN GUEVARA SOLON

Todos los derechos reservados

DEDICATORIA

A Dios, por ser la principal fuente de fuerza, coraje y fe para hacer cada sueño realidad, por ser mi guía y protector en cada paso que doy en el día a día, por su amor infinito y por su bendición

A mis padres Orfiles Guevara Cotrina y Elena Solón Garcia quienes son ejemplo de lucha y valentía, por su apoyo constante y su amor incondicional, por enseñarme a no darme por vencido ante las adversidades de la vida, los amo

A mi Abuelito Manuel Guevara Estela que siempre me dio su apoyo y su cariño y su confianza no lo tengo ya en vida, pero espero que en Dios descans

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por protegerme durante todo el camino universitario, por darme fuerzas para superar todo tipo de obstáculos y dificultades que se me presentaron, y así para que este sueño se haga realidad.

A mis padres Orfiles Guevara Cotrina y Elena Solón García quienes en todo momento me brindaron su apoyo, aún en los momentos más difíciles estuvieron allí durante toda mi carrera profesional y durante el desarrollo de esta tesis.

A la Universidad Nacional de Cajamarca, a la Facultad de Ciencias Agrarias, a través de la Carrera de Ingeniería Ambiental, donde obtuve los conocimientos técnicos que han contribuido a mi formación profesional.

En especial a mi asesor de tesis, Ing. M.Sc. Manuel Roberto Roncal Rabanal, por haberme permitido contar con su valioso asesoramiento y por la orientación brindada durante el desarrollo de esta tesis, así como el tiempo que amablemente me brindo para la revisión y culminación de este trabajo.

Asi mismo, a los profesionales de la ONG Grupo de Formación e Intervención para el Desarrollo Sostenible (GRUFIDES); en especial a la Directora Dra. Mirtha Isabel Villanueva Cotrina, por su acompañamiento en los monitoreos y por el apoyo incondicional con materiales y con sus especialistas y técnicos en el monitoreo de la calidad del agua con macro invertebrados bentónicos; al Ing. Cesáreo Cueva Infante, por su valioso conocimiento y apoyo en la identificación taxonómica de las muestras de macro invertebrados; así también al Bach. Ericxs Leonides Cueva Infante y Bach. Eduardo Mendoza Zea, por apoyarme en el monitoreo y colecta de los macro invertebrados en el río San Lucas.

Al Dr. Manuel Salomón Roncal Ordoñez (jefe del Laboratorio de Fitopatología de la UNC), por facilitarnos el uso del laboratorio y realizar la identificación taxonómica de las muestras de macro invertebrados.

A Julián Chilón Chilón (Teniente Gobernador del caserío Ronquillo), por brindarme el permiso necesario para poder realizar el monitoreo sin ningún contratiempo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT	xix
Capítulo I.	1
Introducción	1
Capítulo II.....	4
Revisión Bibliográfica.....	4
2.1. Antecedentes de la investigación	4
2.2. Bases teóricas	11
2.2.1. Calidad del agua.....	11
2.2.2. Monitoreo y evaluación de la calidad del agua	11
2.2.3. Bioindicadores.....	11
2.2.4. Macro invertebrados bentónicos	12
2.2.5. Modos de vida de los macro invertebrados bentónicos	12
2.2.6. Ventajas de los macro invertebrados	13
2.2.7. Principales órdenes de los macro invertebrados bentónicos	14
2.2.8. Monitoreo de macro invertebrados bentónicos	19
2.2.9. Métodos biológicos para determinar la calidad del agua	20
2.2.10. Parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua.....	25
2.2.11. Normativa de los parámetros fisicoquímicos.....	26
2.2.12. Regresión de Pearson	28
2.3. Definición de términos básicos	29
CAPÍTULO III.....	30
MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. Ubicación de área de estudio	30
3.2. Materiales	31
3.2.1. Material biológico	31

3.2.2. Materiales de campo	31
3.2.3. Materiales y equipos de laboratorio	32
3.2.4. Materiales y equipos de gabinete	32
3.3. Metodología	32
3.3.1. Fase de campo	32
3.3.2. Fase de laboratorio	43
3.3.3. Fase de gabinete	44
CAPÍTULO IV	46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1. Identificación de macro invertebrados bentónicos del río San Lucas	46
4.1.1. Clase de los macro invertebrados bentónicos del río San Lucas	48
4.1.2. Orden de los macro invertebrados bentónicos del río San Lucas	49
4.1.3. Familia de macro invertebrados bentónicos del río San Lucas	50
4.1.4. Número de individuos de macro invertebrados del río San Lucas por época del año y estación de muestreo	51
4.1.5. Número de familias de macro invertebrados bentónicos por estación de muestreo	52
4.2. Calidad del agua del río San Lucas en función a los macro invertebrados bentónicos	60
4.2.1. Índice BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party)	60
4.2.2. Índice Biótico Andino (ABI)	62
4.2.3. Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT)	64
4.3. Calidad del agua del río San Lucas en función a los parámetros fisicoquímicos	66
4.3.1. Potencial de Hidrógeno (pH)	68
4.3.2. Conductividad Eléctrica	69
4.3.3. Oxígeno Disuelto	70
4.3.4. Temperatura	72
4.3.5. Nitrato (NO ₃ -)	74
4.4. Regresión entre el número de macro invertebrados bentónicos versus los parámetros físicoquímicos evaluados en el río San Lucas	75
4.4.1. Regresión entre el número de macro invertebrados bentónicos y el potencial de hidrógeno (pH)	75
4.4.2. Regresión entre el número de macro invertebrados bentónicos y la conductividad	76

4.4.3.	Regresión entre el número de macro invertebrados bentónicos y el oxígeno disuelto.....	78
4.4.4.	Regresión entre el número de macro invertebrados bentónicos y la temperatura.....	79
4.4.5.	Regresión entre el número de macro invertebrados bentónicos y el nitrato...	81
CAPÍTULO V.....		83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		83
5.1.	Conclusiones	83
5.2.	Recomendaciones	85
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		86
CAPÍTULO VII.		96
ANEXOS.....		96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Clave de identificación taxonomica</i>	17
Tabla 2 <i>Criteríos para la valoración de la calidad del agua utilizando el Índice BMWP</i> ...	21
Tabla 3 <i>Criteríos para la valoración de la calidad del agua utilizando el Índice ABI</i>	22
Tabla 4 <i>Puntuaciones asignadas a las familias de macroinvertebrados BMWP y ABI</i>	23
Tabla 5 <i>Criteríos para la valoración de la calidad del agua utilizando el EPT</i>	24
Tabla 6 <i>Normativa de los parámetros fisicoquímicos de los ECA - AGUA (D.S-0042017-MINAM)</i>	27
Tabla 7 <i>Georreferenciación y descripción de las estaciones de muestreo evaluados en el río San Lucas</i>	40
Tabla 8 <i>Familias identificadas en los diferentes puntos de muestreo y épocas</i>	47
Tabla 9 <i>Análisis de varianza (ANOVA) para las poblaciones de los macro invertebrados bentónicos del río San Lucas</i>	54
Tabla 10 <i>Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad, para las poblaciones de macro invertebrados bentónicos obtenidos en los diferentes puntos de muestreo</i>	55
Tabla 11 <i>Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad, para las poblaciones de macro invertebrados bentónicos obtenidos en los diferentes puntos de muestreo</i>	57
Tabla 12 <i>Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad, para las poblaciones de macro invertebrados obtenidos en función de la época y el punto de evaluación (interacción)</i>	58
Tabla 13 <i>Calidad del agua del río San Lucas, según el índice BMWP/Col</i>	61
Tabla 14 <i>Calidad del agua del río San Lucas, según el ABI</i>	63
Tabla 15 <i>Calidad del agua del río San Lucas, según el índice EPT</i>	65
Tabla 16 <i>Resultados de los parámetros fisicoquímicos evaluados en el río San Lucas</i>	67
Tabla 17 <i>Cálculo de la calidad del agua del río San Lucas, según el índice BMWP/Col</i>	112

Tabla 18 <i>Cálculo de la calidad del agua del río San Lucas, según el ABI.....</i>	115
Tabla 19 <i>Cálculo de la calidad del agua del río San Lucas, según el índice EPT.....</i>	118
Tabla 20 <i>Composición taxonómica y abundancia de macro invertebrados bentónicos encontrados en el río San Lucas</i>	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica del río San Lucas, distrito y provincia de Cajamarca.	30
Figura 2 Ubicación de la EM1 en el río San Lucas.	34
Figura 3 Ubicación de la EM2 en el río San Lucas.	35
Figura 4 Ubicación de la EM3 en el río San Lucas.	35
Figura 5 Ubicación de la EM4 en el río San Lucas.	36
Figura 6 Ubicación de la EM5 en el río San Lucas.	37
Figura 7 Ubicación de la EM6 en el río San Lucas.	37
Figura 8 Ubicación de la EM7 en el río San Lucas.	38
Figura 9 Ubicación de la EM8 en el río San Lucas.	39
Figura 10 Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo en el río San Lucas.	39
Figura 11 Toma de muestras de agua en las estaciones de muestreo del río San Lucas.	41
Figura 12 Recolección de muestras de macro invertebrados bentónicos en las estaciones de muestreo del río San Lucas.	42
Figura 13 Identificación de macro invertebrados bentónicos en el Laboratorio de Fitopatología de la UNC.	43
Figura 14 Distribución de la clase de macro invertebrados bentónicos según número de individuos.	48
Figura 15 Distribución de los órdenes de macro invertebrados según número de individuos.	49
Figura 16 Distribución de las 10 primeras familias de los macro invertebrados bentónicos según número de individuos.	50
Figura 17 Distribución del número de individuos de macro invertebrados bentónicos según época época del año y estación de muestreo.	52
Figura 18 Distribución del número de familias de macro invertebrados bentónicos según estación de muestreo.	53
Figura 19 Poblaciones de macro invertebrados obtenidos en las diferentes estaciones de muestreo.	56
Figura 20 Poblaciones de macro invertebrados obtenidos en diferentes épocas de muestreo.	57
Figura 21 Poblaciones de macro invertebrados obtenidos en función de la época y la estación de evaluación (interacción).	59
Figura 22 Niveles de pH en las estaciones de monitoreo del río San Lucas.	68

Figura 23 Niveles de conductividad en las estaciones de monitoreo del río San Lucas.....	70
Figura 24 Niveles de oxígeno disuelto en las estaciones de monitoreo del río San Lucas...	72
Figura 25 Niveles de oxígeno disuelto en las estaciones de monitoreo del río San Lucas...	73
Figura 26 Niveles de nitrato en las estaciones de monitoreo del río San Lucas.....	74
Figura 27 Regresión entre Índice Biológico Andino y el pH en la época húmeda.....	75
Figura 28 Regresión entre Índice Biológico Andino y el pH en la época seca.	76
Figura 29 Regresión entre Índice Biológico Andino y la conductividad en la época húmeda.	77
Figura 30 Regresión entre Índice Biológico Andino y la conductividad en la época seca...	77
Figura 31 Regresión entre el n Índice Biológico Andino y el oxígeno disuelto en la época húmeda.....	78
Figura 32 Regresión entre Índice Biológico Andino y el oxígeno disuelto en la época seca.	79
Figura 33 Regresión entre Índice Biológico Andino y la temperatura en la época húmeda.	80
Figura 34 Regresión entre Índice Biológico Andino y la temperatura en la época seca.	80
Figura 35 Regresión entre Índice Biológico Andino y el Nitrato (NO ₃)- en la época húmeda.....	81
Figura 36 Regresión entre Índice Biológico Andino y el Nitrato (NO ₃)- en la época seca..	82
Figura 37 Vista panorámica de la EM1	96
Figura 38 Midiendo parámetros fisicoquímicos in situ en la EM1.....	96
Figura 39 Toma de muestras de agua en la EM1	96
Figura 40 Muestras de agua de la EM1	96
Figura 41 Colectando muestras de MIB en la EM1	96
Figura 42 Colectando muestras de MIB en la EM1.....	96
Figura 43 Identificando muestras de MIB en la EM1	97
Figura 44 Socialización de resultados de la EM1	97
Figura 45 Vista panorámica de la EM2	97
Figura 46 Vertido de aguas negras al río San Lucas en la EM2.....	97
Figura 47 Midiendo parámetros fisicoquímicos in situ en la EM2.....	97
Figura 48 Toma de muestras de agua en la EM2.....	97
Figura 49 Colectando muestras de MIB en la EM2.....	97
Figura 50 Colectando muestras de MIB en la EM2.....	97
Figura 51 Colectando muestras de MIB en la EM2.....	98
Figura 52 Identificación y socialización de resultados de la EM2	98

Figura 53	Vista panorámica de la EM3	98
Figura 54	Midiendo parámetros fisicoquímicos in situ en la EM3.....	98
Figura 55	Toma de muestras de agua en la EM3.....	98
Figura 56	Muestras de agua de la EM3	98
Figura 57	Colectando muestras de MIB en la EM3.....	98
Figura 58	Colectando muestras de MIB en la EM3.....	98
Figura 59	Colectando muestras de MIB en la EM3.....	99
Figura 60	Colectando muestras de MIB en la EM3.....	99
Figura 61	Vista panorámica de la EM4	99
Figura 62	Medición de parámetros fisicoquímicos in situ en la EM4	99
Figura 63	Toma de muestras de agua en la EM4.....	99
Figura 64	Toma de muestras de agua en la EM4.....	99
Figura 65	Muestras de agua de la EM4	99
Figura 66	Colectando muestras de MIB en la EM4.....	99
Figura 67	Colectando muestras de MIB en la EM4.....	100
Figura 68	Muestras de MIB de la EM4	100
Figura 69	Vista panorámica de la EM5	100
Figura 70	Residuos sólidos en la EM5 del río San Lucas	100
Figura 71	Midiendo parámetros fisicoquímicos in situ en la EM5.....	100
Figura 72	Toma de muestras de agua en la EM5.....	100
Figura 73	Colectando muestras de MIB en la EM5.....	101
Figura 74	Muestras de agua de la EM5	101
Figura 75	Colectando muestras de MIB en la EM5.....	101
Figura 76	Identificación y socialización de resultados de la EM5	101
Figura 77	Vista panorámica de la EM6	101
Figura 78	Midiendo parámetros fisicoquímicos in situ en la EM6.....	101
Figura 79	Toma de muestras de agua en la EM6.....	101
Figura 80	Toma de muestras de agua en la EM6.....	101
Figura 81	Colectando muestras de MIB en la EM6.....	102
Figura 82	Colectando muestras de MIB en la EM6.....	102
Figura 83	Tamizaje de muestras de MIB en la EM6	102
Figura 84	Identificación de muestras de MIB de la EM6.....	102
Figura 85	Vista panorámica de la EM7	102
Figura 86	Midiendo parámetros fisicoquímicos in situ en la EM7.....	102

Figura 87 Midiendo parámetros fisicoquímicos in situ en la EM7.....	102
Figura 88 Toma de muestras de agua en la EM7.....	102
Figura 89 Muestras de agua en la EM7	102
Figura 90 Colectando muestras de MIB en la EM7.....	102
Figura 91 Identificación y socialización de resultados de la EM7	103
Figura 92 Identificación y socialización de resultados de la EM7	103
Figura 93 Vista panorámica de la EM8	103
Figura 94 Midiendo parámetros fisicoquímicos in situ en la EM8.....	103
Figura 95 Midiendo parámetros fisicoquímicos in situ en la EM8.....	103
Figura 96 Toma de muestras de agua en la EM8.....	103
Figura 97 Colectando muestras de MIB en la EM8.....	103
Figura 98 Colectando muestras de MIB en la EM8.....	103
Figura 99 Identificación y socialización de resultados de la EM8	104
Figura 100 Identificación y socialización de resultados de la EM8	104
Figura 101 Identificando muestras de MIB usando el estereoscopio	105
Figura 102 Identificando muestras de MIB usando el estereoscopio	105
Figura 103 Realizando el inventario de MIB y cálculo de la calidad del agua del río San Lucas.....	105
Figura 104 Realizando el inventario de MIB y cálculo de la calidad del agua del río San Lucas.....	105
Figura 105 Hydrobiosidae	106
Figura 106 Hydropsychidae.....	106
Figura 107 Leptoceridae	106
Figura 108 Calamoceratidae	106
Figura 109 Hydroptilidae.....	106
Figura 110 Polycentropodidae	106
Figura 111 Baetidae	107
Figura 112 Leptophlebiidae	107
Figura 113 Oligoneuriidae	107
Figura 114 Leptophlebiidae	107
Figura 115 Perlidae.....	107
Figura 116 Elmidae.....	108
Figura 117 Ptylodactilidae	108
Figura 118 Psephenidae	108

Figura 119 Gyrinidae	108
Figura 120 Dytiscidae.....	108
Figura 121 Simuliidae.....	109
Figura 122 Chironomidae	109
Figura 123 Tabanidae	109
Figura 124 Ceratopogonidae.....	109
Figura 125 Tipulidae.....	109
Figura 126 Psychodidae.....	109
Figura 127 Ephydriidae.....	109
Figura 128 Empididae.....	109
Figura 129 Limoniidae.....	110
Figura 130 Erpobdellidae.....	110
Figura 131 Lumbricidae.....	110
Figura 132 Hydracarina	110
Figura 133 Aeshnidae	110
Figura 134 Hyalellidae.....	111
Figura 135 Sphaeriidae	111
Figura 136 Planariidae	111

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el río San Lucas, ubicada al norte de la ciudad de Cajamarca, distrito, provincia y departamento de Cajamarca, Perú, durante los meses de enero y julio del 2019 correspondiendo a los períodos de avenidas y estiaje, se establecieron 8 estaciones de muestreo a lo largo de esta fuente de agua. Se utilizó la metodología de la red Súrber para la recolección de macro invertebrados bentónicos con tres repeticiones por estación de muestreo, para determinar la calidad del agua se aplicaron los índices biológicos BMWP/Col, ABI y EPT, asimismo, en cada estación de monitoreo se midieron parámetros fisicoquímicos oxígeno disuelto (OD), potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), nitratos (NO₃-) y temperatura (T°). Como resultado se identificaron 1774 individuos de macro invertebrados, distribuidas en 32 familias, 8 clases y 13 órdenes; según el índice BMWP/Col indica agua de calidad dudosa, el índice ABI indica agua de calidad moderada y el índice EPT presenta agua de calidad mala; según los parámetros fisicoquímicos los resultados en las estación de muestreo 6 – estación de muestro 8 están entre los rangos ECA para agua, mientras que en las estación de muestreo 1- estación de muestreo 5 estan fuera los rangos; y según el análisis de correlación de Pearson mostró que sólo el oxígeno disuelto y la temperatura correlacionaron con el índice biológico BMWP/Col, ABI y EPT.

Palabras Clave: Calidad del agua, macro invertebrados bentónicos, río San Lucas.

ABSTRACT

The present study was carried out in the San Lucas River, located north of the city of Cajamarca, district, province and department of Cajamarca, Peru, during the months of January and July 2019 corresponding to the periods of floods and low water, they were established 8 sampling stations along this water source. The methodology of the red Súrber was used for the collection of benthic macroinvertebrates with three repetitions per sampling station, to determine the water quality the biological indices BMWP / Col, ABI and EPT were applied, likewise, in each monitoring station they measured physicochemical parameters dissolved oxygen (DO), hydrogen potential (pH), electrical conductivity (EC), nitrates (NO₃-) and temperature (T °). As a result, 1774 macroinvertebrate individuals were identified, distributed in 32 families, 8 classes and 13 orders; according to the BMWP / Col index it indicates water of questionable quality, the ABI index indicates water of moderate quality and the EPT index indicates water of poor quality; According to the physicochemical parameters, the results in the sampling station 6- sampling station 8 are between the ECA ranges for water, while in the sampling station 1- sampling station 5 they are outside the ranges; and according to Pearson's correlation analysis it showed that only dissolved oxygen and temperature correlated with the biological index BMWP / Col, ABI and EPT.

Key Words: Water quality, benthic macroinvertebrates, San Lucas River.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural muy importante, pues sin ella no podría existir la vida; además, ayuda a satisfacer las necesidades humanas domésticas, industriales, agrícolas y ganaderas, entre otras. A medida que aumenta el consumo de agua por la población, debido al rápido crecimiento poblacional que implica la industrialización y la urbanización, también aumenta el volumen de agua contaminada con desechos de todos tipos, los cuales van a parar la mayoría de las veces a los ríos provocando problemas de contaminación. Lo anterior trae como consecuencia daños a la vida acuática y a la salud pública. Entre los efectos más comunes de los contaminantes sobre la vida acuática se encuentran: la muerte, la migración, la disminución de la reproducción y el descenso en la población (Sandoval y Molina 2000.p.25)

El monitoreo biológico es el uso sistemático de organismos vivos y su respuesta para determinar la calidad del ambiente acuático. Se define como indicador biológico de contaminación a aquél ser vivo que refleja los cambios en la calidad de su ambiente o entorno. Los macro invertebrados bentónicos son excelentes indicadores, los insectos se incluyen entre los más usados por diversas razones: se encuentran en casi todos los hábitats, por lo que son afectados en distintos estratos del sistema, presentan un intervalo amplio de respuesta a la contaminación, además de que sus hábitos sedentarios y sus ciclos de vida relativamente largos permiten establecer consideraciones del estado de salud en un sistema acuático (Sandoval y Molina 2000. p.26).

La utilización de macro invertebrados bentónicos, como indicadores de calidad de agua, ha venido ganando aceptación a nivel mundial, estas nuevas metodologías presentan una serie de ventajas, entre las cuales se pueden citar: requieren de equipos simples y relativamente baratos, metodologías sencillas, rapidez en la obtención de los resultados y una alta confiabilidad, ya que dan información acerca de las variaciones a través del tiempo, lo que hace de estos métodos una herramienta idónea para la vigilancia rutinaria de la cuenca y ríos en general (Gutiérrez et al., 2006, p. 152).

La aplicación del monitoreo biológico en el río San Lucas, distrito de Cajamarca - Provincia de Cajamarca, permitió conocer su actual calidad ecológica y de esta manera la población que viven en el margen del río tuvo, la información real con la cual se iniciaron una concientización ambiental que ayuden a mejorar la calidad del agua del río San Lucas.

El problema mas allá del impacto del crecimiento mismo de la población, el consumo de agua dulce ha estado aumentando en respuesta al desarrollo industrial y agrícola, siendo el agua considerado como uno de los mayores conflictos geopolíticos del siglo XXI ya que se espera que en el año 2025, la demanda de este elemento tan necesario para la vida humana será un 56% superior que el suministro y lamentablemente quienes posean agua podrían ser víctimas de un saqueo forzado (Villacorta et al., 2014, p. 1).

La investigación tiene importancia, debido a que el río San Lucas es el mayor de los afluentes que conforman la cuenca del Río San Lucas, en la parte alta (caserío Cushunga) su agua se usa para consumo humano, bebida de animales domésticos y riego agrícola. Conforme atraviesa el área de la ciudad de Cajamarca, los problemas de contaminación se van generando por diversas causas: una ellas es la presencia de viviendas en los márgenes del río que descargan directamente sus aguas grises y negras; además, lo usan como basurero donde tiran desechos orgánicos e inorgánicos. Es común ver llantas, plásticos, animales muertos, escombros y hasta muebles viejos.

Debido a la necesidad de saber la calidad del agua del río, este estudio contribuye en la evaluación de la calidad del agua mediante el monitoreo de macro invertebrados bentónicos, promoviendo un incremento de la conciencia ambiental y conservación del río por parte de las autoridades y la sociedad.

El objetivo general fué determinar la calidad del agua con los macro invertebrados bentónicos y su relación con los parámetros fisicoquímicos; los objetivos específicos de este trabajo de investigación fueron: Identificar los macro invertebrados bentónicos que habitan en el río San Lucas, distrito de Cajamarca - provincia de Cajamarca, determinar la calidad del agua del río San Lucas mediante el cálculo del índice ABI (Índice Biótico Andino), índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) e índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), durante la época seca y húmeda, determinar la calidad del agua del río San Lucas mediante la medición de potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, temperatura y nitrato, correlacionar el número de macro invertebrados versus los parámetros fisicoquímicos evaluados en el río San Lucas.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la investigación

Vega (2004) utilizó el método del BMWP (Biological Monitoring Working Party) para determinar la calidad de agua del río yeguare encontró la familia con mayor abundancia presentó fue Leptophebiidae con un dato de 63,25 seguidamente de Baetidae, Ptilodactylidae e Hydropsychidae con valores de 40,75; 30 y 29,50 respectivamente. El índice de BMWP presentó un valor de 57,22 lo cual determina que la calidad del agua es de clase II, significando que las aguas son contaminadas y de mala calidad (p. 8).

Hahn *et al.* (2009) registró 55 familias, de las cuales sobresalieron: Chironomidae con un 32,5%, seguida de Thiaridae con un 26,7% y Palaemonidae con una presencia del 6,7% de la población total; las demás se encuentran por debajo del 5% de representatividad. Según el BMWP/Col el agua que circula en la Estación Piscícola es de clase tres o medianamente contaminada y no presenta una disminución en la calidad al circular por la estación ni al ser devuelta al caño El Berrión (p. 89).

Rivera (2011) en el humedal Jaboque Bogotá-Colombia, registró una composición faunística formada por 26 géneros confirmados y nueve aun por confirmar. En las épocas de menores lluvias registró la menor riqueza y mayor abundancia. El análisis de componentes principales evidenció que los sólidos explican la mayor variación sobre los datos (80,1%), seguido por el oxígeno disuelto (65%). La biomasa de macro invertebrados

no registró diferencias significativas por mes, pero, si por estación debido a las variaciones en las características ambientales y la presión antrópica (p. 9).

Carvacho (2012) realizó un análisis integral de la calidad de las aguas en la cuenca hidrográfica del río Limari, en Chile. Utilizando macro invertebrados bentónicos como indicador biológico complementando con parámetros físicos, químicos e hidromorfológicos, con el fin de aportar metodológicamente en la evaluación y monitoreo de los sistemas fluviales., identificó 45 familias de macro invertebrados, registrándose en el tramo más extenso, río Grande y Limarí, un total de 53 géneros, aportando por primera vez con una identificación exhaustiva de quironómidos hasta dicho nivel taxonómico. La distribución de las familias de reconocida sensibilidad como Gripterygiidae, Leptophlebiidae y Hydrobiosidae, en las subcuencas Hurtado, Grande y Huatulame, dichas familias no toleran las condiciones ambientales de estrés que presenta la subcuenca de Limarí, donde si es importante la presencia y abundancia de familias tolerantes como Chironomidae, Hydrobiidae, Physidae, Naididae y Dugesiidae (p. 9 – 43).

Rosales y Sánchez (2013) realizaron un estudio sobre el uso de macro invertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad del agua del río Palacagüina, Norte de Nicaragua, registraron 11 órdenes y 31 taxa; las taxas más representativas fueron Gomphidae (32.4%), Naucoridae (23.47%) y Libellulidae (16.85%). Los resultados del estudio de la calidad del agua del río Palacagüina utilizando el índice biological monitoring working party adaptado para Costa Rica (BMWP – CR) sugiere que las aguas del río Palacagüina están contaminadas (p. 66).

Gutiérrez y Morales (2015) abocaron su investigación relacionada con la caracterización de la calidad del agua de la quebrada los Cáquezas, mediante la utilización de macro invertebrados acuáticos, donde en las estaciones E1 y E2 la mayor abundancia fue representada por las familias Helicopsychidae y Leptoceridae respectivamente, taxas

indicadoras de ambientes pocos contaminados. La estación E3 presentó la menor diversidad con respecto a las estaciones E1 y E2, y mayor dominancia, es debido probablemente a la presión antrópica ejercida por la población de la vereda Los Soches. La aplicación del BMWP Adaptado para la Sabana de Bogotá, define a las aguas de las estaciones (E1 – E2), como ligeramente contaminadas y no contaminadas, mientras que para la estación E3, aguas muy contaminadas (p. 54 – 69 – 71).

Patiño (2015) abocaron su estudio sobre evaluación de la calidad del agua por medio de bioindicadores macro invertebrados acuáticos en la quebrada la Vieja, registró 421 individuos en 22 familias, la más abundante fue *Simulium* con 250 individuos. Con los resultados bióticos calculó el sistema BMWP/Col, ASTP, índices de diversidad alfa y beta y se correlacionan los parámetros fisicoquímicos medidos con los macro invertebrados (p. 11).

Rodríguez (2016) en su investigación relacionada con la evaluación de la calidad de agua del río Puyo (Sector Malecón Buayacu) mediante la identificación de macro invertebrados y el análisis físicoquímico, y microbiológico, para proponer un plan de manejo, identificó 187 individuos, distribuidos en familias: Chironomidae con un total de 18 individuos, Physidae con 8, Dytiscidae 15, Haliplidae 20, Baetidae 23, Astacidae 23, Libellulidae 6, Polycentropididae 22, Ephemerellidae 10, Calopterygidae 24 y Leptoceridae con 18 individuos, se determinó que los rangos de carácter biológico (Macro invertebrados), comparados con los valores del análisis físicoquímico y microbiológico, coinciden, concluyendo que la calidad de agua del Río Puyo se encuentra moderadamente contaminada (p. 2).

Paredes *et al.* (2004) abocaron su estudio sobre macro invertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú, donde registró 22 taxones, con predominancia de tres órdenes de insectos:

Trichoptera (40 %), Plecoptera (16 %) y Ephemeroptera (10 %). Las familias más representadas fueron: Xiphocentronidae (15 %), Odontoceridae (12 %), Baetidae (10 %), Perlidae (9 %) y Psephenidae (8 %). La segunda evaluación fue en el río Amojú (Jaén, Cajamarca; 05°15.15' S, 78°48.29' W), con ocho estaciones de muestreo. Según la BMWP, se obtuvo una categoría equivalente a entre aguas contaminadas o de calidad dudosa, a aguas muy contaminadas o de calidad crítica (38 puntos). Se registró 30 taxones, con predominancia de tres órdenes de insectos: Ephemeroptera (27 %), Trichoptera (25 %) y Díptera (21 %). Las familias más representadas fueron Chironomidae (19 %), Hydropsychidae (16 %), Siphonuridae (9 %), Perlidae (8 %) y Leptophlebiidae (8 %). En este segundo lugar, los análisis físico-químicos no indicaron efectos de perturbación en el ecosistema acuático (p. 107).

Guevara (2013) en su tesis evaluación de la comunidad de macro invertebrados de bancos vegetados en quebradas contaminadas por minería aurífera. Madre de Dios - Perú, identificó 20078 individuos agrupadas en 156 taxa (UTO's) siendo predominante la clase Insecta. La prueba estadística de Wilcoxon-Mann-Whitney para la riqueza y estructura comunitaria de macro invertebrados acuáticos, así como el análisis de similitud (ANOSIM) y de agrupamiento no Paramétrico de Escalamiento Multidimensional (nMDS) no mostraron diferencias temporales; mientras que la prueba de Kruskal-Wallis evidenció diferencias significativas a nivel espacial (p. 13).

Pimentel (2014) realizó el análisis desde la perspectiva de los Índices Bióticos, ECA-Agua y Manejo Adaptativo; usando macro invertebrados bentónicos en ríos Altoandinos - Camisea 2009 - 2012, donde la evaluación de la calidad mediante los índices bióticos (ABI, BMWP/Col, ASPT, EPT y la FIB) expresó valores muy bajos de calidad en la estación de Torobamba (estación más impactada) y los valores más altos fueron registrados en la estación Comunmayo (la menos perturbada), la calidad de acuerdo con

los ECA-Agua fueron buenos solo en las estaciones Yucay y Comunmayo, Por último, desde el enfoque de Manejo Adaptativo, el sistema fluctúa entre dos atractores, estos respondieron a la dinámica estacional (p. 11).

Bullón (2016) en su tesis macro invertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua en la cuenca del río Perene, Chanchamayo, registró 456 individuos, distribuidos en tres clases, 10 órdenes y 25 familias de macro invertebrados. Se concluye que existe afectación por Coliformes Termotolerantes a lo largo de la cuenca, asimismo se sobrepasa los límites de Sólidos Suspendidos Totales, ya que se presentan valores que exceden los ECA Agua, esto debido a las presiones significativas que ejercen las actividades antrópicas en el área. Los índices bióticos mostraron cierta similitud, muestran probable calidad de agua aceptable en el punto 7 y a diferencia de ello, aguas de moderada contaminación en el punto 2. Aunque hubo algunas leves variaciones al comparar los resultados por índices biológicos con los fisicoquímicos, estos complementaron el estudio, pues las tendencias mostradas por ambos métodos fueron similares (p. 9).

Muñoz (2016) en su tesis caracterización fisicoquímica y biológica de las aguas del Río Grande Celendín – Cajamarca, concluyó que algunos parámetros fisicoquímicos no cumplieron los Estándares de Calidad Ambiental para Aguas en la Categoría 3, establecidas en el Decreto Supremo N° 015-2015- MINAM, excepto en los parámetros de conductividad eléctrica y temperatura considerados en este estudio. (p. 67).

Palomino (2016) en su investigación sobre macro invertebrados acuáticos bentónicos (mab) y su relación con la calidad del agua en el río Mashcón – Cajamarca, registró 1 091 individuos que se distribuyeron en 7 órdenes y 17 familias, de las cuales 14 corresponden a familias de insectos, siendo el grupo con mayor presencia en las cinco estaciones. En las estaciones E1 y E2 se observó una mayor abundancia de la familia Chironomidae, que son considerados indicadores de aguas contaminadas con materia

orgánica. En las estaciones E3, E4 y E5 fue la familia Batidae la que mayor abundancia presentó. No siendo el caso de la familia Leptophlebiidae (orden Ephemeroptera) y familias pertenecientes a los órdenes Trichoptera y Coleóptera que solo se registraron en las estaciones E4 y E5, que presentan una menor perturbación, por lo que estas familias indicarían una mejor calidad del agua. Los índices bióticos indicaron que las estaciones uno, dos y tres son las que mayor perturbación presentan, siendo la estación uno de mayor contaminación. (p. 8).

Flores y Huamantínco (2017) realizaron una investigación sobre el desarrollo de una herramienta de vigilancia ambiental ciudadana basada en macro invertebrados bentónicos en la cuenca del Jequetepeque (cajamarca, Perú), se inició por obtener una lista de taxones para la zona que sirvió de base para elaborar una Guía de Vigilancia Ambiental con macro invertebrados bentónicos. La guía fue validada en un río con riesgo de impacto minero (San Pablo, Cajamarca) en un taller con ciudadanos(as) de 16 organizaciones vinculadas a la gestión del agua. Asimismo, se comparó los resultados de la evaluación ciudadana con una evaluación científica realizada por un profesional. Ambas evaluaciones obtuvieron las mismas cuatro órdenes de insecta y similar cantidad de familias: 11 y 14 respectivamente; así también calificaciones similares respecto a calidad de agua: “Buena” y “Aceptable” en los índices ABI y BMWP/Col. (p. 105).

Romero y Tarrillo (2017) en su tesis evaluación de la calidad del agua utilizando macro invertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca, identificaron 8 órdenes y 17 familia de MIB, de las que destacan Díptera, Ephemeroptera y Coleóptera, en cuanto a la aplicación del índice ETP se obtuvo que la calidad del agua en los 5 puntos de muestreo fue pobre, con respecto al índice BMWP, en el punto QC-R tiene una calidad ligeramente contaminada, en los puntos QC-01, QC-02 tiene una calidad dudosa y los puntos QC-03, QC-04, están con una calidad crítica, este

último índice guarda relación con los resultados del índice ABI, con una calidad buena, moderada y mala respectivamente; por otro lado se realizó una caracterización fisicoquímica con los siguientes parámetros: caudal, temperatura, pH conductividad eléctrica, DBO y oxígeno disuelto, estando la mayoría de estos dentro de límites de la normatividad peruana. (p. 6).

Azabache (2018) en su tesis determinación de la calidad ecológica del agua de los ríos Porcón, Grande y Mashcón- Cajamarca, en función de la macrofauna bentónica como bioindicador, determinó la estructura poblacional de la macrofauna bentónica, constituida por 5 phyla, 10 órdenes y 23 familias; los órdenes y sus géneros más abundantes, fueron: Tricóptera (28,6%) y Díptera (25%). La calidad ecológica de las aguas, fue determinada por la calidad ambiental a través de los parámetros físico químicos, y por la calidad biológica a través de los índices bióticos y de diversidad, con el que se valoró de buena a excelente calidad para el río Grande, de regular calidad para el río Mashcón, y de regular a pésima calidad para el río Porcón, calificando la calidad ecológica de las aguas dentro de la categoría A3 (que pueden ser utilizadas para agricultura y pecuaria), según los Estándares ECA del MINAM. (p. 9).

Silva (2018) realizó un estudio sobre la influencia de la vegetación ribereña en la calidad del agua en la cuenca del río Mashcón - Cajamarca, donde determinó que según el ABI el 55% de locaciones poseen un estado ecológico de macro invertebrados entre “muy bueno” y “bueno”; mientras que el 82.1% de los tramos de vegetación ribereña presentan entre “mala calidad” y “calidad pésima” (QBR). Estadísticamente no se pudo corroborar la relación existente entre presencia de vegetación ribereña y la mejora de algunos parámetros físico - químicos. (p. 10).

Saavedra (2019) realizó un estudio sobre la caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad del agua en el río Llaucano de la ciudad de Bambamarca, donde

identificó 1428 individuos pertenecientes a 4 clases, 7 órdenes y 14 familias, mostrando una disminución significativa de individuos colectados entre puntos, asimismo, analizó los parámetros fisicoquímicos como: demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), coliformes termo tolerantes (CT) y huevos de helminto (HH), y los parámetros de campo: oxígeno disuelto (OD), pH, conductividad eléctrica (CE), temperatura (T°), sólidos totales disueltos (TDS) y turbiedad. Los resultados en dichos puntos monitoreados indican que no es apta para el consumo de animales ni riego de vegetales. (p. 10).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Calidad del agua

Correa (2000) define la calidad del agua como su aptitud para los usos beneficiosos a que se ha venido dedicando en el pasado, es decir, como medio de sustento para el ser humano y los animales, para el riego de la tierra y la recreación entre otras cosas. (p. 11).

Tercedor y Ortega (1998) considera que un medio acuático presenta una buena calidad biológica cuando tiene unas características naturales que permiten que en su seno se desarrollen las comunidades de organismos que son propias. (p. 51).

2.2.2. Monitoreo y evaluación de la calidad del agua

Chapman (1996) define el monitoreo de calidad de agua como la colección actual de información en ubicaciones específicas con intervalos regulares para conseguir la información necesaria para definir condiciones actuales y establecer tendencias, entre otros. (p. 66).

2.2.3. Bioindicadores

Los bioindicadores se refieren a especies seleccionadas por su sensibilidad o tolerancia (normalmente es la sensibilidad) a varios parámetros (González y Lozano

2004), el uso de bioindicadores como herramienta para conocer la calidad del agua reduce en gran medida actividades de campo y laboratorio, su aplicación sólo requiere de la identificación y cuantificación de los organismos basándose en índices biológicos ajustados a intervalos que califican la calidad del agua (p. 26).

2.2.4. Macro invertebrados bentónicos

Son aquellos organismos que viven en el fondo de los ríos y lagos, adheridos a piedras, rocas, troncos, restos de vegetación y sustratos similares (Alonso y Camarago 2005. p. 87).

Tercedor y Ortega (1998) manifiesta que macro invertebrados bentónicos son animales invertebrados, que, por su tamaño relativamente grande, son retenidos por redes de luz de malla de entre 250 y 300 μm . Asimismo, Hellawell (1986) menciona que el investigador tiene facilidad la utilización de estos organismos, debido que su muestreo es fácil, existen técnicas de muestreo estandarizadas y no requieren equipos costosos (p. 51).

2.2.5. Modos de vida de los macro invertebrados bentónicos

De acuerdo a su tipo de adaptación, según Roldán y Ramírez. (2008) existen los siguientes niveles:

A. Neuton

Se refiere a los organismos que viven sobre la superficie del agua caminando, patinando o brincando, sus uñas, sus patas y su exoesqueleto están recubiertos por una especie de cera que los hace impermeables, así que, en vez de hundirse, doblan la superficie del agua venciendo a la tensión superficial. Entre los representantes están las familias Gerridae, Hydrometriedae y Mesoveliidae.

B. Necton

Son todos aquellos organismos que nada libremente en el agua, entre ellos se encuentran: Corixidae y Notonectidae del orden Hemíptera; Dytiscidae, Gyrinidae e Hydróhila del orden Coleóptera y Baetidae del orden Ephemeroptera.

C. Bentos

Son todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a piedras, rocas, troncos restos de vegetación y sustratos similares, los principales ordenes representantes son Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Megaloptera y Díptera. También pueden encontrarse algunos enterrados en el fondo a varios centímetros de profundidad (Ephemeroptera). Otros, como la familia Blephariceridae (Díptera), se adhieren fuertemente a rocas mediante un sistema de ventosas en el abdomen.

2.2.6. Ventajas de los macro invertebrados

Figueroa (2010) menciona las ventajas que proporcionan estos organismos en un monitoreo biológico:

- Permiten estudios comparativos por encontrarse en todos los ambientes acuáticos.
- Proporciona información acerca de los efectos y perturbaciones que sufre un cuerpo de agua, a través de un análisis espacial. Esto se debe principalmente a su naturaleza sedentaria.
- Presentan ventajas técnicas, ya que tanto el muestreo como análisis de datos, se lo puede hacer de manera simple y barata.
- Actualmente la taxonomía de los grupos está bien estudiada. Podemos encontrar fichas técnicas e ilustraciones con las que podemos identificar a un organismo.

2.2.7. Principales órdenes de los macro invertebrados bentónicos

A. Acari

Según Flores (2014) los Ácari no poseen antenas llegando a tener 8 patas y un tamaño entre 1 y 7 mm, además agrega que estos animales tienen variedad de colores que van desde naranja hasta marrones y mas de tres patitas. (p. 48).

B. Amphypoda

Tanto Oscoz *et al.* (2009) como Flores (2014) coinciden que pueden alcanzar grandes cantidades debido a que se alimentan de la materia orgánica degradada siendo muy tolerantes a la contaminación. (p. 49).

C. Annélida

Oscoz *et al.* (2009) menciona que tienen la forma de gusanos alargados, por otro lado, Flores (2014) aclara que en cantidades excesivas de estos gusanos demuestra una zona muy contaminada debido a que algunos son parásitos de peces y camarones, siendo su alimento la materia orgánica degradada. (p. 50).

D. Coleóptera

Los coleopteros son insectos holometábolos, con un desarrollo en cuatro fases: huevo - larva - pupa – adulto (White y Roughley 2008).

Merritt y Cummins (1996) manifiestan que los coleópteros son uno de los órdenes principales de macro invertebrados bentónicos ya que comprenden mayor diversidad, esto se debe a que viven en un amplio espectro de hábitats, por ejemplo: sistemas de aguas frías, corrientes rápidas, aguas salobres, aguas estancadas, entre otros, así mismo Álvarez y Pérez (2007) menciona que esas aguas donde habitan pueden ser lólicas y lénticas, la primera se refiere a los sustratos como troncos y hojas, grava, piedras, arena y vegetación, la segunda en

zonas donde la corriente no es fuerte y el agua es limpia, y con temperaturas media. (p. 16).

E. Díptera

De acuerdo a Flores (2014) los dípteros tienen un parecido a gusano de moscas, no tienen patas articuladas cuando son larvas, por otro lado Oscoz *et al.* (2009), menciona que la orden díptera se encuentran en zonas rápidos, cascadas o estancadas, debido a sus preferencias relacionadas con su respiración, es por ello que en este orden hay requerimientos ambientales distintos entre familias, por ejemplo existen especies exigentes en cuanto a la calidad del agua y otras no, es decir que algunas familias son resistentes a alteraciones de la calidad del agua. (p. 16).

F. Ephemeroptera

El orden Ephemeroptera engloba un grupo de insectos acuáticos frágiles que presentan una característica única, la de poseer un estadio terrestre volador (el “subimago”) antes de alcanzar la madurez sexual. El estadio inmaduro (ninfa) puede durar desde unas pocas semanas hasta un año o más en su desarrollo. Las ninfas son generalmente raspadoras o recolectoras, alimentándose de una variedad de algas y detritus (Vásquez *et al.* 2009). Los adultos son delicados con alas anteriores triangulares y las alas posteriores reducidas o ausentes (Martínez 2010). (p. 16).

G. Gasterópoda

Según Oscoz *et al.* (2009) los Gastropodas son pequeños caracoles que poseen una sola concha enrollada en forma de espiral viviendo debajo de piedras y vegetación soportando varios tipos de hábitats. (p. 52).

H. Odonata

Ramírez (2011) sostiene que el orden Odonata contiene las libélulas y los caballitos del diablo y es uno de los grupos de insectos más populares. El nombre Odonata se deriva del griego “odon” que significa diente, refiriéndose a sus fuertes mandíbulas. Los adultos generalmente vuelan cerca de quebradas, ríos, lagunas y otros cuerpos de agua dulce o salobre.

I. Plecoptera

Flores (2014) menciona que las Plecopteras tienen las siguientes características: 2 antenas largas, delgadas y rectas, 2 colas largas, 3 pares de patas y no tienen branquias en el abdomen, así mismo las ninfas de los Plecoptera viven en aguas rápidas, bien oxigenadas, debajo de piedras, troncos, ramas y hojas. Se ha observado en ciertos casos que son especialmente abundantes en riachuelos con fondo pedregoso, de corrientes rápidas y muy limpias situadas alrededor de los 2000 m de altura, por lo tanto, son indicadores de aguas muy limpias y oligotróficas” (Roldán 2016). (p. 16).

J. Trichoptera

Flórez (2014) afirma que los Trichopteras son indicadores de aguas limpias, cuyas características son: hombros esclerotizados (duros), uñas en la cola donde puede contener hojas y granos de arena pequeños, posee una cabeza más oscura a comparación del cuerpo que es enrollado, se debe indicar que existen 8 familias de Trichoptera y que en los ambientes acuáticos tanto quebradas como ríos según Álvarez y Pérez (2007) juegan un papel importante en la cadena alimentaria, debido a su diversidad, además gracias a su grado de tolerancia son útiles como bioindicadores de la calidad del agua y la salud del ecosistema acuático. (p. 16).

K. Tricladida

Flores (2014) manifiesta que estos animales viven en aguas lentas, donde se acumulan las hojas y también pegados a las piedras teniendo un cuerpo pegajoso de un color marrón, además no tiene patas, colas ni antenas. (p. 53).

Tabla 1:

Clave de identificación taxonomica

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	CLAVE DE IDENTIFICACION TAXONOMICA
Arthropoda	Arachnida	Acari	Hidracarina	Tamaño es de 1 mm, tiene 4 pares de patas con varias partes aticuladas, sus ojos son comunmente negros.
	Malacostraca	Amphypoda	Hyaellidae	Es un camaron con abundantes patas entre 8 y 10 a cada lado, de color blanco o semi transparentes.
	Insecta	Coleóptera	Elmidae	Tiene un cuerpo alargado u oval. Superficie dorsal glabra.
			Gyrinidae	Ojos divididos en dos partes, una dorsal y otra ventral. Tercer par de patas cortas y con forma de paleta. Antenas cortas
			Psephenidae	Cabeza oculta, no visible dorsalmente. Cuerpo deprimido
			Ptilodactylidae	parecido a un gusano en forma de tubo con pelos en todo el cuerpo, tiene corazas suaves en todo el cuerpo ademas de 3 patas pequeñas cerca a la cabeza y 2 uñas grandes en forma de triangulo en la cola.
			Scirtidae	Antenas muy largas y hacia abajo como rodeando su cuerpo ademas las patas y el cuerpo presentas pelos
		Díptera	Blephariceridae	Con 6 ventosas ventrales y 6 pares de uñas
			Ceratopogonidae	Cuerpo cilíndrico, líforme. Segmentos más largos que anchos, Cápsula cefálica no totalmente esclerificada,
			Chironomidae	Gusano largo encorvado muy flacos, tiene una pata del mismo color que el cuerpo
			Empididae	gusano encorvado grueso al medio y delgado a los extremos sin prolongaciones o con prolongaciones más cortas que el último par de pseudópodos
			Ephydriidae	Sifón respiratorio con la extremidad terminal vida. Con pseudópodos ventrales
			Limoniidae	Disco espiracular con menos de 6 lóbulos
			Psychodidae	Con 14 o más segmentos postcefálicos. Con placas dorsales quinizadas
			Simuliidae	Parece un gusano gordo y chato, Sin pseudópodos anales
Tabanidae	Sifón respiratorio con la extremidad terminal, tiene anillos de forma cuadrangular			

			Tipulidae	Disco espiracular con 6 o más lóbulos, parece no tener cabeza y es grueso
		Ephemeroptera	Baetidae	Tiene 3 colas, antenas muy largas hasta 2 o 3 veces el tamaño de la cabeza, en el abdomen presentan branquias planas y ovaladas
			Leptophlebiidae	Tiene 3 colas, branquias como pelos largos, cuerpo alargado y aplastado.
			Leptohyphidae	Tiene 3 colas, entre el abdomen y el torax tiene sus branquias ovaladas a cada lado y superpuestas entre si.
			Oligoneuriidae	Cabeza triangular. Tibias de las patas I con una serie de sedas largas en el borde anterior
		Odonata	Aeshnidae	Antenas liformes con seis o siete artejos
		Plecoptera	Gripopterygidae	presenta 2 colas largas y 3 pares de patas cuerpo como un tubo largo
			Perlidae	Anchura del último artejo del palpo maxilar aproximadamente ¼ de la anchura del artejo precedente. Esbozos alares con márgenes externos redondeados, Tórax sin traqueobranquias
		Trichoptera	Calamoceratidae	Presenta 3 pares de patitas salen casi juntas de la cabeza, presenta armazon puntiagudo junto a la cabeza, un cuerpo recto y aplanado
			Glossosomatidae	presenta una casita ovalada siempre hecha de piedras gruesas, cuando no esta en su casa tiene solo una placa oscura en la cabeza esto lo diferencia de hydroptilidae.
			Helicopsychidae	Uñas anales con forma de peine curvado. Larva con estuche de granos de arena y forma de caracol
			Hydrobiosidae	tiene 3 pares de patas, su primer par de patas esta pegado a la cabeza tiene la uña como si fuera un camaron
			Hydropsychidae	Uñas anales con forma de gar o. Larva sin estuche o con estuche de formas variadas, Con branquias abdominales ventrales
			Hydroptilidae	Es un prosterno nunca cubierto por dos grandes placas
			Leptoceridae	Uñas del tercer par de patas, sin sedas, similar a las uñas de las demás patas
			Polycentropodidae	Patas con uñas largas y arqueadas. Protrocan n con el extremo anterior acuminado
Mollusca	Gastropoda	Hygrophila	Physidae	Parece un caracol, abertura de la concha hacia la izquierda
	Bivalvia	Verenoida	Sphaeriidae	Valvas asimétricas respecto al umbo. Tamaño desde algunos mm (juveniles) hasta mas de 150 mm (adultos)
Annélida	Oligochaeta	Opisthopora	Lumbricidae	son parecidos a un gusano es largo su color es amarillo y/o rojizo, presenta anillos en todo el cuerpo, no tiene patas y no presenta ojos.
Platyelminthe	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	Cabeza sin forma triangular. Con o sin tentáculos. Con dos o más ojos

Nota: Adaptada de Guía de vigilancia ambiental con macro invertebrados bentónicos en cajamarca (p. 18-53), por Flores, 2014 1°ed.

2.2.8. Monitoreo de macro invertebrados bentónicos

Existen varias técnicas para colectar macro invertebrados, de todas éstas hemos elegido, por su sencillez y bajo costo. Antes de elegir cualquiera de las técnicas, se debe considerar las condiciones del río, las facilidades del medio, las posibilidades y habilidades para elaborar ciertos materiales (Carrera y Fierro 2001). A continuación, se presentan las técnicas para monitorear los macro invertebrados bentónicos:

A. Red surber

Es una red sujeta a un marco metálico, que abierta tiene forma de L para atrapar macro invertebrados removiendo el fondo (Carrera y Fierro 2001).

B. Piedra hojarasca

Esta técnica consiste en la búsqueda de macro invertebrados en las piedras y hojas que se encuentran en el fondo, en la superficie y en la orilla de los ríos. Aunque se puede realizar en cualquier río de fondo pedregoso y con vegetación flotante, es recomendable hacerlo en ríos corrientosos y con piedras grandes. Se colectan los macro invertebrados con la ayuda de pinzas y colóquelos en un frasco pequeño con alcohol (Carrera y Fierro 2001).

C. Red de patada

Técnica consiste en atrapar macro invertebrados, removiendo el fondo del río. Se llama 'de patada' porque mientras uno de los miembros de la pareja da 'patadas', removiendo el fondo, la otra coloca la red río abajo para atraparlos (Carrera y Fierro 2001).

2.2.9. Métodos biológicos para determinar la calidad del agua

2.2.9.1. Índices bióticos

Los índices bióticos suelen ser específicos para un tipo de contaminación y/o región geográfica, y se basan en el concepto de organismo indicador. Permiten valorar el estado ecológico de un ecosistema acuático afectado por contaminación. Para ello a los grupos de una muestra se les asigna un valor numérico en función a su tolerancia a una contaminación, los más tolerantes reciben un valor numérico menor y los más sensibles un valor mayor, la suma de todos ellos nos dará la calidad del agua de ese ecosistema (Metcalf 1989). A continuación, se indican algunos de los índices más usados:

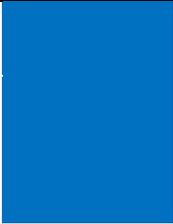
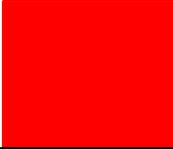
A. Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party)

Es un índice de fácil utilización y de aplicabilidad, las familias de los macro invertebrados bentónicos 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 1 y 10 (Tabla 2). Con este sistema de puntuación es posible comparar la situación relativa entre estaciones de muestreo, sin embargo, no permite emitir juicios respecto de la situación de calidad. Es por ello que se correlacionan los valores del BMWP con cinco grados de contaminación, asignándoles una significación respecto de la misma (Tabla 2) (Tercedor y Ortega 1988).

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

Tabla 2

Criterios para la valoración de la calidad del agua utilizando el Índice BMWP

Clase	Calidad	BMWP	Significado	Color
		> 150	Aguas muy limpias	
I	Buena	101 - 150	Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	61 - 100	Aguas ligeramente contaminadas	
III	Dudosa	36 - 60	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	16 - 35	Aguas muy contaminadas	
V	Muy Crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	

Nota: Adaptada de Bioindicadores de la calidad del agua en Colombia (p.155), por Roldan, 2003 1ºed.

B. Índice Biótico Andino (ABI)

Según Prat *et al.* (2009) el índice ABI está basado en el índice BMWP creado para ríos de gran Bretaña, siendo esta adaptación para la parte andina partiendo de una lista de taxas que tienen la distribución por encima de los 2000 m s.n.m. Además, menciona que uno de los problemas de este índice es su adaptación a diferentes zonas donde las familias presentes no son las mismas y su grado de tolerancia o intolerancia a la contaminación no se conoce.

Para la aplicación de este índice se debe realizar un muestreo multihábitat en campo, no se pueden usar datos de un solo tipo de hábitat debido que la intención es obtener la representación de casi todo el área de estudio y el muestreo debe de seguir hasta no encontrar nuevas familias (Acosta 2009).

Tabla 3

Criterios para la valoración de la calidad del agua utilizando el Índice ABI

Clase	Calidad	ABI	Color
I	Muy bueno	> 74	
II	Bueno	45 - 74	
III	Moderado	27 - 44	
IV	Malo	11 - 26	
V	Pésimo	< 11	

Nota: Adaptada de Estudio de la cuenca alto andino del río cañete (p. 68), por Acosta R, 2009

Tabla 4

Puntuaciones asignadas a las familias de macroinvertebrados BMWP y ABI.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN	
				BMWP	ABI
Arthropoda	Arachnida	Acari	Hidracarina	5	2
			Malacostraca	Amphypoda	Hyalellidae
	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae		9
			Elmidae	6	4
			Gyrinidae	9	3
			Psephenidae	10	5
			Ptilodactylidae	10	4
			Scirtidae	6	5
			Blephariceridae	10	4
			Ceratopogonidae	3	10
			Chironomidae	2	7
			Empididae	4	10
		Diptera	Ephydriidae	-	-
			Limoniidae	-	-
			Psychodidae	7	10
			Simuliidae	8	10
			Tabanidae	7	10
			Tipulidae	3	7
			Baetidae	7	10
			Ephemeroptera	Leptophlebiidae	9
	Leptohephidae	7		5	
	Oligoneuriidae	10		6	
	Odonata	Aeshnidae		8	8
		Coenagrionidae		6	8
	Plecoptera	Gripopterygidae		-	3
		Perlidae	10	4	
	Trichoptera	Calamoceratidae	10	1	
		Glossosomatidae	7	5	
		Helicopsychidae	8	2	
		Hydrobiosidae	9	4	
		Hydropsychidae	5	2	
		Hydroptilidae	7	4	
Leptoceridae		8	3		
Polycentropodidae		9	5		
Mollusca	Gastropoda	Hygrophila	Physidae	3	4
	Bivalvia	Verenoida	Sphaeriidae	4	5
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	1	4
Platyelminthe	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	7	10

Nota: Adaptada de Guía de vigilancia ambiental con macro invertebrados bentónicos en cajamarca (p. 57), por Flores, 2014 1°ed.

C. Índice Efemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT)

Este índice permite estimar la calidad ecológica del agua a través del porcentaje (%) de las especies (n), o taxa indicadores de buena calidad, constituidos por los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, expresado como nEPT % (Carrera y Fierro 2001).

Así, cuando el índice EPT alcanza valores mayores de 50, les confiere a las aguas una calificación de buena calidad (nEPT % > 50 % = agua de buena calidad), y se calcula según la siguiente fórmula:

$$\text{nEPT}\% = \frac{\text{nE} + \text{nP} + \text{nT}}{\text{N}} \times 100$$

Donde:

nE = número de individuos del orden Ephemeroptera

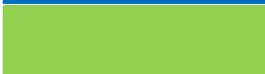
nP = número de individuos del orden Plecoptera

nT = número de individuos del orden Trichoptera

N = número de todos los individuos de todos los taxa de la muestra

Tabla 5

Criterios para la valoración de la calidad del agua utilizando el EPT

Clase	EPT	Significado	Color
I	75 – 100%	Muy buena	
II	50 – 74%	Buena	
III	25 – 49%	Regular	
IV	0 – 24%	Mala	

Nota: Adaptada de Manual de monitoreos acuáticos: macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua (p. 43), por Carrera, C. y Fierro, K. 2001

2.2.10. Parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua

A. Potencial de hidrógeno (pH)

Según Prieto (2004) sostiene que el pH mide la tendencia de acidez o alcalinidad, por ejemplo, un pH menor de 7 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que mayor de 7 muestra una tendencia hacia la alcalinidad; además indica que el valor del pH depende de la temperatura, por lo tanto, ellos recomiendan determinarlo de manera in situ. (IDEAM 2012) afirma que los cambios en el pH son causados por la lluvia ácida, por los desechos industriales, el drenaje de la minería o por el lavado de minerales. El pH es un criterio importante de la calidad del agua, porque limita la posibilidad de vida acuática y muchos de los usos del agua (p.277).

B. Oxígeno disuelto

Es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para la vida en los cuerpos de agua (Obregón 2016). La baja concentración de oxígeno disuelto puede ser un indicador de que el agua tiene una alta carga orgánica (heces, restos de comida, animales muertos), ya que los desperdicios orgánicos arrojados en los cuerpos de agua son descompuestos por microorganismos que usan el oxígeno en la respiración. De esa forma, cuanto mayor sea la carga de materia orgánica, mayor será el número de microorganismos que descomponen y consecuentemente, mayor el consumo de oxígeno (Vizcarra 2002). Algunos autores como Sipión y Pinedo (2013) establece un valor de ≥ 5.0 mg/ L, otros como Marin (2014) hacen referencia que en las aguas superficiales suelen tener $>7-8$ mg/L. La ausencia total de oxígeno produce la presencia de malos olores como consecuencia de la descomposición de la materia orgánica (Verástegui 2001.p.5-6).

C. Conductividad eléctrica

La conductividad es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad (Marin 2014). Este parámetro mide el contenido total de sales en el agua, esta medición se da en micro siemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Es habitual encontrar valores de 700 umhos/cm a 1200 umhos/cm de manera natural en cuerpos de agua superficiales. El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos (Orellana 2016.p.6).

D. Temperatura

Álvarez y Pérez (2007) mencionan que la temperatura es un parámetro físico que afecta mediciones de otros como pH, alcalinidad o conductividad, más aún la Organización Mundial de la Salud (2006) señala que si la temperatura del agua es alta puede ser potencia para la proliferación de microorganismos ocasionando el aumento de problemas tanto en el sabor, olor, color y corrosión (p.12).

2.2.11. Normativa de los parámetros fisicoquímicos

En cuanto a los parámetros de caudal y temperatura no se registraron valores como máximos y mínimos de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, sin embargo, el pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y turbiedad establecidos por el MINAM (2017) en el Decreto Supremo N° 004-2017 indican lo siguiente.

Que tanto para aguas superficiales destinadas para recreación en la subcategoría 1 - B, como el riego de vegetales y bebida de animales en la categoría 3, deben cumplir con los valores adecuados de los parámetros un valor de pH

entre 6.5 y 8.5 en ambas subcategorías, un valor máximo de conductividad eléctrica de 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en cultivos y 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para bebida de animales, un valor mínimo de 4 y 5 $\text{Mg O}_2/\text{L}$ de oxígeno disuelto para cultivos de tallo alto y bajo, y bebida de animales respectivamente.

Tabla 6

Normativa de los parámetros fisicoquímicos de los ECA - AGUA (D.S-0042017-MINAM)

Parámetro	ECA Cat. 1 – A1- Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	ECA Cat.3 – D1 - Riego de vegetales	ECA Cat. 3 – D2- Bebida de animales
Conductividad			
Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1500	2500	5000
Oxígeno Disuelto (valor mínimo) (mg/L)	≥ 6	≥ 4	≥ 5
Potencial de			
Hidrógeno (pH)	6,5 – 8,5	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	$\Delta 3^*$	$\Delta 3^*$	$\Delta 3^*$

Nota: Fuente El autor, basado en los ECA - AGUA (D.S-004-2017-MINAM).

2.2.12. Correlación de Pearson

Según Gómez (2005) la correlación es la forma numérica en la que la estadística ha podido evaluar la correlación de Pearson de dos o más variables, es decir, mide la dependencia de una variable con respecto de otra variable independiente. El coeficiente de correlación lineal de Pearson viene definido por la siguiente ecuación:

$$r = \frac{\sigma_{x,y}}{\sigma_x \sigma_y}$$

Donde:

$r(x), (y)$ = Coeficiente de correlación

$\sigma_{x,y}$ = Covarianza

σ_x = Desviación típica de (x)

σ_y = Desviación típica de (y)

Las principales propiedades, de la correlación de Pearson tenemos:

- El coeficiente de correlación no varía al hacerlo la escala de medición. Es decir, si expresamos la altura en metros o en centímetros el coeficiente de correlación no varía.
- El signo del coeficiente de correlación es el mismo que el de la covarianza.
- Si la covarianza es positiva, la correlación es directa.
- Si la covarianza es negativa, la correlación es inversa.
- Si la covarianza es nula, no existe correlación.
- El coeficiente de correlación lineal es un número real comprendido entre menos -1 y 1 . Así también $-1 \leq r \leq 1$.
- Si el coeficiente de correlación lineal toma valores entre $\pm 0,96$, $\pm 1,0$ la correlación es perfecta.

- Si el coeficiente de correlación lineal toma valores entre $\pm 0,85$, $\pm 0,95$ la correlación es fuerte.
- Si el coeficiente de correlación lineal toma valores entre $\pm 0,70$, $\pm 0,84$ la correlación es significativa.
- Si el coeficiente de correlación lineal toma valores entre $\pm 0,50$, $\pm 0,69$ la correlación es moderada.
- Si el coeficiente de correlación lineal toma valores entre $\pm 0,20$, $\pm 0,49$ la correlación es débil.
- Si el coeficiente de correlación lineal toma valores entre $\pm 0,10$, $\pm 0,19$ la correlación es muy débil.
- Si el coeficiente de correlación lineal toma valores entre $\pm 0,09$, $\pm 0,0$ la correlación es nula.

2.3. Definición de términos básicos

- **ABI (Índice Biótico Andino):** 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.
- **BMWP/Col (Monitoring Working Party):** es un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macro invertebrados como bioindicadores; para la aplicación del índice sólo se requiere llegar hasta el nivel de familia y los datos son cualitativos, es decir, proporciona información de la presencia o ausencia de los organismos.
- **EPT (índice Ephemeroptera, Plecoptera y Tricoptera):** 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.

CAPÍTULO III

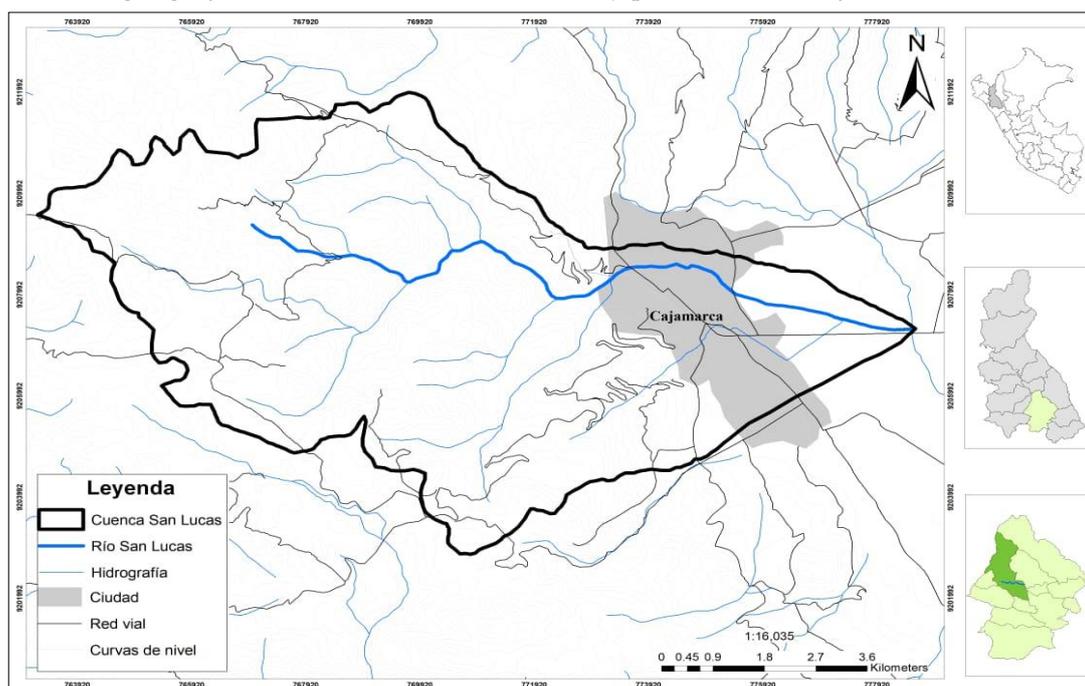
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación de área de estudio

La investigación se realizó en la sub cuenca del río San Lucas, que corresponde a la cuenca del río Cajamarquino, en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca, situado en los Andes del Norte de Perú, ubicada entre las cotas altitudinales 2661 m s.n.m y 3521 m s.n.m, en los pisos ecológicos de Quechua y Jalca, entre las coordenadas 778516 E, 9207308 N y 766390 E, 9209612 N (Figura 1).

Figura 1

Ubicación geográfica del río San Lucas, distrito y provincia de Cajamarca.



Nota: Fuente El autor

3.2. Materiales

3.2.1. Material biológico

- Macro invertebrados bentónicos

3.2.2. Materiales de campo

- Navegador GPS
- Agua destilada
- Alcohol (70%)
- Baldes transparentes
- Botas de jebe
- Cámara fotográfica Nikon 700D
- Etiquetas
- Ficha de registro
- Formatos para la recolección de datos de campo
- Guantes
- Guardapolvo
- Lapicero indeleble
- Lápiz
- Tajador
- Libretas de campo
- Lupa de 10x.
- Mapa de delimitación del área de estudio
- Mascarilla
- Multiparámetro WTW
- Pinzas finas
- Pizeta

- Malla Surber (30 x 30 cm, 250 μ m)
- Wincha

3.2.3. Materiales y equipos de laboratorio

- Bandeja color blanco
- Claves de identificación de macro invertebrados de Roldán (2016), Merritt y Cummins (1996), Carrera y Fierro (2001)
- Colador
- Estereoscopio (Aumento 2x a 40x)
- Frascos de 50 ml y 100 ml.
- Guia de vigilancia ambiental de Flores (2014)
- Pinzas
- Placas petric

3.2.4. Materiales y equipos de gabinete

- Calculadora Casio
- Computadora hp
- Impresora Epson
- Lapicero
- Memoria USB Imation Swivel
- Papelería

3.3. Metodología

La investigación se realizó en tres fases: fase de campo, laboratorio y gabinete.

3.3.1. Fase de campo

A. Selección de las estaciones de muestreo en el río San Lucas

Siguiendo las recomendaciones hechas por Flores (2014) se realizó visitas y recorridos desde la intersección con el río Mashcón hasta la parte naciente del

río San Lucas (caserío Cushunga), durante este recorrido se hizo un mapeo indentificando puntos donde existe contaminación y de fácil acceso (vertidos domésticos, vertidos agrícolas y residuos sólidos). Se definieron 8 puntos de muestreo, 5 puntos en la parte urbana (EM1, EM2, EM3, EM4 y EM5) y 3 en la parte rural del río (EM6, EM7 y EM8), incluyendo el punto de referencia donde nace el río (EM8) (cumpliendo requisitos como: lugar sin agricultura cercana que use fertilizantes químicos, sin actividad minera o residuos domésticos cercanos y características de un río saludable: vida animal diversa, pozas, rápidos, corrientes, orilla verde, diversos tipos de hábitat, borde del río estable, buen color y olor); esto con el fin de analizar cómo va cambiando el estado del ecosistema.

Para poder realizar el trabajo se solicitó un permiso a las autoridades de cada sector correspondiente a la parte alta, media y baja del río (Anexo 2). Para el levantamiento del mapa que ilustre el área de estudio y las estaciones establecidas se utilizó el software Argis 10.2.

A continuación, se muestra la descripción de las estaciones de muestreo:

La estación de muestreo uno (EM1), se localizó en la parte baja del río San Lucas, después del barrio El Porvenir al Sur Este de la ciudad de Cajamarca a una altitud de 2661 m s.n.m. En el río se observó desechos sólidos y descargas de desague de las viviendas.

Figura 2

Ubicación de la EMI en el río San Lucas.



La estación de muestreo dos (EM2), se localizó a 2674 m s.n.m., frente al coliseo municipal Qapacñan, aproximadamente a 100 m. del manatial ubicado en el terreno de la Municipalidad Provincial de Cajamarca. El alcantarillado que recogen las aguas negras de la parte Sur de la ciudad de Cajamarca desemboca en este punto, a 1 m. donde vierte el agua del manatial (orilla izquierda del río), el cual genera malos olores, aumento del caudal y gran cantidad de materia orgánica. Asimismo, se observó acumulación de desechos sólidos y las pobladoras de la ciudad de escasos recursos económicos lavan ropa y la utilizan para consumo humano.

Figura 3

Ubicación de la EM2 en el río San Lucas.



La estación de muestreo tres (EM3), emplazada en el casco céntrico de la ciudad de Cajamarca a 2711 m s.n.m., el río se halla con muros perimétricos de cemento, por lo que su vegetación ribereña es escasa. Se observó gran cantidad de residuos sólidos y animales muertos.

Figura 4

Ubicación de la EM3 en el río San Lucas.



La estación de muestreo cuatro (EM4), estuvo ubicada a espaldas del camal dentro del casco urbano a 2738 m s.n.m., a unos 200 m del arco del triunfo (Av. 13 de julio). En el río se observó desechos sólidos, vertido de excremento y sangre que se desechan directamente al río.

Figura 5

Ubicación de la EM4 en el río San Lucas.



La estación de muestreo cinco (EM5), se ubicó dentro del casco urbano a 2754 m s.n.m. La presión antrópica es mayor, pues existen residuos sólidos y vertidos clandestinos de aguas negras que desembocan en varias partes en la orilla derecha e izquierda del río.

Figura 6

Ubicación de la EM5 en el río San Lucas.



La estación de muestreo seis (EM6), se localizó fuera del casco urbano antes de la intersección del río San Lucas y del río Urubamba a una altitud de 2759 m s.n.m., Sector Ronquillo al Norte de la ciudad de Cajamarca. A pesar que existen pocas viviendas en el sector, se observaron residuos sólidos.

Figura 7

Ubicación de la EM6 en el río San Lucas.



La estación de muestreo siete (EM7), estuvo ubicada en el caserío San Juan de Cushunga Baja a una altitud de 2823 m s.n.m, es una zona dominada por arbustos y pastizales donde la principal actividad es la agricultura y la ganadería.

Figura 8

Ubicación de la EM7 en el río San Lucas.



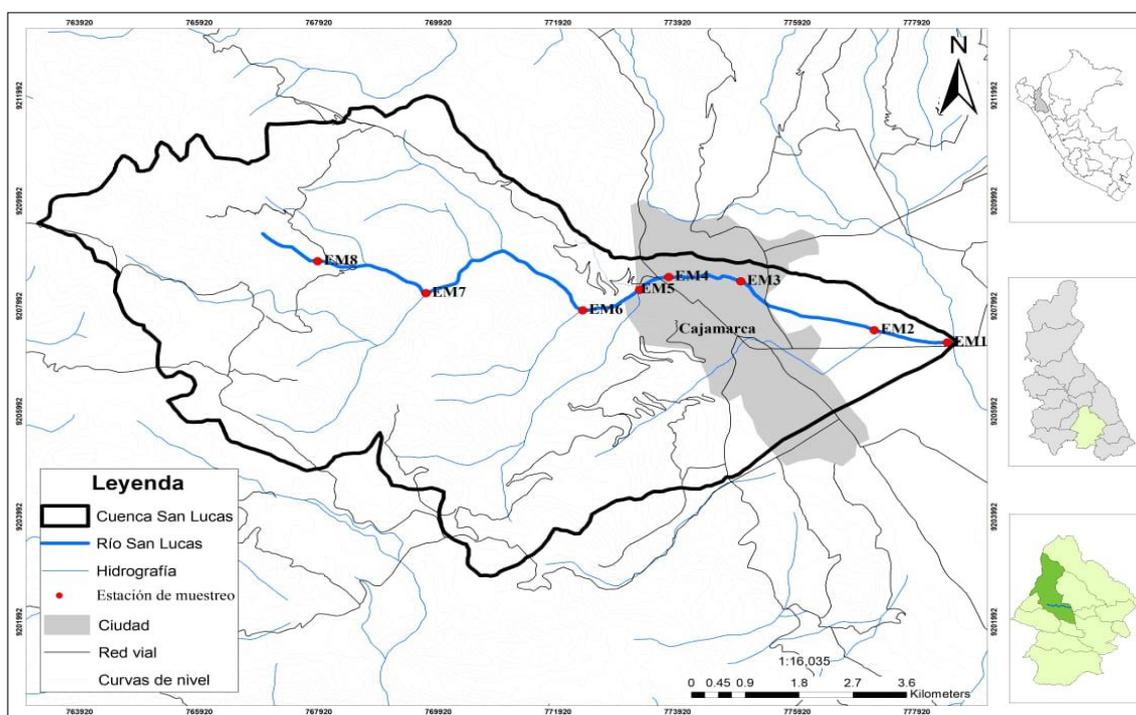
La estación de muestreo ocho (EM8), se ubicó en el caserío San Juan de Cushunga Alta a una altitud de 3521 m s.n.m, es una zona dominada por arbustos y pastizales donde la principal actividad es la agricultura y la ganadería.

Figura 9

Ubicación de la EM8 en el río San Lucas.

**Figura 10**

Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo en el río San Lucas.



Nota: Fuente El autor

Tabla 7

Georreferenciación y descripción de las estaciones de muestreo evaluados en el río San Lucas.

Estación de muestreo	Coordenadas UTM		Descripción	
	Este	Norte		
EM1	778516	9207308	Se localizó en la parte baja del río San Lucas a 2661 m s.n.m, después del barrio El Porvenir al Sur Este de la ciudad de Cajamarca. En el río se observó desechos sólidos y descargas de desague de las viviendas.	
EM2	777133	9207566	Se localizó frente al coliseo municipal Qapacñan, a 2674 m s.n.m, antes del alcantarillado, donde desembocan aguas negras, a 1 m donde vierte el agua de manantial (orilla izquierda del río), el cual genera olores desagradables, aumento del caudal y gran cantidad de materia orgánica.	
EM3	774948	9208441	La estación de monitoreo 3, emplazada en el casco céntrico de la ciudad de Cajamarca a 2711 m s.n.m, el río se halla con muros perimétricos de cemento, por lo que su vegetación riverañea es escasa. Se observó gran cantidad de residuos sólidos y animales muerto.	
EM4	773723	9208529	Ubicada a espaldas del camal dentro del casco urbano, a 2738 m s.n.m, a unos 100 m del arco del triunfo (Av. 13 de julio). En este punto se observó desechos sólidos, vertido de excremento y sangre que el camal arroja directamente al río.	
EM5	773315	9208340	La estación de monitoreo 5, se ubicó dentro del casco urbano a 2754 m s.n.m. La presión antrópica es mayor, pues existen residuos sólidos y vertidos clandestinos de aguas negras que desembocan en varias partes en la orilla derecha e izquierda del río.	
EM6	773267	9208258	La estación de muestreo 6, se localizó fuera del casco urbano antes de la intersección del río San Lucas y del río Urubamba a una altitud de 2759 m s.n.m., Sector Ronquillo al Norte de la ciudad de Cajamarca. A pesar que existen pocas viviendas en el sector, se observaron residuos sólidos.	
EM7	772265	9207883	La estación de muestreo 7, estuvo ubicada en el caserío San Juan de Cushunga Baja a una altitud de 2823 m s.n.m., es una zona dominada por arbustos y pastizales donde la principal actividad es la agricultura y la ganadería.	
EM8	766390	9209612	La estación de muestreo 8, se ubicó en el caserío San Juan de Cushunga Alta a una altitud de 3521 m s.n.m., es una zona dominada por arbustos y pastizales donde la principal actividad es la agricultura y la ganadería.	

Nota: Fuente El autor

B. Recojo de muestras de agua en las estaciones de muestreo del río San Lucas

En cada estación de muestreo se recogió muestras de agua en dos recipientes para cada punto en la época húmeda y seca, consistió en retirar la tapa y contratapa del frasco tratando de evitar el contacto con la parte interna del frasco, luego se enjuagó el recipiente se sumergió en dirección opuesta al flujo del agua evitando la remoción del sedimento, cabe señalar que se consideró un espacio libre de 1% aproximadamente de la capacidad del envase, cuyas muestras fueron transportados hacia el Laboratorio Regional del agua de Cajamarca donde se midieron los parámetros pH, dureza, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, nitritos y nitratos.

Figura 11

Toma de muestras de agua en las estaciones de muestreo del río San Lucas.



C. Recolección y conservación de macro invertebrados bentónicos en las estaciones de muestreo del río San Lucas

Se realizó colectas de macro invertebrados bentónicos en las 8 estaciones de muestreo durante la época húmeda y seca, considerando 100 metros de longitud y la velocidad del agua (rápida, corriente y lenta), naturaleza del sustrato

(grandes rocas, canto rodado, gravas, arenas y limos) y presencia de vegetación de acuerdo, con Flores (2014), en cada estación se realizó 3 repeticiones de recolección utilizando la Red Surber, en diferentes subestaciones para obtener 3 submuestras, las cuales se mezclaron para obtener una muestra compuesta en concordancia con Karr y Chu (1999).

Una vez capturados los macro invertebrados se hizo el tamizaje y se los colocó en la bandeja de fondo blanco, seguidamente mediante el uso de pinzas entomológicas se trasladaron hacia los frascos de plástico esterilizados de 50 ml debidamente rotulados, con alcohol al 70% y una o dos gotas de glicerina para evitar el endurecimiento de las estructuras. Finalmente, se transportó hacia el laboratorio de biología de la Universidad Nacional de Cajamarca, de acuerdo a la metodología descrita por Pino y Bernal (2009).

Figura 12

Recolección de muestras de macro invertebrados bentónicos en las estaciones de muestreo del río San Lucas.



3.3.2. Fase de laboratorio

A. Identificación taxonómica de las muestras de macro invertebrados bentónicos del río San Lucas

La identificación de las muestras se realizó utilizando claves de determinación, descripciones y haciendo uso de la bibliografía especializada tales como “Guía de vigilancia ambiental con macro invertebrados bentónicos en Cajamarca” de Flores (2014), “Guía para la evaluación de las condiciones biológicas de cuerpos de agua utilizando macro invertebrados bentónicos” del Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia (2013), “Guía ilustrada de los macro invertebrados acuáticos”, de Ospina (2007) y “Guía de campo de macro invertebrados de la cuenca del Ebro” de Confederación Hidrográfica del Ebro (2009). Seguidamente, se realizaron comparaciones del material colectado con especímenes de trabajos realizados por la ONG GRUFIDES, con el apoyo del especialista en macro invertebrados bentónicos de esta institución.

Figura 13

Identificación de macro invertebrados bentónicos en el Laboratorio de Fitopatología de la UNC.



3.3.3. Fase de gabinete

A. Sistematización de datos

La información recopilada en campo fue registrada en una base de datos y ordenada de acuerdo a los objetivos de la investigación.

B. Cálculo de la calidad biológica del agua con los índices BMWP, ABI y EPT

Los datos de los organismos identificados se agruparon de acuerdo a la estación de muestreo y a la época (seca y húmeda). Se determinó el índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), ABI (Índice Biológico Andino) y EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), de acuerdo con la metodología de Guinard *et al.* (2013).

La aplicación de los índices ABI y BMWP están basadas en la asignación de puntajes a las familias de macro invertebrados bentónicos, valores de tolerancia a la contaminación comprendidos entre 1 (familias muy tolerantes) y 10 (familias intolerantes). La suma de los valores obtenidos para cada familia detectada en un punto dio el grado de contaminación del área estudiada. La puntuación se asignó una sola vez por familia, independiente al número de individuos encontrados (Armitage *et al.* 1983).

C. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Según la recomendación hecha por González *et al.* (2014) para conocer la influencia de las características físicas pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y temperatura, sobre la distribución y presencia de los macro invertebrados bentónicos, se realizó una Regresión de Pearson entre los índices biológicos ABI y BMWP y las variables físicas evaluadas con ayuda del programa estadístico SPSS.

Para calcular el coeficiente lineal correlacional de Pearson (r), primeramente, se realizarán gráficos de dispersión con la ayuda del programa estadístico SPSS, entre los índices biológicos BMWP y ABI versus el pH, oxígeno disuelto, temperatura y conductividad eléctrica, tanto en la época seca como en la época húmeda.

Si, $0 < r < 1$, existe una Regresión lineal positiva, y será más fuerte cuanto más se aproxime r a 1 y será una Regresión débil cuando r sea más próxima a cero, es decir indica que no hay relación lineal entre las dos variables.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Identificación de macro invertebrados bentónicos del río San Lucas

En las 8 estaciones de muestreo Se identificaron 32 familias, 13 órdenes y 8 clases.

A continuación, se presenta las familias identificadas.

Tabla 8*Familias identificadas en los diferentes puntos de muestreo y épocas*

N°	Clase	Orden	Familia	Puntos de monitoreo																
				1		2		3		4		5		6		7		8		
				EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	
1	Hirudinea	Arhynchobdellida	Erpobdellidae	X	X	X	X			X	X	X	X							
2	Oligochaeta	Opisthopora	Lumbricidae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
3	Arachnida	Acari	Hydracarina					X	X			X	X							
4	Insecta	Coleóptera	Dytiscidae											X	X	X				
5			Elmidae					X			X	X	X	X		X				
6			Gyrinidae											X	X	X		X		
7			Psephenidae											X	X	X		X	X	
8			Ptilodactylidae											X					X	
9		Díptera	Ceratopogonidae				X				X									
10			Chironomidae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
11			Empididae							X		X	X							
12			Ephydriidae			X	X		X	X	X									
13			Limoniidae						X	X										
14			Psychodidae							X										
15			Simuliidae												X	X	X	X	X	X
16			Tabanidae											X	X	X				
17			Tipulidae					X		X		X	X							
18			Ephemeroptera	Baetidae										X	X	X	X	X	X	X
19				Leptophlebiidae										X		X	X	X	X	
20				Oligoneuriidae														X	X	
21			Odonata	Aeshnidae										X		X				
22		Plecoptera	Perlidae											X	X	X	X	X	X	
23		Trichoptera	Calamoceratidae														X	X	X	
24			Leptoceridae														X	X	X	
25			Hydrobiosidae														X	X	X	
26			Hydropsychidae											X	X					
27			Hydroptilidae																X	
28			Polycentropodidae														X	X	X	
29		Malacostraca	Amphypoda	Hyalellidae				X	X					X	X					
30		Bivalvia	Verenoida	Sphaeriidae				X	X											
31		Gastropoda	Basommatophora	Physidae				X	X						X					
32	Turbellaria	Seriata	Planariidae					X				X	X							

Nota: Fuente El autor

EH: época húmeda

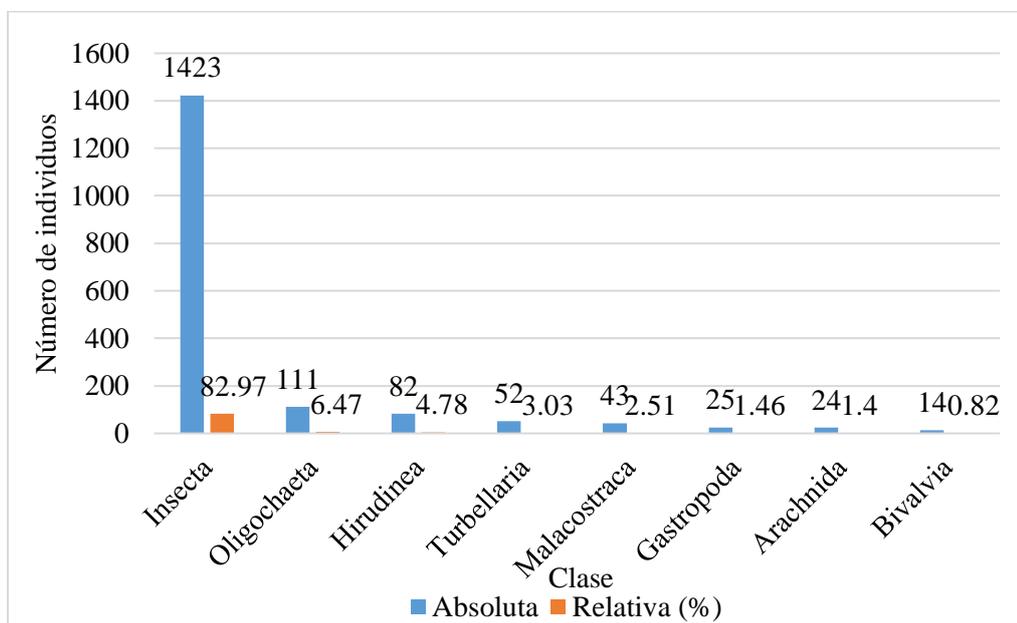
ES: época seca

4.1.1. Clase de los macro invertebrados bentónicos del río San Lucas

Como se observa en la figura 14, los 1774 individuos registrados se clasificaron en 8 clases, de ellos las más representativas son: Insecta con 1423 individuos (82,97%), Oligochaeta con 111 individuos (6,47%), Hirudinea con 82 individuos (4,78%) y Bivalvia con menor abundancia de individuos 14 (0,82%).

Figura 14

Distribución de la clase de macro invertebrados bentónicos según número de individuos.



Los resultados constrostran con los datos obtenidos por Jáuregui (2019) en el río Sendamal, reporta 6 clases de macro invertebrados, siendo la más predominante la Insecta con 8 órdenes y 29 familias se asemeja a los EM8 y EM7 .que están a una altitud 3521 y 2823 a sus puntos de muestreo 1,2 y 3 por las actitudes que esta entre 3411-3258 ademas que en esos puntos los suelos son para ganadería y agricultura Asimismo, difiere con los resultados de Saavedra (2019) en el río Llaucano, donde registra a 4 clases, siendo la más predominante la Insecta con 13 familias, del mismo

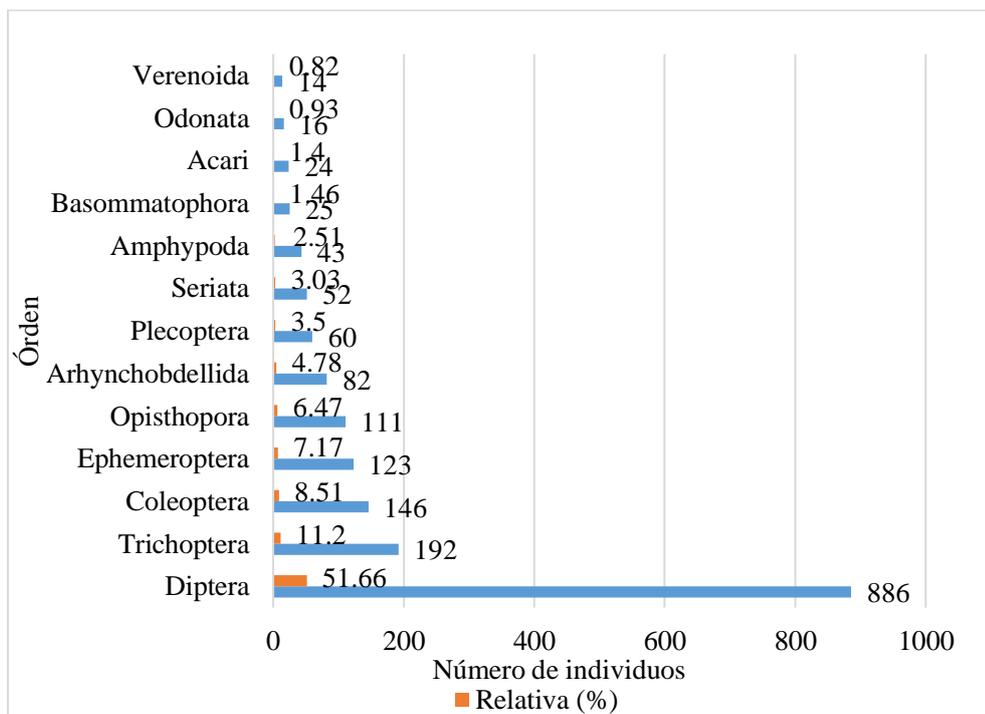
en el punto 3 esta ubicado en el camal municipal de Bambamarca y tiene relacion con el EM4 que esta ubicado en el camal municipal de Cajamarca..

4.1.2. Orden de los macro invertebrados bentónicos del río San Lucas

En la figura 15, se muestra los 13 órdenes de los macro invertebrados bentónicos, siendo los más predominantes la Díptera con 51,66%, Trichoptera con 11,2%, seguido de Coleóptera con 8,51% y con menor abundancia la Verenoida con 0,82%.

Figura 15

Distribución de los órdenes de macro invertebrados según número de individuos.



Los resultados obtenidos se asemejan con la investigación de Jáuregui (2019) en el río Sendamal donde determinó 13 órdenes siendo el orden Insecta con mayor número de individuos. De manera similar, Hoyos (2019), en el río Muyoc, determinó 11 órdenes en las 6 zonas de muestreo, así también Azabache (2018) en el río Mashcón determinó 10 órdenes de macro invertebrados. Mientras que Saavedra (2019) en el río Llaucano encontró 7 órdenes tales como: Ephemeroptera,

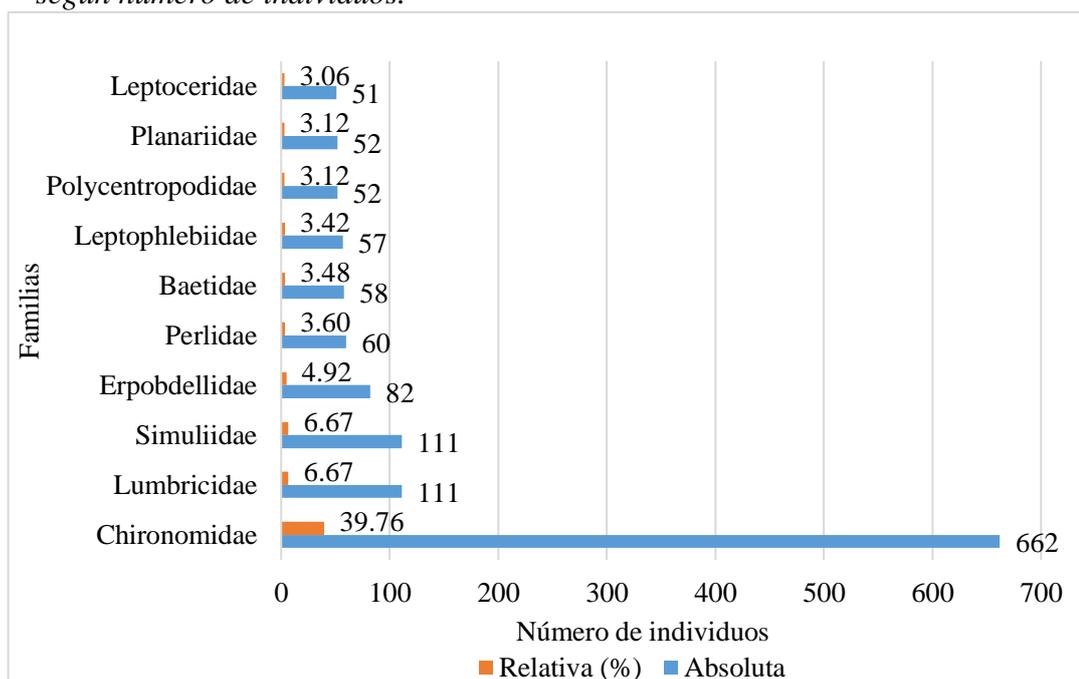
Trichoptera, Díptera, Coleóptera, Bassomathopora, Amphipoda y Lumbricina, siendo las más predominantes el orden Ephemeroptera. De igual forma, Romero y Tarrillo (2017) en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca identificaron 8 órdenes, con una predominancia de las ordenes Díptera, Ephemeroptera, Coleóptera y Plecoptera, algo similar ocurre en los estudios realizados por Guerrero et al. (2003), Paredes et al. (2004) y Terneus et al. (2012) donde las ordenes con familias más abundantes encontradas corresponde a Díptera, Ephemeroptera, Coleóptera y Trichoptera.

4.1.3. Familia de macro invertebrados bentónicos del río San Lucas

La figura 16, muestra las 10 familias más predominantes de las 32 familias identificadas en el río San Lucas, donde Chironomidae representa el 39,76%, Lumbricidae y Simuliidae con 6,67%, seguido de Leptophlebiidae con 4,92% y el resto de familias por debajo del 4,92%.

Figura 16

Distribución de las 10 primeras familias de los macro invertebrados bentónicos según número de individuos.



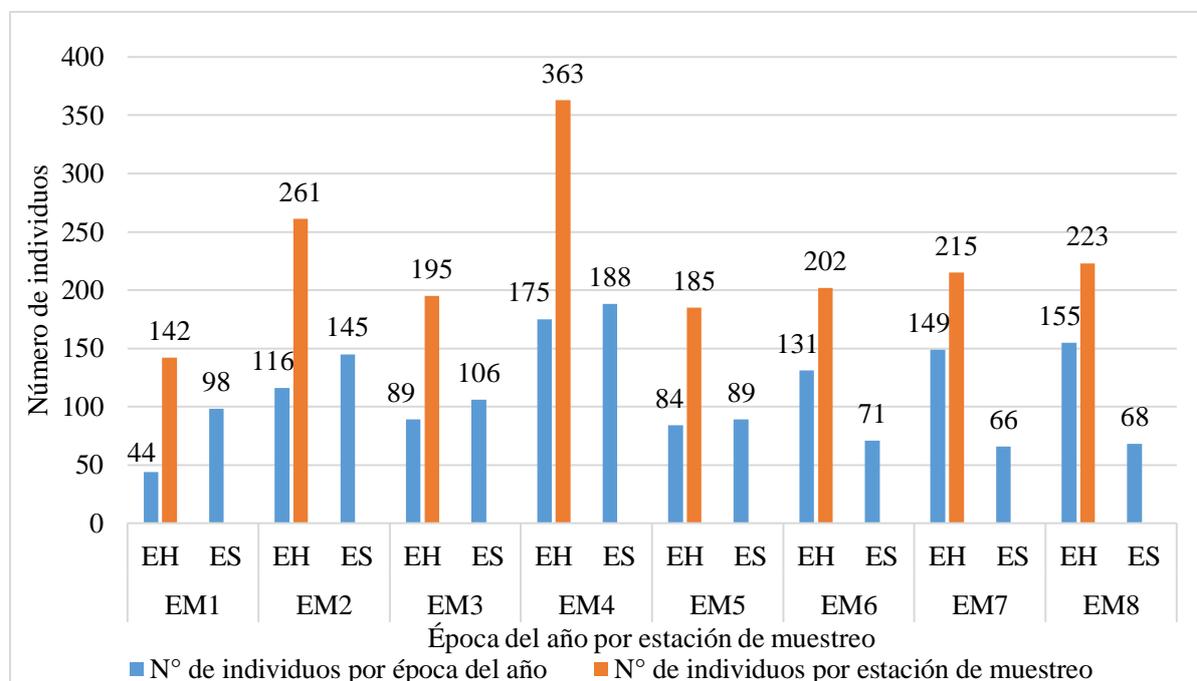
Se observa la misma tendencia al comparar con los hallazgos reportados por Azabache (2018) en el río Mashcón determinó 23 familias de macro invertebrados, de manera similar Romero y Tarrillo (2017) en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca determinaron 17 familias. Del mismo modo Rodríguez (2016) en el río Puyo encontró 27 familias siendo la más predominante la familia Simuliidae. Mientras que, Patiño (2015) en la quebrada la Vieja encontró un total de 260 individuos distribuidos en 5 familias predominando la familia Simuliidae con 250 individuos seguido de Chironomidae con 5 individuos (4 larvas y una pupa).

4.1.4. Número de individuos de macro invertebrados del río San Lucas por época del año y estación de muestreo

La figura 17, refleja el número de individuos identificados en las estaciones de muestreo, en primer lugar está la EM4 el cual es el camal municipal la cual se encontró con 363 individuos de la orden díptera y familia Chironomidae (173 en la EH y 188 en la ES) debido a la alta contaminación de las aguas residuales que se vierte directamente al río San Lucas desde el camal municipal, en segundo lugar, está la EM2 que esta ubicado en el Qhapac Ñan en la cual el río San Lucas es contaminado con aguas residuales que son arrojadas directamente al río sin ningún tratamiento previo por eso la cantidad de 261 individuos de la orden díptera y familia Chironomidae y Éphydriidae (116 en la EH y 145 en la ES) y en último lugar la EM1 con 142 individuos e la orden díptera y familia Chironomidae (44 en la EH y 98 en la ES), debido a la contaminación de aguas mas arriba.

Figura 17

Distribución del número de individuos de macro invertebrados bentónicos según época época del año y estación de muestreo.



4.1.5. Número de familias de macro invertebrados bentónicos por estación de muestreo

En la figura 18, se observa el número de familias por estación de muestreo. El mayor resultado se obtuvo en la EM6 con 14 familias (43,75%), seguido de la EM8 con 13 familias (40,63) y la EM7 con 12 familias (37,5%), el menor resultado se obtuvo en la EM1 con 3 familias (9,38%).

Figura 18

Distribución del número de familias de macro invertebrados bentónicos según estación de muestreo.

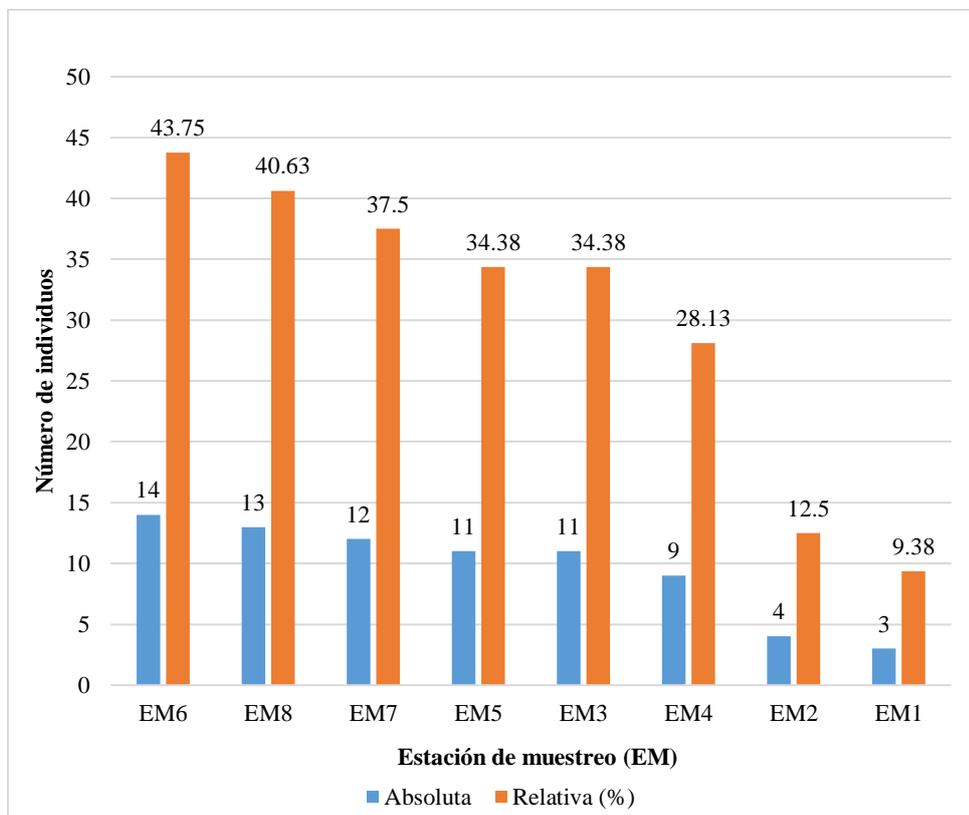


Tabla 9

Análisis de varianza (ANOVA) para las poblaciones de los macro invertebrados bentónicos del río San Lucas

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	P - valor
Repetición	2	165.12	82.56	59.84 **	<0.0001
Estación de muestreo (EM)	7	9860.48	1408.64	38.66 **	<0.0001
Época	1	910.02	910.02	3.51 **	0.0428
EM*Época	7	2320.48	331.5	14.08 **	<0.0001
Error	30	706.21	23.54		
Total	47	13962.31			

*Nota: (**)* significativo

CV = 13,99 %

En la tabla 9, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para las poblaciones de macro invertebrados bentónicos evaluado en el río San Lucas, los cuales indican que existe significación estadística para las repeticiones, dado que, el valor de significación (p-valor = 0.0001) es menor al 0.05.

Para estación de muestreo y época de evaluación se encontró significación estadística, dado que para ambos casos el valor de significación es menor al 0.05, esto indica que los macro invertebrados bentónicos obtenidos en las diferentes estaciones se diferenciaron en su número, del mismo modo, las poblaciones obtenidas en una época difieren significativamente de la otra.

Para la interacción (EM*Época), se encontró significación estadística, dado que, el valor de significación (p-valor = 0.0001) es menor al 0.05, lo cual indica que

las poblaciones fluctúan dependiendo de la época y la estación de muestreo, es decir, que ambos factores influyen en las poblaciones de macro invertebrados bentónicos.

El coeficiente de variación (CV = 13,99 %), indica la variabilidad de los resultados, es decir, que en una misma estación muestreado los resultados fueron variados.

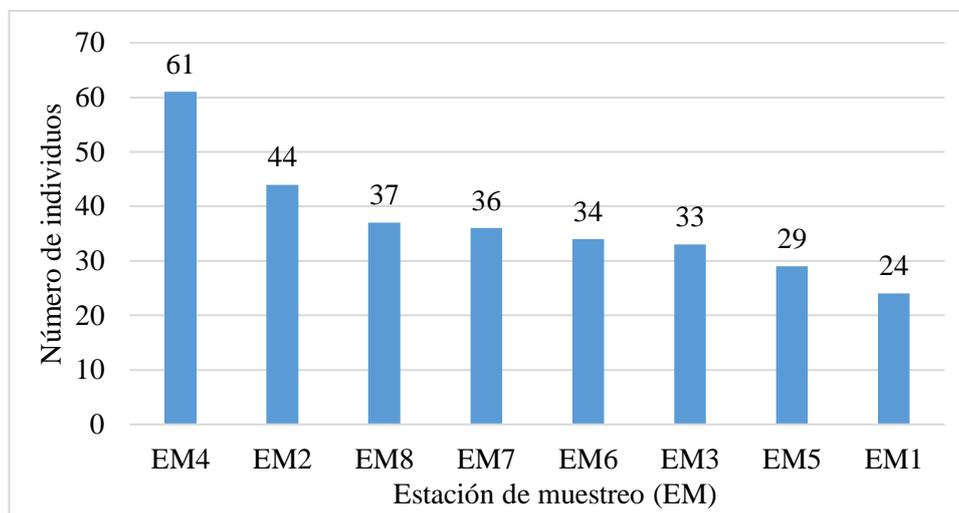
Tabla 10

Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad, para las poblaciones de macro invertebrados bentónicos obtenidos en los diferentes puntos de muestreo.

Estación de muestreo	N° de individuos	Significación al 5 %
EM4	61	A
EM2	44	B
EM8	37	BC
EM7	36	BC
EM6	34	C
EM3	33	C
EM5	39	C
EM1	24	D

Figura 19

Poblaciones de macro invertebrados obtenidos en las diferentes estaciones de muestreo.



En la tabla 10 ó figura 19, se observa la prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para las poblaciones obtenidas en las diferentes estaciones de muestreo. El mayor resultado se obtuvo en el punto 4 (61 individuos), seguido del resultado obtenido en el punto 2 (44 individuos), el menor resultado se obtuvo en el punto 1 (24 individuos). Esto significa que el número de individuos no representa que sea de buena calidad ya que en EM4 y EM2 solo se ha encontrado familias tolerantes a la contaminación como es la chiromidae que por el puntaje de ABI es pésimo y BMWP es muy crítica, así como en EM8 hay menos individuos pero se encontraron familias no tolerantes a la contaminación que tienen un puntaje alto según ABI y BMWP muy bueno y aceptable.

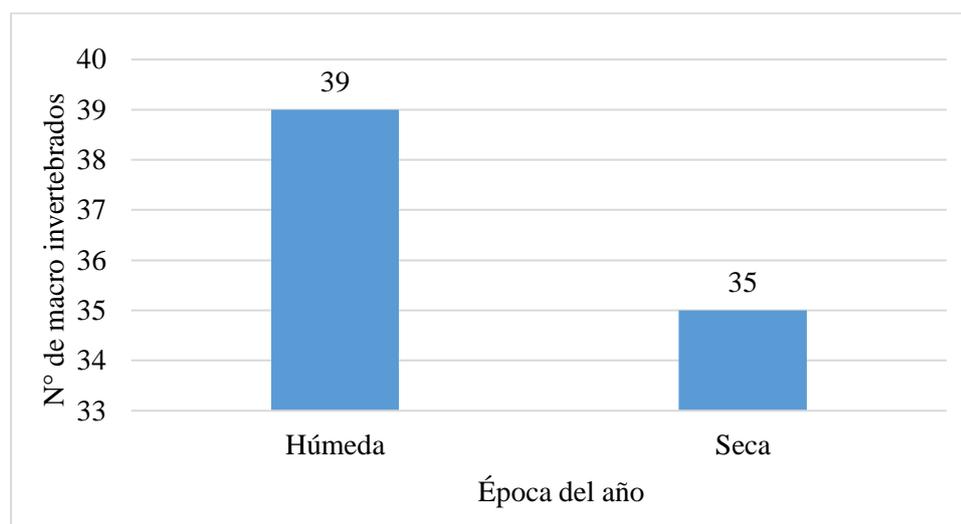
Tabla 11

Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad, para las poblaciones de macro invertebrados bentónicos obtenidos en los diferentes puntos de muestreo

Época	N° de individuos	Significación al 5 %
Húmeda	39	A
Seca	35	B

Figura 20

Poblaciones de macro invertebrados obtenidos en diferentes épocas de muestreo.



En la tabla 11 ó figura 20, se observa la prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad para las poblaciones obtenidas en las diferentes épocas de muestreo. En la época húmeda se obtuvo en promedio 39 macro invertebrados, este resultado es significativamente mayor al que se obtuvo en época seca, en la cual se obtuvo 35 macro invertebrados.

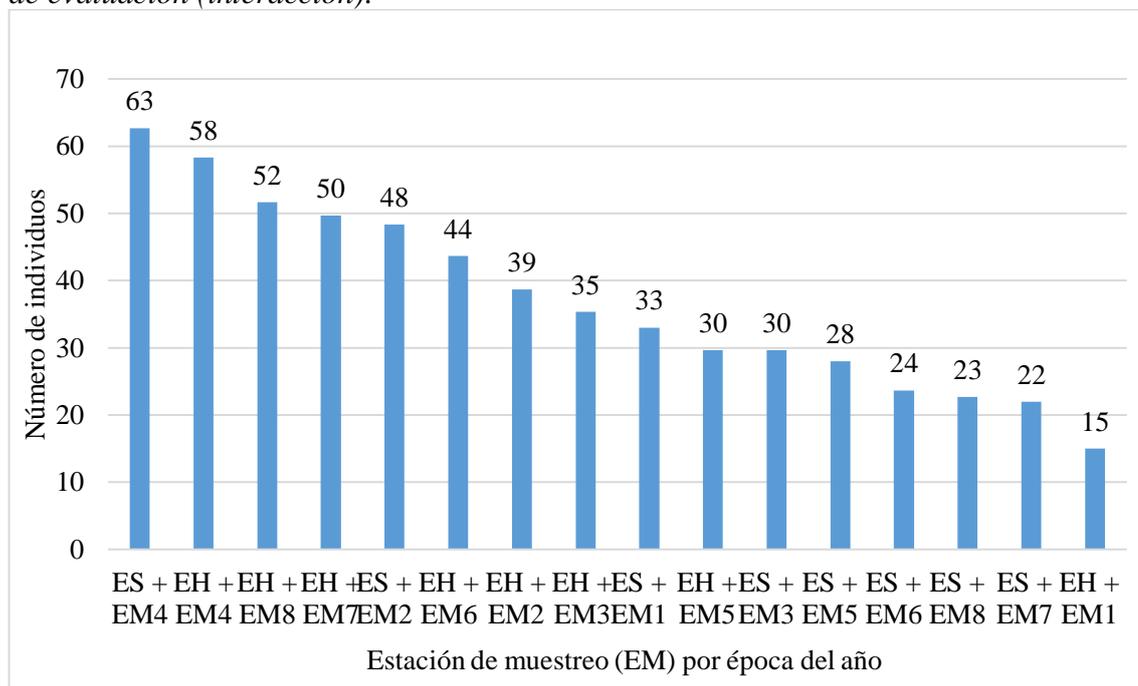
Tabla 12

Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad, para las poblaciones de macro invertebrados obtenidos en función de la época y el punto de evaluación (interacción)

Época	Estación de muestreo	Medias	Significación al 5 %
ES	EM4	63	A
EH	EM4	58	AB
EH	EM8	52	ABC
EH	EM7	50	ABCD
ES	EM2	48	ABCD
EH	EM6	44	BCDE
EH	EM2	39	CDEF
EH	EM3	35	DEFG
ES	EM1	33	EFG
EH	EM5	30	EFG
ES	EM3	30	EFG
ES	EM5	28	FG
ES	EM6	24	G
ES	EM8	23	G
ES	EM7	22	G
EH	EM1	15	H

Figura 21

Poblaciones de macro invertebrados obtenidos en función de la época y la estación de evaluación (interacción).



La tabla 12 ó figura 21, reflejan los resultados de la población de macro invertebrados, según la prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad, para las poblaciones de macro invertebrados obtenidos en función de la época y el punto de evaluación (interacción), indican que las poblaciones fluctuaron entre 15 y 63 macro invertebrados. Los mayores resultados se encontraron en la EM4 en la época seca (63 macro invertebrados) y húmeda (58 macro invertebrados), respectivamente, en la EM8 y EM7 en la época seca (52 y 50 macro invertebrados, respectivamente). Estos resultados son significativamente diferentes al obtenido en la EM1 en la época húmeda (15 macro invertebrados).

4.2. Calidad del agua del río San Lucas en función a los macro invertebrados bentónicos

4.2.1. Índice BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party)

En la tabla 13, se aprecia que el índice biótico BMWP/Col presentó altos valores para las estaciones de muestreo EM6, EM7 y EM8 con 77, 82 y 89 puntos en la época húmeda, y 70; 66 y 88 en la época seca, como consecuencia del gran número de familias registradas en estas estaciones, por lo que la calidad de agua en estos puntos pertenece a la clase II o aguas limpias de buena calidad en la parte alta del río San Lucas. Sin embargo, en la parte baja (EM1, EM2 y EM3) los resultados son muy bajos, esto implica que la calidad del agua pertenece a la clase V (muy crítica) y IV (crítica), de la misma forma en la parte media (EM4 y EM5) la calidad del agua pertenece a la clase IV (crítica) y III (dudosa), finalmente como resultado total la calidad del agua del río San Lucas equivalente a clase III (dudosa) o aguas medianamente contaminada, los resultados se obtuvieron a partir de los puntajes asignados al grado de tolerancia de las familias registradas (Ver anexo 7.4).

Tabla 13

Calidad del agua del río San Lucas, según el índice BMWP/Col

N°	Orden	Familia	BMWP/Col															
			EM1		EM2		EM3		EM4		EM5		EM6		EM7		EM8	
			EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES
1	Arhynchobdellida	Erpobdellidae	3	3	3	3			3	3	3	3						
2	Opisthopora	Lumbricidae	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
3	Acari	Hydracarina					5	5			5	5						
4	Coleoptera	Dytiscidae											9	9	9			
5		Elmidae					6				6	6	6	6			6	
6		Gyrinidae											9	9	9			9
7		Psephenidae													10	10	10	10
8		Ptilodactylidae												10				10
9	Diptera	Ceratopogonidae				3												
10		Chironomidae	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						
11		Empididae							5		5	5						
12		Ephydriidae			0	0	0		0	0								
13		Limoniidae					0		0									
14		Psychodidae							7									
15		Simuliidae											8	8	8	8	8	8
16		Tabanidae									7		7	7				
17	Tipulidae						3	3		3	3							
18	Ephemeroptera	Baetidae							7		7		7	7	7	7	7	7
19		Leptophlebiidae											9		9	9	9	
20		Oligoneuriidae														10	10	
21	Odonata	Aeshnidae									8		8					
22	Plecoptera	Perlidae											10	10	10	10	10	
23	Trichoptera	Calamoceratidae													10	10	10	
24		Leptoceridae													8	8	8	
25		Hydrobiosidae													9	9	9	
26		Hydropsychidae											5	5				
27		Hydroptilidae																
28		Polycentropodidae														9	9	
29	Amphypoda	Hyalellidae					7	7					7	7				
30	Verenoida	Sphaeriidae					4	4										
31	Basommatophora	Physidae					3	3						3				
32	Seriata	Planariidae					5				5	5						
Total			6	6	6	9	33	25	28	6	52	30	87	79	98	86	99	97
Calidad			MC	MC	MC	MC	CRI	CRI	CRI	MC	DU	CRI	ACE	ACE	ACE	ACE	ACE	ACE

EM: Estación de Muestreo; MC: Muy Crítica; CRI: Crítica; DU: Dudosa; ACE: Aceptable

Los resultados son consistentes con lo encontrado por Jáuregui (2019) en su estudio realizado en el río Sendamal, indica que la condición del agua en la época seca es de calidad aceptable y en la época húmeda de calidad dudosa. De igual forma Saavedra (2019) en el río Llaucano determinó que la calidad del agua dudosa. En contraste Hoyos (2019) en el río Muyoc Grande, Miguel Iglesias, indica que tanto en la época seca y húmeda el agua es de calidad “crítica”. Bullón (2016) en la cuenca del río Perene, Chamchamayo encontró agua de calidad aceptable en el punto 7 y a diferencia de ello, aguas de moderada contaminación en el punto 2.

4.2.2. Índice Biótico Andino (ABI)

En la tabla 14, se observa los resultados obtenidos al aplicar el índice ABI en cada estación de muestreo y época de monitoreo, donde en las estaciones (EM1, EM2 y EM3) ubicadas en la parte baja, se registró agua de calidad pésima y mala, con familias como: Chironomidae, Lumbricidae y Erpobdellidae; en la parte media (EM4 y EM5) se determinó agua de calidad mala y moderada respectivamente, con familias como: Chironomidae, Lumbricidae y Elmidae, y en la parte alta (EM6, EM7 y EM8) pertenecen a la categoría muy bueno, encontrándose familias como: Baetidae, Leptophlebiidae, Oligoneuriidae, Perlidae, Calamoceratidae, Leptoceridae, Hydrobiosidae, Hydroptilidae y Polycentropodidae poseedoras del mayor puntaje de sensibilidad (8, 9 y 10) y es que sólo viven en hábitats no contaminadas (Ver anexo 7.5). En promedio el río San Lucas presenta puntaje promedio de 36 con agua de calidad moderada.

Tabla 14

Calidad del agua del río San Lucas, según el ABI

N°	Orden	Familia	ABI															
			EM1		EM2		EM3		EM4		EM5		EM6		EM7		EM8	
			EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES
1	Arhynchobdellida	Erpobdellidae	0	0	0	0			0	0	0	0						
2	Opisthoptera	Lumbricidae	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
3	Acari	Hydracarina					4	4			4	4						
4	Coleoptera	Dytiscidae											3	3	3			
5		Elmidae					5				5	5	5	5		5		
6		Gyrinidae											3	3	3			3
7		Psephenidae													5	5	5	5
8		Ptilodactylidae											5					5
9	Diptera	Ceratopogonidae				4												
10		Chironomidae	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						
11		Empididae							4		4	4						
12		Ephydriidae			2	2	2		2	2	2							
13		Limoniidae					4		4									
14		Psychodidae							3									
15		Simuliidae											5	5	5	5	5	5
16		Tabanidae									4		4	4				
17	Tipulidae					5	5			5	5							
18	Ephemeroptera	Baetidae						4		4		4	4	4	4	4	4	
19		Leptophlebiidae										10		10	10	10	10	
20		Oligoneuriidae														10	10	
21	Odonata	Aeshnidae								0			0					
22	Plecoptera	Perlidae										10	10	10	10	10	10	
23	Trichoptera	Calamoceratidae												10	10	10		
24		Leptoceridae												8	8	8	8	
25		Hydrobiosidae												8	8	8	8	
26		Hydropsychidae										5	5					
27		Hydroptilidae															6	
28		Polycentropodidae													8	8	8	8
29	Amphypoda	Hyaellidae				0	6					6	6					
30	Verenoida	Sphaeriidae				0	0											
31	Basommatophora	Physidae				3	3						3					
32	Seriata	Planariidae				5				5	5							
Total			3	3	5	9	26	21	25	5	36	26	60	48	74	73	81	79
Calidad			PES	PES	PES	PES	MA	MA	MA	PES	MO	MA	BU	BU	BUE	BUE	MBU	MBU

EM: Estación de Muestreo; EH: Época Húmeda; ES: Época Seca; PES: Pésimo; MA: Malo; MO: Moderado; BU: Bueno; MBU: Muy Bueno

Los resultados se asemejan con la investigación realizado por Hoyos (2019) en el río Muyoc Grande, donde en la época seca determinó agua de calidad moderada y en la época húmeda agua de calidad mala, así también Saavedra (2019) indica que la calidad del agua del río Llaucano según el ABI es moderado. Del mismo modo Azabache (2018) en el río Porcón en la época de lluvia determinó agua de calidad pésima y en el río Grande en la época de sequía agua de calidad excelente. Romero y Tarrillo (2017) en el río en los 5 puntos de monitoreo determinó la calidad del agua entre buena, moderada y mala.

4.2.3. Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT)

La tabla 15, muestra los resultados de la calidad del agua del río San Lucas, según el índice EPT en la parte alta (EM6, EM7 y EM8) es de calidad muy buena, mientras que en la parte baja (EM1, EM2 y EM3,) es de calidad mala y en la parte media (EM4 y EM5) agua de calidad regular. El índice EPT presentó una tendencia a aumentar de manera sutil hacia la parte alta del río San Lucas en las estaciones EM6, EM7 y EM8, con una gran influencia dentro de estos tres órdenes por parte de la familia Baetidae, Leptophlebiidae, Oligoneuriidae, Perlidae, Calamoceratidae, Leptoceridae, Hydrobiosidae, Hydroptilidae y Polycentropodidae. En tanto que el índice de los Díptera, Arhynchobdellida y Opisthopora fue mayor en la parte baja y media del río, con una fuerte incidencia dentro de estos órdenes la familia Chironomidae, Lumbricidae y Erpobdellidae (Ver anexo 7.6).

Lo que indica que la contaminación que se evidencia en estos lugares sea posiblemente debido a que existen gran descarga de aguas negras directamente al río especialmente en la parte baja frente al coliseo Qapacñan de la ciudad de Cajamarca, otro factor que podría afectar son los residuos sólidos.

Tabla 15*Calidad del agua del río San Lucas, según el índice EPT*

Estación de Muestreo	EPT					
	EH	Calidad	Clase	ES	Calidad	Clase
EM1	0	Mala	IV	0	Mala	IV
EM2	0	Mala	IV	0	Mala	IV
EM3	0	Mala	IV	0	Mala	IV
EM4	0	Mala	IV	0	Mala	IV
EM5	10,1	Mala	IV	0	Mala	IV
EM6	31,3	Regular	III	19,7	Mala	IV
EM7	62,4	Buena	II	81,8	Muy buena	I
EM8	74,8	Muy buena	I	76,6	Muy buena	I

EH: Época Húmeda; **ES:** Época Seca

Se observa la misma tendencia al comparar con los resultados reportados por Hoyos (2019) en su estudio realizado en río Muyoc Grande, Miguel Iglesias, en los 6 puntos de muestreo determinó agua de calidad “Pobre”. Saavedra (2019) en su investigación realizado en el río Llaucano indica que en la parte alta la calidad de agua es limpia, en la parte media moderadamente limpia, y en la zona baja agua de calidad pobre. Así mismo guarda relación con Gonzales y Maestre (2014) en su estudio de evaluación de la calidad del agua de quebradas, concluye que la quebrada Romerales tiene una calidad regular en las estaciones E1 y E3, mientras que en la E2 una calidad buena.

4.3. Calidad del agua del río San Lucas en función a los parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos evaluados en las ocho estaciones de muestreo del río San Lucas, fueron analizadas en el Laboratorio Regional del agua. A continuación se muestran los resultados.

Tabla 16*Resultados de los parámetros fisicoquímicos evaluados en el río San Lucas*

Época húmeda									
Parámetro	Unidad	EM1	EM2	EM3	EM4	EM5	EM6	EM7	EM8
pH	pH	7.43	7.36	7.37	7.38	7.30	7.36	7.42	7.26
Conductividad	us/Cm	233.0	1447.0	771.5	604.5	534.5	428.0	361.0	326.5
Oxígeno disuelto	mg/L	1.6	1.8	4.1	4.1	4.3	6.6	6.2	6.8
Temperatura	°C	24	26.3	23.4	26.6	21	15	13,2	13,9
Nitrito (NO ₂ -)	mg/L	<LCM	<LCM	8.642	6.559	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Nitrato (NO ₃ -)	mg/L	5.782	2.23	2.31	22.340	21.082	2.561	2.954	1.234
Época seca									
Parámetro	Unidad	EM1	EM2	EM3	EM4	EM5	EM6	EM7	EM8
pH	pH	4.5	3.73	5.37	6.38	6.44	7.83	8.21	8,32
Conductividad	us/Cm	1488	1497	884.2	791.1	651	532	441.0	419.5
Oxígeno disuelto	mg/L	1.04	1.1	3.8	4	4.7	6.2	6.5	6.6
Temperatura	°C	25.1	26.5	24.3	26.9	23	16	15	14.8
Nitrito (NO ₂ -)	mg/L	<LCM	<LCM	8.971	6.665	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Nitrato (NO ₃ -)	mg/L	6.374	8.54	6.73	20.23	20.93	1.894	1.315	1.041

EM: Estación de Muestreo; LCM: Límite de Cuantificación del Método; valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas).

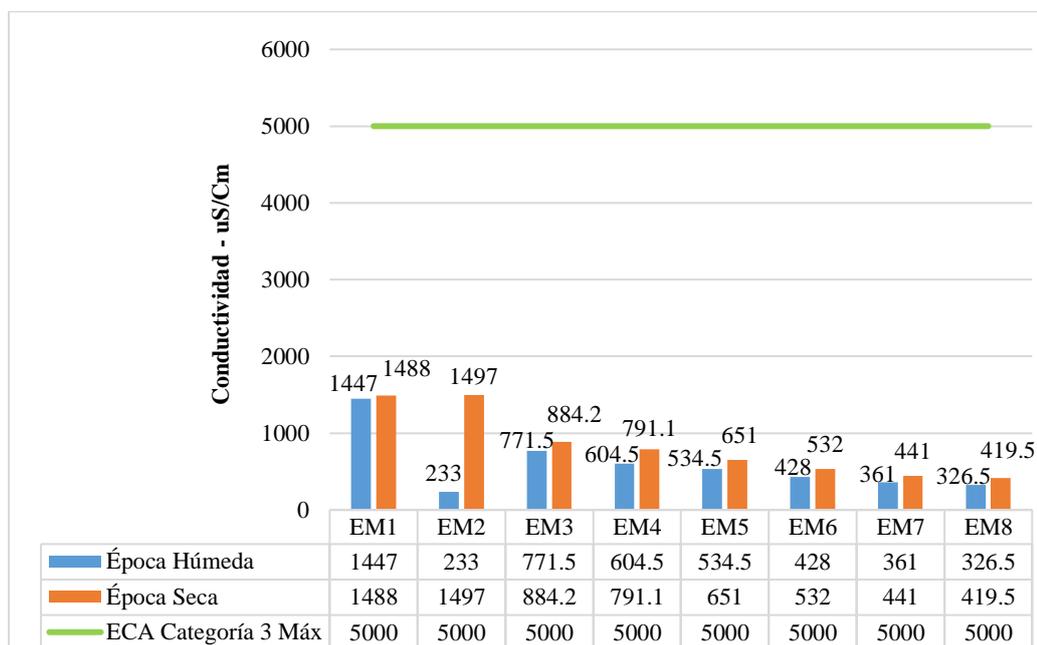
Los valores de pH registrados en la parte alta se asemejan mientras que en la parte baja y media del río San Lucas (época seca) contrastan con los resultados de la investigación de Bullón (2016) en el río Tulumayo y río Perené, donde registró valores entre 7,2 y 8 variaciones que se encuentran dentro de los rangos naturales para la vida acuática. Del mismo modo Jáuregui (2019) en el río Sendamal determinó valores que oscilan entre 8,38 y 8,78 unidades en nueve estaciones de monitoreo, así también Hoyos (2019) en el río Muyoc encontró valores de pH entre 8,16 y 8,79. De manera similar Saavedra (2019) en el río Llaucano, muestra valores de pH entre 8,24 y 9,27, indicando de esta manera un nivel ligeramente básico en el agua.

4.3.2. Conductividad Eléctrica

La figura 23, muestra los niveles de la conductividad, valores que fluctúan entre 233 y 1447 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la época húmeda y entre 419, 5 y 1497 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la época seca. El valor más alto se registró en la EM2 en la época seca (1497 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y el mínimo (233 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en la EM2 en la época húmeda. Estas concentraciones altas en especial en la época de sequía, se deben a la presencia de iones, aniones y, que se concentran por efecto de la evaporación y la disminución de las lluvias. Además, los procesos de degradación de la materia orgánica aceleran la concentración de iones en el agua (Chalarca *et al.* 2007). La estación EM1 fue la que registró los máximos valores durante todas las épocas de muestreo. Los valores de conductividad se encuentran dentro del rango de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, categoría 3 (N° 004-2017-MINAM), es decir, menores a 1500 y 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Figura 23

Niveles de conductividad en las estaciones de monitoreo del río San Lucas.



Se observa la misma tendencia al comparar con los resultados reportados por Hoyos (2019) en el río Muyoc donde encontró valores de conductividad entre 224,3 y 322,2 uS/cm. De manera similar Saavedra (2019) en el río Llaucano, muestra valores entre entre 167.8 y 363 μ S/cm. Así también Jáuregui (2019) en el río Sendamal determinó valores que oscilan entre 300,5 – 404,5 μ S/cm. Del mismo modo coincide con los resultados de la investigación de Bullón (2016) en el río Tulumayo y río Perené, donde registró valores entre 130 y 251,4 μ S/cm.

4.3.3. Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto oscila entre 1,6 y 6,8 mg/L en la época húmeda y entre 1,1 y 6,6 mg/L en la época seca (Figura 24). Durante las dos épocas de monitoreo se registró un promedio mayor de oxígeno disuelto en las estaciones EM6, EM7 y EM8 (parte alta del río), y más bajos valores en las estaciones EM1 y EM2 (parte baja del río). Estas fluctuaciones en la concentración de oxígeno están influenciadas por la

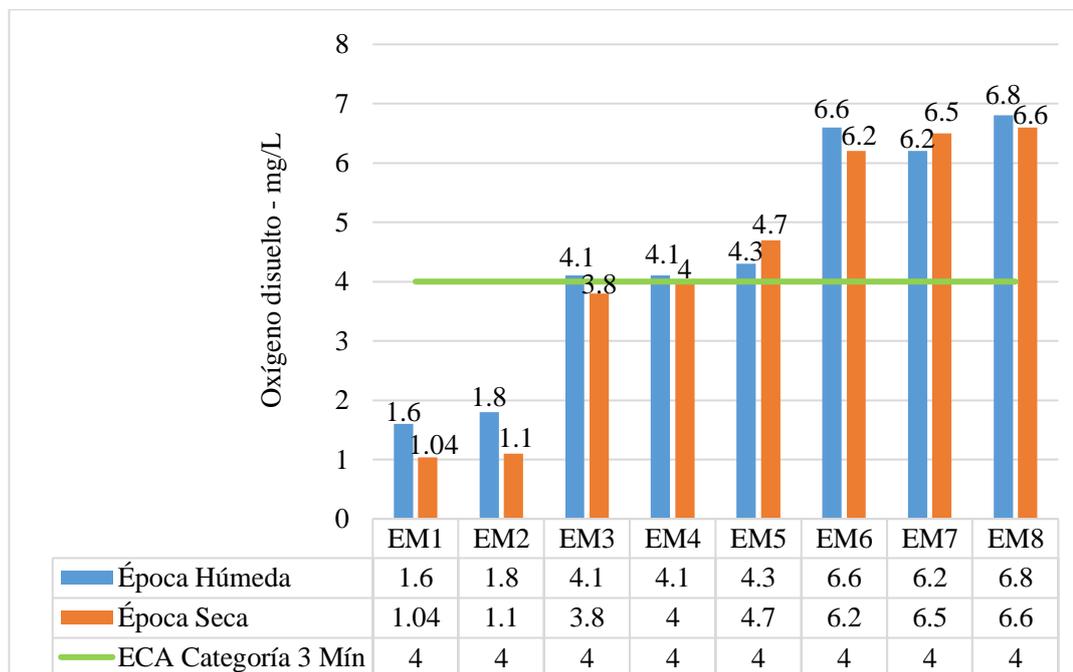
interacción con la atmósfera y por los procesos fotosintéticos, y respiratorios que se producen en el agua. Las estaciones con menores concentraciones fue la EM1 y EM2 durante todas las épocas de muestreo, y se encuentran por debajo del rango de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, categoría 3 (N° 004-2017-MINAM), debido a la descarga directa de aguas negras en estos sitios.

Otras estaciones que registraron bajos valores fueron la EM3, EM4 y EM5 cuando su diversidad de macro invertebrados fue baja. Esto puede deberse a que cuando los niveles de oxígeno disuelto son reducidos, el consumo de oxígeno en los procesos de degradación de la materia orgánica agota dicho gas y las condiciones anóxicas que se generan son inapropiadas para la mayoría de los invertebrados. La presencia o ausencia de oxígeno determina qué tipo de microorganismos (aerobios o anaerobios) son los dominantes y por lo tanto influye en la capacidad del agua para llevar a cabo procesos de auto purificación en el ecosistema acuático (Pérez y Rodríguez 2008).

Los mayores valores de oxígeno disuelto se registraron en la EM6, EM7 y EM8 en todas las épocas y por ende se encuentran dentro del rango de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, categoría 3 (N° 004-2017-MINAM), debido a que estas estaciones son cabeceras de cuenca del río San Lucas que cuentan con espejo de agua transparente que permite la reaireación superficial, por lo que existe macro invertebrados de agua oxigenadas.

Figura 24

Niveles de oxígeno disuelto en las estaciones de monitoreo del río San Lucas.



Los resultados contrastan con lo obtenido por Jáuregui (2019) en el río Sendamal, y Hoyos (2019) en el río Muyoc, donde determinaron valores de oxígeno disuelto entre 6,5 – 9,1 mg/L y entre 6,27 – 8,49 mg/L respectivamente. Así también Saavedra (2019) en el río Llaucano, encontró valores de O₂ entre 7,13 y 8,15 mg/L. Del mismo modo Bullón (2016) en el río Tulumayo y río Perené encontró valores de O₂ que oscilan entre 6,7 y 8,05 mg/L.

4.3.4. Temperatura

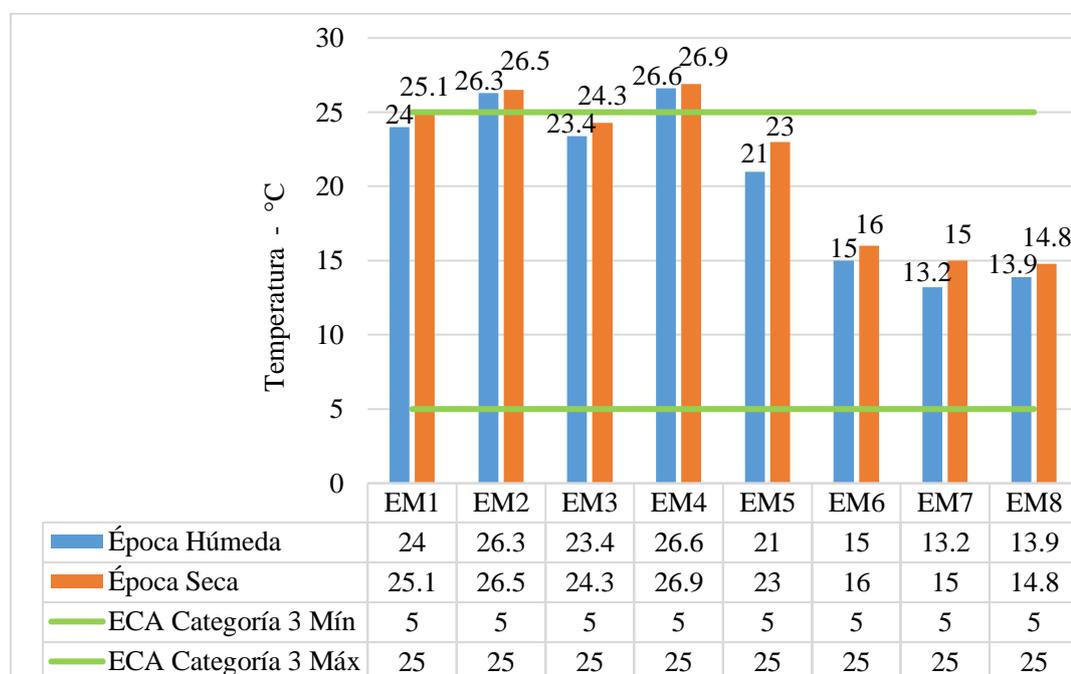
La temperatura fluctuó entre 13.2 y 26,9 °C (Figura 25). La EM1, EM2 y EM4 mostraron los datos más altos, en las dos épocas. Los menores valores se midieron en la EM6, EM7 y EM8 en las dos épocas. Los valores de temperatura obtenidos en la EM1, EM2 y EM4 (25,1 – 26,9 °C) están por encima de los Estándares de Calidad Ambiental, Categoría 3 (N° 004-2017-MINAM). Es muy

posible que la presencia de la zona urbana y los aportes de aguas residuales contribuya a provocar esta mayor variabilidad.

La temperatura influye en la estacionalidad de las especies, así como en la del hábitat, ya que afecta directamente el crecimiento y el desarrollo de los organismos, e indirectamente a la calidad y cantidad de alimento disponible (Velasco 1989).

Figura 25

Niveles de oxígeno disuelto en las estaciones de monitoreo del río San Lucas.



Los resultados concuerdan el estudio de Bullón (2016) en el río Tulumayo y río Perené, donde encontró valores que oscilan entre 20 y 23,22 °C. Mientras que Jáuregui (2019) en el río Sendamal, y Hoyos (2019) en el río Muyoc, determinaron valores de oxígeno disuelto entre 10 a 17 °C y entre 7,5 a 10 °C respectivamente. Así también Saavedra (2019) en el río Llaucano, y Azabache (2018) en el río Mashcón y río Grande encontró valores entre 14.1 a 15.5 °C y entre 11,90 y 14, 20 °C.

Los resultados concuerdan el estudio de Jáuregui (2019) en el río Sendamal, y Hoyos (2019) en el río Muyoc, determinaron valores de oxígeno disuelto entre 0.096 - 1.268 mg/L, y entre 0,127 - 1,297 mg/L respectivamente.

4.4. Regresión Índice Biológico Andino versus los parámetros físicoquímicos evaluados en el río San Lucas

4.4.1. Regresión entre Índice Biológico Andino y el potencial de hidrógeno (pH)

La Figura 27 y 28, de dispersión en función de las varianzas entre las variables ABI y pH, existe una regresión negativa débil ($r = -0,4079$) para la época húmeda, lo que indica que no existe una regresión clara, debido a que una regresión más próxima a cero indica que no hay relación lineal entre las dos variables, y para la época seca existe una regresión positiva fuerte ($r = 0,8786$), siendo así el índice ABI proporcional al pH. El coeficiente de determinación ($r^2 = 0,1664$) en la época húmeda y ($r^2 = 0,7703$) en la época seca, indica que el pH influye en un 16% y 77% sobre el ABI. Las ecuaciones lineales obtenidas de este análisis de regresión son: ($y = -0,0008x + 7,39$) y ($y = 0,0484x + 4,7844$).

Figura 27

Regresión entre el Índice Biológico Andino y el pH en la época húmeda.

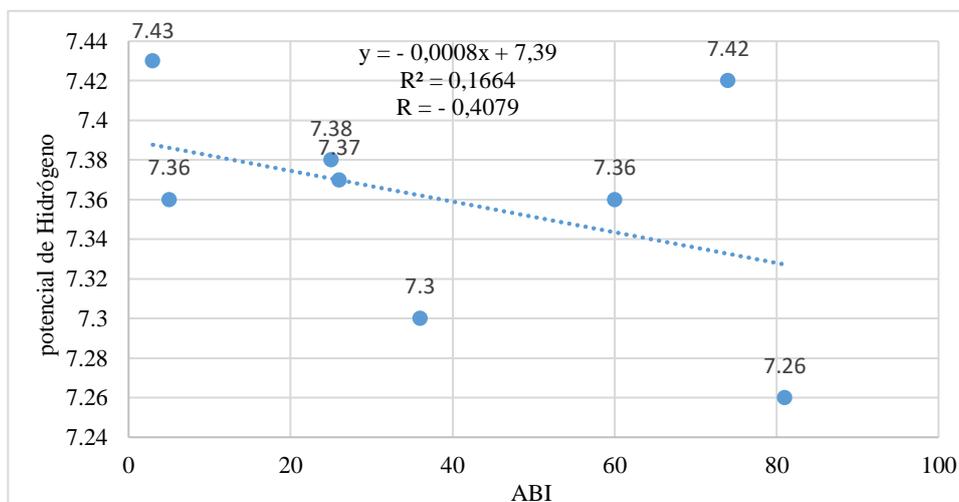
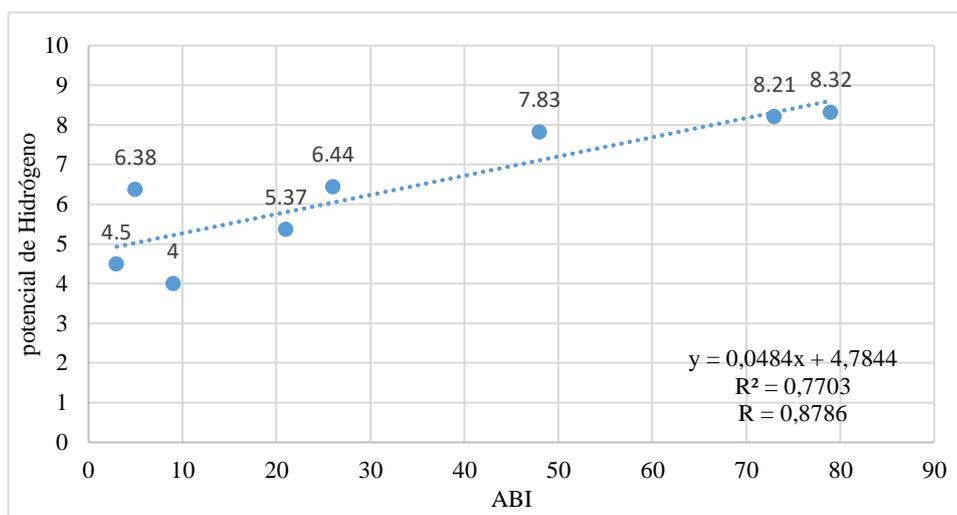


Figura 28

Regresión entre Índice Biológico Andino y el pH en la época seca.

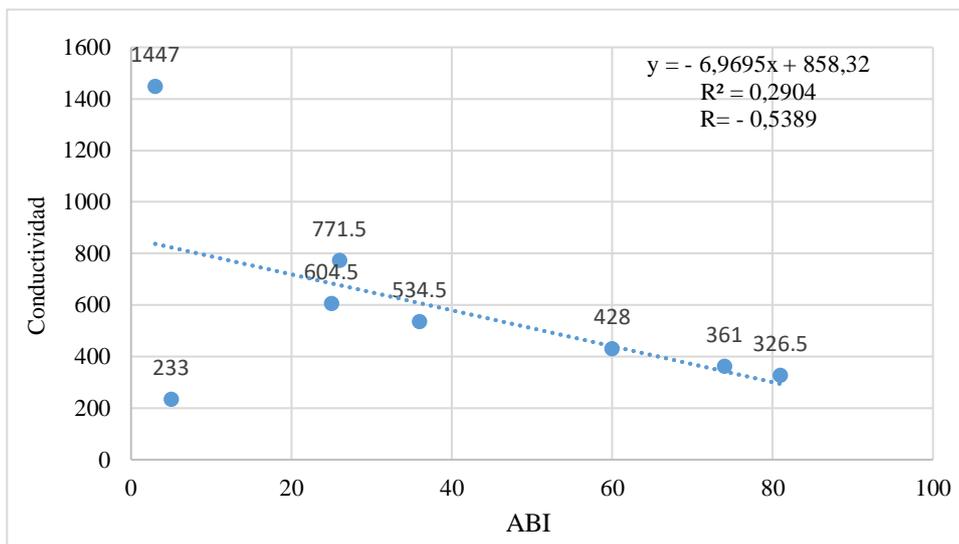


4.4.2. Regresión entre Índice Biológico Andino y la conductividad

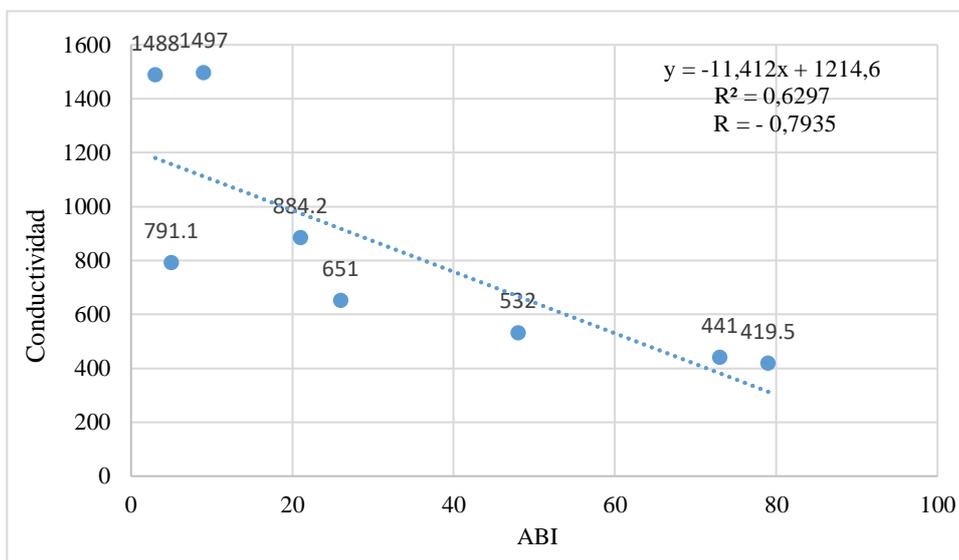
La Figura 29 y 30, la regresión entre el índice biológico ABI y la conductividad para la época de lluvia es negativa moderada ($r = -0,5389$), lo que indica que no existe una regresión clara; y para la época seca indica que existe una regresión negativa significativa ($r = -0,7935$), es decir que estas dos variables son inversamente proporcionales (si la conductividad aumenta el ABI disminuye y por el contrario). El coeficiente de determinación ($r^2 = 0,2904$) en la época húmeda y ($r^2 = 0,6297$) en la época seca, indica que la conductividad influye en un 29% y 62% sobre el ABI. Las ecuaciones lineales obtenidas de este análisis de regresión son: ($y = -6,9695x + 858,32$) y ($y = -11,412x + 1214,6$).

Figura 29

Regresión entre Índice Biológico Andino y la conductividad en la época húmeda.

**Figura 30**

Regresión entre Índice Biológico Andino y la conductividad en la época seca.



4.4.3. Regresión entre Índice Biológico Andino y el oxígeno disuelto

La Figura 31 y 32, la regresión entre el índice biológico ABI y el oxígeno disuelto para la época húmeda es positiva perfecta ($r = 0,9635$), y para la época seca indica que existe una regresión positiva fuerte ($r = 0,8625$), siendo así el índice ABI proporcional al oxígeno disuelto. Según González et al. (2008), si $0 < r < 1$, existe una regresión lineal positiva, y será más fuerte cuanto más se aproxime r a 1. El coeficiente de determinación ($r^2 = 0,9284$) en la época húmeda y ($r^2 = 0,7439$) en la época seca, indica que el oxígeno disuelto influye en un 92% y 74% sobre el ABI. Las ecuaciones lineales obtenidas de este análisis de regresión son: ($y = 0,0652x + 1,9121$) y ($y = 0,0639x + 2,1342$).

Figura 31

Regresión entre Índice Biológico Andino y el oxígeno disuelto en la época húmeda.

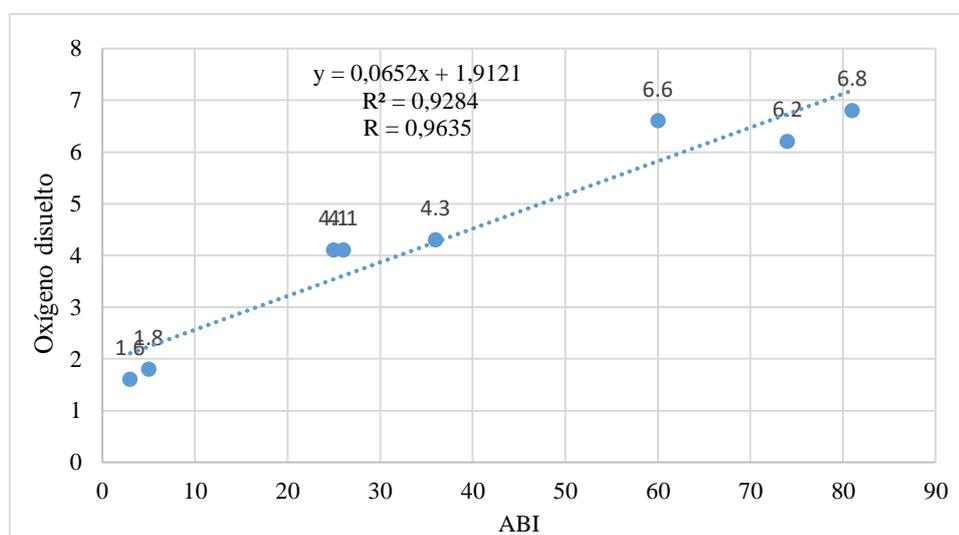
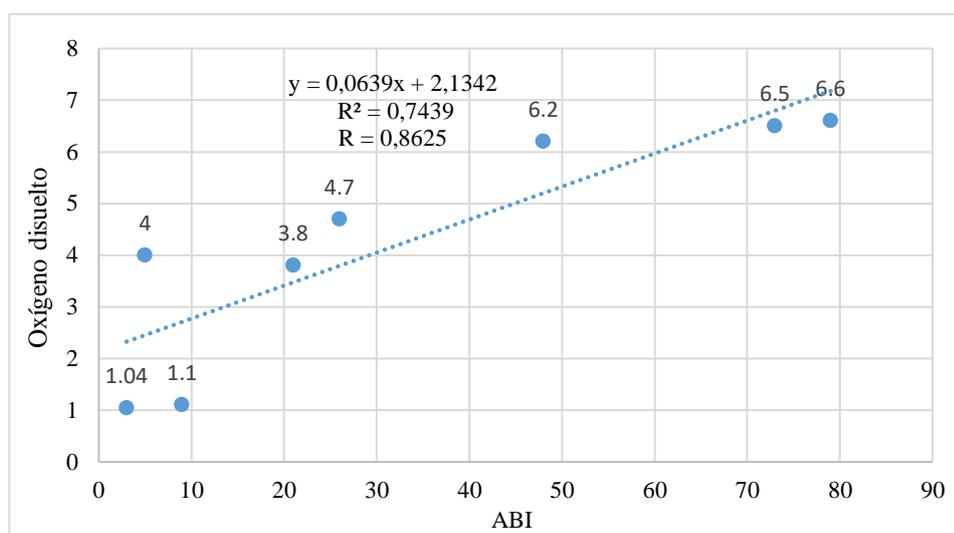


Figura 32

Regresión entre Índice Biológico Andino y el oxígeno disuelto en la época seca.

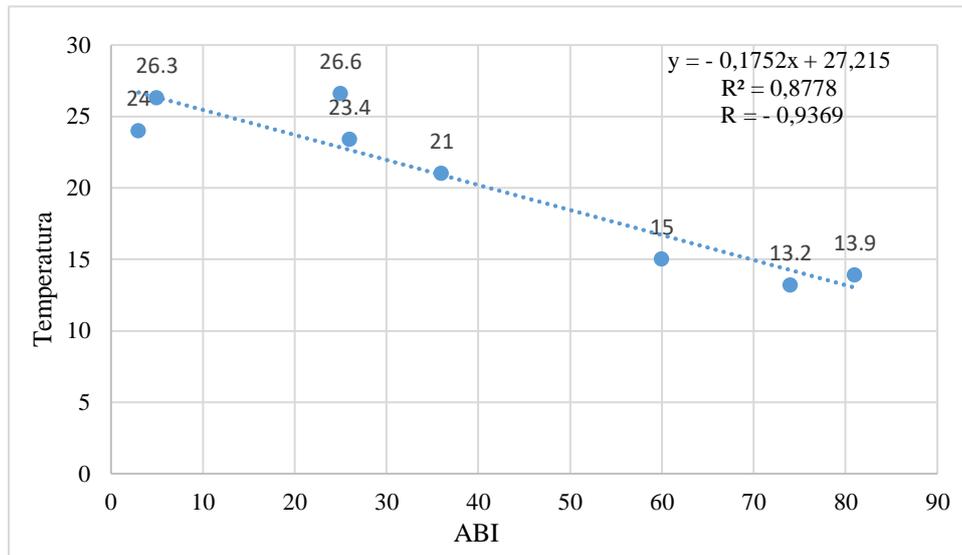


4.4.4. Regresión entre Índice Biológico Andino y la temperatura

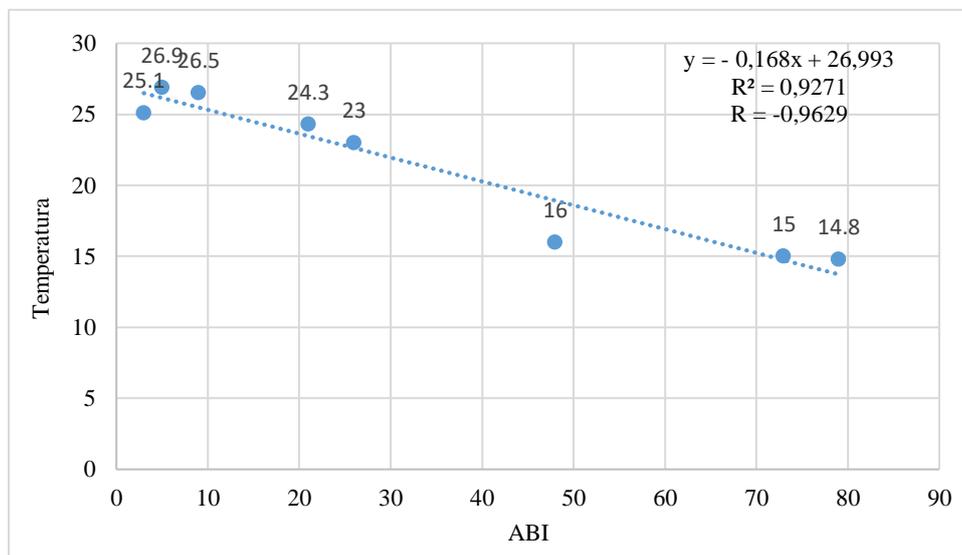
La Figura 33 y 34, la Regresión entre las variables ABI y la temperatura, en la época húmeda indica que existe una regresión negativa fuerte ($r = -0,9369$), de igual forma para la época seca ($r = -0,9629$), es decir que estas dos variables son inversamente proporcionales (si la temperatura aumenta el ABI disminuye y por el contrario). El coeficiente de determinación ($r^2 = 0,8778$) en la época húmeda y ($r^2 = 0,9271$) en la época seca, indica que la temperatura influye en un 87% y 92% sobre el ABI. Las ecuaciones lineales obtenidas de este análisis de regresión son: ($y = -0,1752x + 27,215$) y ($y = -0,168x + 26,993$).

Figura 33

Regresión entre Índice Biológico Andino y la temperatura en la época húmeda.

**Figura 34**

Regresión entre Índice Biológico Andino y la temperatura en la época seca.



4.4.5. Regresión entre Índice Biológico Andino y el nitrato

La figura 35 y 36, la regresión entre las variables ABI y el nitrato en la época húmeda, indica que existe una regresión negativa débil ($r = -0,2519$), por lo tanto, no existe una regresión clara. Para la época seca indica que existe una regresión negativa moderada ($r = -0,6251$), es decir que estas dos variables son inversamente proporcionales (si el nitrato aumenta el ABI disminuye y por el contrario). El coeficiente de determinación ($r^2 = 0,0635$) en la época húmeda y ($r^2 = 0,3907$) en la época seca, indica que el nitrato influye en un 6,35% y 39% sobre el ABI. Las ecuaciones lineales obtenidas de este análisis de regresión son: ($y = -0,0745x + 10,448$) y ($y = -0,1659x + 13,858$)..

Figura 35

Regresión entre Índice Biológico Andino y el Nitrato (NO_3^- en la época húmeda.

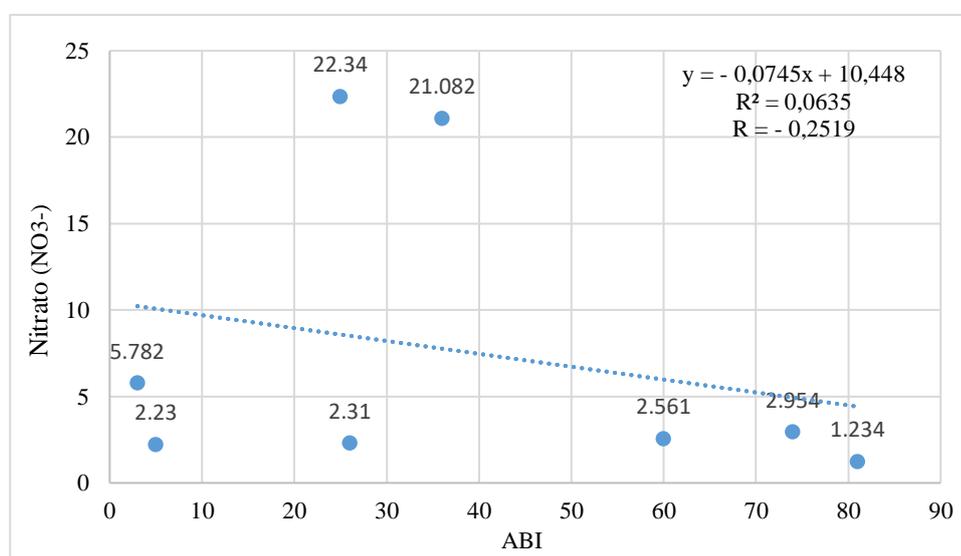
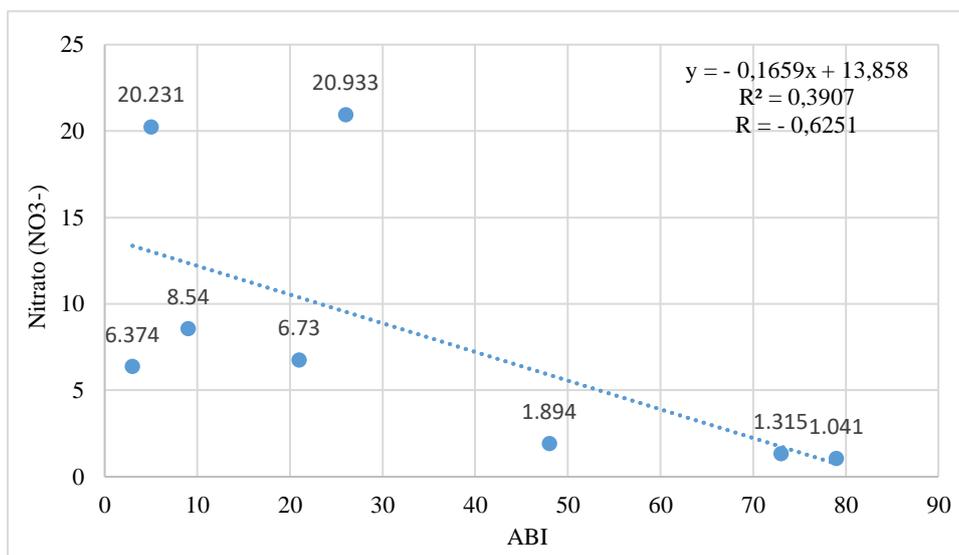


Figura 36

Regresión entre el Índice Biológico Andino y el Nitrato (NO₃⁻ en la época seca.



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se determinó la calidad del agua del río San Lucas mediante macro invertebrados bentónicos, donde el índice BMWP/Col indica agua de calidad dudosa en la época húmeda y seca; y en el índice ABI manifiesta indicar el agua de calidad moderada en la época seca y húmeda; y el índice EPT presenta agua de calidad mala en la época seca y húmeda.
- Se identificó 1774 individuos de macro invertebrados bentónicos, distribuidos en 8 clases, 13 órdenes y 32 familias. Las clases con mayor número de individuos fue Insecta con 1423 individuos (82,97%), seguido de Oligochaeta con 111 individuos (6,47%) y Hirudinea con 82 individuos (4,78); los órdenes más predominantes fueron Díptera con 886 individuos (51,66%), Trichoptera con 192 individuos (11,2%) y Coleóptera con 146 individuos (8,51%); las familias más predominantes fue Chironomidae con 662 individuos (39,76%), Lumbricidae y Simuliidae con 111 individuos (6,67%); las estaciones de muestreo con mayor número de individuos fue la EM4 con 363 individuos, seguido de la EM2 con 261 individuos y la EM8 con 223

individuos; el mayor resultado se obtuvo en la EM6 con 14 familias (43,75%), seguido de la EM8 con 13 familias (40,63%).

- Se analiza la calidad del agua del río San Lucas, mediante los parámetros fisicoquímicos, donde: el pH (en la época húmeda los resultados en todas las EM cumple con los ECA para agua, y en la época seca los resultado en la EM1 – EM5 cumple están fuera de los ECA para agua, mientras que el EM6 – EM8 cumple con la normativa); el oxígeno disuelto (en la época húmeda los resultados en la EM1, EM2 y EM3 están fuera de los ECA para agua, y cumple con la normativa los resultados en la EM3 - EM8; en la época seca los resultados en la EM1, EM2 y EM3 están fuera de los ECA para agua, y los resultado en la EM4 – EM8 cumple con la normativa); la temperatura (en la época húmeda los resultados en la EM2, EM4 están fuera de los ECA para agua, y cumple con la normativa los resultados en la EM1, EM3, EM5 - EM8; en la época seca los resultados en la EM2 y EM4 están fuera de los ECA para agua, y los resultado en la EM1, EM3, EM5 y EM6 – EM8 cumple con la normativa); la conductividad eléctrica (en la época húmeda y seca los resultados en todas las EM están dentro de los ECA para agua); y los nitratos, tanto en la época húmeda y seca se encuentran dentro de los ECA (Estándares de Calidad Ambiental) según el DS, N°004-2017-MINAM.
- El análisis de Correlación de Pearson mostró que de los 5 parámetros fisicoquímicos evaluados (pH, oxígeno disuelto, conductividad, temperatura y nitrato), solo el oxígeno disuelto y la temperatura correlacionaron con el ABI Índice Biologicos Andinos. El oxígeno disuelto y la temperatura son parámetros indispensables para la supervivencia de los macro invertebrados bentónicos y el desarrollo de sus procesos metabólicos. La temperatura representa un factor determinante en la distribución y presencia de los macro invertebrados y junto con el oxígeno disuelto son las variables

a las cuales los organismos acuáticos son más sensibles, además de influir sobre el comportamiento de varios parámetros de la calidad del agua.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda:

- Ampliar otras investigaciones con macro invertebrados bentónicos tomando mayor variedad de ríos, quebradas y otros tributarios tanto poco intervenidas como contaminadas por diversas actividades en la Región Cajamarca.
- Elaborar un Plan de Manejo serio de manera urgente para la cuenca del río San Lucas, para iniciar acciones de protección de la fuente de agua y realizar un diagnóstico de calidad de agua de los ambientes acuáticos teniendo en cuenta la contaminación generada por los habitantes de las riveras y aledañas al río y los impactos ambientales que puedan generar.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS

- Acosta, R. (2009). *Estudio de la cuenca alto andina del río Cañete (Perú): distribución altitudinal de la comunidad de Macro invertebrados bentónicos y caracterización hidroquinona de sus cabeceras cársticas*. [Tesis de Doctorado]. Universidad de Barcelona.
- Aguirre, J. (2011). *Validación de los indicadores biológicos (macro invertebrados) para el monitoreo de la cuenca del río Yanuncay*. [Tesis de Pregrado]. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.
- Alonso, A. y Camargo, J. (2005). Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macro invertebrados bentónicos como indicador del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente* 14 (3), 87-99. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/432>
- Álvarez, S. y Pérez, L. (2007). *Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macro invertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/e315914f-3926-41cd-b071-f325ff7010e5/content>
- Armitage, P. D., Moss, D., Wright, J.F. y Furse M.T. (1983). The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running water sites. *Revista Waterres*, 17 (3), 333-347. <https://xn--cologie-et-dveloppement-9bcm.com/wp-content/uploads/2015/05/armitage1983.pdf#>
- Azabache, L. A. (2018). *Determinación de la calidad ecológica del agua de los ríos Porcón, Grande y Mashcón - Cajamarca, en función de la macrofauna bentónica como*

- bioindicador*, Universidad Nacional de Cajamarca. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/2114/TESIS%20DOCTORADO%20AZABACHE%20CORONADO%20LUIS%20ALBERTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bullón, V. E. (2016). *Macro invertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua en la cuenca del río Perene, Chanchamayo*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3462>
- Carvacho, CA. 2012. *Estudio de las comunidades de macro invertebrados bentónicos y desarrollo de un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca Limarí en Chile*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Barcelona]. https://www.ub.edu/fem/docs/treballs/TESIS_MASTER_Caroline%20Carvacho.pdf
- Carrera, C. y Fierro, K. 2001. *Manual de monitoreos acuáticos: Macro invertebrados como indicadores de la calidad del agua*. Ecociencia. <https://ecociencia.org/manual-de-monitoreo-los-macroinvertebrados-acuaticos-como-indicadores-de-la-calidad-del-agua/>
- Chalarca D. A., Mejía, R. y Aguirre, N. J. (2007). Aproximación a la determinación del impacto de los vertimientos de las aguas residuales domésticas del municipio de Ayapel, sobre la calidad del agua de la Ciénaga. *Revista Facultad de Ingeniería*, 40, 41-58. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302007000200003
- Chapman, D. (2nd ed.). (1996). *Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. Chapman & Hall. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41850/0419216006_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. 7 de junio de 2017.
- Correa, I. (2000). *Desarrollo de un índice biótico para evaluar la calidad ecológica del agua en los ríos de la cuenca alta del Río Chama utilizando macro invertebrados béticos*. [Tesis Pregrado, Universidad de Los Andes]. https://www.researchgate.net/profile/Samuel-Segnini/publication/44377870_Desarrollo_de_un_indice_biotico_para_evaluar_la_calid

[ad ecologica del agua en los ríos de la Cuenca Alta del Río Chama utilizando macroinvertebrados benticos Ingrit Y Correa A/links/02e7e538fc345baeae000000/Desarrollo-de-un-indice-biotico-para-evaluar-la-calidad-ecologica-del-agua-en-los-ríos-de-la-Cuenca-Alta-del-Río-Chama-utilizando-macroinvertebrados-benticos-Ingrit-Y-Correa-A.pdf](https://www.researchgate.net/publication/312511111/links/02e7e538fc345baeae000000/Desarrollo-de-un-indice-biotico-para-evaluar-la-calidad-ecologica-del-agua-en-los-rios-de-la-Cuenca-Alta-del-Rio-Chama-utilizando-macroinvertebrados-benticos-Ingrit-Y-Correa-A.pdf)

Flanagan, P. J. y Environmental Research Unit. (2nd ed). (1992). *Parameters of Water Quality*. Environmental Resources Limited.

Figueroa *et al.* 2010. Macro invertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua del Río Sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 76 (2), 275-285. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2003000200012

Flores, D. (1ª ed.). (2014). *Guía de vigilancia ambiental con macro invertebrados bentónicos en Cajamarca*. Editorial Asociación Catalana D' Eginyeria Sense Fronteres. <https://grufides.org/publicaciones/gu-para-la-vigilancia-ambiental-con-macroinvertebrados-agua-es-vida-puka-tika-grufides>

Flores, D. y Huamantínco, A. (2017). Desarrollo de una herramienta de vigilancia ambiental ciudadana basada en macro invertebrados bentónicos en la cuenca del Jequetepeque. *Revista de Ecología Aplicada*, 16 (2), 105-114. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162017000200005&script=sci_abstract

Gómez, M. A. (2005). *Inferencia Estadística*. Díaz de Santos. <https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479786878.pdf>

González, L. y Lozano, L. (2004). Bioindicadores como herramienta de evaluación de la calidad ambiental en la parte alta de la microcuenca las delicias. *Revista Umbral Científico*, 5, 73-82. <https://www.redalyc.org/pdf/304/30400510.pdf>

González, N., Sánchez, S. y Mairena A. (2014). Macro invertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua del trópico húmedo en las microcuencas de los alrededores de Bluefields, RAAS. *Wani*, 68, 53–63. <https://www.camjol.info/index.php/WANI/article/view/1354>

Ruiz, M., Llorente, J. y González, C. (2008). *Matemáticas*. Editex.

- Gonzales, C., Maestre, J. Samanez, I., Rimarachín, V., Hortega, H., Correa, V. y Hidalgo, M. (1ª ed.). (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macro invertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. https://museohn.unmsm.edu.pe/docs/pub_ictio/MtodoscolectaidenticacinyanlisisdecomunidadeshidrobiologicasMUSM-MINAMdic2014.pdf
- Guevara, CH. 2013. *Evaluación de la comunidad de macro invertebrados de bancos vegetados en quebradas contaminadas por minería aurífera. Madre de Dios – Perú*. [Tesis de Pregado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3431>
- Guerrero. F., Manjarrés, A. y Núñez, N. (2003). Los macro invertebrados bentónicos de pozo azul (Cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del Agua. *Acta Biológica Colombiana*, 8 (2), 43-55. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/26670>
- Guinard, J., Ríos, T. y Bernal, J. A. (2013). Diversidad y abundancia de macro invertebrados acuáticos y calidad del agua de las cuencas alta y baja del río Gariché, provincia de Chiriquí, Panamá. *Gestión y Ambiente*, 16 (2), 61-70. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169428420005>
- Gutiérrez J. D., Riss, W. y Ospina, R. (2006). Bioindicación de la Calidad del Agua con macroinvertebrados Acuáticos en Lasabana de Bogotá, Utilizando Redesneuronales Artificiales. *Limnología*, 6 (1), 151-160. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/39358/41253>
- Gutiérrez, K. V. y Morales, D. A. (2015). *Caracterización de la calidad del agua de la quebrada los Cáquezas, mediante la utilización de macro invertebrados acuáticos*. [Tesis de Pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4713/Guti%20E9rrezPradaKarenViviana2015.pdf;jsessionid=85451020E3E6D3FEA0FA6FA3849276DF?sequence=1>
- Hahn, C., Toro, D. R., Grajales, A., Duque, J. M. y Serna, L. (2009). Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 13 (2). 89-

105. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30682009000200007

Hellawell, J. (1986). *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. Elsevier Applied Science Publishers.

Hoyos, N. 2019. *Calidad del agua en función a los macro invertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en el río Muyoc Grande, Miguel Iglesias, Celendín-2018*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3305>

IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). (2012). *Indicadores ambientales clasificador por temáticas ambientales*.

Jáuregui, D. Y. (2019). *Determinación de la calidad del agua empleando macro invertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en el río Sendamal, Celendín*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3299>

Karr, J. y Chu, E. (1999). *Restoring Life in Running Waters*. Better Biological Monitoring

Marín, R. (2014). *Características físicas, químicas y biológicas de las aguas*. EMACSA. <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/77392/caracteristicas-fisicas-quimicas-y-biologicas-de-las-aguas>

Martínez, N. (2010). *Macro invertebrados acuáticos como sistema de evaluación de contaminación del balneario Hurtado, río Guatapurí – Cesar*. [Tesis de Pregrado, Universidad Industrial de Santander]. <https://docplayer.es/74650341-Macroinvertebrados-acuaticos-como-sistema-de-evaluacion-de-contaminacion-del-balneario-hurtado-río-guatapuri-valedupar-cesar.html>

Metcalf, J. (1989). Biological Water quality assessment of running waters based on macro invertebrate communities: history and present status I Europe. *Environmental Pollution*, 60 (1-2), 101-139. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0269749189902236>

Merritt, R. y Cummins, K. (3ª ed.). (1996). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Editorial Richard W, Merritt.

- Ministerío de Medio Ambiente y Agua de Bolivia. (2013). *Guía para la evaluación de las condiciones biológicas de cuerpos de agua utilizando macro invertebrados bentónicos*. <https://datos.siarh.gob.bo/biblioteca/81>
- Muñoz, C. R. (2016). *Caracterización físicoquímica y biológica de las aguas del río Grande Celendín – Cajamarca*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1755>
- Oscoz, J. (2009). *Guía de campo de macro invertebrados de la cuenca del Ebro*. Cemeyká. https://maríomairal.com/wp-content/uploads/2021/01/Guia-Macroinvertebrados_CHE-2008.pdf
- Obregón, D. (2016). Limnología aplicada a la acuicultura. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 7 (11), 1-24. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612653022.pdf>
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2ª Ed.). (1998). *Guías para la calidad del agua potable: vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad*. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/41985>
- Orellana, L. (2016). *Calidad del agua superficial de la microcuenca Ticlacayán, provincia Cerro de Pasco – Pasco*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3475>
- Oscoz, J., Campos, F. y Escala, C. (2006). Variación de la comunidad de macro invertebrados bentónicos en relación con la calidad de las aguas. *Limnetica*, 25 (3): 683-692. <https://www.limnetica.com/es/variacion-de-la-comunidad-de-macroinvertebrados-bentonicos-en-relacion-con-la-calidad-de-las-aguas>
- Ospina, R. y Liévano, A. (2007). *Guía ilustrada de los macro invertebrados acuáticos del Río Bahamón*. Universidad el Bosque.
- Palomino, P. D. (2016). *Macro invertebrados acuáticos bentónicos (mab) y su relación con la calidad del agua en el río Mashcón – Cajamarca*, Universidad Privada del Norte, carrera de Ingeniería Ambiental, Cajamarca, 2016. [Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10671>
- Paredes C., Iannacone, J. y Alvarino, L. (2004). *Macro invertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú*.

- Revista Peruana de Entomología*, 44 (1), 107-118.
<https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peru-entomol/article/view/189>
- Patiño, GA. 2015. *Evaluación de la calidad del agua por medio de bioindicadores macro invertebrados acuáticos en la quebrada la Vieja*. [Tesis de Pregrado, Universidad distrital Francisco José de Caldas]. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/4724>
- Peso, M. (2018). *Macro invertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua para regadío del río Cumbaza*. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de San Martín]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2820>
- Pérez, A. G. y Rodríguez, A. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Revista de Biología Tropical*, 56 (4), 1905-1918.
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442008000400026
- Pimentel, H. F. (2014). *Análisis desde la perspectiva de los Índices Bióticos, ECA-Agua y Manejo Adaptativo; usando Macro invertebrados Bentónicos en ríos Alto andinos - Camisea 2009 – 2012*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina].
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1906>
- Pino, R. y Bernal, J. A. (2009). Diversidad, distribución de la comunidad de insectos acuáticos y calidad del agua de la parte alta y media del río David, provincia de Chiriquí, república de Panamá. *Gestión y Ambiente*, 12 (3), 73-84.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169420685006>
- Prat, N., Acosta, R. y Rieradevall, M. (1ª Ed.) (2009). Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos.
https://www.researchgate.net/publication/255632705_LOS_MACROINVERTEBRADOS_COMO_INDICADORES_DE_CALIDAD_DE_LAS_AGUAS
- Prieto, C. J. (2ª Ed.). (2004). *El agua, sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación*. <https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=24776>
- Quintero. (2010). Determinación de indicadores para la calidad de agua, sedimentos y suelos, marinos y costeros en puertos colombianos. *Revista Gestión y Ambiente*, 13 (3), 51-64. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169419996004>

- Ramírez, A. 2011. Instituto para Estudios de Ecosistemas Tropicales, Puerto Rico, 141 pág.
- Rivera, J. J. (2011). *Relación entre la composición y biomasa de la comunidad de macro invertebrados acuáticos y las variables físicas y químicas en el humedal Jaboque Bogotá-Colombia*. [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional de Colombia.
- Rodríguez, J. L. (2016). *Evaluación de la calidad de agua del río Puyo (Sector Malecón Buayacu) mediante la identificación de macroinvertebrados y el análisis físicoquímico, y microbiológico, para proponer un plan de manejo Ambiental*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/17979>
- Roldán, G. (2016). Los Macro invertebrados como Bioindicadores de la Calidad de las Agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40 (155), 254-274. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0370-39082016000200007&script=sci_abstract&tlng=es
- Roldán, G. (1ª Ed.). (2003). *Bioindicadores de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP Col*. Universidad de Antioquia.
- Roldán, P. y Ramírez, R. (2ª Ed.). (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Universidad de Antioquia. <https://repositorio.accefyn.org.co/handle/001/71>
- Romero, D. J. y Tarrillo, H. J. (2017). *Evaluación de la calidad del agua utilizando macro invertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca, durante agosto, diciembre 2016 y marzo 2017*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Lambayeque]. <https://repositorio.udl.edu.pe/xmlui/handle/UDL/97>
- Rosales, L. E. y Sánchez, S. (2013). Uso de Macro invertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad del agua del río Palacagüina, Norte de Nicaragua. *Ciencias Ambientales*, 8, 66-75. <https://www.camjol.info/index.php/FAREM/article/view/2621>
- Saavedra, L. N. (2019). *Caracterización físicoquímica y biológica de la calidad del agua en el río Llaucano de la ciudad de Bambamarca*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2951>

- Sandoval, J. C. y Molina, F. I. (2000). Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación: (Bioindicadores), coleópteros acuáticos y su relación con la dinámica fisicoquímica del río Cuautla (tramo Tetelcingo-Anenecuilco), Morelos, México.
- Silva, A. L. (2018). *Influencia de la vegetación ribereña en la calidad del agua en la cuenca del río Mashcón – Cajamarca*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2596?show=full>
- Sipi3n, I. y Pinedo, A. (2013). Manual de monitoreo de calidad de agua y evaluaci3n hidrobiol3gica, Parque Nacional Ichigkat Muja Cordillera del C3ndor y la Reserva Comunal Tuntanain, Lima. Fondo las Am3ricas y Foundation Gordon and Betty Moore.
- Tercedor, J. y Ortega A. (1988). Un m3todo r3pido y simple para evaluar la calidad biol3gica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica*, 4 (1), 51-56. <https://www.limnetica.com/pt/node/1061>
- Terneus, E., Racines, M. J. y Hern3ndez, K. (2012). Evaluaci3n Ecol3gica del r3o Lliquino a trav3s de Macroinvertebrados Acu3ticos, Pastaza, Ecuador. *Revista de Ciencias*, 16, 31-45. <https://doi.org/10.25100/rc.v16i0.501>
- Vega, J. S. (2004). *Evaluaci3n de la calidad de agua del R3o Yeguar3 mediante el uso de macro invertebrados como indicadores biol3gicos*. [Tesis de Pregrado, Escuela Agr3cola Panamericana, Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/items/fdd19a9a-76d9-4fd0-8d23-77ef4b4c30c1>
- V3squez, D., Flowers, W. R. y Springer, M. (2009). Life history of five small minnow mayflies (Ephemeroptera: Baetidae) in a small tropical stream on the slope of Costa Rica. *International Journal of Freshwater Entomology*, 31, 319-332. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/77357>
- Velasco, J. (1989). *Estudio de los procesos de colonizaci3n de medios artificiales por insectos acu3ticos en el Sureste Ib3rico*. [Tesis de Doctorado, Universidad de Murcia]. <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/19825>
- Villacorta, J. C. y Pe3a, J. L. (2014). *Macroinvertebrados Acu3ticos como indicadores biol3gicos y su relaci3n con la calidad del agua en la microcuenca Mishquiyacu, Provincia de Moyobamba – 2014*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Mart3n]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/188>

Verástegui, M. (2001). *Evaluación biológico - química de la contaminación del río Shullcas mediante plantas indicadoras Raphanus sativus y Lactuca sativa*. [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional del Centro del Perú.

Vizcarra, A. (2002). *Ecosfera*. Edición Lima – Perú.

White, D. y Roughley, R. (2008). *Coleóptera*. USA: Merritt, Cummins, K.W. & M.B. Berg.

CAPÍTULO VII.

ANEXOS

Anexo 1. Panel fotográfico de las actividades realizadas en el río San Lucas





Figura 43 Identificando muestras de MIB en la EM1



Figura 44 Socialización de resultados de la EM1

ESTACIÓN DE MUESTREO 2 (Parte baja del río San Lucas)



Figura 45 Vista panorámica de la EM2



Figura 46 Vertido de aguas negras al río San Lucas en la EM2



Figura 47 Midiendo parámetros fisicoquímicos in situ en la EM2



Figura 48 Toma de muestras de agua en la EM2



Figura 49 Colectando muestras de MIB en la EM2



Figura 50 Colectando muestras de MIB en la EM2



Figura 51 Colectando muestras de MIB en la EM2



Figura 52 Identificación y socialización de resultados de la EM2

ESTACIÓN DE MUESTREO 3 (Parte baja del río San Lucas)



Figura 53 Vista panorámica de la EM3



Figura 54 Midiendo parámetros fisicoquímicos in situ en la EM3



Figura 55 Toma de muestras de agua en la EM3



Figura 56 Muestras de agua de la EM3



Figura 57 Colectando muestras de MIB en la EM3



Figura 58 Colectando muestras de MIB en la EM3



Figura 59 Colectando muestras de MIB en la EM3



Figura 60 Colectando muestras de MIB en la EM3

ESTACIÓN DE MUESTREO 4 (Parte media del río San Lucas)



Figura 61 Vista panorámica de la EM4



Figura 62 Medición de parámetros fisicoquímicos in situ en la EM4



Figura 63 Toma de muestras de agua en la EM4



Figura 64 Toma de muestras de agua en la EM4



Figura 65 Muestras de agua de la EM4



Figura 66 Colectando muestras de MIB en la EM4



Figura 67 Colectando muestras de MIB en la EM4



Figura 68 Muestras de MIB de la EM4

ESTACIÓN DE MUESTREO 5 (Parte media del río San Lucas)



Figura 69 Vista panorámica de la EM5

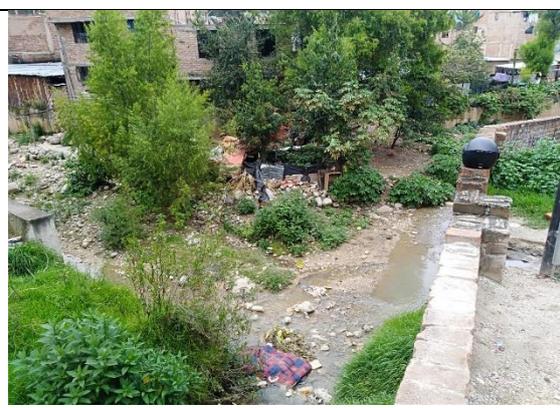


Figura 70 Residuos sólidos en la EM5 del río San Lucas



Figura 71 Midiendo parámetros fisicoquímicos in situ en la EM5



Figura 72 Toma de muestras de agua en la EM5



<p>Figura 73 Colectando muestras de MIB en la EM5</p>	<p>Figura 74 Muestras de agua de la EM5</p>
	
<p>Figura 75 Colectando muestras de MIB en la EM5</p>	<p>Figura 76 Identificación y socialización de resultados de la EM5</p>

<p align="center">ESTACIÓN DE MUESTREO 6 (Parte alta del río San Lucas)</p>	
	
<p>Figura 77 Vista panorámica de la EM6</p>	<p>Figura 78 Midiendo parámetros fisicoquímicos in situ en la EM6</p>
	
<p>Figura 79 Toma de muestras de agua en la EM6</p>	<p>Figura 80 Toma de muestras de agua en la EM6</p>
	

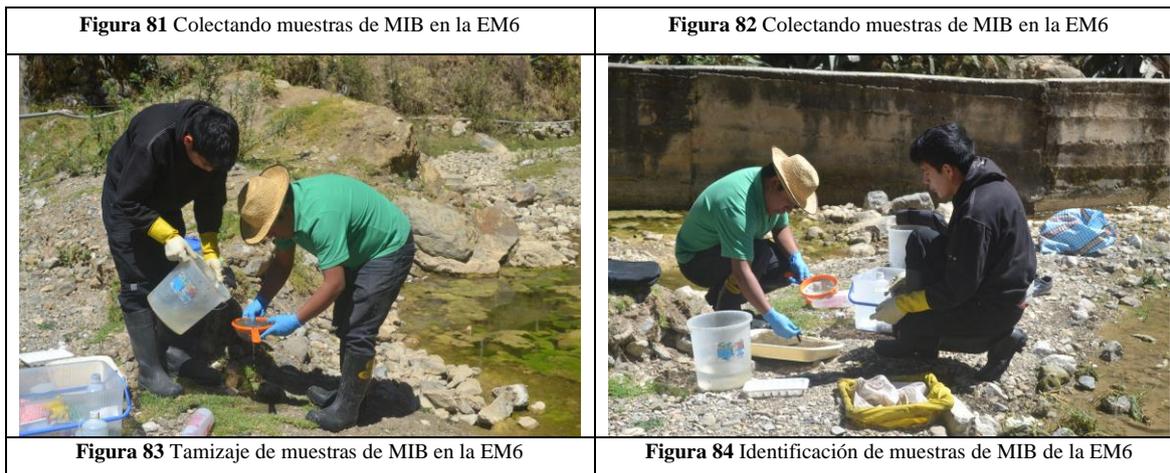




Figura 91 Identificación y socialización de resultados de la EM7



Figura 92 Identificación y socialización de resultados de la EM7

ESTACIÓN DE MUESTREO 8 (Parte alta del río San Lucas)



Figura 93 Vista panorámica de la EM8



Figura 94 Midiendo parámetros fisicoquímicos in situ en la EM8



Figura 95 Midiendo parámetros fisicoquímicos in situ en la EM8



Figura 96 Toma de muestras de agua en la EM8



Figura 97 Colectando muestras de MIB en la EM8



Figura 98 Colectando muestras de MIB en la EM8



Figura 99 Identificación y socialización de resultados de la EM8



Figura 100 Identificación y socialización de resultados de la EM8

Anexo 2. Panel fotográfico de la identificación de macro invertebrados en el Laboratorio de
Fitopatología de la UNC



Figura 101 Identificando muestras de MIB usando el estereoscopio



Figura 102 Identificando muestras de MIB usando el estereoscopio



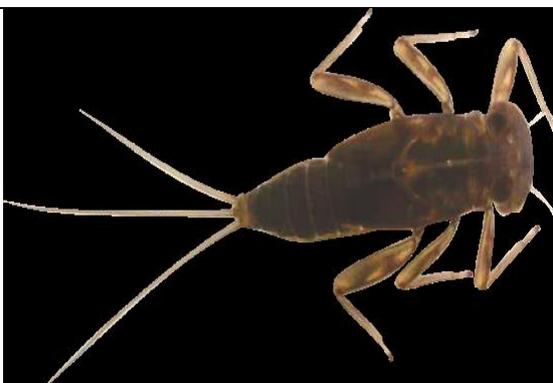
Figura 103 Realizando el inventario de MIB y cálculo de la calidad del agua del río San Lucas



Figura 104 Realizando el inventario de MIB y cálculo de la calidad del agua del río San Lucas

Anexo 3. Panel fotográfico de los macro invertebrados identificados en el río San Lucas

TRICHOPTERA	
	
Figura 105 Hydrobiosidae	Figura 106 Hydropsychidae
	
Figura 107 Leptoceridae	Figura 108 Calamoceratidae
	
Figura 109 Hydroptilidae	Figura 110 Polycentropodidae

EPHEMEROPTERA**Figura 111** Baetidae**Figura 112** Leptophlebiidae**Figura 113** Oligoneuriidae**Figura 114** Leptophlebiidae**PLECOPTERA****Figura 115** Perlidae

COLEÓPTERA



Figura 116 Elmidae



Figura 117 Ptylodactilidae



Figura 118 Psephenidae



Figura 119 Gyrinidae



Figura 120 Dytiscidae

DÍPTERA



Figura 121 Simuliidae



Figura 122 Chironomidae



Figura 123 Tabanidae



Figura 124 Ceratopogonidae



Figura 125 Tipulidae



Figura 126 Psychodidae



Figura 127 Ephydriidae



Figura 128 Empididae



Figura 129 Limoniidae

ARHYNCHOBDELLIDA



Figura 130 Erpobdellidae

OPISTHOPORA



Figura 131 Lumbricidae

ACARI



Figura 132 Hydracarina

ODONATA



Figura 133 Aeshnidae

AMPHYPODA	VERENOIDA
	
Figura 134 Hyaellidae	Figura 135 Sphaeriidae
SERIATA	
	
Figura 136 Planariidae	

Anexo 4. Determinación de la calidad del agua del río San Lucas según BMWP/Col

Tabla 17*Cálculo de la calidad del agua del río San Lucas, según el índice BMWP/Col*

N°	Orden	Familia	BMWP/Col																
			EM1		EM2		EM3		EM4		EM5		EM6		EM7		EM8		
			EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	
1	Arhynchobdellida	Erpobdellidae	3	3	3	3			3	3	3	3							
2	Opisthopora	Lumbricidae	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
3	Acari	Hydracarina					5	5			5	5							
4	Coleóptera	Dytiscidae												9	9	9			
5		Elmidae					6				6	6	6	6			6		
6		Gyrinidae											9	9	9			9	
7		Psephenidae														10	10	10	10
8		Ptilodactylidae											10						10
9	Díptera	Ceratopogonidae				3													
10		Chironomidae	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2							

<i>N°</i>	<i>Orden</i>	<i>Familia</i>	<i>BMWP/Col</i>															
			<i>EM1</i>		<i>EM2</i>		<i>EM3</i>		<i>EM4</i>		<i>EM5</i>		<i>EM6</i>		<i>EM7</i>		<i>EM8</i>	
			<i>EH</i>	<i>ES</i>	<i>EH</i>	<i>ES</i>	<i>EH</i>	<i>ES</i>	<i>EH</i>	<i>ES</i>	<i>EH</i>	<i>ES</i>	<i>EH</i>	<i>ES</i>	<i>EH</i>	<i>ES</i>	<i>EH</i>	<i>ES</i>
11		Empididae							5		5	5						
12		Ephydriidae			0	0	0		0	0								
13		Limoniidae					0		0									
14		Psychodidae							7									
15		Simuliidae											8	8	8	8	8	8
16		Tabanidae									7		7	7				
17		Tipulidae					3	3	3	3								
18	Ephemeroptera	Baetidae							7	7		7	7	7	7	7	7	7
19		Leptophlebiidae											9		9	9	9	9
20		Oligoneuriidae															10	10
21	Odonata	Aeshnidae									8		8					
22	Plecoptera	Perlidae											10	10	10	10	10	10
23	Trichoptera	Calamoceratidae													10	10	10	

N°	Orden	Familia	BMWP/Col															
			EM1		EM2		EM3		EM4		EM5		EM6		EM7		EM8	
			EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES
24		Leptoceridae													8	8	8	8
25		Hydrobiosidae													9	9	9	9
26		Hydropsychidae										5	5					
27		Hydroptilidae																7
28		Polycentropodidae													9	9	9	9
29	Amphypoda	Hyaellidae				7	7						7	7				
30	Verenoida	Sphaeriidae				4	4											
31	Basommatophora	Physidae				3	3							3				
32	Seriata	Planariidae				5					5	5						
		Total	6	6	6	9	33	25	28	6	52	30	87	79	98	86	99	97
		Calidad	MC	MC	MC	MC	CRI	CRI	CRI	MC	DU	CRI	ACE	ACE	ACE	ACE	ACE	ACE

EM: Estación de Muestreo; MC: Muy Crítica; CRI: Crítica; DU: Dudosa; ACE: Aceptable

Anexo 5. Determinación de la calidad del agua del río San Lucas según el ABI

Tabla 18*Cálculo de la calidad del agua del río San Lucas, según el ABI*

N°	Orden	Familia	ABI																
			EM1		EM2		EM3		EM4		EM5		EM6		EM7		EM8		
			EH	ES															
1	Arhynchobdellida	Erpobdellidae	0	0	0	0			0	0	0	0							
2	Opisthopora	Lumbricidae	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
3	Acari	Hydracarina					4	4			4	4							
4	Coleóptera	Dytiscidae												3	3	3			
5		Elmidae					5				5	5	5	5		5			
6		Gyrinidae											3	3	3			3	
7		Psephenidae													5	5	5	5	
8		Ptilodactylidae											5						5
9	Díptera	Ceratopogonidae				4													
10		Chironomidae	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						

<i>N°</i>	<i>Orden</i>	<i>Familia</i>	<i>ABI</i>															
			<i>EM1</i>		<i>EM2</i>		<i>EM3</i>		<i>EM4</i>		<i>EM5</i>		<i>EM6</i>		<i>EM7</i>		<i>EM8</i>	
			<i>EH</i>	<i>ES</i>														
11		Empididae							4		4	4						
12		Ephydriidae			2	2	2		2	2	2							
13		Limoniidae					4		4									
14		Psychodidae							3									
15		Simuliidae											5	5	5	5	5	5
16		Tabanidae									4		4	4				
17		Tipulidae					5	5	5	5								
18	Ephemeroptera	Baetidae							4	4		4	4	4	4	4	4	4
19		Leptophlebiidae											10		10	10	10	10
20		Oligoneuriidae															10	10
21	Odonata	Aeshnidae									0		0					
22	Plecoptera	Perlidae											10	10	10	10	10	10
23	Trichoptera	Calamoceratidae													10	10	10	

N°	Orden	Familia	ABI															
			EM1		EM2		EM3		EM4		EM5		EM6		EM7		EM8	
			EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES
24		Leptoceridae													8	8	8	8
25		Hydrobiosidae													8	8	8	8
26		Hydropsychidae										5	5					
27		Hydroptilidae																6
28		Polycentropodidae													8	8	8	8
29	Amphypoda	Hyalellidae					0	6					6	6				
30	Verenoida	Sphaeriidae					0	0										
31	Basommatophora	Physidae					3	3						3				
32	Seriata	Planariidae					5				5	5						
Total			3	3	5	9	26	21	25	5	36	26	60	48	74	73	81	79
Calidad			PES	PES	PES	PES	MA	MA	MA	PES	MO	MA	BU	BU	BUE	BUE	MBU	MBU

EM: Estación de Muestreo; EH: Época Húmeda; ES: Época Seca; PES: Pésimo; MA: Malo; MO: Moderado; BU: Bueno; MBU: Muy Bueno

N°	ORDEN	FAMILIA	EPT															
			EM1		EM2		EM3		EM4		EM5		EM6		EM7		EM8	
			EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES
17		Tipulidae																
18	Ephemeroptera	Baetidae								X		X	X	X	X	X	X	X
19		Leptophlebiidae										X		X	X	X	X	X
20		Oligoneuriidae															X	X
21	Odonata	Aeshnidae																
22	Plecoptera	Perlidae										X	X	X	X	X	X	X
23	Trichoptera	Calamoceratidae												X	X	X		
24		Leptoceridae												X	X	X	X	X
25		Hydrobiosidae												X	X	X	X	X
26		Hydropsychidae										X	X					
27		Hydroptilidae																X
28		Polycentropodidae												X	X	X	X	X
29	Amphypoda	Hyalellidae																
30	Verenoida	Sphaeriidae																
31	Basommatophora	Physidae																
32	Seriata	Planariidae																
NÚMERO DE INDIVIDUOS			16	17	116	145	106	89	175	188	89	84	131	71	149	66	155	68
TOTAL			0	0	0	0	0	0	0	0	10,1	0	31,3	19,7	62,4	81,8	74,8	76,6
CALIDAD			M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	R	M	B	MB	MB	MB

M: Mala; **R:** Regular; **B:** Buena; **MB:** Muy Buena

Tabla 20

Composición taxonómica y abundancia de macro invertebrados bentónicos encontrados en el río San Lucas

N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTOS DE MONITOREO																N° DE		TOTAL	
				1		2		3		4		5		6		7		8		INDIVIDUOS			
				EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES		EH		ES
1	Hirudinea	Arhynchobdellida	Erpobdellidae	6	7	11	22	0	0	9	13	9	5	0	0	0	0	0	0	35	47	82	
2	Oligochaeta	Opisthopora	Lumbricidae	10	13	12	15	5	9	8	24	11	4	0	0	0	0	0	46	65	111		
3	Arachnida	Acari	Hydracarina	0	0	0	0	5	8	0	0	2	9	0	0	0	0	0	7	17	24		
4	Insecta	Coleóptera	Dytiscidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	4		0	0	7	2	9	
5			Elmidae	0	0	0	0	0	7	0	0	5	9	10	5	0	4	0	0	15	25	40	
6			Gyrinidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	8	9	0	6	0	27	8	35	
7			Psephenidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	9	10	0	9	7	33	16	49	
8			Ptilodactylidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	4	9	4	13	
9			Díptera	Ceratopogonidae	0	0	0	4	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13
10			Chironomidae	28	78	81	99	51	20	111	137	19	8	0	0	0	0	0	0	290	342	632	
11			Empididae	0	0	0	0	0	0	8	0	7	10	0	0	0	0	0	0	15	10	25	
12			Ephydriidae	0	0	12	5	0	7	13	5	0	0	0	0	0	0	0	0	25	17	42	
13			Limoniidae	0	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	16	
14	Psychodidae	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	9			
15	Simuliidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	10	33	8	24	9	84	27	111			
16	Tabanidae	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	2	0	0	0	0	0	3	6	9			
17	Tipulidae	0	0	0	0	7	0	9	0	4	9	0	0	0	0	0	0	20	9	29			

N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	PUNTOS DE MONITOREO																N° DE		TOTAL
				1		2		3		4		5		6		7		8		INDIVIDUOS		
				EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	
18		Ephemeroptera	Baetidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	10	5	14	6	10	4	34	24	58
19			Leptophlebiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	14	9	15	9	39	18	57
20			Oligoneuriidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	5	3	8
21		Odonata	Aeshnidae	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	9	0	0	0	0	0	0	16	16
22		Plecoptera	Perlidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	4	14	9	19	6	41	19	60	
23		Trichoptera	Calamoceratidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	4	13	0	20	4	24	
24			Leptoceridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	8	19	10	33	18	51	
25			Hydrobiosidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	7	15	5	28	12	40	
26			Hydropsychidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	5	0	0	0	0	13	5	18	
27			Hydroptilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	7	7	
28			Polycentropodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	11	20	4	37	15	52	
29	Malacostraca	Amphypoda	Hyalellidae	0	0	0	0	10	17	0	0	0	12	4	0	0	0	0	22	21	43	
30	Bivalvia	Verenoida	Sphaeriidae	0	0	0	0	5	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	9	14	
31	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	0	0	0	0	6	11	0	0	0	0	8	0	0	0	0	6	19	25	
32	Turbellaria	Seriata	Planariidae	0	0	0	0	0	10	0	0	27	15	0	0	0	0	0	27	25	52	
TOTAL	8	13	32	44	98	116	145	89	106	175	188	84	89	131	71	149	66	155	68	943	831	1774
				142		261		195		363		173		202		215		223		1774		

Anexo 7. Constancia de autorización para la ejecución del trabajo de investigación

CASERÍO RONQUILLO

DISTRITO DE CAJAMARCA – CAJAMARCA

"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"

CONSTANCIA DE AUTORIZACIÓN

Autorizo, al bachiller en Ciencias Ambientales **EDWIN HERNÁN GVUEVARA SOLÓN** con DNI: 47595473, procedente de la Universidad Nacional de Cajamarca, para que realice actividades en este caserío, como parte del proyecto de tesis denominado "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA UTILIZANDO MACROINVERTEBRADOS BENTONICOS EN EL RIO SAN LUCAS DISTRITO DE CAJAMARCA PROVINCIA DE CAJAMARCA".

Se le expide la presente para fines que el interesado crea por conveniente.

Cajamarca, 02 de febrero 2019




Julian Chilon Chilon
DNI: 2884111
TENIENTE GOBERNADOR
CASERIO EL RONQUILLO
CAJAMARCA

Anexo 8. Constancia del Laboratorio de Fitopatología de la UNC

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

Norte de la Universidad Peruana

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

*Laboratorio de Fitopatología**"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"***EL JEFE DEL LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA****HACE CONSTAR:**

Que, las muestras de macro invertebrados bentónicos presentados por el Tesista: **EDWIN HERNAN GUEVARA SOLÓN** con DNI 47595473; de la facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Cajamarca, es parte del Proyecto de Tesis denominado: "**CALIDAD DEL AGUA UTILIZANDO MACRO INVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN EL RÍO SAN LUCAS DEL DISTRITO DE CAJAMARCA - PROVINCIA DE CAJAMARCA**". fueron estudiadas Y fotografiadas en este Laboratorio.

Se expide la presente constancia al interesado para los fines que se estime conveniente.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
FITOPATOLOGÍA
Manuel Satomón Roncal Ordóñez
Ing. Agrónomo. CIP. 21352 Dr.

Cajamarca, 02 de diciembre de 2019.

Anexo 9. Constancia del Laboratorio Regional del agua época húmeda

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO			
Razón Social/Usuario	EDWIN HERNAN GUEVARA SOLON		
Dirección	JR ANGAMOS N° 1169		
Persona de contacto	-	Correo electrónico	ehguevaras12@unc.edu.pe

DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	11.04.19	Hora de Muestreo	08:28 a 12:52
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de Muestras	08 Muestras	N° Frascos x muestra	02
Ensayos solicitados	Físicosquímicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.		
Responsable de la toma de muestra	Las muestras fueron tomadas por el Usuario		
Procedencia de la Muestra:	RIO SAN LUCAS – CAJAMARCA		

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC -1228	Cadena de Custodia	CC - 872 -19
Fecha y Hora de Recepción	11.04.19	15:00 Inicio de Ensayo	11.04.19 15:30
Reporte Resultado	22.04.19	15:00	


 Ing. Edder Miguel Neyra Jaico
 Responsable de Oficina
 CIP: 447028

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 22 de Abril de 2019.

Página: 1 de 3

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA – GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA – ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO
 LUIS ALBERTO SANCHEZ S.N. CRR. EL BOSQUE, CAJAMARCA – PERU
 web: laboratorio@regcujamarca.gob.pe FONDO: 599300 anexo 1140



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 1019872

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente			Punto 01	Punto 02	Punto 03	Punto 04	Punto 05	Punto 06
Código Laboratorio			1019872-01	1019872-02	1019872-03	1019872-04	1019872-05	1019872-06
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial
Localización de la Muestra			El Porongo	Qapac Ñan	Mercado Central	Camal	Puente Huanuco	urubamba
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F)	mg/L	0.038	0.578	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.337
Cloruro (Cl)	mg/L	0.065	70.64	66.61	24.68	17.65	14.62	4.07
Nitrito (NO ₂)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	8.642	6.559	<LCM	<LCM
Bromuro (Br)	mg/L	0.035	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Nitrato (NO ₃)	mg/L	0.064	5.782	2.23	2.31	22.340	21.082	2.561
Sulfato (SO ₄)	mg/L	0.070	243.5	166.3	121.5	38.20	21.26	28.95
Fosfato (PO ₄)	mg/L	0.032	15.1	9.7	3.3	1.927	1.354	<LCM
pH a 25°C	PH	NA	7.43	7.36	7.37	7.38	7.30	7.36
Conductividad a 25°C	uScm	NA	233	1447.0	771.5	604.5	534.5	428.0
Oxígeno Disuelto en campo	mg O ₂ /L	0.5	1.6	1.8	4.1	4.1	4.3	6.6

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente			Punto 07	Punto 08				
Código Laboratorio			1019872-07	1019872-08				
Matriz			NATURAL	NATURAL				
Descripción			Superficial	Superficial				
Localización de la Muestra			El Ronquillo	Cushungo Ojo de Agua				
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F)	mg/L	0.038	<LCM	0.089				
Cloruro (Cl)	mg/L	0.065	0.859	1.071				
Nitrito (NO ₂)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM				
Bromuro (Br)	mg/L	0.035	<LCM	<LCM				
Nitrato (NO ₃)	mg/L	0.064	2.954	1.234				
Sulfato (SO ₄)	mg/L	0.070	5.57	1.59				
Fosfato (PO ₄)	mg/L	0.032	0.1	0.4				
pH a 25°C	PH	NA	7.42	7.26				
Conductividad a 25°C	uScm	NA	361.0	326.5				
Oxígeno Disuelto en campo	mg O ₂ /L	0.5	6.2	6.8				

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



Página: 2 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

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



INFORME DE ENSAYO N° IE 1019872

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-N02, N-N03, P-P04, N-N02+N-N03)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+ B. 23rd Ed 2017. pH Valué 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 4500-0 C. 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved) Azide Modification.

NOTAS FINALES

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.

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

/ Los resultados indicados en este informe conciernen única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas

✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.

✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev:N°06

Fecha : 02/01/2019

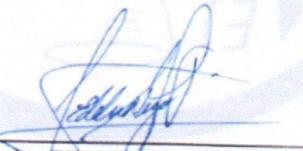
Cajamarca, 22 de Abril de 2019.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



Página: 3 de 3

Anexo 10. Constancia del Laboratorio Regional del agua época seca

	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 1019902	
DATOS DEL CLIENTE/USUARIO			
Razón Social/Usuario	EDWIN HERNAN GUEVARA SOLON		
Dirección	JR ANGAMOS N° 1169		
Persona de contacto	-	Correo electrónico ehguevaras12@unc.edu.pe	
DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	19.08.19	Hora de Muestreo	08:08 a 12:32
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de Muestras	08 Muestras	N° Frascos x muestra	02
Ensayos solicitados	Físicosquímicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.		
Responsable de la toma de muestra	Las muestras fueron tomadas por el Usuario		
Procedencia de la Muestra:	RÍO SAN LUCAS – CAJAMARCA		
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC -1228	Cadena de Custodia	CC - 902 -19
Fecha y Hora de Recepción	19.08.19	15:00 Inicio de Ensayo	19.08.19 14:30
Reporte Resultado	03.09.19	15:00	
 Ing. Edder Miguel Neyra Jaico Responsable de Oficina CIP 147028			
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA			
Cajamarca, 03 de Setiembre de 2019.			
Página: 1 de 3			
<small>LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA - ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ E: laboratorio@regcajamarca.gob.pe FONDO: 599000 anexo 1140</small>			



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

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



INFORME DE ENSAYO N° **IE 1019902**

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente			Punto 01	Punto 02	Punto 03	Punto 04	Punto 05	Punto 06
Código Laboratorio			1019902-01	1019902-02	1019902-03	1019902-04	1019902-05	1019902-06
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial
Localización de la Muestra			El Porongo	Qapac Ñan	Mercado Central	Camal	Puente Huanuco	urubamba
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.038	0.578	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.337
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.065	70.64	66.61	24.68	17.65	14.62	4.07
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	8.971	6.665	<LCM	<LCM
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.035	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	6.374	8.54	6.73	22.23	21.93	1.894
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.070	243.5	166.3	121.5	38.20	21.26	28.95
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.032	15.1	9.7	3.3	1.927	1.354	<LCM
* pH a 25°C	PH	NA	4.5	3.73	5.37	6.38	7.83	7.36
Conductividad a 25°C	uScm	NA	1488	1497.0	884.2	791.1	651.0	532.0
Oxígeno Disuelto en campo	mg O ₂ /L	0.5	1.04	1.1	3.8	4.0	4.7	6.2

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente			Punto 07	Punto 08				
Código Laboratorio			1019902-07	1019902-08				
Matriz			NATURAL	NATURAL				
Descripción			Superficial	Superficial				
Localización de la Muestra			El Ronquillo	Cushungo Ojo de Agua				
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.038	<LCM	0.089				
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.065	0.859	1.071				
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM				
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.035	<LCM	<LCM				
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	1.315	1.041				
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.070	5.57	1.59				
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.032	0.1	0.4				
* pH a 25°C	pH	NA	8.21	8.32				
Conductividad a 25°C	uScm	NA	441.0	419.5				
Oxígeno Disuelto en campo	mg O ₂ /L	0.5	6.5	6.6				

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





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 1019902

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-N02, N-N03, P-P04, N-N02+N-N03)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography
Potencial de Hidrógeno (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.

NOTAS FINALES

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.

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

/ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas

✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.

✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev:N°06

Fecha : 02/01/2019

Cajamarca, 03 de Setiembre de 2019.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



Página: 3 de 3