

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Ambiental

“ANÁLISIS CORRELACIONAL ENTRE LOS ÍNDICES BIÓTICOS
CON MACROINVERTEBRADOS Y LA CONCENTRACIÓN DE
METALES TÓXICOS EN LAS AGUAS DEL RÍO LLAUCANO,
BAMBAMARCA - PERU 2 019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor:

Héctor Gavini Ruiz Cruzado

Asesor:

M. Cs. Juan Carlos Flores Cerna

Cajamarca - Perú

2 019

DEDICATORIA

Dedicado a los miles de hombres y mujeres que defendieron las aguas del río Llaucano y a quienes ofrendaron su vida en defensa del agua en Bambamarca y Celendín.

A mi esposa, padres y hermanos, Por el apoyo incondicional.

A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Privada del Norte por albergarme, a los docentes compañeros y amigos por el conocimiento, apoyo y colaboración desinteresada.

A Dios por permitirme realizar este trabajo de grado, dándome fuerza para afrontar los obstáculos presentados a lo largo de este proceso.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, que sin su ayuda nada podría ser posible.

A mis padres Jorge y Vitoria, hermanos(as) Irma, Ruth, Elena y Wilson, gracias por su apoyo, confianza, por haberme inculcado los valores que guían mi vida, ser mi ejemplo a seguir y brindarme su amor incondicional.

A mi esposa, Farina Narva con la que comparto las alegrías y tristezas. Gracias por su amor, comprensión y continuo aliento.

Por otro lado, agradezco a mi asesor Ing. Juan Carlos Flores Cerna, por su valioso conocimiento y apoyo en la etapa de recolección y análisis de datos del muestreo biológico del presente estudio, quien me guío con su amplia sabiduría en todas las fases del presente estudio.

A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental –UPN, por el apoyo con equipos y laboratorio para la ejecución de la tesis.

A todos ellos, mi más infinita gratitud.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA..	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática.....	12
1.2. Formulación del problema.....	36
1.3. Objetivos.....	36
1.3.1. Objetivo general.....	36
1.3.2. Objetivos específicos.....	36
1.4. Hipótesis.....	37
1.4.1. Hipòtesis general.....	37
1.4.2. Hipòtesis específicas	37
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	39
2.1. Tipo de investigación.....	39
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos.....	39
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	41
2.4. Procedimiento.....	42

CAPÍTULO III. RESULTADOS	45
3.1. Parámetros fisicoquímicos	45
3.2. Macroinvertebrados bentónicos.....	46
3.3. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	47
3.4. Resultados de los metales arsénico, plomo y cadmio en el agua en las cinco estaciones de muestreo, dos campañas:.....	52
3.5. Resultados del estudio de los macroinvertebrados bentónicos.....	56
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	68
4.1. Discusión.....	68
4.2. Conclusiones	69
REFERENCIAS	71
ANEXOS	77
Anexo 1. Ubicación geográfica y referencial de las estaciones de muestreo.....	77
Anexo 2. Resultados de los análisis de As, Cd y Pb del laboratorio regional del agua	78
Anexo 3. Fichas de campo	80
Anexo 4. Las fichas para la evaluación de los índices IHf y QBR	90
Anexo 5. Panel fotográfico.....	93
Anexo 6. Resultados de la prueba estadística en el IBM SPSS	9

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Puntos asignados a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del BMWP/Col1 (modificado de Roldán, 2 003 por Álvarez, 2 006)....	20
Tabla 2. Clasificación de las aguas, significado ecológico de acuerdo al índice BMWP/col y colores para representaciones cartográficas.....	21
Tabla 3: Escala de Valores del Índice EPT.....	22
Tabla 4. Establecimiento de la calidad de agua a partir del puntaje del Índice Biótico Andino (ABI para la cuenca alta del río Guayllabamba. Tomado de Acosta et al. 2 009)....	26
Tabla 5. Puntuación del Índice Biótico Andino (ABI) para familias de ríos altoandinos del Ecuador.....	26
Tabla 6: coordenadas de ubicación, altitud y descripción las estaciones de monitoreo del estudio.....	41
Tabla 7. Materiales y reactivos utilizados en campo.....	42
Tabla 8. Resultados de los análisis fisicoquímicos durante las campañas de lluvia y estiaje en las 5 estaciones de muestreo	45
Tabla 9. Clasificación taxonómica de macroinvertebrados colectados.....	46
Tabla 10. Resultados del pH obtenido en los cinco puntos y dos campañas de muestreo...47	
Tabla 11. Resultados de la conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$ obtenido en los 5 puntos y dos campañas de muestreo.....	48
Tabla 12. Resultados de salinidad en mg/L obtenidos en los 5 puntos y dos campañas de muestreo.....	49

Tabla 13. Resultados de temperatura obtenido en los 5 puntos y dos campañas de muestreo	51
Tabla 14. Resultados de oxígeno disuelto en mg/L obtenido en los cinco puntos y dos campañas de muestreo	53
Tabla 15. Resultados de Arsénico (As) en mg/L obtenido en los 5 puntos y dos campañas de muestreo	54
Tabla 16. Resultados de cadmio (Cd) en mg/L obtenido en los 5 puntos y dos campañas de muestreo.....	55
Tabla 17. Resultados de plomo (Pb) obtenido en los 5 puntos y dos campañas de muestreo.....	57
Tabla 18. Resultados del caudal en m ³ /s de agua en las cinco estaciones de muestreo, dos campañas.....	58
Tabla 19. Número de familias por estación de muestreo.....	59
Tabla 20. Valores promedio obtenidos del índice ABI.....	57
Tabla 21. Resultados del índice IHF.....	60
Tabla 22. Resultados obtenidos del índice QBR-and.....	61
Tabla 23. Resultados Obtenidos del índice CERA.....	63
Tabla 24. Resultados del índice EPT.....	64
Tabla 25. Resultados obtenidos del índice BMWP'col.....	65
Tabla 26. Comparación de resultados entre los Índices ABI, CERA, EPT y BMWP/Col	66
Tabla 27. Resultados de correlación entre Pb, As, Cd y los índices Bióticos ABI,	

CERA, EPT y BMWP col67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Resultados del pH obtenido en los cinco puntos y dos campañas de muestreo.....	47
Figura 2. Resultados de la conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$ obtenido en los 5 puntos y dos campañas de muestreo	48
Figura 3. Resultados de salinidad en mg/L obtenidos en los 5 puntos y dos campañas de muestreo.....	49
Figura 4. Resultados de temperatura obtenido en los 5 puntos y dos campañas de muestreo.....	51
Figura 5. Resultados de oxígeno disuelto en mg/L obtenido en los 5 puntos y dos campañas de muestreo	53
Figura 6. Resultados de Arsénico (As) en mg/L obtenido en los 5 puntos y dos campañas de muestreo.....	54
Figura 7. Resultados de cadmio (Cd) en mg/L obtenido en los 5 puntos y dos campañas de muestreo.....	55
Figura 8. Resultados de plomo (Pb) en mg/L obtenido en los 5 puntos y dos campañas de muestreo	56
Figura 9. Resultados del caudal de agua en las cinco estaciones de muestreo, dos campañas.....	57
Figura 10: Número de familias por estación de muestreo.....	58
Figura 11: Valores promedio obtenidos del índice ABI.....	59

Figura 12. Resultados del índice IHF.....	60
Figura 13. Resultados del índice QBR-and.....	61
Figura 14. Resultados obtenidos del índice CERA.....	63
Figura 15. Resultados obtenidos del índice EPT.....	64
Figura 16. Resultados del índice BMWP' col.....	65

RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo analizar la correlación entre los índices bióticos EPT, BMWP’COL, CERA de macroinvertebrados y la concentración de plomo, arsénico y cadmio en las aguas del río Llaucano - Bambamarca, Perú 2 019. Los resultados se correlacionaron entre ellos y se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua, regulados por el D.S. 004-2 017 MINAM, en la categoría E3. El estudio estuvo orientado a mostrar los sucesos tal como se manifestaron en la realidad, describiendo de manera cuantitativa – cualitativa las características físicas, químicas y microbiológicas del agua del río Llaucano, se identificaron las familias de Macroinvertebrados Bentónicos presentes en el río Llaucano. Se concluyó que el arsénico es el elemento que más impacto tuvo en los resultados de los índices evaluados. Por esta razón se confirmó la hipótesis, ya que existe una correlación próxima a 1 entre los valores obtenidos de los índices bióticos y las concentraciones de plomo, arsénico y cadmio analizados.

Palabras clave: índices bióticos EPT, BMWP/COL, CERA y la concentración de Pb, As Y Cd en las aguas del río Llaucano.

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the correlation between biotic indices EPT, BMWP'COL, CERA of macroinvertebrates and the concentration of lead, arsenic and cadmium in the waters of the Llaucano River - Bambamarca, Peru 2 019. The results were correlated with others and were compared with the Environmental Quality Standards for water, regulated by the DS 004-2017 MINAM, in the category E3-rivers. The study was oriented to show the events as they manifested in reality, describing quantitatively - qualitatively the physical, chemical and microbiological characteristics of the Llaucano river water, the families of Benthic Macroinvertebrates present in the Llaucano river were identified. It was concluded that arsenic is the element that had the most impact on the results of the indexes evaluated. For this reason the hypothesis was confirmed, since it was confirmed that there is a correlation close to 1 between the values obtained from the biotic indices and the concentrations of lead, arsenic and cadmium analyzed.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La degradación de la calidad del agua existente en el río Llaucano del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc región Cajamarca Según (Paredes, et al. 2 004), se debe fundamentalmente a causas antrópicas y crecimiento demográfico de la población, además de los factores ambientales que predominan en la cuenca del río Llaucano.

La diversidad de las especies de macroinvertebrados acuáticos en el río Llaucano Según (Paredes, et al. 2004), se encuentra amenazada principalmente por el vertimiento inadecuado de aguas residuales domésticas e industriales; además los cambios en el uso indiscriminado e intensivo del suelo, la producción agrícola, ganadera y factores climáticos que determinan la cantidad de agua que fluye por el río Llaucano, determinando su capacidad de purificación. Como consecuencia de la alteración de la calidad del agua se encostran los suelos, cambia el pH y disminuye la velocidad de infiltración y oxigenación de la capa arable. Más aún si el uso de biocidas, para el control de plagas y enfermedades, contribuyen a la fijación en el suelo de contaminantes.

El único punto de descarga para efluentes mineros y aguas tratadas que tiene Yanacocha (permitido oficialmente por el MEM) se localiza en el lugar Pampa Larga, que se encuentra ubicado justamente en la cabecera del río Llaucano. (Saavedra, 2 011)

En el 2005, la mesa de diálogo y consenso CAO (mecanismo de recurso independiente para proyectos respaldados por los organismos del Grupo del Banco Mundial que se ocupan del sector privado) accionista minoritaria de Yanacocha con el 5%, publica el mes

de octubre del 2 005 los resultados de 302 muestras de análisis de aguas y acepta la presencia de metales pesados que exceden los límites máximos permisibles. Menciona en su informe a los metales pesados arsénico, plomo, selenio, cadmio en varios canales (siete en total), en el río Llaucano y en cuatro quebradas (Encajón, San José, Honda y Pampa Larga) (Seifert, 2 016).

Las comunidades de macroinvertebrados bentónicos (MIB) pueden emplearse como eficientes indicadores biológicos de la calidad de agua en los ecosistemas dulceacuícolas. Durante el período febrero-marzo 2002 se desarrolló dos evaluaciones de MIB en la región Nororiental del Marañón, Perú, para analizar su composición faunística, riqueza de familias y calidad de agua con base en el índice "Biological Monitoring Working Party" (BMWP). (Paredes, et al.2 004).

La vigilancia ciudadana de sus cuerpos de agua, con macroinvertebrados bentónicos, puede generar alertas tempranas de contaminación y acciones pertinentes de conservación. Atendiendo a esta importancia, el propósito del presente estudio es desarrollar y evaluar la efectividad de una herramienta de vigilancia ambiental ciudadana para zonas con riesgo de contaminación orgánica como consecuencia de las diversas actividades agrícolas, domésticas, mineras y otros factores aliados. Metodológicamente, se inició por obtener, a partir de la bibliografía existente, y marco teórico científico, una lista de taxones para la zona que sirve de base para elaborar una Guía de Vigilancia Ambiental con macroinvertebrados bentónicos.

En el Perú los estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua aprobados mediante Decreto Supremo N° 004-2 017-MINAM, con el objetivo de establecer el nivel de

concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición del cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los Estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

(Mellado, A. 2005), Desarrolló el trabajo de investigación: Ecología de las Comunidades de Macroinvertebrados de la Cuenca del Río Segura (SE de España), en la Universidad de Murcia, España. La investigación llegó a la siguiente conclusión:

La identificación a nivel de familia proporciona resultados comparables al nivel de género a una escala de estudio de cuenca, mientras que la identificación de géneros descubriría diferencias más sutiles dentro de las comunidades. Los datos de presencia-ausencia pueden explicar la mayoría de variación en la estructura de la comunidad.

(Montoya Y, et al, 2007) indican que la mineralización, algo grado de transporte de nutrientes macroorganismos fecales influyen las valoraciones del índice BMWP´col, así mismo indican que en el tiempo el vertimiento de aguas residuales influye en las condiciones fisicoquímicas del agua.

Una cuenca hidrográfica según (Fraquet, 2005) indica que una cuenca hidrográfica se forma a partir de las precipitaciones que reúnen y discurren en puntos en común, fluyendo hacia ríos o lagos. En estos espacios geográficos viven seres vivos, como los

humanos, plantas, etc. También se define como una unidad fisiográfica conformada por la reunión de un sistema de cursos de ríos de agua definidos por el relieve.

Los límites de la cuenca o divisoria de aguas se definen naturalmente y en forma práctica corresponden a las partes más altas del área que encierra un río.

El Monitoreo Ambiental es una de las herramientas de vital importancia para la fiscalización ambiental, pues esta se realiza para verificar la presencia y para medir la concentración de contaminantes presentes en el ambiente en un determinado periodo de tiempo. De manera que, los monitoreos forman parte de evaluaciones integrales de calidad ambiental, las cuales son más complejas, y a su vez permiten medir las tendencias temporales y espaciales de la calidad del ambiente, identificar fuentes contaminantes y medir los efectos de dichos contaminantes sobre los componentes ambientales hablando de agua, suelo, aire, flora y fauna. (OEFA, 2015)

El monitoreo ambiental se define como la observación de la presencia de factores dañinos como toxinas, bacterias, sustancias químicas y otros contaminantes en un lugar específico. Estos lugares con frecuencia deben incluir sitios como el área de trabajo o ciertas áreas del ambiente. (OEFA, 2015).

Los indicadores biológicos en general, es todo organismo que indica las condiciones del medio en que se desarrolla, ya que de cualquier forma su existencia en un espacio y momentos determinados responden a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales. Sin embargo, en términos más estrictos, un indicador biológico acuático se ha considerado como aquello cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita. Los indicadores biológicos se han asociado

directamente con la calidad del agua más que con procesos ecológicos o con su distribución geográfica. Es pertinente aclarar que más que a un organismo, el indicador biológico se refiere a la población de individuos de la especie indicadora, y en el mejor de los casos al conjunto de especies que conforman una comunidad indicadora. El concepto de organismo indicador se refiere a especies seleccionadas por su sensibilidad o tolerancia (normalmente es la sensibilidad) a varios parámetros. Usualmente los biólogos emplean bioindicadores de contaminación debido a su especificidad y fácil monitoreo. Odum define a los organismos indicadores como la presencia de una especie en particular, que demuestra la existencia de ciertas condiciones en el medio, mientras que su ausencia es la consecuencia de la alteración de tales condiciones. (Pinilla, 2 011). El principal uso que se le ha dado a los indicadores biológicos ha sido la detección de sustancias contaminantes, ya sean estos metales pesados, materia orgánica, nutrientes (eutrofización), o elementos tóxicos como hidrocarburos, pesticidas, ácidos, bases y gases con miras a establecer la calidad del agua. (Pinilla, 2 011).

Los índices bióticos representan la manera más sencilla de evaluar la calidad ecológica del agua por medio del valor de una característica importante de la comunidad (siendo la más usada, el número de taxa), la cual responda claramente a la perturbación que interesa estudiar. Estos índices están basados en valores numéricos de tolerancia ambiental a la contaminación de los diferentes taxa, los valores de tolerancia han designado a nivel de Familia. Los estudios realizados por diversos biólogos en los últimos 30 años han permitido agrupar a los organismos que son sensibles y tolerantes a ciertos tipos de contaminantes. Es importante mencionar que en Latinoamérica las

investigaciones y el desarrollo de índices bióticos de calidad ambiental que utilizan a las comunidades acuáticas como indicadores de contaminación no es muy antigua. Colombia, Ecuador y Bolivia ya han desarrollado sus propios índices adaptados de índice BMWP británico. Para el Perú y Ecuador investigadores de la universidad de Barcelona desarrollaron el Índice Biótico Andino (ABI) que recientemente está tomando mucha fuerza en su aplicación.

En el trabajo realizado por (Figueroa, et al, 2 003) en el trabajo denominado Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile específicamente en el río Damas analizó la distribución espacial de la macrofauna bentónica en la cuenca y evaluó el índice IBF para evaluación de la calidad de las aguas. Los muestreos se realizaron en enero de 1998 con una, en 15 sitios distribuidos en el curso principal y sus tributarios. Registró un total de 77 taxa, siendo los grupos más diversos Plecoptera (16 %), Trichoptera (16 %), Diptera (14 %) y Ephemeroptera (12 %). Se observó una marcada tendencia a la disminución de riqueza específica desde la cabecera de la cuenca hacia aguas abajo.

En otro estudio realizado por (Oscóz, et al, 2 006) denominado “Variación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en relación con la calidad de las aguas” indica que la contaminación del agua limita el desarrollo de las comunidades de macroinvertebrados en el río Larraun en España indicando que la estructura de la comunidad bentónica se modificó en el río como consecuencia de alteraciones de origen humano. Los Quironómidos fueron dominantes en tramos de río alterados, mientras que Gamáridos y efémeras fueron más abundantes en tramos no alterados. Los colectores

fueron el grupo trófico principal en las zonas que sufrieron un elevado aumento en la concentración de nutrientes. La abundancia de macroinvertebrados bentónicos se redujo en las áreas más contaminadas y en el tramo del río que sufría una regulación del caudal. En el trabajo de (Marquez et al, 2 001) denominado “Los Macroinvertebrados Como Índices de Evaluación Rápida de Ecosistemas Acuáticos Contaminados Por Metales Pesados” expresa la conveniencia de realizar valoraciones de impacto ambiental en un corto periodo de tiempo y con la debida fiabilidad, ha llevado a establecer métodos rápidos de evaluación del hábitat fluvial sometido a una perturbación. En este trabajo se emplean los macroinvertebrados bentónicos (MIB) para elaborar índices bióticos de evaluación rápida del impacto producido por una mina de Zn y Pb sobre una pequeña cuenca fluvial al norte de España. Si bien la riqueza es una variable rápida y fácil de establecer, al nivel de familia no parece representar claramente los cambios entre los puntos que tienen diferencias sutiles de impacto. En el marco de evaluación rápida, la riqueza de órdenes aporta prácticamente la misma información que la consideración de familias con un gran ahorro de tiempo y esfuerzo.

Índices bióticos tolerantes:

Índice Biological Monitoring Working Party modificado versión Colombia (BMWP/Col) fue desarrollado en Gran Bretaña, al amparo del “National Water Council” ordenaron a las familias de Macroinvertebrados acuáticos en diez grupos siguiendo un gradiente de menor a mayor tolerancia a la contaminación. A cada familia le hicieron corresponder una puntuación que oscila entre 10 y 1; con este sistema de puntuación era posible

comparar la situación relativa entre las estaciones de muestreo (Alba, et al. 1 988). Cuando aplicaron este índice a los ríos colombianos no todas las familias de macroinvertebrados coincidían con los de la tabla original. Por otro lado, el mayor número de especies con diferentes comportamientos respecto a la producción implicaba la necesidad de cambiar la puntuación original. Un primer intento de actuación fue publicado por Alba y Jiménez. Para ello añadieron nuevas familias a la tabla original y cambiaron la puntuación de algunas para distinguir esta nueva tabla adaptación a la fauna se llamó BMWP modificado si bien este sistema era posible obtener una puntuación para comparar situaciones de calidad. En América Latina se modificó este índice conociendo como índice BMWP Colombia por (Roldán 2 001) adaptó el sistema para la cuenca de Piedras Blancas en el departamento de Antioquia. Con base en el conocimiento que actualmente se tiene en Colombia sobre los diferentes grupos de macroinvertebrados hasta el nivel de familia, se propone utilizar el método BMWP/Col. Como una primera aproximación para evaluar los ecosistemas acuáticos de nuestro país. (Ver tabla 1)

Tabla 1

Puntos asignados a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del BMWP/Coll (modificado de Roldán, 2 003 por Álvarez, 2 006).

Familias				Puntos
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae,	Ptilodactylidae, Chordodidae, Gripopterygidae	Lampyridae, Odontoceridae, Perlidae	Polymitarcyidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Coryphoridae, Ephemeraeidae, Euthyplociidae,	Gomphidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae	Limnephilidae, Oligoneuriidae, Philopotamidae	Platystictidae, Polycentropodid Xiphocentronida	9
Atyidae, Calamoceratidae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydraenidae,	Hydroptilidae, Leptoceridae, Limnephilidae, Lymnaeidae, Naucoridae	Palaemonidae, Planorbidae (cuando es dominante Biomphalaria)	Pseudothelpusid Saldidae, Sialidae, Sphaeriidae	8
Ancylidae, Baetidae, Calopterygidae, Coenagrionidae,	Dicteriadidae, Dixidae, Glossosomatidae, Hyalellidae	Hydrobiidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Lestidae	Pyrallidae, Simuliidae, Veliidae	7
Aeshnidae, Ampullariidae, Caenidae, Corydalidae,	Dryopidae, Dugesiidae, Elmidae, Hyriidae	Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae	Mycetopodidae, Pleidae, Staphylinidae	6
Ceratopogonidae, Corixidae, Gelastocoridae,	Glossiphoniidae, Gyrinidae, Libellulidae	Mesoveliidae, Nepidae, Notonectidae	Tabanidae, Thiaridae	5
Belostomatidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Ephydriidae,	Haliplidae, Hydriidae, Muscidae	Scirtidae, Empididae, Dolichopodidae	Hydrometridae, Noteridae. Sciomyzidae	4
Chaoboridae, Cyclobdellidae,	Hydrophilidae (larvas)	Physidae, Stratiomyidae	Tipulidae	3
Chironomidae (cuando no es la familia si domina es 1)		Culicidae, Psychodidae	Syrphidae	2
Tubificidae				1

Sin embargo, no permitirá emitir juicios respecto de la situación de calidad. Es por ello que se correlacionaron los valores con cinco grados de contaminación. Ver tabla 2 asignándoles una significación respecto a la misma. (Alba, et al. 1 988)).

Tabla 2

Clasificación de las aguas, significado ecológico de acuerdo al índice BMWP/col y colores para representaciones cartográficas.

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Valor del ASPT	Acepción	Color
I	Buena	> 150	>9-10	Aguas muy limpias	Azul
II	Aceptable	101-120	>8-9	Aguas no contaminadas	Verde
		61-100	>6,5-8	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	
III	Dudosa	36-60	>4,5-6,5	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-35	>3- 4,5	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	<15	1-3	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica	Rojo

Fuente: cuadro de valoración del INDICE BMWP'col (modificado de Roldán, 2003 por Álvarez, 2006)

Índice de EPT (Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera)

Este análisis se aplica mediante el uso de tres grupos de macroinvertebrados que son indicadores de la calidad del agua. Estos grupos son: Ephemeroptera o moscas de mayo, Plecóptera o moscas de piedra y Trichoptera, estos pueden ser vistos a simple vista y pasa

mayor parte de sus vidas en aguas lóxicas. El Índice se basa en la premisa de que los cursos de agua con agua de alta calidad generalmente tienen mayor diversidad de las especies muchas especies de insectos acuáticos son intolerantes a la contaminación y por lo tanto no se encuentra en aguas contaminadas. (Klemm et al, 1 990)

De acuerdo con el Instituto Mi Río y la Universidad de Antioquia (2 001), este índice corresponde a un valor determinado por tres grupos taxonómicos muy sensibles a la contaminación y que por lo general son indicadores de aguas limpias. El índice consiste en sumar las familias de individuos de los 3 órdenes y comparar su valor obtenido de la calidad del agua del río como se muestra la tabla 3.

Tabla 3

Escala de Valores del Índice EPT

Valoración del índice	Excelente	Buena	Justo	Baja	Pobre
EPT	Más de 27	21 a 27	De 14 a 20	De 7 a 13	0 a 6

EPT: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera

Fuente: Klemm et al, 1990

Según (Gabriel Roldán Pérez, 2 008) los hábitats lóxicos se refieren a los espacios de aguas corrientes, como los que ofrecen ríos, riachuelos y quebradas. La fauna de macroinvertebrados en una corriente es muy diferente a la que se encuentra en zonas de rápido, a la de remansos y a la de las orillas. Las corrientes poseen una zona de erosión en las cuales la velocidad del agua es lo suficiente fuerte para arrastrar partículas en suspensión. Esta zona se caracteriza por rápidos formados por rocas, piedras y arena. En estos lugares se encuentra, por lo regular, una fauna diversa, con adaptaciones como

ventosas y ganchos para resistir la velocidad de la corriente. Por esta razón es necesario a momento de realizar la recolección de los macroinvertebrados una identificación previa de los diversos multihabitads de los tramos fluviales a evaluar para de esta manera colectar la mayor diversidad de individuos posibles.

Los macroinvertebrados bentónicos representan actualmente el registro más valioso para la determinación del estado de salubridad o estado ecológico de un río, este término abarca más que solo la calidad del agua debido a que el establecimiento de comunidades biológicas no solo depende de las características fisicoquímicas de la masa de agua, también está en relación con los procesos ambientales como regímenes de caudales, erosión, estabilidad de riberas, etc. Un ejemplo de ello es que la Unión Europea considera primordial, en este tipo de estudios de calidad del agua estipulado en la directiva marco del agua europea

(Acosta et al. 2 009) indica que los macroinvertebrados bentónicos son buenos indicadores de impactos producidos por sólidos en suspensión en los andes de Bolivia, lo cual resalta la importancia de su eficaz estudio. Pese a ello existe un gran problema en Latinoamérica debido a que los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) que evalúan la calidad del agua se basan mayormente en análisis fisicoquímicos.

Roldan (1 992 y 1 988), denomina macroinvertebrados a todos los organismos acuáticos que se pueden observar a simple vista (tamaño superior a 0,5 mm de largo) y define al termino bentos o fauna béntica a todos aquellos organismos que viven, o por lo menos en alguna fase del ciclo de vida, en el fondo de los cuerpos de agua adheridos a algún sustrato como rocas, troncos, residuos vegetales, etc. Las comunidades bentónicas

tienen como factor básico para su establecimiento en los ecosistemas continentales una estrecha relación con el fondo, el cual usan para movilizarse, adherirse y excavar (Salazar et al. 2 001).

El Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S) (Encalda A, et al. , 2 011)

El protocolo CERA fue desarrollado por la universidad de Barcelona para evaluar ríos altoandinos por encima de los 2000 m.s.n.m. Este índice se basa en la aplicación de tres métricas que son los índices QBR-and o índice de evaluación de la calidad de vegetación de Ribera, el índice IHF o índice de calidad de tramo fluvial y el índice biótico andino ABI. Los tres índices al relacionarnos nos arrojan la calidad ecológica del ecosistema. Este concepto integral consiste en establecer cuál es la condición de salud del ecosistema. En otras palabras, es un diagnóstico que integra información sobre el bosque de ribera y las áreas adyacentes, el canal y el lecho del río (características hidromorfológicas), y los organismos que los habitan (peces, macroinvertebrados, algas, o bacterias).

Evaluación de la Calidad Ecológica

Para aplicar el protocolo CERA-S se escoge un tramo de río que mida entre 50 y 100 metros de longitud. En este tramo se observan y valoran dos grupos de variables:

1. Las características hidromorfológicas: La vegetación de la ribera, el paisaje próximo al río, y algunos elementos del canal del río, como su forma y sustrato.
2. Los organismos que habitan en el agua: los macroinvertebrados (guía página 32).

Finalmente, se combinan las valoraciones de estos dos grupos y se obtiene la evaluación de la calidad ecológica.

Para obtener una muestra de los invertebrados del agua es necesario capturarlos con una red surber o una d-net de 250 micras.

Al final, todo lo que quede atrapado dentro de la red lo pones en una lavacara o bandeja (preferiblemente de color blanco) con agua y en ella podrás observar los invertebrados presentes en el río. Observa bien tu muestra y trata de identificar los organismos con la guía fotográfica presente en este manual.

Índice de calidad de aguas ABI

El ABI (Acosta et al. 2 009) es un índice biótico que sirve para evaluar la calidad del agua y la integridad ecológica de ecosistemas acuáticos andinos. Este índice se construye asignando valores numéricos entre 1 y 10 a cada familia registrada durante un muestreo, dependiendo de su nivel de tolerancia a la contaminación. En esta escala, el valor de 1 se asigna a las familias más tolerantes y el de 10 a las familias más sensibles. La suma de los puntajes de todas las familias encontradas en un sitio determinado equivale al puntaje ABI total, el cual es un indicador de la calidad de agua de dicho sitio.

La principal ventaja de utilizar el índice ABI es que permite utilizar a los macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua, a partir de información taxonómica a nivel de Familia y es específico para las zonas andinas (>2000 msnm).

Además, la metodología requiere solo de datos cualitativos, (presencia o ausencia de

familias), lo que hace de ella una alternativa económica, sencilla y que requiere de poca inversión de tiempo (Roldán, 2 003).

Tabla 4

Establecimiento de la calidad de agua a partir del puntaje del Índice Biótico Andino (ABI para la cuenca alta del río Guayllabamba. Tomado de Acosta et al. 2009).

ABI	CALIDAD DEL AGUA
> 96	Muy bueno
59 – 96	Bueno
35 – 58	Regular
<35	Malo

Tabla 5

Puntuación del Índice Biótico Andino (ABI) para familias de ríos altoandinos del Ecuador.

ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN ABI
Turbellaria	Planariidae	5
Hirudinea		3
Oligochaeta		1
Gasterópoda	Ancylidae	6
	Physidae	3
	Hydrobiidae	3
	Limnaeidae	3
	Planorbidae	3
Bivalvia	Sphaeriidae	3

ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN ABI
Amphipoda	Hyaellidae	6
Ostracoda		3
Hydracarina		4
ephemeroptera	Baetidae	4
	Leptophlebiidae	10
	Leptonyphidae	7
	Oligoneuriidae	10
Odonata	Aeshnidae	6
	Gomphidae	8
	Libellulidae	6
	Coenagrionidae	6
	Calopterygidae	8
	Polythoridae	10
Plecoptera	Perlidae	10
	Gripopterygidae	10
Heteróptera	Veliidae	5
	Gerridae	5
	Corixidae	5
	Notonectidae	5
	Belostomatidae	4
	Naucoridae	5
Trichoptera	Helicopsychidae	10
	Calamoceratidae	10
	Odontoceridae	10

ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN ABI
	Leptoceridae	8
	Polycentropodidae	8
	Hydroptilidae	6
	Xiphocentronidae	8
	Hydrobiosidae	8
	Glossosomatidae	7
	Hydropsychidae	5
	Anamalopsychidae	10
	Philopotamidae	8
	Limnephilidae	7
Lepidóptera	Pyralidae	4
Coleóptera	Ptilodactylidae	5
	Lampyridae	5
	Psephenidae	5
	Scirtidae	5
	Staphylinidae	3
	Elmidae	5
	Dryopidae	5
	Gyrinidae	3
	Dytiscidae	3
	Hydrophilidae	3
	Hydraenidae	5
	Bepharoceridae	10
Díptera	Simuliidae	5

ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN ABI
	Tabanidae	4
	Tipulidae	5
	Limoniidae	4
	Ceratopogonidae	4
	Dixidae	4
	Psychodidae	3
	Dolichopodidae	4
	Stratiomyidae	4
	Empididae	4
	Chironomidae	2
	Culicidae	2
	Muscidae	2
	Ephydriidae	2
	Athericidae	10
	Syrphidae	1

Fuente: (Encalda A, et al. , 2011)

Índice de hábitat Fluvial- IHF

Hábitat. Se documentó las condiciones del hábitat acuático existente. Se aplicaron para la evaluación de las condiciones de los puntos de muestreo los índices QBR-and y IHF.

Índice, IHF. evalúa la heterogeneidad del hábitat fluvial del cauce del río.

Índice de hábitat fluvial, IHF. Este índice evalúa la heterogeneidad del hábitat fluvial del cauce del río. Se considera un índice de valoración rápida porque en poco tiempo de

trabajo permite valorar si el hábitat fluvial es homogéneo o heterogéneo. Se deben valorar los parámetros estipulados en la hoja de campo para calcular el índice IHF. El valor global del índice IHF se obtiene de la suma de los valores de los 7 bloques que componen dicho índice. La valoración se puede hacer directamente en el río (Sanchez Peña, 2017).

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

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

Con este Índice se pretendió evaluar las formaciones vegetales de ribera. Se valoran una serie de aspectos de la comunidad vegetal de ribera, relativos al recubrimiento de diferentes formaciones, la permanencia del agua, la proporción de sustratos, el inventario de hidrófilos, etc.

Paralelamente se valoran los factores de corrección. La evaluación de la vegetación de ribera andina, se realizará mediante una observación de cómo máximo 100 metros lineales del río (puede ser menor en ríos pequeños o en el caso de cambios bruscos en las características del río, p.ej. un salto de agua) ver anexo 4. El índice presenta 2 tipo de fichas se evaluación como se aprecian en el anexo 2 una para la valoración de la

calidad del bosque de ribera desde los 2 000 msnm hasta los 3 500 msnm y otro por encima de los 3 500 msnm que es una vegetación mayormente de gramíneas o pajonales.

Esta hoja de campo incluye cuatro apartados:

1. Grado de cubierta de la Ribera
2. Estructura de la cubierta
3. Calidad de la cubierta
4. Grado de naturalidad del Canal Fluvial

Las fichas para la evaluación de los índices IHf y QBR-and se muestran en el Anexo

4.

La evaluación del estado ecológico

Mediante los valores del QBR – And y del ABI se obtiene la calidad ecológica de la Estación de monitoreo. El índice no establece valores numéricos para determinar el estado ecológico sino describe el estado ecológico como muy bueno, bueno, regular, malo o pésimo (Bonet, 2 011). Si bien es cierto el índice solo considera una descripción cualitativa de la calidad ecológica, para poder realizar la correlación y el análisis del muestreo le he asignado valores números a la valoración de la calidad ecológica de 5 para calidad muy buena, 4 para bueno, 3 para regular, 2 para malo y 1 para pésimo ver el siguiente cuadro 7 ver anexo 4.

Estándares de calidad ambiental para el agua

Los ECA son las medidas que establecen el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire,

agua o suelo —en su condición de cuerpo receptor—, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.

Los ECA de agua están estipulados en la normativa peruana en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM donde se definen 4 categorías de uso de agua:

Categoría 1: Poblacional y recreacional

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático.

Para el presente estudio se comparará el cumplimiento legal del uso de agua con la categoría 3 en la subcategoría de agua para riego y bebida de animales.

La conductividad eléctrica del agua, es la medida de la concentración de iones disueltos en el agua que permiten la transmisión de la electricidad a través de ella.

Sólidos disueltos totales o salinidad

La cantidad de sólidos disueltos totales (TDS), es uno de los principales indicadores de la calidad del agua. El TDS es el total de sales disueltas y se puede expresar en mg/L, g/m³ o ppm (mg/L). El hecho de que el agua tenga sales en disolución, hace que ésta sea conductiva a la electricidad. Así un agua con muchas sales, es muy conductiva y la medida de la conductividad nos permite evaluar de una forma rápida la salinidad del agua.

Potencial Hidrógeno: pH según Von Hessberg (2 009) el pH como variable fundamental en la calidad del recurso, indica la acidez o alcalinidad del agua, aquellas menos mineralizadas serán pH ácidos. El pH tiene marcada influencia tanto en procesos

biológicos como en procesos químicos. Para cada tipo de organismos existe un intervalo de pH óptimo para su desarrollo, pequeñas variaciones los afectaran y pueden resultar letales. Generalmente aguas en tratamiento sus valores oscilan entre 6.5 y 9.0. En términos ecológicos un pH adecuado permite el crecimiento de microorganismos que realizan los procesos de depuración natural como también el de la fauna y flora que los habitan.

Parámetros físicos en el agua: la temperatura: La determinación exacta de la temperatura es importante para diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio, puesto que, por ejemplo, el grado de saturación de OD, la actividad biológica y el valor de saturación con carbonato de calcio se relacionan con la temperatura (Romero, JA. 1 999).

Oxígeno Disuelto (OD): Todos los gases de la atmósfera son solubles en agua en algún grado. El oxígeno es pobremente soluble y no reacciona químicamente con el agua. La cantidad de oxígeno que está en el agua se denomina oxígeno disuelto. La solubilidad es directamente proporcional a la presión parcial (Romero, JA. 1 999). El oxígeno disuelto en el agua se obtiene del contacto del aire con el agua en las pendientes, las caídas de agua generan burbujas que al mezclarse con agua aportan gases a la misma. El oxígeno es un factor importante para el desarrollo de la vida sus bajas concentraciones limitan la vida en los cuerpos de agua.

de agua permanentes que se encuentran sobre o debajo de la superficie de la tierra

Plomo en el agua (Pb), según la página especializada en sistema de tratamiento de aguas (Lenntech, s.f.) indica que el plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de

los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. El plomo forma muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos. Industrialmente, sus compuestos más importantes son los óxidos de plomo y el tetraetilo de plomo. El plomo forma aleaciones con muchos metales y, en general, se emplea en esta forma en la mayor parte de sus aplicaciones. Todas las aleaciones formadas con estaño, cobre, arsénico, antimonio, bismuto, cadmio y sodio tienen importancia industrial. Los compuestos del plomo son tóxicos y han producido envenenamiento de trabajadores por su uso inadecuado y por una exposición excesiva a los mismos. En el caso de los compuestos organoplúmbicos, la absorción a través de la piel puede llegar a ser significativa. Algunos de los síntomas de envenenamiento por plomo son dolores de cabeza, vértigo e insomnio. En los casos agudos, por lo común se presenta estupor, el cual progresa hasta el coma y termina en la muerte.

Cadmio en el agua (Cd). Según la organización mundial de la salud (Organización Mundial de la Salud, s.f.). El cadmio tiene efectos tóxicos en los riñones y en los sistemas óseo y respiratorio; además, está clasificado como carcinógeno para los seres humanos. Por lo general está presente en el medio ambiente en niveles bajos. Sin embargo, la actividad humana ha incrementado considerablemente esos niveles.

El cadmio puede recorrer grandes distancias desde la fuente de emisión a través del aire. Se acumula rápidamente en muchos organismos, principalmente moluscos y crustáceos. También se pueden encontrar concentraciones, aunque más bajas, en vegetales, cereales y tubérculos ricos en almidón.

Según la pagina (Lenntech, 2 019) **el Arsénico** se le encuentra natural como mineral de cobalto, aunque por lo general está en la superficie de las rocas combinado con azufre o metales como Mn, Fe, Co, Ni, Ag o Sn. El principal mineral del arsénico es el FeAsS (arsenopirita), Los arseniatos y tioarseniato naturales son comunes y la mayor parte de los minerales de sulfuro contienen arsénico. El Arsénico es uno de los más tóxicos elementos que pueden ser encontrados. Debido a sus efectos tóxicos, los enlaces de Arsénico inorgánico ocurren en la tierra naturalmente en pequeñas cantidades. Los humanos pueden ser expuestos al Arsénico a través de la comida, agua y aire. La exposición puede también ocurrir a través del contacto con la piel con suelo o agua que contenga Arsénico.

En un artículo publicado por la universidad de Barcelona indican que la salinidad puede ser natural, debido a la geología del terreno o a la climatología, o bien antropogénico, es decir, generada por vertidos domésticos e industriales, por la actividad minera o por residuos agrícolas y ganaderos, entre otros (Farguell, 2 017).

En ecosistemas fluviales de todo el mundo, el exceso de sal en los ríos a causa de la actividad humana es un factor que condiciona la supervivencia de organismos y comunidades, la biodiversidad y el equilibrio ecológico de todo el ecosistema, y genera también efectos de carácter económico y problemas de salud pública. Esta es una de las conclusiones del artículo publicado en la revista Environmental Pollution, liderado por científicos españoles de la Universidad de Barcelona (Farguell, 2 017).

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la correlación que existe entre los índices bióticos de macroinvertebrados y la concentración de metales tóxicos en las aguas del río Llaucano - Bambamarca, Perú 2 019?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Analizar la correlación entre los índices bióticos de macroinvertebrados y la concentración de metales tóxicos en las aguas del río Llaucano - Bambamarca, Perú 2 019.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las concentraciones de plomo, arsénico, cadmio, salinidad y oxígeno disuelto en las aguas del río Llaucano - Bambamarca, Perú 2019; Comparando los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua, establecidos en el D.S. 004-2 017 MINAM, en la categoría E3.
- Determinar el pH, conductividad y la temperatura en las aguas del río Llaucano - Bambamarca, Perú 2 019; Comparando los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua, establecidos en el D.S. 004-2 017 MINAM, en la categoría E3.
- Identificar y agrupar taxonómicamente las familias de Macroinvertebrados Bentónicos presentes en el río Llaucano - Bambamarca, Perú 2 019.

- Determinar la correlación lineal entre los índices bióticos EPT, BMWP/Col y CERA y la concentración de plomo, arsénico y cadmio en las aguas del río Llaucano - Bambamarca, Perú 2 019.

1.4.Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Al Analizar y relacionar los índices bióticos de macroinvertebrados y la concentración de metales tóxicos en las aguas del río Llaucano - Bambamarca, Perú 2 019 a través de una prueba de correlación lineal se obtendrá valores de R alta positivo próximo a 1.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Las concentraciones de plomo, arsénico, cadmio, salinidad y oxígeno disuelto en las aguas del río Llaucano - Bambamarca, Perú 2 019, superan los Estándares de Calidad Ambiental para el agua, establecidos en el D.S. 004-2017 MINAM, en la categoría E3.
- El pH, conductividad y la temperatura en las aguas del río Llaucano - Bambamarca, Perú 2019; Cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua, establecidos en el D.S. 004-2 017 MINAM, en la categoría E3.
- Al identificar y agrupar taxonómicamente las familias de macroinvertebrados Bentónicos se encontró que el valor de las familias del orden Epheneroptera,

Plecoptera y Trichoptera no son altos en el río Llaucano - Bambamarca, Perú
2 019.

- Al relacionar los resultados obtenidos entre los índices bióticos EPT, BMWP/Col y CERA y la concentración de plomo, arsénico y cadmio en las aguas del río Llaucano - Bambamarca, Perú 2019, oscila alrededor de 1.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo descriptivo analítico correlativo, comparativo, puesto que la investigación se basa en la recolección de información y en el estudio de un fenómeno en un momento determinado de su desarrollo, permitiendo obtener resultados rápidos. El estudio se encuentra orientado a mostrar los sucesos tal como se manifiestan en la realidad, describiendo de manera cuantitativa las características físicas, químicas y microbiológicas del agua del río Llaucano para luego ser comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA).

La investigación tiene un enfoque cualitativo – cuantitativo toda vez que los índices bióticos se irán procesando y agrupándolos de acuerdo a sus características morfológicas al que presentan y en cada punto de muestreo, respectivamente; comparándolas con escalas valorativas o parámetros cuantitativos según valores establecidos en el D.S. 04-2017-MINAM categoría 3 agua para riego y bebida de animales, para luego determinar niveles de correlación directas o inversas entre variables de estudio.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

Población

Está constituida por todas las familias de macroinvertebrados bentónicos encontrados en el afluente del río Llaucano y análisis de los parámetros físico – biológicos en cinco estaciones, y dos campañas, esto es una campaña en el mes de mayo época de lluvia y la campaña dos

en el mes de junio, época de estiaje, periodo 2019, respectivamente. Los resultados de plomo, cadmio y arsénico de las 5 estaciones monitoreadas y en las dos campañas de muestreo.

Muestra

Para las muestras de agua se colectó un litro de aguas de los afluentes del río Llaucano y por otro lado de cada muestra se colectaron las muestras de macroinvertebrados bentónicos en cada estación. Ver Tabla 5. En el anexo 1 se muestran las estaciones de monitoreo en el Mapa de estaciones de monitoreo. Las fichas de campo se muestran en el anexo 3

EM: Estación de Muestreo sistema de georreferenciación utilizado fue el WGS84.

La Estación de Muestreo (EM-1), se encuentra entre la confluencia del río Tambillo y el río Chanta donde toma el nombre de río Llaucano.

La Estación de Muestreo (EM-2), se encuentra en el río Llaucano a la altura del Centro Poblado de Llaucan en el puente Mario Tafur.

La Estación de Muestreo (EM-3), se encuentra entre la confluencia del río Arascogue y el río Llaucano.

La Estación de Muestreo (EM-4), se encuentra entre la confluencia del río Tingo Maygasbamba y el río Llaucano.

La Estación de Muestreo (EM-5), se encuentra en el río Llaucano a la altura del puente que va al Centro Poblado de Huangamarca.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Tabla 6

Coordenadas de ubicación, altitud y descripción las estaciones de monitoreo del estudio

RÍO EVALUADO	CÓDIGO	ESTACIÓN DE MUESTREO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA (UTM)		ALTITUD (MSNM)
			ESTE	NORTE	
RÍO LLAUCANO	EM-1	Confluencia río Tambillo y río Chanta	772941	9247860	2682
	EM-2	Río Llaucano - CP. Llaucan -Puente Mario Tafur	773105	9253767	2562
	EM-3	Confluencia río Arascorgue y río Llaucano	773518	9256771	2520
	EM-4	Confluencia río Tingo Maygasbamba y río Llaucano	774726	9261462	2489
	EM-5	Río Llaucano - Puente que va al Centro Poblado Huangamarca	777121	9265277	2388

Para la recolección de datos se utilizaron los siguientes documentos:

- Cadenas custodia de laboratorio
- Resultados de laboratorio de análisis químico Anexo 2
- Fichas de campo Anexo 3
- Mapa de la cuenca del río Llaucano y estaciones de monitoreo Anexo 1
- Fichas del índice IHF y QBR-and anexo 4

Equipos y materiales:

En la siguiente tabla 7 se presentan los equipos y materiales utilizados en la investigación.

Tabla 7

Materiales y reactivos utilizados en campo

MATERIALES	REACTIVO
Wader talla 43	Alcohol de 70 %
Botas de goma	
Red sùber de 500 micras de diámetro de poro	
Etiquetas	
Cinta métrica de 3 metros de longitud	
Equipo Multiparametro Hq 40 d	
GPS Garmin GxMap	
Bandeja blanca de 35 cm x 25 cm	
Lampara de 8 lumix	
Bolsas Ziploc	
Hojas de campo	
Guantes	
Colador	
Recipientes de plástico de 100 mL	
Microscopio estereoscopio Olympus Stemi 305	

2.4.Procedimiento

La fase de campo comprende el recojo de muestras de parámetros físicos y biológicos, en cinco (5) estaciones de muestreo (EM) en base a la información levantada directamente en campo, teniendo en cuenta las variables: altitud, usos del agua, cobertura vegetal, las actividades antrópicas y accesibilidad a la zona. Se ejecutaron dos (2) campañas de muestreo en el mes de mayo de 2019, se realizó la 1º campaña correspondiendo al periodo de lluvia y en el mes de junio 2019, se realizó la 2º campaña correspondiendo al periodo estiaje.

Recolección de muestras

Las muestras de macroinvertebrados se colectaron, identificando los tipos de hábitas existentes y características físicas del río en las cinco estaciones muestreadas, en cada punto de muestro se eligió tres lugares para muestrear en corriente lenta, rápida y en poza, teniendo en cuenta que el agua no debe llegar más alto que las rodillas donde podamos remover las piedras con las manos, seguidamente ingresamos la malla surber ayudándose con las piernas, colocando la malla en sentido contrario a la corriente y raspamos con la mano la tierra durante cinco minutos a una profundidad de cinco centímetros, teniendo como límite para raspar la sombra que proyecta el marco de la malla; para protección utilizamos guantes (de acuerdo a la ficha de campo del índice IHF en el anexo 4). Seguidamente levantamos la malla y dejamos ingresar un poco de agua para que todo se acumule al fondo. Sin frotar el contenido formamos una masa con todo lo recogido y lo sacamos con la mano en una bandeja preferentemente blanca. Se verificó que todo los macroinvertebrados bentónicos hayan sido retirados de la malla. Luego observamos los macroinvertebrados bentónicos en

la bandeja y vamos retirando con ayuda de pinzas, pinceles y un colador para colocarlos en los recipientes de fondo blanco tratando de no lastimarlos. Finalmente, para una determinación general de los índices bióticos utilizados, se diseñaron tablas con valores de ponderación con el fin de obtener resultados. Para la identificación se utilizaron la guía Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos sistemática y Biología (Dominguez, 2 009) Las muestras de agua se colectaron en recipientes de plástico de un litro preservándose con ácido nítrico para su posterior envío al Laboratorio Regional del Agua de Cajamarca.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Parámetros fisicoquímicos

Tabla 8

Resultados de los análisis fisicoquímicos durante las campañas de lluvia y estiaje en las 5 estaciones de muestreo

Parámetro	M1		M2		M3		M4		M5	
	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje	Lluvia	Estiaje
Ph	8.08	7.03	8.2	7.98	8.08	8.01	7.7	8.02	7.36	8.03
Conductividad Eléctrica ($\mu S/cm$)	151.1	205.1	171.7	206.5	379	436	569	827	311	401
Salinidad (mg/L)	96.7	116.6	107.6	118.3	231	256	329	493	179	235
Temperatura	11.8	14.1	12.7	16.5	14.4	16.1	17.1	16.2	16.6	16.2
Oxígeno disuelto (mg/L)	8.31	7.03	8.64	7.06	7.75	6.96	7.10	6.81	7.10	7.00
Arsénico (mg/L)	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	0.155	0.005	0.029	0.124	0.006	0.036
Cadmio (mg/L)	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	0.005	0.032	0.003	0.003	0.033	0.003
Plomo (mg/L)	0,004	< 0.003	< 0.003	< 0.003	0.004	0.021	< 0.003	0.005	0.019	0.003
Caudal (m^3/s)	21.95	17.52	30.03	24.34	9.33	7.32	20.35	14.95	85.77	74.12

3.2. Macroinvertebrados bentónicos

Tabla 9

Clasificación taxonómica de macroinvertebrados bentónicos colectados

Clase	Orden	Familia
<i>Malacostraca</i>	<i>Amphipoda</i>	<i>Hyaellidae</i>
<i>Gastropoda</i>	<i>Pulmonata</i>	<i>Physidae</i>
<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Simuliidae</i>
		<i>Chironomidae</i>
		<i>Blepharoceridae</i>
		<i>Tabanidae</i>
		<i>Ceratopogonidae</i>
		<i>Psychodidae</i>
<i>Oligochaeta</i>	<i>Haplotaxida</i>	<i>Haplotaxidae</i>
<i>Clitellata</i>	<i>Arhynchobdellidae</i>	<i>Hirudinidae</i>
<i>Turbellaria</i>	<i>Tricladia</i>	<i>Planariidae</i>
<i>Aracnida</i>	<i>Acari</i>	<i>Hydrachnidae</i>
<i>Insecta</i>	<i>Neuroptera</i>	<i>Corydalidae</i>
<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Psephenidae</i>
		<i>Elmidae</i>
		<i>Scirtidae (Helodidae)</i>
		<i>Staphylinidae</i>
		<i>Gyrinidae</i>
<i>Insecta</i>	<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>
<i>Insecta</i>	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptohyphidae</i>
		<i>Baetidae</i>
		<i>Leptophlebiidae</i>
<i>Insecta</i>	<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>
		<i>Hydrobiosidae</i>
		<i>Calamoceratidae</i>
		<i>Hidrottilidae</i>

3.3. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Tabla 10

Resultados del pH obtenido en las cinco estaciones y dos campañas de muestreo

Campañas	Estaciones de Muestreo				
	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5
Lluvia	8.08	8.2	8.08	7.7	7.36
Estiaje	7.03	7.98	8.01	8.02	8.03
ECA Cat 3 agua para riego	6.5- 8.5	6.5- 8.5	6.5- 8.5	6.5- 8.5	6.5- 8.5

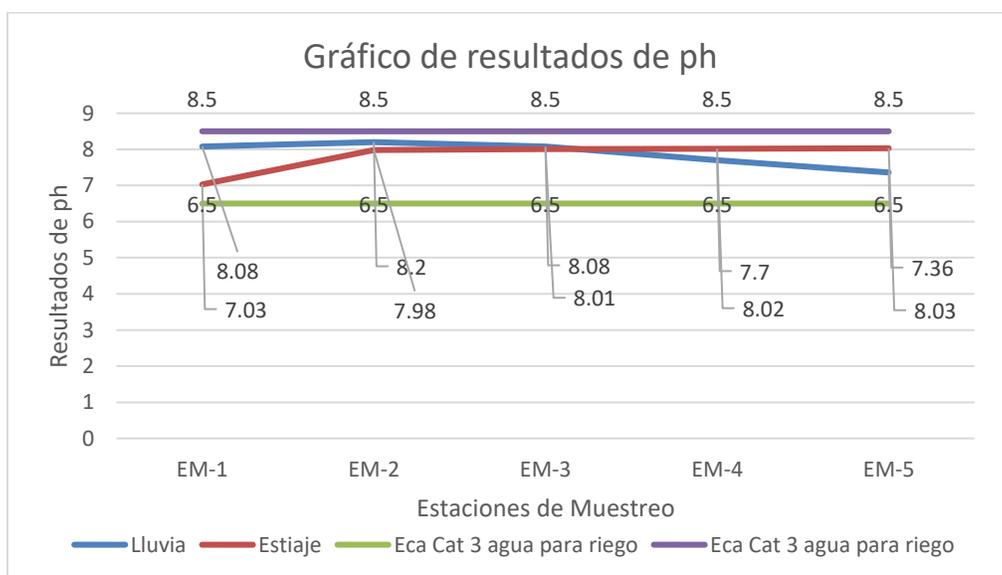


Figura 1. Resultados del pH obtenido en las cinco estaciones y dos campañas de muestreo

INTERPRETACIÓN:

De la tabla 10 y figura 1 podemos observar que las 5 estaciones durante las dos campañas de muestreo presentaron pH ligeramente alcalinos, todos se encuentran dentro de la los ECAS DS. -004-2017 MINAM categoría 3.

Tabla 11

Resultados de la conductividad eléctrica en $\mu\text{S}/\text{cm}$ obtenido en las 5 estaciones y dos campañas de muestreo

	Estaciones de Muestreo				
Campañas	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5
Lluvia	151.1	171.7	379	569	311
Estiaje	205.1	206.5	436	827	401
ECA Cat 3 agua para riego	2500	2500	2500	2500	2500

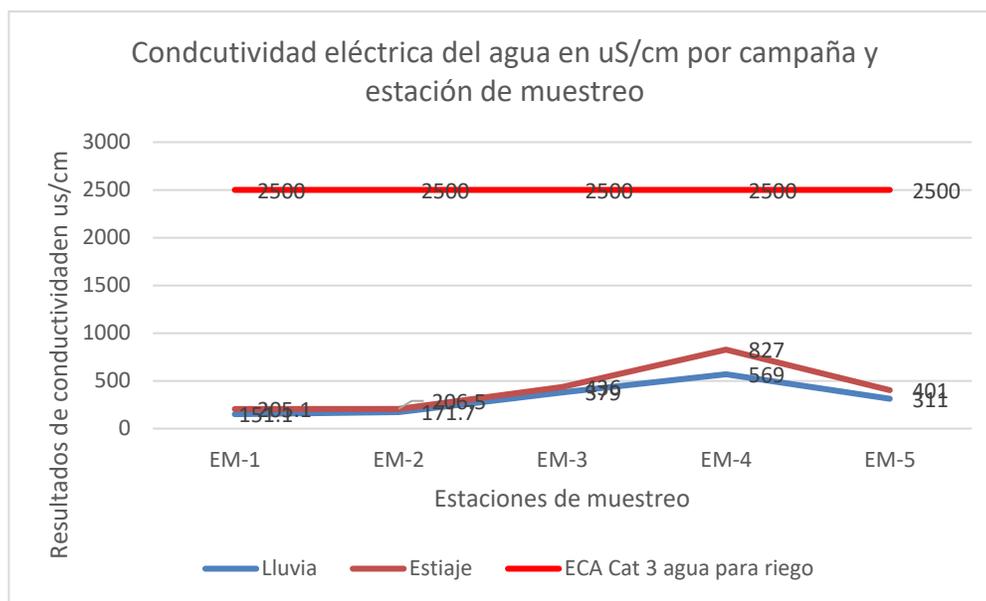


Figura 2. Resultados de la conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$ obtenido en las 5 estaciones y dos campañas de muestreo

INTERPRETACIÓN:

Como se observa en la tabla 11 y figura 2 la estación que presenta la mayor conductividad eléctrica del agua es la estación EM-4. Ninguna de las estaciones supero los valores del ECA Ds. 004-2 017 MINAM categoría 3

Tabla 12

Resultados de salinidad en mg/L obtenidos en las 5 estaciones y dos campañas de muestreo

Campañas	Estaciones de Muestreo				
	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5
Lluvia	96.7	107.6	231	329	179
Estiaje	116.6	118.3	256	493	235

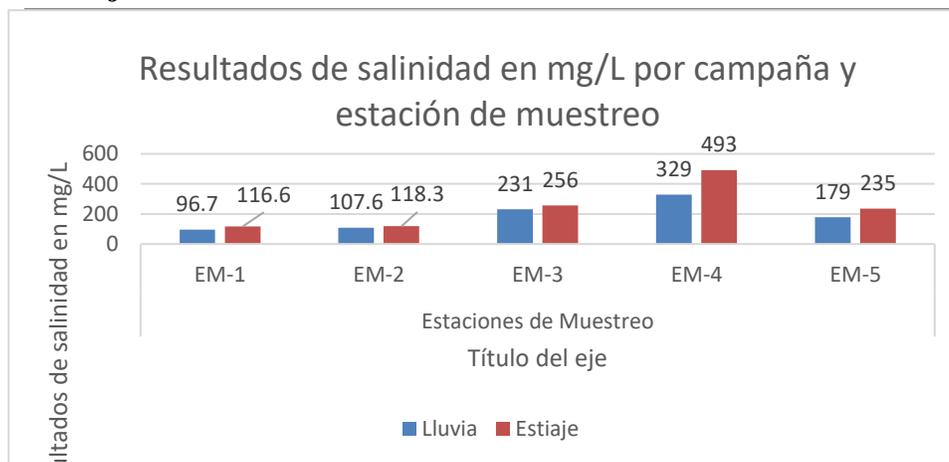


Figura 3. Resultados de salinidad en mg/L obtenidos en las 5 estaciones y dos campañas de muestreo.

INTERPRETACIÓN:

La salinidad es un parámetro relacionado con las concentraciones de sales en el agua. Este parámetro no será comparado con el ECA debido a que no es relevante para esta categoría. En la tabla 12 y Figura 3 se puede apreciar una notable variación en las estaciones con una tendencia al aumento entre las estaciones EM-1 al EM-4, el caudal del agua de la estación EM-5 puede haber influido en la dilución de las sales al encontrarse en la confluencia de todos los afluentes, por esta razón se muestra una

reducción en la concentración. La estación que mayor concentración presenta en ambas campañas es EM-4.

Tabla 13

Resultados de temperatura obtenido en las 5 estaciones y dos campañas de muestreo

Campañas	Estaciones de Muestreo					Promedio
	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5	
Lluvia	11.8	12.7	14.4	17.1	16.6	14.52
Estiaje		16.5	16.1	16.2	16.2	16.38
Temperatura Promedio de las estaciones muestreadas						15.45

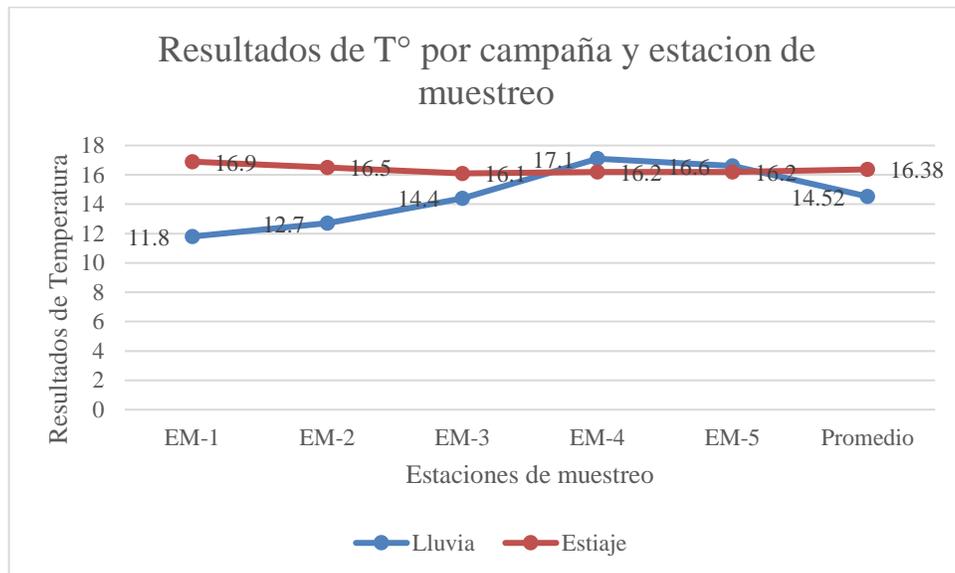


Figura 4. Resultados de temperatura obtenido en las 5 estaciones y dos campañas de muestreo.

INTERPRETACIÓN:

De la tabla 13 y figura 4 podemos deducir que la temperatura promedio es fluctúa entre 14.52 y 16.38. la temperatura es un parámetro físico del agua que dependerá mucho de la hora de muestreo, la altitud y las descargas de agua. Este parámetro es

relevante para la disolución de gases como el oxígeno en el agua el cual es un limitante del desarrollo de la vida en el agua.

Tabla 14

Resultados de oxígeno disuelto en mg/L obtenido en las 5 estaciones y dos campañas de muestreo

Campañas	Estaciones de Muestreo				
	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5
Lluvia	8.31	8.64	7.75	7.1	7.1
Estiaje	7.03	7.06	6.96	6.81	7
ECA Cat 3 agua para riego	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4

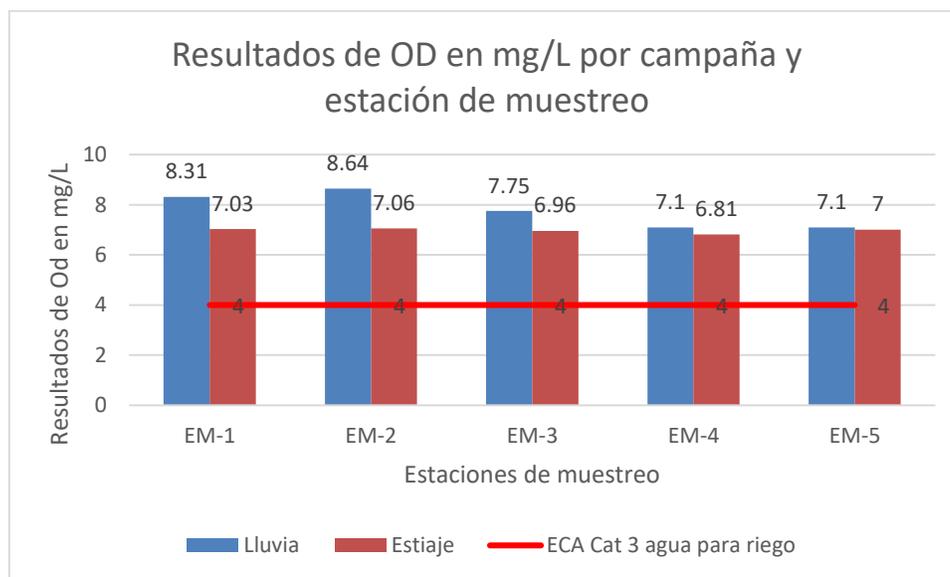


Figura 5. Resultados de oxígeno disuelto en mg/L obtenido en las 5 estaciones y dos campañas de muestreo

INTERPRETACIÓN:

De la tabla 14 y figura 5 podemos deducir que los valores de oxígeno disuelto están dentro del rango normal para ecosistemas lóticos, por otro lado, todos los resultados se encuentran por encima de los establecido por los ECAs D. S. 004-2017 MINAM categoría 3 que para este parámetro en un buen indicador.

3.4. Resultados de los metales arsénico, plomo y cadmio en el agua en las cinco estaciones de muestreo, dos campañas:

Tabla 15

Resultados de Arsénico en mg/L obtenido en las 5 estaciones y dos campañas de muestreo

Estaciones de Muestreo					
Campañas	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5
Lluvia	< 0.003	< 0.003	0.155	0.029	0.006
Estiaje	< 0.003	< 0.003	0.005	0.124	0.036
ECA Cat 3 agua para riego	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

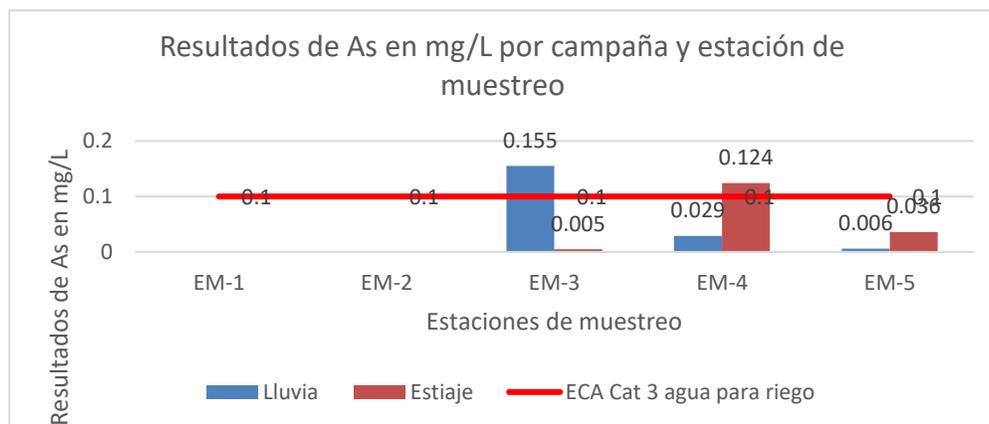


Figura 6. Resultados de Arsénico obtenido en las 5 estaciones y dos campañas de muestreo

INTERPRETACIÓN:

Como se observa en la tabla 15 y figura 6 la estación EM-1 y EM-2 se encuentran por debajo del límite de cuantificación del laboratorio ó LCM <0.003. las estaciones EM-3 y EM-4 superaron los valores establecido según los ECA para agua D.S. N° 004-2 017-MINAM con 0.155 mg/L y 0.124 mg/L.

Tabla 16
Resultados de cadmio en mg/L obtenido en las 5 estaciones y dos campañas de muestreo

Campañas	Estaciones de Muestreo				
	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5
Lluvia	<0.002	<0.002	0.005	0.003	0.033
Estiaje	< 0.002	< 0.002	0.032	0.003	0.003
ECA Cat 3 agua para riego	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

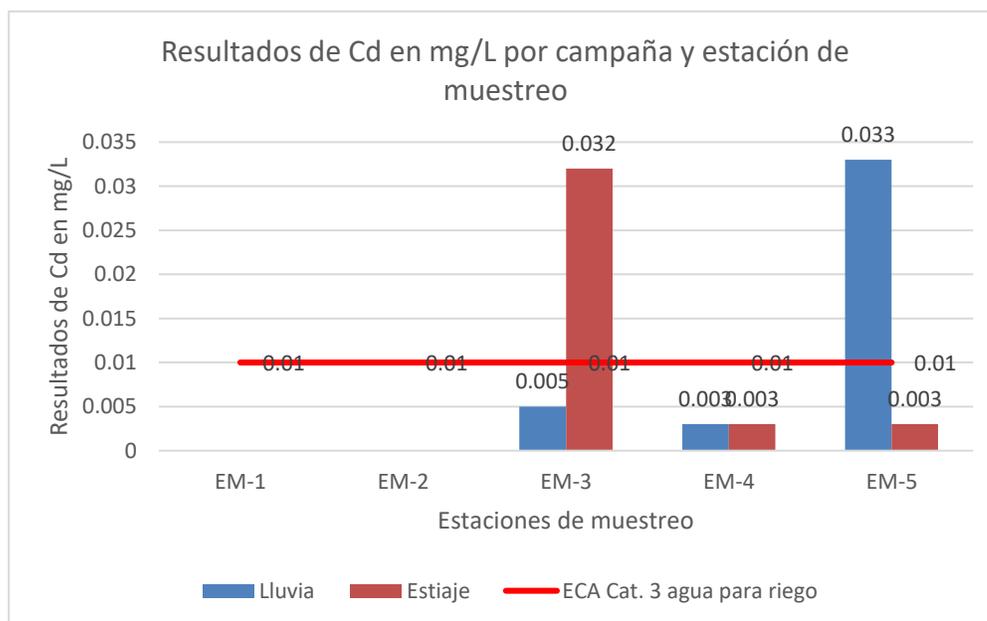


Figura 7. *Resultados de cadmio en mg/L obtenido en las 5 estaciones y dos campañas de muestreo*

INTERPRETACIÓN:

Como se muestra la tabla 16 y figura 7 se muestra que las estaciones EM-1 y EM-2 no sobrepasan los valores del ECA, en EM-3 con 0.032 mg/L y EM-5 con 0.033 mg/L sobrepasan los valores de la norma.

Tabla 17

Resultados de plomo en mg/L obtenido en las 5 estaciones y dos campañas de muestreo

Campañas	Estaciones de Muestreo				
	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5
Lluvia	0.004	<0.003	0.004	<0.003	0.019
Estiaje	< 0.003	< 0.003	0.021	0.005	0.003
ECA Cat 3 agua para riego	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

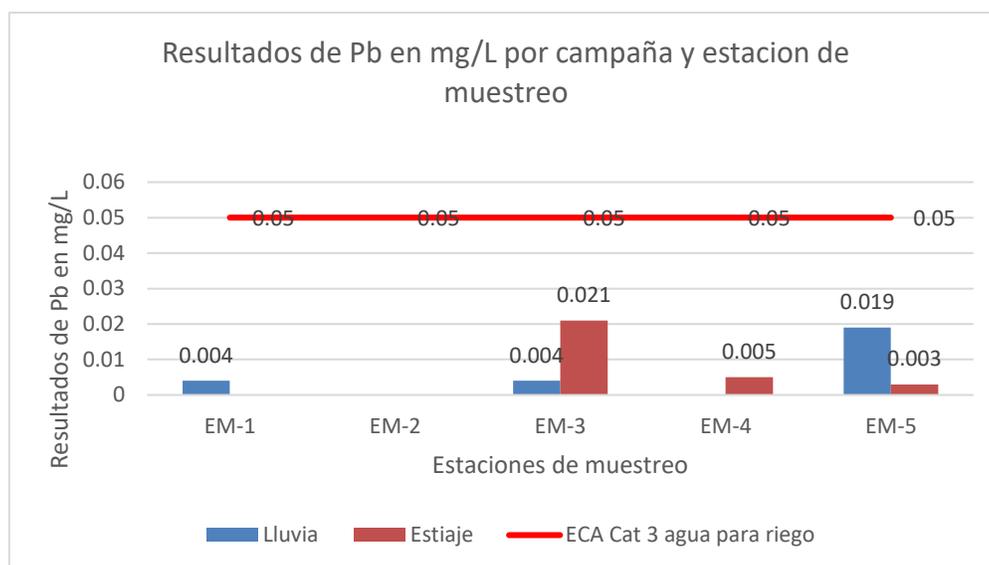


Figura 8. Resultados de plomo en mg/L obtenido en las 5 estaciones y dos campañas de muestreo

INTERPRETACIÓN:

De la tabla 17 y figura 8 ninguna de las estaciones supero el ECA categoría 3 aguas para riego peruano. Lo valores más altos del estudio se presentaron en EM-2 donde en las dos campañas los resultados estuvieron por debajo del límite de cuantificación del laboratorio < 0.003. Por otro lado, los valores más altos se encontraron en EM-3.

Tabla 18

Resultados del caudal en m³/s de agua en las cinco estaciones de muestreo, dos campañas.

Campañas	Estaciones de Muestreo				
	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5
Lluvia	21.95	30.03	9.33	20.35	85.77
Estiaje	17.52	24.34	7.32	14.95	74.12

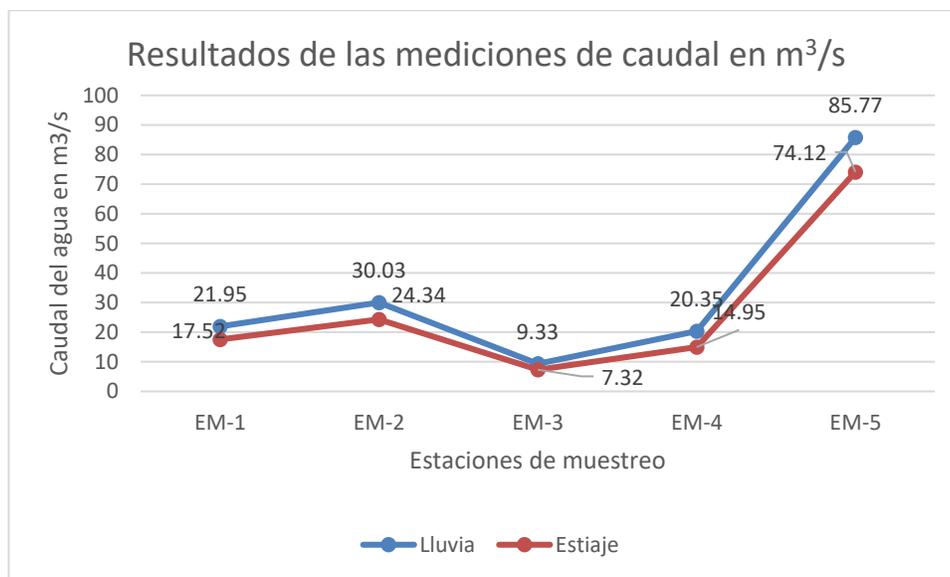


Figura 9. Resultados del caudal de agua en las cinco estaciones de muestreo, dos campañas.

INTERPRETACIÓN:

Como se puede observar de la tabla 18 y figura 9 se evidencia una tendencia al aumento de los caudales desde los afluentes has el rio principal que es EM-5 la cual mantiene un caudal constante entre la época de estiaje y lluvia.

3.5. Resultados del estudio de los macroinvertebrados bentónicos

Tabla 19

Número de familias por estación de muestreo

	Lluvia					Estiaje				
	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5
NUMERO DE FAMILIAS	13	10	4	5	8	15	11	2	0	5

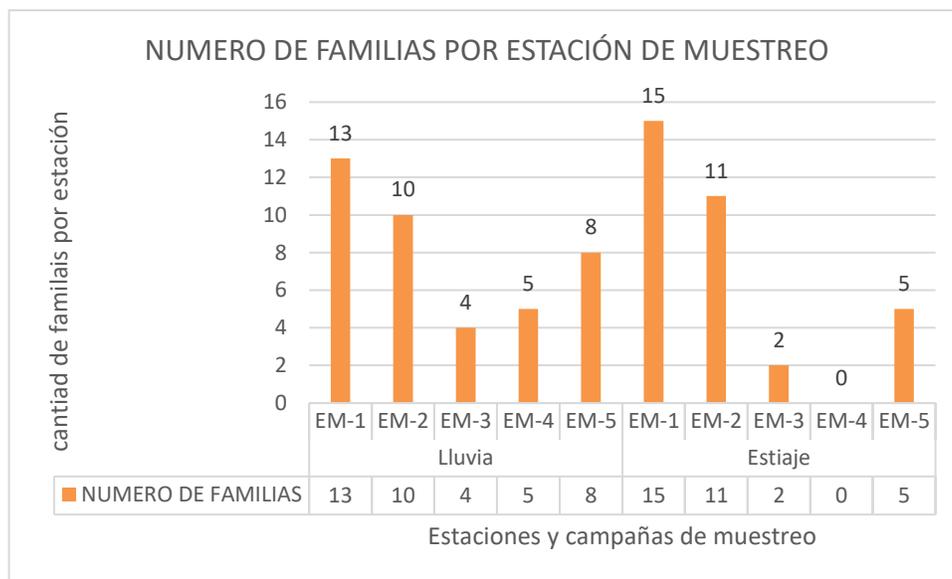


Figura 20: *Número de familias por estación de muestreo*

Como se puede apreciar en la tabla 19 y figura 10 la mayor presencia de macroinvertebrados se determinó en la estación EM-1 en ambas campañas de muestreo, aunque se pudo notar un mayor número de familias en la época de estiaje. Las estaciones con menos número de familias durante todo el estudio fue EM-3. En la estación EM-4 no se hallaron macroinvertebrados. En la presentación de los siguientes cuadros los valores de los índices en la campaña de estiaje para

EM-4 en los índices serán indicado como No determinados (ND) por no haber encontrado macroinvertebrados para la valorización de los índices.

Tabla 20

Valores promedio obtenidos del índice ABI

Valores promedio Obtenidos del Índice ABI	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5
	70	62	12	16	42
	86	61	7	0	17
Promedio	78	62	10	8	30

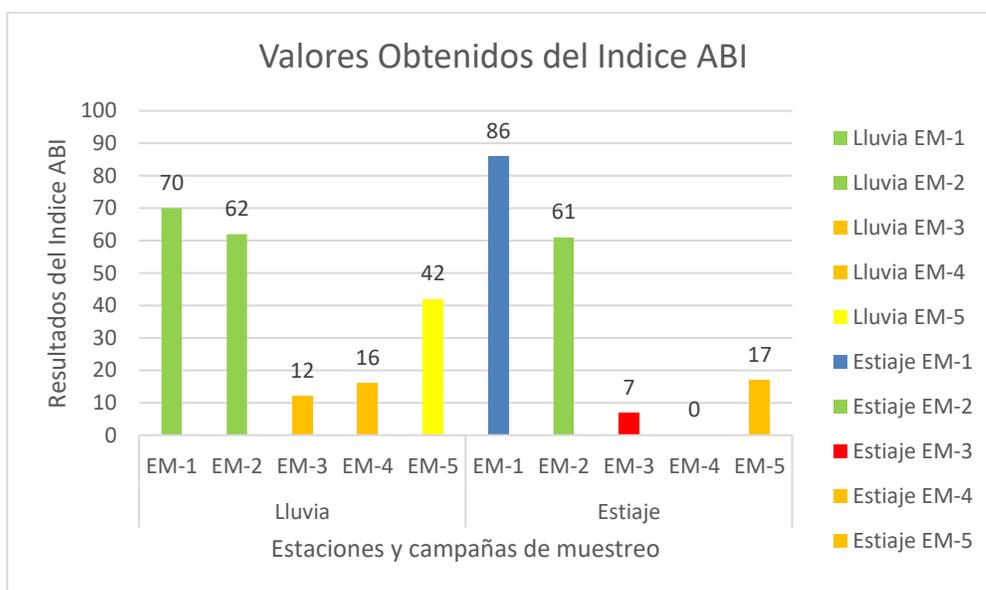


Figura 11: *Valores promedio obtenidos del índice ABI.*

De la tabla 20 y grafico 11 se puede deducir que la estación que presento la mejor calidad resultante del índice ABI fue EM-1 con una calidad de muy buena y buena. La peor calidad se presentó en EM-4.

Resultados del Índice ABI en orden decreciente según resultados promedios obtenidos: EM-1>

EM-2> EM-5> EM-3> EM-4.

Tabla 21

Resultados del índice IHF.

Resultados del índice IHF		
Estaciones de muestreo	EM-1	56
	EM-2	60
	EM-3	84
	EM-4	69
	EM-5	74

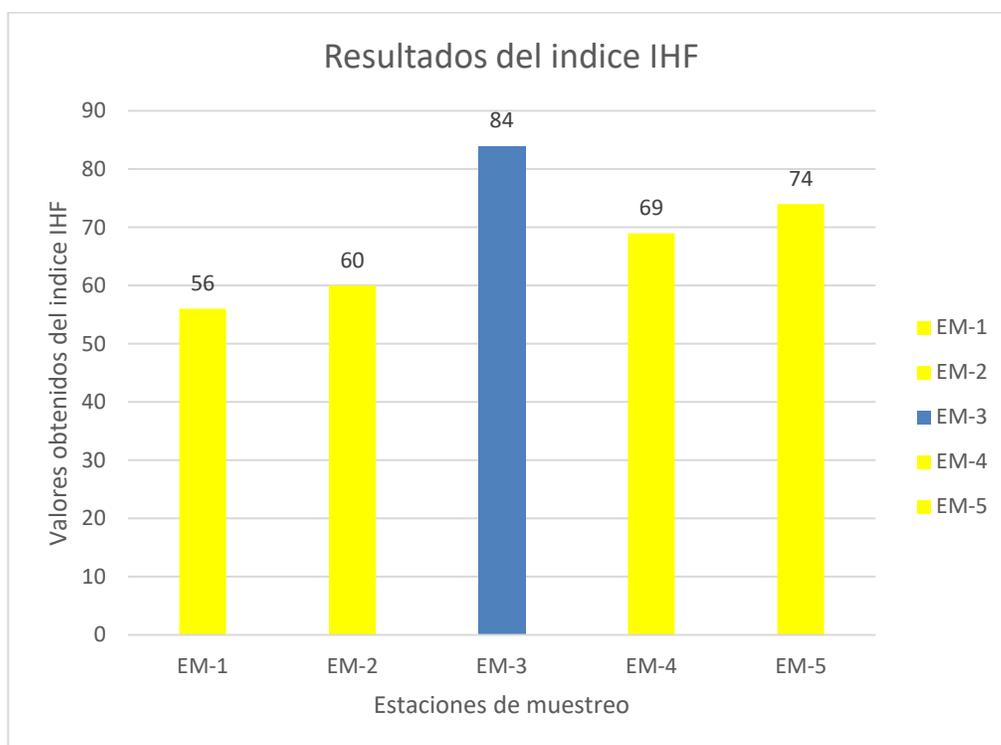


Figura 12: Resultados del índice IHF.

El índice IHF mide la calidad del tramo fluvial evaluada es decir si en las estaciones de muestreo de presentan los multihabitads necesarios para el desarrollo de diversas comunidades de

macroinvertebrados. En las estaciones de muestreo la mejor calidad se presentó en la estación EM-3 con una buena calidad y todas las demás presentaron una calidad regular.

Tabla 22

Resultados obtenidos del índice QBR-and

Resultados del índice QBR-and		
Estaciones de muestreo	EM-1	40
	EM-2	25
	EM-3	65
	EM-4	65
	EM-5	95

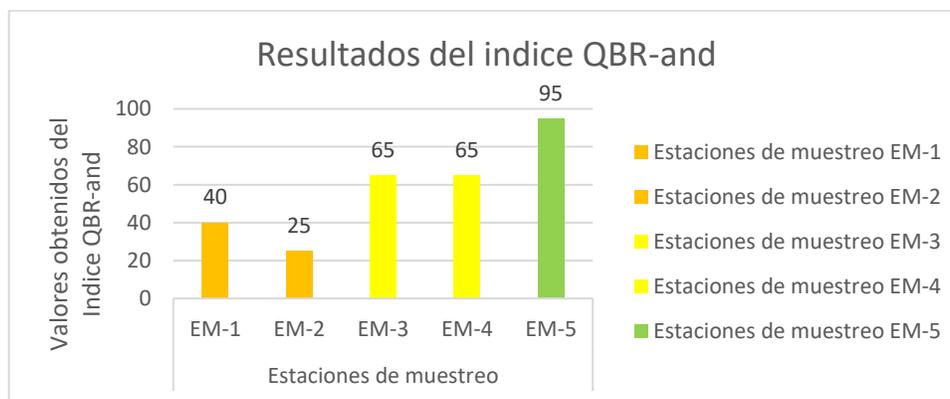


Figura 13: Resultados del índice QBR-and

El Índice QBR-and determina la calidad de la vegetación de ribera de los tramos fluviales. Este componente es relevante para establecer la diversidad de comunidades de macroinvertebrados en los ríos debido a que estos poseen en su mayoría periodos de desarrollo en la tierra. La mejor calidad se presentó en EM-5 y la peor calidad con una valoración de mala se obtuvo en EM-2

A continuación se presenta en orden decreciente los resultados de las valoraciones obtenidas:

EM-5>EM-4>EM-3>EM-1>EM-2.

Tabla 23

Resultados Obtenidos del índice CERA

	Lluvia					Estiaje					Promedio por estaciones				
	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5
Resultados del Índice Cera	2	2	1	1	3	3	2	2	N D	2	3	2	2	1	3

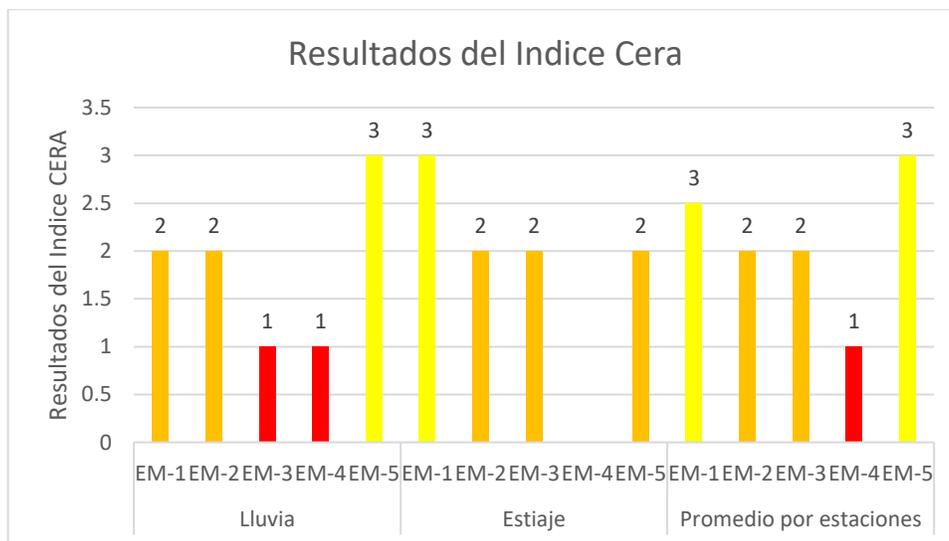


Figura 14. Resultados obtenidos del índice CERA

Como se explicó en el marco teórico el índice CERA es un índice cualitativo, para poder interpretarlo se han asignado valores numéricos para su interpretación. Durante todo el estudio la peor calidad se presentó en EM-4 con una calidad pésima (en época de estiaje no se hallaron macroinvertebrados), las estaciones con una calidad ecológica regular se presentaron en EM-1 y EM-5. EM-2 y EM-3 presentaron una calidad ecológica mala.

Tabla 24

Resultados del índice EPT

	Lluvia					Estiaje					Promedio de las estaciones muestreadas				
	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5
Resultado del Índice EPT	3	4	1	1	3	6	5	0	0	1	5	5	1	1	2

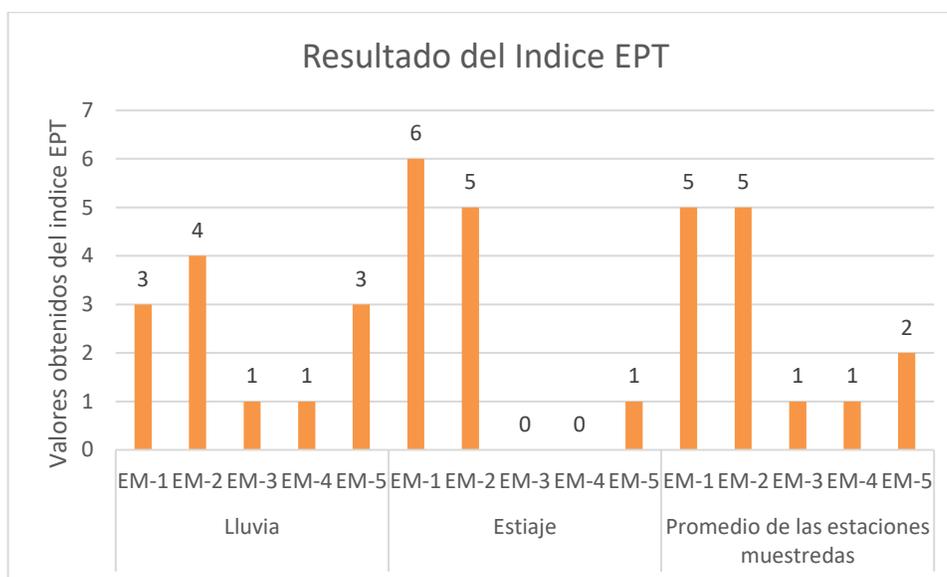


Figura 15. Resultados obtenidos del índice EPT

En los resultados de la evaluación del índice EPT todas las estaciones presentaron una calidad pobre como se indica en la tabla 3 de interpretación del índice EPT, todos los valores obtenidos están por debajo de 6. Las estaciones que presentaron la peor calidad fueron EM-3 y EM-4 con valores promedio de 1. La mejor calidad se obtuvo en la estación EM-1 en la época de estiaje.

Tabla 25

Resultados obtenidos del índice BMWP'col

Resultados del Índice BMWP'col	Lluvia					Estiaje					Promedio de las estaciones muestreadas				
	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5
	85	67	16	19	56	101	75	8	0	19	93	71	12	10	38

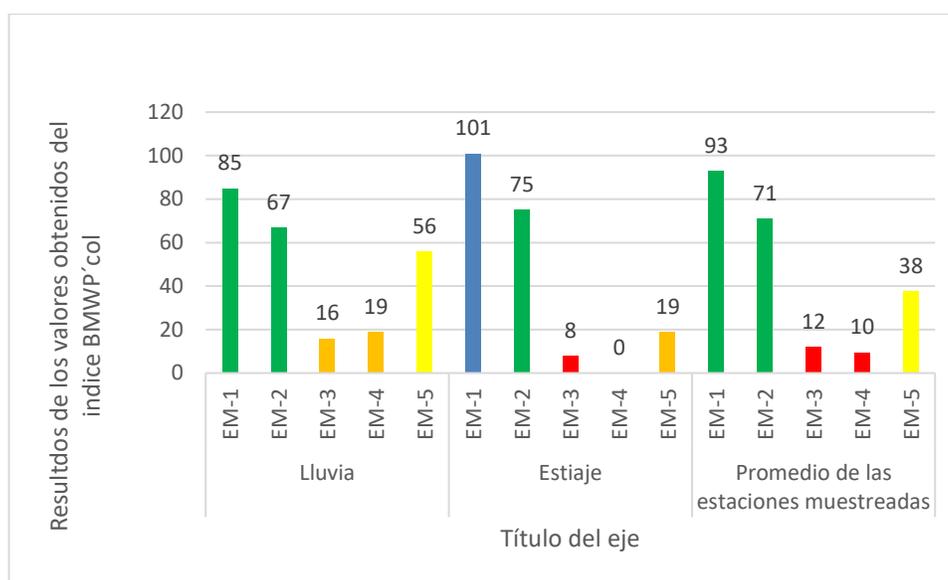


Figura 16: Resultados del índice BMWP'col

Como se observa en los resultados del índice BMWP'col se puede observar que la mayor valoración la obtuvo la estación EM-1 y EM-2 las estaciones con peor calidad fueron EM-3 y EM-4. A continuación se presentan los resultados en orden decreciente. EM-1 > EM-2 > EM-5 > EM-3 > EM-4.

Tabla 26

Comparación de resultados entre los Índices ABI, CERA, EPT y BMWP ´col

Resultados de los Índices Evaluados	Lluvia					Estiaje					Promedio de los valores obtenidos por campaña de muestreo				
	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5	EM-1	EM-2	EM-3	EM-4	EM-5
Valores Obtenidos del Índice ABI	70	62	12	16	42	86	61	7	0	17	78	62	10	8	30
Resultados del Índice Cera	2	2	1	1	3	3	2	2	ND	2	3	2	2	1	3
Resultado del Índice EPT	3	4	1	1	3	6	5	0	0	1	5	5	1	1	2
Resultados del Índice BMWP´col	85	67	16	19	56	101	75	8	0	19	93	71	12	10	38

En la tabla 26 se realiza una comparación de los resultados por estación de muestreo y el promedio por campaña de muestreo tanto en la época de lluvia y de estiaje. Como se muestra la estación que presentó la mejor calidad en todos los índices bióticos aplicados fue la estación EM-1 obteniendo los valores más altos en todos los índices aplicados. La estación EM-2 fue la segunda estación con una calidad media se podría indicar. La peor estación evaluada fue EM-4 esto puede deberse a que este afluente es el que proviene del Río Tingo Maygasbamba impactado por pasivos de las actividades mineras. La estación EM-3 es la otra estación con peor calidad esto se debe a esta estación es la que proviene del río Arascorgue impactado por las aguas de los pasivos mineros que drenan del río Hualgayoc. La estación que presentó una calidad regular durante todo el estudio fue EM-5 ubicada en el río LLaucano, esto puede deberse a que es la confluencia de todas las estaciones evaluadas y presenta un mayor caudal lo que permitiría una alta dilución de contaminantes.

Resultados de la correlación entre las concentraciones de metales pesados y los Índices Bióticos de Calidad Ambiental evaluados

Tabla 27

Resultados de correlación entre plomo, arsénico, cadmio y los índices Bióticos ABI, CERA, EPT y BMWP'col

	Índice ABI	Índice CERA	Índice EPT	Índice BMWP'col	Promedio de R por metal analizado con los Índices Bióticos
Resultados de R correlación entre As, Cd, Pb	0.963	0.992	0.957	0.947	0.96475
Resultados de R correlación entre As	0.92	0.667	0.908	0.776	0.81775
Resultados de R correlación entre el Cd	0.619	0.216	0.681	0.659	0.54375
Resultados de R correlación entre Pb	0.639	0.207	0.743	0.662	0.56275
Resultados de R correlación entre Cd y As	0.948	0.896	0.957	0.928	0.93225
Resultado de R correlación entre Pb y As	0.934	0.97	0.953	0.906	0.94075
Resultados de R correlación entre Cd y Pb	0.64	0.216	0.747	0.669	0.568

Como se observa en la tabla 27 al correlacionar los resultados promedio de los 4 índices con los 3 elementos evaluados la relación es alta cercana 1 en promedio para todos los índices con 0.96475. Cuando se realizó la correlación entre los índices por cada elemento el que obtuvo una mayor influencia en los índices fue el arsénico con 0.81775, el cadmio y el plomo guarda una relación media alta en promedio (0.54375, 0.56275). Al agrupar los compuestos cadmio y arsénico, arsénico y plomo y correlacionarlos, relación obtenida fue alta cercana a 1 con valores de 0.93225 y 0.94075 mientras que el cadmio y plomo nos arrojó una relación media alta con 0.568.

De acuerdo al cuadro de correlación se puede deducir que el arsénico es el elemento que más impacto tuvo en los resultados de los índices evaluados. Por esta razón confirmamos

la hipótesis ya que hemos confirmado que existe una correlación próxima a 1 entre los valores obtenidos de los índices bióticos y las concentraciones de plomo, arsénico y cadmio analizados.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Como lo explica (Figuroa, Ricardo et al, 2 003) en su estudio, el aporte de contaminantes influye en la calidad del agua y las valoraciones de los índices bióticos donde se aplican los macroinvertebrados bentónicos, esto se pudo observar al realizar la correlación el arsénico, cadmio y plomo con los índices bióticos de calidad ambiental siendo el arsénico el parámetro que más influyo en los resultados obtenidos. Las estaciones que presentaron la mejor calidad fueron EM-1 y EM-2 las que no están siendo impactadas por vertimientos de la actividad minera. Como indica (Marquez et al, 2 001) en su trabajo los metales pesados reducen la capacidad de los macroinvertebrados para desarrollarse en los ecosistemas acuáticos. En el trabajo realizado por (Sanchez Peña, 2 017) estableció que el arsénico y cadmio vertidos por la actividad minera del rio Chonta fueron los metales que más influyeron en la valoración del Índice CERA, este fenómeno coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio. Las estaciones con peor calidad en los índices bióticos ABI, CERA, EPT y BMWP'col fueron EM-4 y EM-3, estos resultados coinciden con la concentración de metales obtenidos. Así mismo los valores de conductividad y salinidad son mayores en las estaciones EM-4 y EM-3 lo que coincide con los elementos arsénico, cadmio y plomo al ser en estas estaciones los que mayor concentración presentan. Las concentraciones de los compuestos se ven reducidas en la estación EM-5 al poseer el mayor caudal. Si bien la estación EM-3 cuyas aguas provienen del río Hualgayoc presenta la mayor concentración de metales pesados en los resultados de los índices aplicados supero por muy poco a la estación EM-4, en la cual en la temporada de

estiaje no se pudo encontrar ningún macroinvertebrado bentónico colocando a esta estación como la de peor calidad del estudio.

4.2 Conclusiones

- Las estaciones que mejor calidad para el desarrollo de macroinvertebrados presentaron fueron EM-1 y EM-2, así mismos las estaciones con peor calidad fueron EM-4 y EM-3.
- Las concentraciones de arsénico y cadmio en las aguas del río Llaucano - Bambamarca, Perú 2019, superaron los valores establecidos en el ECA categoría 3 según el D.S. 004-2017 MINAM, en las estaciones EM-3, EM-4 y EM-5. Las estaciones EM-1 y EM-2 fueron las estaciones que presentaron la menor concentración de arsénico, plomo y cadmio durante todo el estudio y las concentraciones de salinidad y oxígeno disuelto no superaron los ECAS.
- El pH promedio dio un valor de 7.85, la conductividad 365.74 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la temperatura 15,17 °C en las aguas del río Llaucano - Bambamarca, Perú 2019; Cumpliendo con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua, establecidos en el D.S. 004-2017 MINAM, en la categoría E3
- Al identificar y agrupar taxonómicamente las familias de macroinvertebrados Bentónicos se encontró que el valor de las familias del orden Ephemeroptera, Plecoptera y trichoptera presentan valores bajos.
- La correlación de los resultados de los índices bióticos EPT, BMWP/Col y CERA y la concentración de plomo, arsénico y plomo en las aguas del río Llaucano - Bambamarca, Perú 2019, se determinó que es cercana a la unidad, dando un valor promedio de 0.96475 y el elemento que mayor influencia tuvo en ellos fue el arsénico con valores promedio

de 0.81775. En todas las correlaciones realizadas donde se encontró el As los resultados fueron más altos.

REFERENCIAS

- Acosta, et al. (2 009). *Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. Limnetica* 28: 35-64.
- Barahona, S. et. al. (2 014). "*Determinación de los parámetros físico, químicos y biológicos del agua de consumo humano del barrio Cuatro Esquinas parroquia Eloy Alfaro Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi en el periodo 2013*". Trabajo de Investigación previo a la Obtención del Título de Ingenieros en Medio Ambiente, Universidad Técnica de Cotopaxi, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Latacunga, Ecuador.
- Barthem, R; et al. (2 004). *Ecología Acuática. Bases Científicas para la Conservación de Cabeceras Andino-Amazónicas. Asociación para la conservación de la cuenca amazónica (ACCA). Grafica Biblos S.A. Lima, PE. 117pp.*
- Benoit, et al. (1 988). *Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Chloride.* (W. B. Sandí, Recopilador) Minnesota, EEUU. Obtenido de http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/334/TFG%20_%E2%80%9CCara%20caracterizaci%C3%B3n%20f%C3%ADsicoqu%C3%ADmica%20de%20las%20aguas%20superficiales%20de%20la%20cuenca%20del%20r%C3%ADo%20Rinc%C3%B3n%20en%20la%20Pen%C3%ADnsula%20de%20Osa%2C%20Puntarenas%2C%2

BOLTOVSKOY, E. (1967). *Indicadores biológicos en la oceanografía*. Cienc. Inv. pág. 66
- 75.

Bonet, M. (2011). *Propuesta de un protocolo de evaluación de calidad ecológica en la zona
minera de la Cuenca del Jequetepeque, Perú. España*. Obtenido de
<http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/13722>

Cava, T. et. al. (2016). "*Caracterización físico - química y microbiológica de agua para
consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito de Pacora - Lambayeque, y
propuesta de tratamiento*". Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Químico,
Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Facultad de Ingeniería Química e Industrias
Alimentarias, Lambayeque, Perú.

Chapman, D. (1996). *Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and
Water in Environmental Monitoring*. Chapman Hill. London. 626 pp. de diseño, 17-23.

Encalda A, Rieradevall M, Rios B, Garcia N, Prat N. (2011). *Protocolo simplificado y guía
de la evaluación de la calidad de ríos andinos CERA-S*. 76. Obtenido de
<http://www.ub.edu/riosandes/index.php/protocolo-cera-s.html>.

(Farguell, 2017). *La salinización de los ríos es un problema medioambiental en todo el
planeta*. Rev. Environmental Pollution, liderado por científicos españoles de la
Universidad de Barcelona.

Figueroa, Ricardo et al. (2003). *Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua de ríos del sur de Chile*. Rev. chil. hist. nat, 76(2), 275-285.

Kalman, B. (2010). *Los Ríos de la Tierra*. Canadá. 4-5 pág.

Krebs, C. J. (1999). *Ecological Methodology*. Benjamin/Cummings, Menlo Park, USA. 620 pp.

LEA-USFQ y UB. (2011). *Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S)*. Quito, Ecuador: *Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S)*. Obtenido de <http://www.ub.edu/riosandes/index.php/cera/5-obj-cera.html>.

Magurran, E. (1998). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University, Princeton, Nueva Jersey, EEUU. 169 pp.

Mandaville, S. (2002). *Benthic macroinvertebrates in freshwaters - Taxa tolerance values, metrics, and protocols*. Soil y Water Conservation Society of Metro Halifax.

Marquez et al. (2001). *Los macroinvertebrados como índices de evaluación rápida de ecosistemas acuáticos contaminados por metales pesados*. Ecotoxicology and Environmental Restoration(4), 25-31.

MINAM (Ministerio del Ambiente, PE). (2 010). *Protocolo para el Monitoreo de Calidad de Aguas Continentales Superficiales*. MINAM. 51 pág.

Montoya Y, et al. (2 007). *Evaluación de la biodiversidad de insectos acuáticos y de la calidad fisicoquímica y biológica del Rio Negro (Antioquia-Colombia)*. Revista de la Universidad Católica del Oriente(23), 71- 87.

Organización Mundial de la Salud. (2 018). *Organización mundial de la salud*. Obtenido de https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/cadmium/es/

Oscoz, Javier et al. (2 006). *Variación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en relación con la calidad de las aguas*. Limnetica, 25(3), 683-692. Obtenido de <https://ddd.uab.cat/record/27943>

Osorio, A. et al. (2 008). *Efecto de Métodos de riego localizado en la salinidad del perfil de suelo en Vid de Mesa: Conductividad Eléctrica, Sodio, Cloro y Boro en distintos puntos del perfil*. Obtenido de http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/334/TFG%20_%E2%80%9CCara%20caracterizaci%C3%B3n%20fisicoqu%C3%ADmica%20de%20las%20aguas%20superficiales%20de%20la%20cuenca%20del%20r%C3%ADo%20Rinc%C3%B3n%20en%20la%20Península%20de%20Osa%2C%20Puntarenas%2C%20Palestina, Colombia.

Paredes, et al. (2 004). *MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO INDICADORES BIOLÓGICOS DE LA CALIDAD DE AGUA EN DOS RÍOS DE CAJAMARCA Y AMAZONAS, PERÚ*. Revista peruana de Entomología (44), 107-118. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/263084090_MACROINVERTEBRADOS_BENTONICOS_COMO_INDICADORES_BIOLOGICOS_DE_LA_CALIDAD_DE_AGUA_EN_DOS_RIOS_DE_CAJAMARCA_Y_AMAZONAS_PERU

Pinilla, (2 011). *Indicadores biológicos en ecosistema acuáticos en Colombia*.

Pinilla, (2 011). *Indicadores biológicos en ecosistema acuáticos en Colombia*. Santander - Bogotá:

Pujante, A. (1 997). *Los Macroinvertebrados acuáticos como Bioindicadores de la Calidad de las Aguas*. Valencia. 277-278 pág.

Ramos, R; Sepúlveda, R; Villalobos, F. (2003). *El Agua en el Medio Ambiente: Muestreo y Análisis*. 1 Ed. Plaza y Valdés S.A. México. 53 pág.

Roldan, G. (1 992). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Universidad de Antioquia. Medellín, 529 p.

Roldán, G. (2 003). *Bioindicación de la calidad de agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col*. Colombia. Editorial Universidad de Antioquia. 164 p.

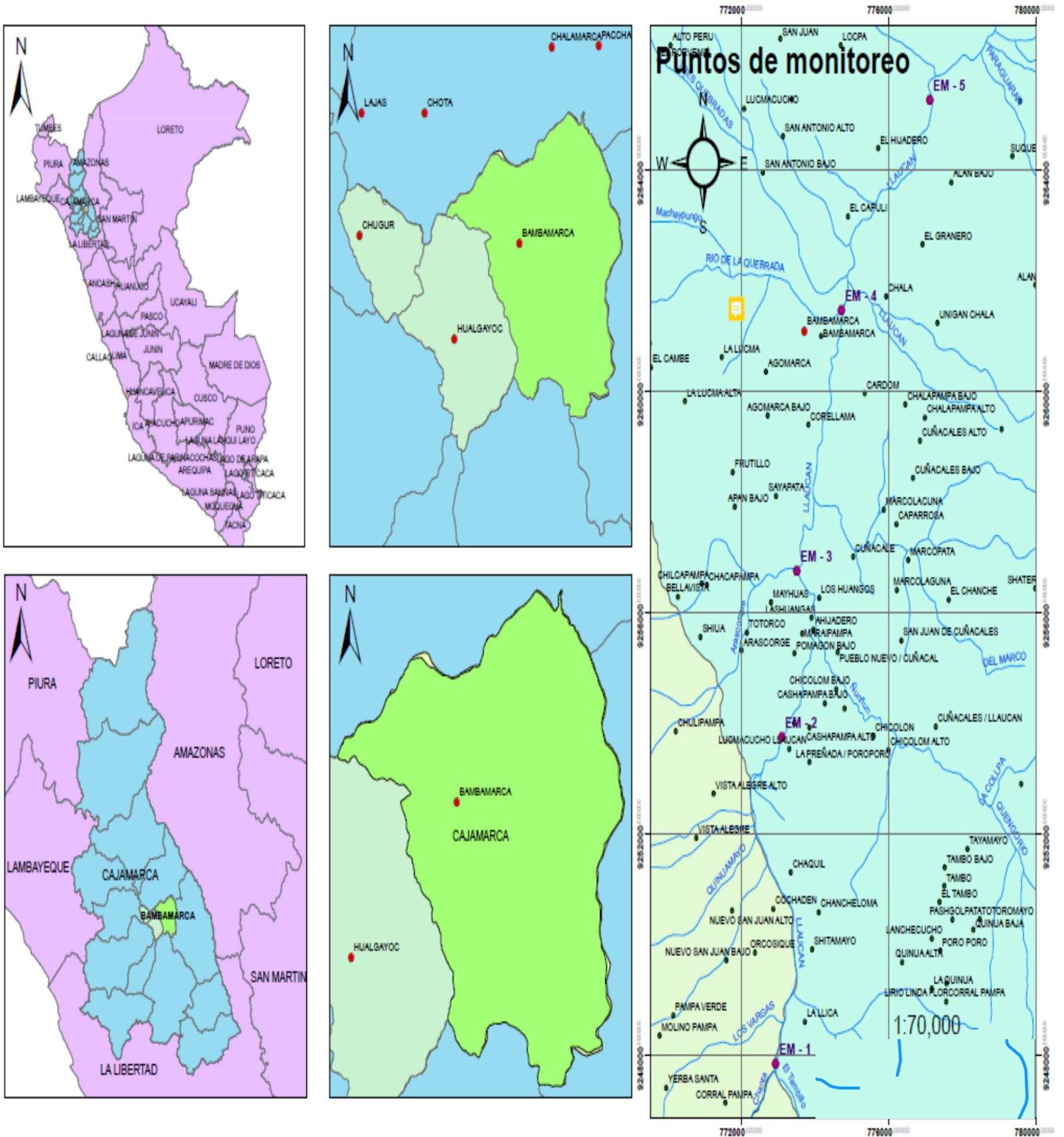
Salazar, N.C., Iannacone, Y, Alvariño, S.L., Orozco, R; Miranda, R. (2 001). Estructura

Sanchez Peña, (2 017). *Evaluación ecológica del rio Chonta Cajamarca- Perú para determinar su grado de contaminación. Cajamarca, Peru: Universidad Nacional de Piura.*

Seifert, R. (2 006) casos *Contaminación de las aguas y otros, desde 1994 hasta la fecha provocado por la empresa transnacional Newmont Mining Corporation (Yanacocha) Cajamarca/Perú.* Obtenido de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dossier_Inviabilidad_del_proyecto_minero_Con_ga_Ing_Reinhard_Seifert%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dossier_Inviabilidad_del_proyecto_minero_Con_ga_Ing_Reinhard_Seifert%20(1).pdf) Cajamarca Perú.

ANEXOS

Anexos 01. Ubicación geográfica y referencial de las estaciones de muestreo



ID	ESTACION DE MUESTREO	ESTE	NORTE	ALTITUD
EM - 1	Confluencia de los ríos Tambillo y Chanta	772941	9247860	2682
EM - 2	Puente Mario Tafur - CP Llaucan	773105	9253767	2562
EM - 3	Confluencia de los ríos Arascorgue y Llaucano	773518	9256771	2520
EM - 4	Confluencia de los ríos Tingo Maygasbamba y Llaucano	774726	9261462	2489
EM - 5	Puente El Obispo - Huangamarca	777121	9265277	2389



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 0619370

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			Confluencia de los Ríos Tambillo y Charca	Río Llaucano - puente Mario Tafur C. P. Uaucañ	confluencia de los ríos Antasocque y Uaucañ	confluencia de los ríos Tingo Maigastamba y Uaucañ	Río Uaucañ - puente El Obispo C.P. Huanqamarka	-
Código Laboratorio			0619370-01	0619370-02	0619370-03	0619370-04	0619370-05	-
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	-
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	-
Localización de la Muestra			Bambamarca	Bambamarca	Bambamarca	Bambamarca	Bambamarca	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.022	0.065	0.060	3.520	0.925	0.591	-
Arsénico (As)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	0.005	0.124	0.036	-
Boro (B)	mg/L	0.021	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Bario (Ba)	mg/L	0.002	0.025	0.024	0.040	0.027	0.031	-
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.070	43.33	44.19	95.49	145.10	74.80	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	0.032	0.003	0.003	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	0.006	0.007	<LCM	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.002	<LCM	0.002	0.005	0.006	<LCM	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.014	<LCM	<LCM	0.274	0.387	0.112	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.019	0.038	0.032	7.205	7.878	2.540	-
Potasio (K)	mg/L	0.049	1.191	1.174	1.939	6.839	2.729	-
Litio (Li)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	0.004	0.005	<LCM	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.017	2.928	2.928	6.212	6.640	4.250	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.002	<LCM	0.003	7.085	1.551	0.927	-
Moibdeno (Mo)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	0.013	0.003	-
Sodio (Na)	mg/L	0.018	4.405	4.167	3.372	57.010	16.430	-
Niquel (Ni)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	0.006	<LCM	<LCM	-
Fósforo (P)	mg/L	0.020	0.027	<LCM	0.101	0.351	0.144	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	0.021	0.005	0.003	-
Azufre (S)	mg/L	0.085	4.914	4.847	53.92	109.3	33.08	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Selenio (Se)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Silicio (Si)	mg/L	0.085	6.497	6.609	7.213	4.752	5.919	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.194	0.192	0.277	0.539	0.293	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	0.014	<LCM	-
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Vanadio (V)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	0.005	0.004	<LCM	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	4.563	0.775	0.539	-
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-



Cajamarca, 17 de Junio de 2019.

2 de 3

Anexo 3.- FICHAS DE CAMPO

EPOCA DE LLUVIA

ESTACIÓN DE MUESTREO EM-1

CONFLUENCIA DEL RÍO TAMBILLO Y RÍO CHANTA

Fecha: 10/05/2019

Hora: 6:59 am

Responsable de muestreo: Héctor Gavini Ruiz Cruzado

LOCALIZACIÓN

Cuenca: Del Llaucano Subcuenca: Río: LLaucano

Estación: EM-1

Coordenadas

GPS: E:772941, N:9247860

Altitud: 2682

Código fotografía:



PARÁMETROS DE CAMPO EN LA EM-1

- pH del agua: 8.03
- Conductividad eléctrica del agua: 151.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Oxígeno disuelto: 8.31 mg/l
- Temperatura del agua: 11.8°C
- Salinidad en el agua: 96.7 mg/l
- Caudal del río: 21.95 m³/s

ESTACIÓN DE MUESTREO EM-2

RÍO LLAUCANO -PUENTE MARIO TAFUR – C.P. LLAUCAN

Fecha: 10/05/2019

Hora: 8:39 am

Responsable de muestreo: Héctor Gavini Ruiz Cruzado

LOCALIZACIÓN

Cuenca: Del Llaucano Subcuenca: Río: LLaucano

Estación: EM-2

Coordenadas

GPS: E:773105, N:9253767

Altitud: 2562

Código fotografía:



PARÁMETROS DE CAMPO EN LA EM-2

- pH del agua:8.2
- Conductividad eléctrica del agua:171.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Oxígeno disuelto: 8.64 mg/l
- Temperatura del agua:12.7°C
- Salinidad en el agua:107.6 mg/l
- Caudal del río:30.03 m^3/s

ESTACIÓN DE MUESTREO EM-3

CONFLUENCIA RÍO ARASCOGUE Y RÍO LLAUCANO

Fecha: 10/05/2019

Hora: 10:42 am

Responsable de muestreo: Héctor Gavini Ruiz Cruzado

LOCALIZACIÓN

Cuenca: Del Llaucano Subcuenca: Río: Arascogue

Estación: EM-3

Coordenadas

GPS: E:773518, N:9261462

Altitud: 2520

Código fotografía:



PARÁMETROS DE CAMPO EN LA EM-3

- pH del agua: 8.08
- Conductividad eléctrica del agua : 379 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Oxígeno disuelto: 7.75 mg/l
- Temperatura del agua: 14.4°C
- Salinidad en el agua: 231.0 mg/l
- Caudal del río: 9.33 m^3/s

ESTACIÓN DE MUESTREO EM-4

CONFLUENCIA RÍO TINGO MAYGASBAMBA Y RÍO LLAUCANO

Fecha: 10/05/2019

Hora: 12:00 pm

Responsable de muestreo: Héctor Gavini Ruiz Cruzado

LOCALIZACIÓN

Cuenca: Del Llaucano Subcuenca: Río: Tingo Maygasbamba

Estación: EM-4

Coordenadas

GPS: E:774726, N:9261462

Altitud: 2489

Código fotografía:



PARÁMETROS DE CAMPO EN LA EM-4

- pH del agua: 7.7
- Conductividad eléctrica del agua: 569 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Oxígeno disuelto: 7.1 mg/l
- Temperatura del agua: 17.1°C
- Salinidad en el agua: 329 mg/l
- Caudal del río: 20.35 m^3/s

ESTACIÓN DE MUESTREO EM-5

RÍO LLAUCANO -PUENTE EL OBISPO C.P. HUANGAMARCA

Fecha: 10/05/2019

Hora: 12:59 pm

Responsable de muestreo: Héctor Gavini Ruiz Cruzado

LOCALIZACIÓN

Cuenca: Del Llaucano Subcuenca: Río: LLAUCANO

Estación: EM-4

Coordenadas

GPS: E:777121, N:9265277

Altitud: 2388

Código fotografía:



PARÁMETROS DE CAMPO EN LA EM-5

- pH del agua:7.36
- Conductividad eléctrica del agua:311 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Oxígeno disuelto: 7.1 mg/l
- Temperatura del agua:16.6°C
- Salinidad en el agua:117 mg/l
- Caudal del río:85.77 m^3/s

ÉPOCA DE ESTIAJE

ESTACIÓN DE MUESTREO EM-1

CONFLUENCIA DEL RÍO TAMBILLO Y RÍO CHANTA

Fecha: 09/06/2019

Hora: 3:30 pm

Responsable de muestreo: Héctor Gavini Ruiz Cruzado

LOCALIZACIÓN

Cuenca: Del Llaucano Subcuenca: Río: LLaucano

Estación: EM-1

Coordenadas

GPS: E:772941, N:9247860

Altitud: 2682

Código fotografía:



PARÁMETROS DE CAMPO EN LA EM-1

- pH del agua:7.03
- Conductividad eléctrica del agua:205.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Oxígeno disuelto:7.3 mg/l
- Temperatura del agua:16.9°C
- Salinidad en el agua:116 mg/l
- Caudal del río:17.52 m^3/s

ESTACIÓN DE MUESTREO EM-2

RÍO LLAUCANO -PUENTE MARIO TAFUR – C.P. LLAUCAN

Fecha: 09/06/2019

Hora: 4:30 am

Responsable de muestreo: Héctor Gavini Ruiz Cruzado

LOCALIZACIÓN

Cuenca: Del Llaucano Subcuenca: Río: LLaucano

Estación: EM-2

Coordenadas

GPS: E:773105, N:9253767

Altitud: 2562

Código fotografía:



PARÁMETROS DE CAMPO EN LA EM-2

- pH del agua:7.98
- Conductividad eléctrica del agua:206.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Oxígeno disuelto:7.6 mg/l
- Temperatura del agua:16.5°C
- Salinidad en el agua:118.3 mg/l
- Caudal del río :24.34 m^3/s

ESTACIÓN DE MUESTREO EM-3

RÍO LLAUCANO -PUENTE EL OBISPO C.P. HUANGAMARCA

Fecha: 09/06/2019

Hora: 5:40 pm

Responsable de muestreo: Héctor Gavini Ruiz Cruzado

LOCALIZACIÓN

Cuenca: Del Llaucano Subcuenca: Río: Arascogue

Estación: EM-3

Coordenadas

GPS: E:773518, N:9261462

Altitud: 2520

Código fotografía:



PARÁMETROS DE CAMPO EN LA EM-3

- pH del agua:8.01
- Conductividad eléctrica del agua:436 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Oxígeno disuelto: 6.96 mg/l
- Temperatura del agua :16.1°C
- salinidad en el agua:256 mg/l
- Caudal del río:7.32 m^3/s

ESTACIÓN DE MUESTREO EM-4

CONFLUENCIA RÍO TINGO MAYGASBAMBA Y RÍO LLAUCANO

Fecha: 09/06/2019

Hora: 7:02 pm

Responsable de muestreo: Héctor Gavini Ruiz Cruzado

LOCALIZACIÓN

Cuenca: Del Llaucano Subcuenca: Río: Tingo Maygasbamba

Estación: EM-4

Coordenadas

GPS: E:774726, N:9261462

Altitud: 2489

Código fotografía:



PARÁMETROS DE CAMPO EN LA EM-4

- pH del agua:8.02
- Conductividad eléctrica del agua:827 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Oxígeno disuelto: 6.81 mg/l
- Temperatura del agua :16.2°C
- Salinidad en el agua:496 mg/l
- Caudal del río:14.95 m³/s

ESTACIÓN DE MUESTREO EM-5 RÍO LLAUCANO -PUENTE EL OBISPO C.P. HUANGAMARCA

Fecha: 09/06/2019

Hora: 07:50 pm

Responsable de muestreo: Héctor Gavini Ruiz Cruzado

LOCALIZACIÓN

Cuenca: Del Llaucano Subcuenca: Río: LLAUCANO

Estación: EM-4

Coordenadas

GPS: E:777121, N:9265277

Altitud: 2388

Código fotografía:



PARÁMETROS DE CAMPO EN LA EM-5

- pH del agua:8.03
- Conductividad eléctrica del agua:401 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Oxígeno disuelto:7.0 mg/l
- Temperatura del agua :16.2°C
- Salinidad en el agua:235 mg/l
- Caudal del río:74.12 m^3/s

Anexo 4.- Las fichas para la evaluación de los índices IHf y QBR

Evaluación del Hábitat Fluvial para ríos Andinos, Índice IHf - Río Llaucano 2019.

Muestra:
Fecha:
Operador:

Bloques	Puntuación
---------	------------

1. Inclusión rápidos			
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 – 30%	10	
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 – 60 %	5	
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%	0	

TOTAL (una categoría)

2. Frecuencia de rápidos			
	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río <7	10	
	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 – 15	8	
	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 – 25	6	
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos / anchura > 25	4	
	Sólo pozas	2	

TOTAL (una categoría)

3. Composición del substrato (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser 0 para cada apartado)			
% Bloques y piedras	1 – 10%	2	
	> 10 %	5	
% Cantos y gravas	1 – 10%	2	
	> 10 %	5	
% Arena	1 – 10%	2	
	> 10 %	5	
% Limo y arcilla	1 – 10%	2	
	> 10 %	5	

TOTAL (sumar categorías)

4. Regímenes de velocidad / profundidad			
Somero:< 0.5 m	4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero	10	
Lento:< 0.3 m/s	Sólo 3 de las 4 categorías	8	
	Sólo 2 de las 4 categorías	6	
	Sólo 1 de las 4 categorías	4	

TOTAL (una categoría)

5. Porcentaje de sombra en el cauce			
	Sombreado con ventanas	10	
	Totalmente en sombra	7	
	Grandes claros	5	
	Expuesto	3	

TOTAL (una categoría)

6. Elementos heterogeneidad (si hay ausencia de hojarasca el valor debe ser 0 puntos)			
Hojarasca	> 10% ó < 75%	4	
	< 10% ó > 75%	2	
Presencia de troncos y ramas		2	
Raíces expuestas		2	
Diques naturales		2	

TOTAL (una categoría)

7. Cobertura de vegetación acuática (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser cero para cada apartado)			
% Plocon + briófitos	10 – 50%	10	
	< 10% ó > 50%	5	
	Ausencia absoluta	0	
% Pecton	10 – 50%	10	
	< 10% ó > 50%	5	
	Ausencia absoluta	0	
% Fanerógamas	10 – 50%	10	
	< 10% ó > 50%	5	
	Ausencia absoluta	0	

TOTAL (sumar categorías)

PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)

Evaluación de la Calidad del Bosque de Ribera para Comunidades arbóreas, Índice QBR - Río Llaucano 2019.

Muestra:
Fecha:
Operador:

La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25 puntos

Bloques	Puntuación	
1. Grado de cubierta de la zona de ribera		
> 80% de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)	25	
50 – 80% de cubierta vegetal de la zona de ribera	10	
10 – 50% de cubierta vegetal de la zona de ribera	5	
< 10% de cubierta vegetal de la zona de ribera	0	
Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total	+10	
Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%	+5	
Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente esta entre el 25 y 50%	-5	
Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%	-10	
TOTAL		<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>

2. Estructura de la cubierta (se contabiliza)		
Recubrimiento de árboles superior al 75%	25	
Recubrimiento de árboles entre el 50 y 75% o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50% y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25%	10	
Recubrimiento de árboles inferior al 50% y el resto de la cubierta con arbustos entre el 10 y 25%	5	
Sin árboles y arbustos por debajo el 10%	0	
Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50%	+10	
Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre el 25 y 50%	+5	
Si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque	+5	
Si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50%	-5	
Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad	-5	
Si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50%	-10	
TOTAL		<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>

3. Calidad de la cubierta		
Todos los árboles de la zona de ribera son autóctonos	25	
Como máximo un 25% de la cobertura es de especies de árboles introducidas	10	
Del 26 a 50% de los árboles de ribera son especies introducidas	5	
Más del 51% de los árboles de la ribera son especies introducidas	0	
> 75% de los arbustos son de especies autóctonas	+10	
51 – 75% o más de los arbustos es de especies autóctonas	+5	
26 – 50% de la cobertura de arbustos es de especies autóctonas	-5	
Menos del 25% de la cobertura de los arbustos es de especies autóctonas	-10	
TOTAL		<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>

4. Grado de naturalidad del canal fluvial		
El canal del río no ha estado modificado	25	
Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal	10	
Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río	5	
Río canalizado en la totalidad del tramo	0	
Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río	-10	
Si existe alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río	-10	
Si hay basuras en el tramos de muestreo de forma puntual pero abundantes	-5	
Si hay un basurero permanente en el tramo estudiado	-10	
TOTAL		<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>

PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)

Evaluación de la Calidad de Ribera para Comunidades de Pajonales, Páramos y Punas (<3500 msnm), Índice QBR

Muestra:
Fecha:
Operador:

La puntuación de cada uno de los 3 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25 puntos

Bloques	Puntuación
---------	------------

1. Grado de cubierta de la zona de ribera

> 80% de cubierta vegetal de la zona de ribera (Gramíneas y/o matorral y/o "almohadillas")	25
50 – 80% de cubierta vegetal de la zona de ribera	10
10 – 50% de cubierta vegetal de la zona de ribera	5
< 10% de cubierta vegetal de la zona de ribera	0
Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total	+10
Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%	+5
Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente esta entre el 25 y 50%	-5
Si se presentan evidencias de quema de pajonal de gramíneas de ribera < 50%	-5
Si se presentan evidencias de quema de pajonal de gramíneas de ribera > 50%	-10

TOTAL

2. Calidad de la cubierta

Todas las especies vegetales de ribera autóctonas (gramíneas, matorral o almohadillas)	25
Ribera con < 25% de la cobertura con especies introducidas (Eucalyptus spp., Pinus spp) o especies arbustivas secundarias (por efecto de sobrepastoreo)	10
Ribera entre 25 – 80% de la cobertura con especies introducidas o con arbustivas secundarias	5
Ribera con > 80% de especies introducidas o arbustivas secundarias	0

TOTAL

3. Grado de naturalidad del canal fluvial

El canal del río no ha estado modificado	25
Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal	10
Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río	5
Río canalizado en la totalidad del tramo	0
Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río	-10
Si existe alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río	-10
Si hay basuras en el tramos de muestreo de forma puntual pero abundantes	-5
Si hay un basurero permanente en el tramo estudiado	-10

TOTAL

PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)

Anexo 5.- Panel fotográfico



Anexo 6. Resultados de la prueba estadística en el IBM SPSS

Datos aplicados para la realización del análisis de correlación “R” de acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación de As, Cd y Pb.

Estaciones de muestreo	Valores Obtenidos del Índice ABI	Resultados del Índice Cera	Resultado del Índice EPT	Resultados del Índice BMWP'col	As	Cd	Pb
EM-1	78	3	5	93	0.003	0	0.004
EM-2	62	2	5	71	0	0	0
EM-3	10	2	1	12	0.16	0.0185	0.0125
EM-4	8	1	1	10	0.153	0.003	0.005
EM-5	30	3	2	38	0.042	0.018	0.011

Regresión

Variables entradas/eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Plomo, Arsenico, Cadmio ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valores del Índice ABI

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,963 ^a	,927	,708	16,926281

a. Predictores: (Constante), Plomo, Arsenico, Cadmio

Regresión

Variables entradas/eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Plomo, Arsenico, Cadmio ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valor del índice CERA

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,992 ^a	,985	,940	,205487

a. Predictores: (Constante), Plomo, Arsenico, Cadmio

Regresión

Variables entradas/eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Plomo, Arsenico, Cadmio ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valor del Índice EPT

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,957 ^a	,917	,666	1,184278

a. Predictores: (Constante), Plomo, Arsénico, Cadmio

Regresión

Variables entradas/eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Plomo, Arsenico, Cadmio ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valores del Índice
BMWP'col

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,947 ^a	,898	,591	23,846940

a. Predictores: (Constante), Plomo, Arsenico, Cadmio

Regresión

Variables entradas/eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Arsenico ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valores del Índice ABI

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,920 ^a	,847	,796	14,135119

a. Predictores: (Constante), Arsenico

Regresión

VARIABLES ENTRADAS/ELIMINADAS^a

Modelo	VARIABLES ENTRADAS	VARIABLES ELIMINADAS	Método
1	Cadmio ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valores del Índice ABI

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,619 ^a	,383	,178	28,397120

a. Predictores: (Constante), Cadmio

Regresión

VARIABLES ENTRADAS/ELIMINADAS^a

Modelo	VARIABLES ENTRADAS	VARIABLES ELIMINADAS	Método
1	Plomo ^b	.	Entrar

- a. Variable dependiente: Valores del Índice ABI
b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,639 ^a	,408	,211	27,813004

- a. Predictores: (Constante), Plomo

Regresión

Variables entradas/eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Arsenico ^b	.	Entrar

- a. Variable dependiente: Valor del índice CERA
b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,677 ^a	,458	,277	,711198

- a. Predictores: (Constante), Arsenico

Regresión

Variables entradas/eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Cadmio ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valor del índice CERA

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,216 ^a	,047	-,271	,943219

a. Predictores: (Constante), Cadmio

Regresión

Variables entradas/eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Plomo ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valor del índice CERA

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,207 ^a	,043	-,276	,945204

a. Predictores: (Constante), Plomo

Regresión

VARIABLES ENTRADAS/ELIMINADAS^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Arsenico ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valor del Índice EPT

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,908 ^a	,825	,767	,989921

a. Predictores: (Constante), Arsenico

Regresión

VARIABLES ENTRADAS/ELIMINADAS^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Cadmio ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valor del Índice EPT

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,681 ^a	,464	,285	1,732360

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,743 ^a	,552	,402	1,584538

a. Predictores: (Constante), Cadmio

Regresión

Variables entradas/eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Plomo ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valor del Índice EPT

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

a. Predictores: (Constante), Plomo

Regresión

Variables entradas/eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Arsenico ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valores del Índice BMWP'col

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,881 ^a	,776	,702	20,360614

a. Predictores: (Constante), Arsenico

Regresión

Variables entradas/eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Cadmio ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valores del Índice BMWP'col

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,659 ^a	,434	,245	32,381571

a. Predictores: (Constante), Cadmio

Regresión

Variables entradas/eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Plomo ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valores del Índice
BMWP^{col}

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,662 ^a	,438	,251	32,264492

a. Predictores: (Constante), Plomo

Regresión

Variables entradas/eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Cadmio, Arsenico ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valores del Índice ABI

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,948 ^a	,898	,797	14,115172

a. Predictores: (Constante), Cadmio, Arsenico

Regresión

Variables entradas/eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Cadmio, Arsenico ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valor del índice CERA

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,896 ^a	,803	,606	,525420

a. Predictores: (Constante), Cadmio, Arsenico

Regresión

Variables entradas/eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Cadmio, Arsenico ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valor del Índice EPT

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,957 ^a	,916	,833	,838487

a. Predictores: (Constante), Cadmio, Arsenico

Regresión

Variables entradas/eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Cadmio, Arsenico ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valores del Índice BMWP'col

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,928 ^a	,861	,722	19,663024

a. Predictores: (Constante), Cadmio, Arsenico

Regresión

Variables entradas/eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
--------	--------------------	----------------------	--------

1	Plomo, Arsenico ^b	.	Entrar
---	---------------------------------	---	--------

a. Variable dependiente: Valores del Índice ABI

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,934 ^a	,872	,744	15,838184

a. Predictores: (Constante), Plomo, Arsenico

Regresión

Variables entradas/eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Plomo, Arsenico ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valor del índice CERA

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,970 ^a	,941	,883	,286704

a. Predictores: (Constante), Plomo, Arsénico

Regresión

Variables entradas/eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Plomo, Arsenico ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valor del Índice EPT

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,953 ^a	,909	,818	,873683

a. Predictores: (Constante), Plomo, Arsenico

Regresión

Variables entradas/eliminadas^a

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Plomo, Arsenico ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valores del Índice
BMWP'col

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,906 ^a	,821	,642	22,312254

a. Predictores: (Constante), Plomo, Arsenico

Regresión

VARIABLES ENTRADAS/ELIMINADAS^a

Modelo	VARIABLES ENTRADAS	VARIABLES ELIMINADAS	Método
1	Cadmio, Plomo ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valores del Índice ABI

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,640 ^a	,410	-,181	34,028053

a. Predictores: (Constante), Cadmio, Plomo

Regresión

VARIABLES ENTRADAS/ELIMINADAS^a

Modelo	VARIABLES ENTRADAS	VARIABLES ELIMINADAS	Método
1	Cadmio, Plomo ^b	.	Entrar

- a. Variable dependiente: Valor del índice CERA
b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,216 ^a	,047	-,906	1,155197

- a. Predictores: (Constante), Cadmio, Plomo

Regresión

VARIABLES ENTRADAS/ELIMINADAS^a

Modelo	VARIABLES ENTRADAS	VARIABLES ELIMINADAS	Método
1	Cadmio, Plomo ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valor del Índice EPT

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,747 ^a	,559	,117	1,925321

a. Predictores: (Constante), Cadmio, Plomo

Regresión

VARIABLES ENTRADAS/ELIMINADAS^a

Modelo	VARIABLES ENTRADAS	VARIABLES ELIMINADAS	Método
1	Cadmio, Plomo ^b	.	Entrar

a. Variable dependiente: Valores del Índice BMWP^{col}

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,669 ^a	,447	-,106	39,204823

a. Predictores: (Constante), Cadmio, Plomo