

Artículo Original

CALIDAD DEL AGUA SEGÚN LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN LA CUENCA DEL RÍO HUACAMARCANGA (LA LIBERTAD, PERÚ)

WATER QUALITY ACCORDING TO BENTHIC MACROINVERTEBRATES AND PHYSICAL CHEMICAL PARAMETERS IN THE HUACAMARCANGA RIVER (LA LIBERTAD, PERU)

Gustavo Mora Tisnado^{*1}; César Medina Tafur²; José Luis Polo-Corro²; Manuel Hora Revilla³.

¹Ex alumno de la Escuela de Pos grado de la Universidad Nacional de Trujillo. Perú

²Departamento de Zoología. Facultad de C. Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.

³AMAS (Asociación Marianista de Acción Social). Otuzco. Perú

*Autor para correspondencia: gmoratisnado@gmail.com

Recibido: 22 de abril, 2020. Aceptado: 8 de junio, 2020

RESUMEN

El presente estudio evaluó la calidad del agua de la cuenca río Huacamarcanga, ubicado en la sierra del norte peruano durante los meses de junio (época de estiaje) y diciembre (época de lluvias); del año 2017, para ello, se utilizó como indicadores a los macroinvertebrados bentónicos, el Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) adaptado para norte de Perú y parámetros fisicoquímicos: temperatura (grados centígrados), pH (cantidad de iones de hidrógeno), oxígeno disuelto (mg/L), conductibilidad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), fosfatos (mg/L), sulfatos (mg/L).

Se establecieron 4 puntos de muestreo a lo largo de la cuenca (entre los 3780 a 3725 m.s.n.m). Los resultados mostraron una calidad de agua variable entre buena a crítica en época de estiaje y de aceptable a crítica en época lluviosa; los parámetros fisicoquímicos cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para Categoría 3 y 4 establecidos en el DS N°004-2017 MINAM.

Palabras claves: Calidad de agua, río Huacamarcanga, bioindicadores, Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

ABSTRACT

The present study evaluated the water quality of the Huacamarcanga river basin, located in the northern Peruvian highlands during the months of June (dry season) and December (rainy season); From 2017, for this, benthic macroinvertebrates, the BMWP Index (Biological Monitoring Working Party) adapted for northern Peru and physicochemical parameters: temperature (degrees Centigrade), pH (amount of hydrogen ions), dissolved oxygen were used as indicators. (mg/L), electrical conductivity ($\mu\text{S} / \text{cm}$), phosphates (mg / L) sulphates (mg/L) 4 sampling points were established throughout the basin (between 3780 to 3725 masl). The results showed a quality of water that varies from good to critical in the dry season and from acceptable to critical in the rainy season; the physicochemical parameters complied with the Environmental Quality Standards (ECAs) for Category 3 and 4 established in Supreme Decree No. 004-2017 MINAM.

Keywords: Water quality, Huacamarcanga river, bioindicators, Environmental Quality Standards (ECA).

1. INTRODUCCIÓN

La calidad del agua es un valor ecológico esencial para la salud y para el crecimiento económico y también se relaciona con su cercanía al estado natural (Sánchez, 2015). El agua es uno de los elementos fundamentales y principales para la vida de plantas y animales, uno de los tesoros que tiene la naturaleza, a veces se cree que nunca se va a terminar, sin embargo, está disminuyendo en el medio ambiente; es por eso que debemos cuidarla y preservarla (FAO, 2009). Este recurso ha sido usado por el hombre a través del tiempo para diversas actividades, produciendo aguas residuales las cuales han sido vertidas sin tratamiento alguno, a los cuerpos de agua, lo que ocasiona su degradación originando el incremento de nutrientes y sedimentos en los sistemas fluviales, ello provoca la alteración del paisaje y la incapacidad reguladora de la cuenca, todo esto produce una fuerte influencia en los ecosistemas, modificando el equilibrio del medio acuático (Roldán, 2003 en Gil, 2014).

Los análisis físicos, químicos y bacteriológicos han sido por mucho tiempo los análisis clásicos para la determinación de la calidad de agua, aunque algunos países en los últimos años están incorporando a los macroinvertebrados para calcular la calidad de agua en los ecosistemas; al ser el ecosistema acuático es un sistema funcional, en este hay un intercambio constante de materia y energía entre los seres vivos y el ambiente abiótico. Puesto que la química y la biología, están íntimamente relacionados; para la determinación de calidad de aguas naturales y contaminadas (Roldán, 2016).

Para el análisis de calidad del agua se usan bioindicadores como los macroinvertebrados, los cuales han dado a conocer el estado ecológico de los ríos y lagos europeos, que sirve de base para lograr una sorprendente restauración de estos ecosistemas en los últimos 20 años (Roldán, 2016). Los países europeos fueron los primeros en utilizar este tipo de análisis; en España, por ejemplo, los primeros trabajos mediante el estudio de los ecosistemas acuáticos usando las comunidades de macroinvertebrados y su relación con parámetros ambientales, aparecen a principios de los años 50, desarrollándose notablemente en los años 70 hasta la actualidad (Roldán, 2016). Uno de los índices más empleados, tanto en España como en Portugal en la última década, es la modificación y adaptación del IBMWP: Iberian Biomonitoring Working Party (Alba Tercedor y Pujante 2000).

En Latinoamérica, desde hace cuatro décadas vienen usándose los macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de aguas siendo Colombia uno de los primeros países en utilizarlo tal como los sostiene Roldán-Pérez (2016). Existen algunas experiencias como la realizada en Argentina, donde se utilizaron tres índices bióticos: BMWP (Biological Monitoring working Party, ASPT (Puntaje Promedio de Taxa) y EPT (Índice Biótico Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera); para determinar la relación entre variables ambientales e índices bióticos, en un río que no evidencia entradas puntuales de contaminación, pero sí extensas áreas de cultivos y explotación forestal (Fernández et al., 2002). Usando el Índice BMWP realizaron estudios Figueroa et al. (2007) en el río Chillán en Chile; López-González et al (2017), en México, Yépez et al. (2017) en el río Quevedo, Ecuador; en Bolivia también se usó el Índice BMWP para el estudio de ríos como el realizado en el río San Andrés en el departamento de Tarija (Fernández y Díaz, 2014). entre otros.

En el Perú, se utiliza macroinvertebrados acuáticos para determinar la calidad de aguas; por ejemplo, Vásquez y Medina (2015) realizaron estudios en el Tablachaca en Ancash; Polo et al. (2013), en el río Amojú, Cajamarca, en la Libertad se efectuó estudios en el río Casas (Arrunategui, 2016). La importancia del uso de macroinvertebrados radica en su utilidad y bajo costo a diferencia de los análisis fisicoquímicos, que representan la condición del agua en el momento del muestreo, los indicadores biológicos evidencian tendencias a través del tiempo (Springer, 2010).

Actualmente, en el norte del Perú, los ríos de sus microcuencas, están sufriendo numerosas perturbaciones originados por el hombre, entre ellos tenemos; vertidos orgánicos de poblaciones rurales, vertidos de pequeños y grandes mineras artesanales, movimiento de suelos agrícolas, regulación de caudales para uso agrícola, alteración de vegetación de ribera, produciendo un ambiente de degradación general; por esta razón, es necesario determinar la calidad de las aguas de sus ríos, (Medina et al., 2010).

Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo determinar la calidad del agua de la cuenca del río Huacamaranga mediante el Índice BMWP y los parámetros fisicoquímicos (Temperatura, potencia de hidrógeno, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, fosfatos, sulfatos y nitrógeno amoniacal), para dar información al mejoramiento de la calidad de sus aguas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La cuenca del río Huacamaranga se encuentra entre los 3656-3780 msnm., se ubica en la provincia de Santiago de Chuco, sierra de la región La Libertad, en el norte del Perú posee aproximadamente un área de 30 Km (Figura 1).

Se origina a la altura de la comunidad de Cuajinda donde existen fuentes de agua retenida de suma importancia en la zona, Las Totoras, Laguna Negra, las lagunas Samacocha y una laguna estacional. Todos estos cuerpos de agua dan origen al canal Vicente Jiménez, muy considerable para la subsistencia de la provincia tanto para el consumo como para las actividades de ganadería y agricultura, importante impulsor de su economía hasta la fecha (Sánchez, 2012 en LLasha, 2016).

Muestreo

Se consideraron cuatro (Tabla 1, Fig. 1) puntos de muestreo en un gradiente altitudinal entre los 3656 msnm. y 3780 msnm.

En campo, se realizó dos muestreos durante el año, teniendo en cuenta la época de estiaje y lluviosa; el primer muestreo se llevó a cabo los días 11 y 12 de junio el 2017 (época de estiaje) y el segundo muestreo se efectuó el 14 y 15 de diciembre del año 2017 (época de lluvias) y se evaluó las estaciones E-1, E-2, E-3, E-4 de la cuenca de Huacamaranga.

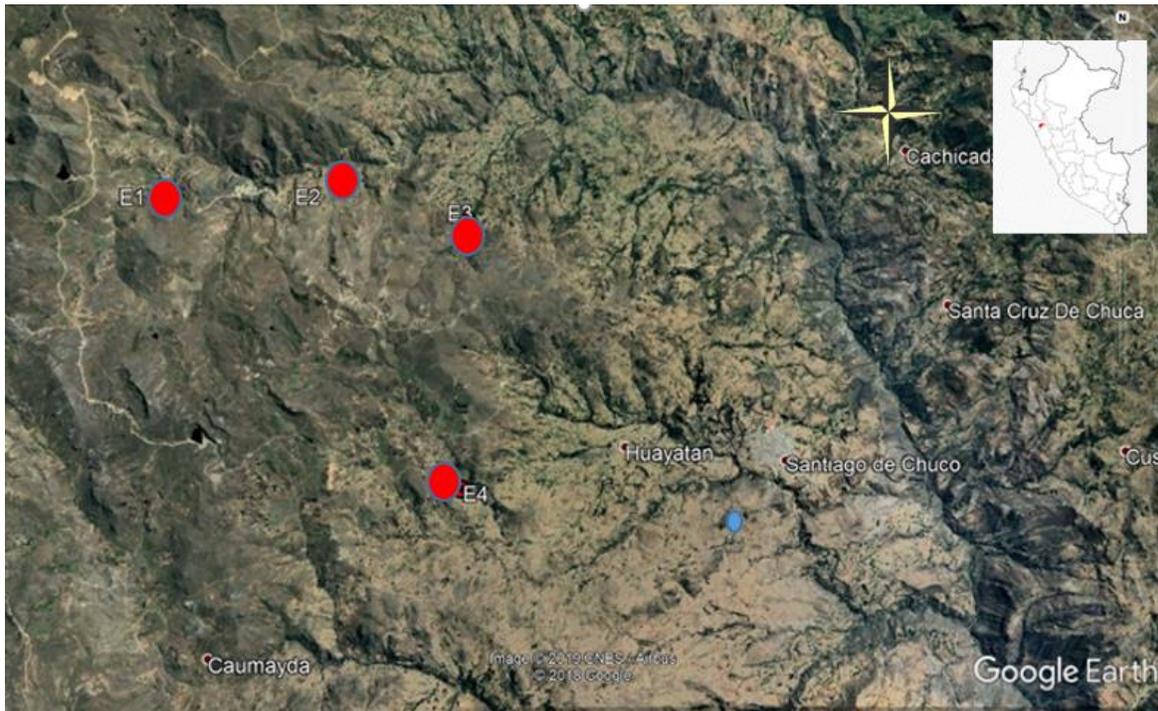


Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo (E) en el área de estudio en la cuenca de Huacamaranga Provincia de Santiago de Chuco, La Libertad, 2017. Fuente: Google Eart.

Tabla 1: Coordenadas de ubicación y descripción de las estaciones de muestreo, en la cuenca Huacamarcanga Provincia de Santiago de Chuco - La Libertad, 2017.

Estación	Coordenadas UTM WGS 84	Altura m s. n. m	Descripción
E - 1	17L 0799853 9103518	3 780	Quebrada Los Toritos; carretera después de Cuajinda. a 30m aguas arriba del puente,
E - 2	17L 0803097 9103634	3 656	Quebrada Agua Blanca; carretera a Cuajinda a 20 m del puente
E - 3	17L 0805567 9102930	3 681	Quebrada Los Barretos; carretera a Cuajinda a 30 m del puente.
E - 4	17L 0805381 9098005	3 725	Rio Lalambal - Sogaranda (Miaco); carretera a Santiago. de Chuco. Sector Sogaranda, 40 m. aguas arriba del puente.

Colecta de macroinvertebrados bentónicos:

Para la toma de muestra de macroinvertebrados se utilizó una red D-net triangular de 250 micras, se cubrió un área de 100 metros siguiendo el cauce del cuerpo de agua, de aguas abajo hacia aguas arriba; se realizó barridos en los diferentes micros hábitats, removiendo sedimentos, rocas y vegetación. Luego todo el sedimento retenido en la red fue depositado en una bandeja de color blanco, cuyo color nos ayudó a discriminar de una manera precisa la fauna de macroinvertebrados acuáticos (Rubio, 2017).

Posteriormente, con la ayuda de una pinza punta fina, se colectó a los ejemplares y se depositó en frascos de 100 ml. transparente de boca ancha, que contenían alcohol y glicerina para preservarlos, se rotularon indicando día, hora del muestreo, lugar de colecta y nombre del colector. Los frascos con los macro invertebrados fueron trasladados hasta el laboratorio de Zoología de Invertebrados de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo, para su identificación taxonómica hasta familia. Se utilizaron las claves de Domínguez et al. (1994), Domínguez y Fernández (1998) y González et al. (2018).

Identificación de taxones:

En el laboratorio se procedió a determinar hasta nivel de familias los especímenes capturados, para ello, el contenido de cada frasco se vertió en placas Petri llenas de alcohol de 70°, con ayuda de pinzas, estiletes entomológicos y empleando un estereoscopio de marca OLIMPUS modelo SY61/SZ51; se procedió a la observación de las características morfológicas y anatómicas de los especímenes capturados y se empleó el método BMWP adaptado para ríos del norte de Perú, según Medina et al. (2008) y Polo (2017).

Parámetros fisicoquímicos:

En cada una de las estaciones de muestreo se tomó los parámetros de campo: temperatura (grados Centígrados), potencia de hidrógeno (cantidad de iones de hidrógeno), oxígeno disuelto (mg/L), conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), fosfatos (mg/L) y sulfatos (mg/L) y nitrógeno amoniacal (mg/L), para ello un equipo multiparámetro Lamotte Smart 3.

Análisis de datos:

Una vez determinadas las familias se le asignó la puntuación de acuerdo a su intolerancia a la contaminación, siendo 10 los que presentan mayor intolerancia y 1; los que presentan menor

intolerancia según BMWP modificado por Medina et al. (2008) y Polo, (2017); dichos valores son sumados por estaciones y obtenemos el puntaje final, para luego establecer los rangos de calidad, establecidos por Prat y Munné (2000) y Prat et al. (2006), calidades de “Buena”, “Aceptable”, “Dudosa”, “Crítica” y “Muy crítica” (Tabla 2).

Los resultados de todos los parámetros fisicoquímicos se compararon según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECAs) para Agua, según el D.S. N° 004-2017 del Ministerio del Ambiente de Perú y también se usó el ECA según el D.S. N° 004-2008, ya que el nitrógeno amoniacal no aparece en el ECA del 2017.

Tabla 2. Valores del índice biológico BMWP adaptado según los rangos de calidad (Prat y Munné 2000; Prat et al., 2006).

CALIDAD	CALIFICACIÓN	VALORES	COLOR
“Buena”	Aguas muy limpias	≥ 100	● Azul
“Aceptable”	Aguas con signos de estrés	61-100	● Verde
“Dudosa”	Aguas contaminadas	36-60	● Amarillo
“Crítica”	Aguas muy contaminadas	16-35	● Naranja
“Muy crítica”	Aguas extremadamente contaminadas	≤ 15	● Rojo

3. RESULTADOS

En base a los muestreos que se realizaron en la microcuenca de Huacamarcanga durante los meses de junio y diciembre del año 2017, la presente investigación dio como resultado la siguiente composición taxonómica de macroinvertebrados los que pertenecen a 5 clases constituidas por Insecta, Rhabditophora, Clitellata, Arachnida, Malacostraca; 11 órdenes: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (Figura 2), Tricladida, Coleoptera, Diptera (Figura 3), Lepidoptera, Seriata, Oligochaeta, Acarina, Amphipoda y 33 familias. (Tablas 3 y 4).



Figura 2. Orden Trichoptera
Familia: Helicopsychidae



Figura 3. Orden Diptera
Familia: Chironomidae

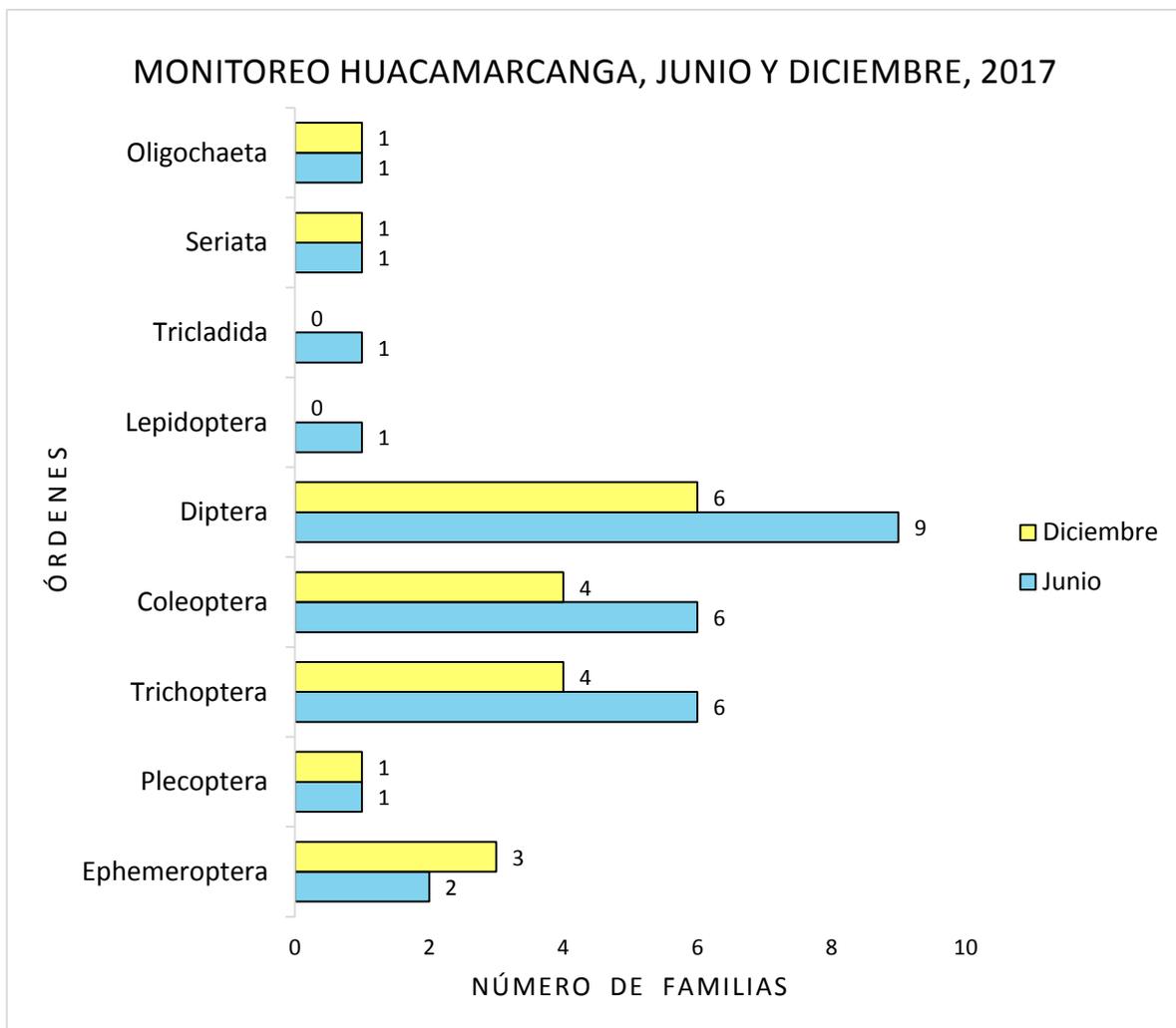


Figura 4. Abundancia de órdenes de macroinvertebrados correspondientes a la cuenca Huacamarca, junio y diciembre 2017.

Según la figura 4, se puede observar que en los meses de junio y diciembre el orden Diptera es el más abundante con 9 y 6 familias respectivamente y los menos abundantes que se presentaron en ambos meses fueron Oligochaeta, Seriata y Plecoptera, todos con un individuo.

En el mes de junio, se determinaron 9 familias, entre ellas Tricladida y Lepidoptera, sin embargo, en el mes de diciembre no se presentaron estas familias, y solo hubo 7 familias.

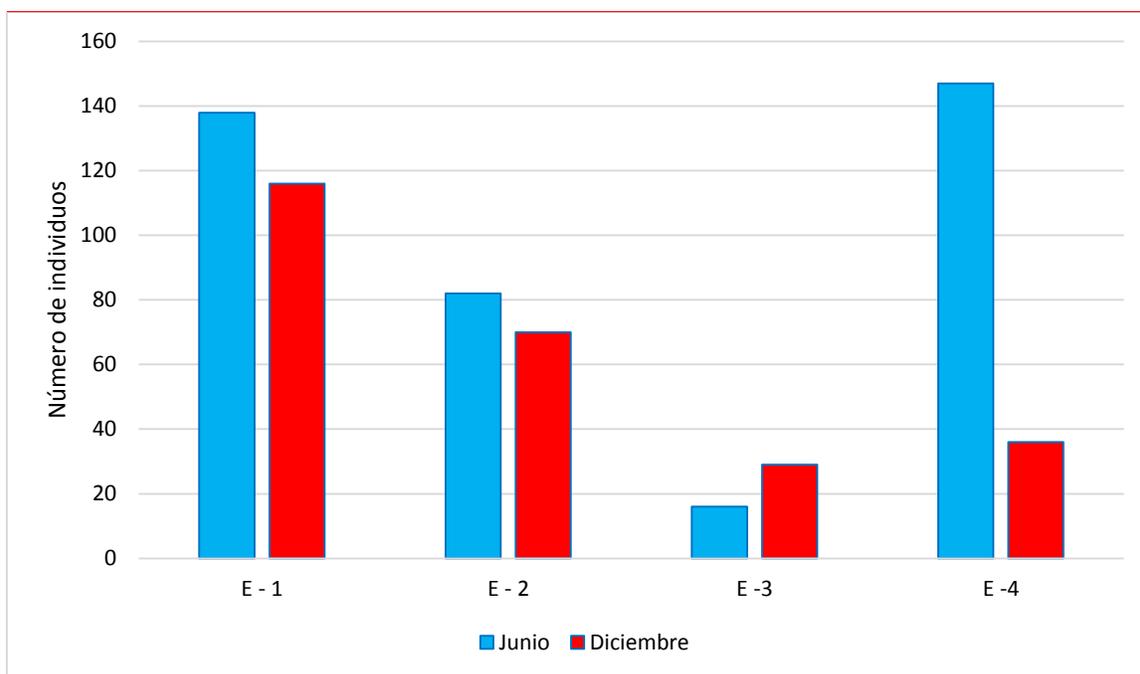


Figura 5. Abundancia de macroinvertebrados acuáticos colectados en la cuenca Huacamarcanga. Junio y diciembre de 2017.

Según la figura 5, el mayor número de individuos se presentó en la estación E-4 con 147 individuos, y el menor número en la estación E-3 con 16 individuos, ambas en el mes de junio.

En el mes de diciembre, se presentaron en 3 de las 4 estaciones de muestreo, el menor número de familia de macroinvertebrados.

En la tabla 3, se presenta a las familias de macroinvertebrados colectados en las diferentes estaciones de muestreo de la cuenca Huacamarcanga, con sus respectivos valores según el índice BMWP y su respectiva sumatoria que nos indica la calidad de agua por estación de muestreo, tanto para junio como para diciembre de 2017.

Se puede apreciar que el mayor puntaje para ambos meses se encuentra en la estación 1 (E-1) y la de menor en la estación 3 (E -3), con un valor final de 103 para junio y 23 para diciembre. Además, indica que dentro de las estaciones muestreadas la E-1 presenta mejor calidad que todas y E-3 la peor calidad, para ambos meses.

En la tabla 3, se puede apreciar que el mayor puntaje se encuentra en la estación 1 (E-1) y la de menor es la estación 3 (E -3), con un valor final de 69 y 34 respectivamente. Además, indica que dentro de las estaciones muestreadas la E-1 presenta mejor calidad que todas y E-3 la peor calidad. Cabe también resaltar que las familias Elmidae y chironomidae se encuentran en 7 de 8 estaciones de muestreo.

Tabla 3. Índice BMWP adaptada para Perú de la cuenca de Huacamarca correspondiente al muestreo realizado en junio, diciembre -2017.

Orden	Familia	Junio				Diciembre			
		E-1	E-2	E-3	E-4	E-1	E-2	E-3	E-4
Ephemeroptera	Baetidae	4	4	0	4	4	0	0	4
	Oligoneuridae	0	0	0	0	0	10	0	10
	Leptophlebiidae	10	0	0	10	10	0	10	10
Plecoptera	Perlidae	10	0	0	10	10	0	0	10
Trichoptera	Odontoceridae	10	0	0	0	10	0	0	0
	Leptoceridae	0	0	0	0	0	0	0	8
	Glossosomatidae	7	0	0	7	0	0	0	0
	Helicopsychidae	10	0	0	10	0	0	0	0
	Hydropsychidae	5	0	0	0	5	0	0	5
	Hydrobiosidae	8	0	8	8	8	8	0	0
	Hydroptilidae	0	0	0	6	0	0	0	0
	Coleoptera	Elmidae	5	5	5	0	5	5	5
Hydrophilidae		0	0	0	0	3	0	0	0
Scirtidae		0	5	5	5	0	0	0	0
Chrysomelidae		0	4	0	0	0	0	0	0
Dytiscidae		0	3	0	3	3	0	3	0
Ptilodactylidae		0	5	0	0	0	0	0	0
Gyrinidae		0	0	3	0	0	0	3	0
Diptera	Simuliidae	5	5	0	5	0	5	0	5
	Chironomidae	2	2	2	2	2	2	2	0
	Tabanidae	4	0	0	4	4	0	0	0
	Muscidae	2	0	0	2	0	0	0	0
	Tipulidae	5	0	0	0	0	5	5	5
	Ephydriidae	2	0	0	0	0	0	0	0
	Empididae	0	4	0	0	0	4	0	0
	Dolichopodidae	0	0	0	4	0	0	0	0
	Culicidae	0	0	0	2	0	0	2	0
	Lepidoptera	Pyalidae	4	0	0	0	0	0	0
Tricladida	Dugesidae	5	0	0	0	0	0	0	0
Seriata	Planariidae	0	5	0	0	0	5	0	0
Oligochaeta	Anellidae	1	0	0	1	1	0	0	0
Acarina	Hydrachnidae	4	4	0	4	4	0	0	0
Malacostraca	Amphipoda	0	0	0	0	0	1	0	0
ÍNDICE BWWMP		103	46	23	87	69	45	34	62

Tabla 4. Valores de Calidad del agua según el índice BMWP de la cuenca Huacamarca, Santiago de Chuco, La Libertad, junio, diciembre, 2017.

Mes	E	Valor	Color	Calificación	Calidad
J U N I O	E-1	103	● Azul	Aguas muy limpias	Buena
	E-2	46	● Amarillo	Aguas contaminadas	Dudosa
	E-3	23	● Naranja	Aguas muy contaminadas	Crítica
	E-4	87	● Verde	Aguas con signos de estres	Aceptable
D I C I E M B R E	E-1	69	● Verde	Aguas con signos de estrés	Aceptable
	E-2	45	● Amarillo	Aguas contaminadas	Dudosa
	E-3	34	● Naranja	Aguas muy contaminadas	Crítica
	E-4	62	● Verde	Aguas con signos de estres	Aceptable

En la tabla 4, se aprecia que la estación E-1 para el mes de junio posee el mayor valor (103) lo que nos indica que es de calidad Buena y califica como aguas muy limpias; sin embargo, para el mes de diciembre la estación E-1 baja de valor (69) pasando a Aceptable y califica como aguas con signos de estrés.

La estación E-3, la calidad de agua fue Crítica, calificándola como aguas muy contaminadas tanto para junio y diciembre siendo los puntajes más bajos 23 para junio y 34 para diciembre.

En ambos meses, las estaciones E-2, E-3 y E-4, tuvieron la calidad de dudosa, crítica y aceptable, respectivamente.

Tabla 5. Resultado en parámetros físicoquímicos correspondiente al monitoreo de la cuenca de Huacamarca, La Libertad junio, 2017.

Parámetros físicoquímicos								
Mes	E	Fosfatos mg/L	Sulfatos mg/L	Nitrógeno Amoniacal mg/L	Temp. C°	Potencial de Hidrógeno pH	Oxígeno disuelto mg/L	Conducti bilidad (µS/cm)
J U N I O	E - 1	0,0	55,0	0,48	7,4	6,52	6,55	113,4
	E - 2	0,0	57,0	0,00	10,7	6,72	5,68	117,3
	E - 3	0,0	74,0	0,00	8,0	6,97	6,23	112,8
	E - 4	0,0	55,0	0,05	10,7	7,34	5,93	113,5
D I C I E M B R E	E - 1	0,0	102,0	0,11	11,4	6,90	6,54	174,6
	E - 2	0,0	74,0	0,13	10,8	6,40	6,98	123,2
	E - 3	0,0	192,0	0,07	10,4	6,20	7,40	265,9
	E - 4	1,0	79,0	0,03	13,3	7,20	6,80	37,6
ECA Caterogía 4		*0,5	*1000,0	**<0,02	Δ 3,0	6,5 a 9,0	≥ 5,0	1000,0

ECA N° 004-2017-MINAM Categoría 4

*ECA N° 004-2017-MINAM

Categoría 3

Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**ECA N° 004-2008-MINAM Categoría 4

ECA: Estándares de Calidad Ambiental

Según la tabla 5, los niveles de fosfatos fueron nulos en todos los puntos, a excepción del punto 4 en el mes de diciembre. La temperatura de menor intensidad se registró en el punto 1, en junio con 7.4 °C, mientras la mayor intensidad en el punto 4 con 13.3 °C es en el mes de diciembre.

En el caso del pH, todos los puntos de junio y diciembre se encuentran dentro del parámetro según el ECA para categoría 4. En cuanto al oxígeno disuelto, se encontró que todos estaban sobre 5, que es el adecuado para ECA categoría 4, para conservación del medio ambiente.

4. DISCUSIÓN

Para la evaluación de la calidad de agua en ecosistemas acuáticos, como los ríos; se usan macroinvertebrados ya que proporcionan una excelente información para determinar su calidad (Mesa, 2010). Por ello su uso es un buen método que puede complementar los análisis fisicoquímicos, ya que proporciona ciertas ventajas sobre los anteriores análisis, porque nos permite tener una idea de la contaminación días antes de la toma de muestra; esto se interpreta que cuando se realiza el análisis de calidad de agua usando los métodos tradicionales (fisicoquímicos) solo se determina la presencia de materiales contaminantes en el momento que se realiza el monitoreo, sin embargo, cuando se ejecuta el análisis de aguas usando bioindicadores como los macroindicadores se puede detectar evidencia de contaminación pasada, mediante la ausencia o presencia de diversas familias de macroinvertebrados, para lo cual aplicamos parámetros e índices establecidos (Vásquez y Medina, 2015).

La calidad de agua es de alguna manera un amplio tema de discusión, dependiendo de las condiciones en que esta se encuentre y el uso que se le puede dar a este recurso vital, los problemas se van incrementando en todos los países, aun en los que disponen de una buena dispensa de este agotable recurso, tal es el caso de la presente investigación realizada en la cuenca Huacamarca de Santiago de Chuco, La Libertad.

Según la Figura 5, se observa que el mayor número de especímenes se presentan en el mes de junio y el menor en diciembre; esto se debe a que en junio hay pocas precipitaciones, estos periodos de sequía y bajo caudal, favorecen la formación de un mayor número de microhábitats; debido a la baja velocidad de corrientes que favorece el desarrollo de mayor número de invertebrados; lo contrario sucede en diciembre (época lluviosa) debido al aumento de corrientes como resultados de lluvias intensas; similares resultados se obtuvieron en investigaciones realizadas en el río Alvarado, Colombia por Rojas-Sandino et al. (2018).

El orden Diptera (Figura 4) presentó el mayor número de familias de macroinvertebrados, 9 familias en el mes de junio y 6 familias en el mes de diciembre (Figura 4 y 5), ya que es un orden ampliamente distribuido y de mayor diversidad, sus larvas acuáticas están adaptadas para vivir en una variedad de hábitats como ambientes con elevadas corrientes y concentraciones de oxígeno, mientras que otras son especies oportunistas, adaptadas a vivir en ecosistemas con ciertas perturbaciones e incluso en condiciones extremas; por lo que hay especies con requerimientos muy diferentes en cuanto a la calidad de agua, (Ladrela, 2012). Y dentro de este orden la familia Chironomidae (tabla 3 y 4) fue la que más se presentó; determinándose en 7 de las 8 estaciones, similar resultado obtuvo Machado, Granda y Endara (2018), en el río Sardina, Chocó Andino Ecuatoriano y Alomia et al. (2017) en la cuenca alta del río Huallaga – Perú.

Según las tabla 3, el punto P-1, tanto para junio como para diciembre fueron los que mayor valor tuvieron, pero conforme sigue su curso pasa a calidad de dudosa (Aguas contaminadas) en el punto P-2 y sigue bajando en el punto P-3 a calidad Crítica (aguas muy contaminadas), esto es debido a que son afectadas, por actividades antrópicas como la minería y el vertido de aguas servidas, sin embargo, para el punto P- 4 se va recuperando pasando a calidad de aguas con signos de estrés; los resultados obtenidos son similares a los de la microcuenca Perejil, La Libertad (Polo et al., 2013). El índice de diversidad, BMWP, es un buen indicador biológico de su medio, es por ello que sus características o factores, guardan relación entre factores bióticos y abióticos, así los factores abióticos determinados por algunos parámetros fisicoquímicos (Tabla 5) son útiles, así la temperatura 10.4 C° fue la más baja y se encontró en la estación E-3 para el mes de diciembre, y presentó la menor calidad para este mes, ya que la temperatura influye en las corrientes de agua sobre todo cuando hay variaciones influyen de manera directa en el desarrollo de la flora y fauna, puesto que aumenta la toxicidad de algunas sustancias disueltas produciendo la disminución del oxígeno disuelto. El pH más bajo se obtuvo en la estación E-3 para el mes de diciembre y en esta estación se presentó la menor calidad de aguas, dado que el pH causa cambios en la fauna y flora del agua de ríos; además tiene influencia en la toxicidad de compuestos como metales pesados, amoníaco, entre otros. En el caso de la conductividad, se determinó que para el mes de junio la

estación E-1 tuvo 6,55 $\mu\text{S}/\text{cm}$ siendo el más alto para ese mes obteniendo la mayor calidad; este parámetro evalúa la presencia de sales en forma ionizada que permite establecer relaciones con los sólidos disueltos en los cuerpos de agua. Lo cual evidencia que la conductibilidad, pH y temperatura son factores principales en la determinación y composición de los macroinvertebrados, (Morelli y Verdi, 2014; Carvacho, 2012). Además de cumplir con del con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua, Decreto Supremo 004 – 2017 – MINAM (El Peruano 2017), para la categoría 4 “Conservación del medio acuático).

Respecto a los fosfatos y sulfatos (tabla 5), estos cumplen con el DS 004 2017. MINAM, para la categoría 3 “Riego de vegetales y bebida de animales” a excepción del punto P-4 en el mes de diciembre que la sobrepasa; estos cumplen un rol importante en el crecimiento de las algas al ser considerado un nutriente, pocas veces se encuentra en concentraciones elevadas, debido a que las plantas los absorben rápidamente. Los sulfatos podrían indicar presencia de actividades antrópicas como el lavado de ropa al emplear detergentes de los grupos LAS (Alkyl-benceno Sulfonato lineal) y ABS (Alkyl-benceno Sulfonato ramificados) siendo el grupo LAS a diferencia del grupo ASB biodegradable. en el caso nitrógeno amoniacal presente en el agua permite reducir los niveles de oxígeno disuelto, (Ramírez, 2011). De lo expuesto anteriormente, los resultados en ambas cuencas, en los meses de junio y diciembre no se observaron resultados que estén incumpliendo los indicados en los ECA DS N°004-2017 MINAM categoría 3. Es necesario mencionar que el Nitrógeno amoniacal no se encuentra en el DS N°002-2008 MINAM. (El Peruano, 2008)

5. CONCLUSIONES:

La calidad del agua en base al índice BMWP en la cuenca Huacamarca varía de calidad “Buena” a “Crítica” en junio y de calidad “Aceptable a Crítica” en diciembre.

Los macroinvertebrados encontrados en la cuenta de Huacamarca pertenecen a 5 Clases, 11 órdenes y 33 familias, determinando a la familia Chironomidae como la más abundante.

Los parámetros fisicoquímicos: temperatura, potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto y conductibilidad cumplen con norma legal peruana de los estándares de calidad ambiental (ECAs) para la Categoría 4: Conservación del medio acuático; sin embargo, no lo cumplen los Fosfatos y Nitrógeno amoniacal.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alba-Tercedor, J. (2000). Running-water biomonitoring in Spain. Opportunities for a predictive approach. In: Assessing the Biological Quality of Freshwater: RIVPACS and similar techniques. J.F. Wright, D.W. Sutcliffe & M. Furse Freshwater Biological Association. (eds.): 207-216.
- Alomia, J., Iannacone J., Alvarino L. & Ventura K. (2017). Macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de las aguas de la cuenca alta del río Huallaga, Perú. *The Biologist*, 15(1):65-84.
- Arrunategui, K. (2016). Utilización de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad de agua y algunos parámetros físicos químicos del río Cascas, La Libertad, marzo a agosto 2015. (Tesis para obtener el título de biólogo) Universidad Nacional de Trujillo. Perú.
- Carvacho, A. (2012). Macroinvertebrados bentónicos y desarrollo de un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Limari en Chile. Universidad de Barcelona. España.
- Domínguez, E., y Fernández, R. (1998). Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Fundación Lillo. Argentina.
- Domínguez, E., Hubbarc, M., y Pescador, M. (1994). Los Ephemeroptera en Argentina. Programa de Fauna de agua. Pag. 33.
- El Peruano. (2008). Decreto Supremo N°002 - 2008 MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua.
- El Peruano. (2017) Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua.

- Fernández, H., Romero F., Vece M., Manzo V., Nieto C y Orce M. (2002). Evaluación de tres índices bióticos en un río subtropical de montaña (Tucumán – Argentina). *Limnética* 21(1-2):1-13.
- Fernández, D., y Díaz, H. (2014). Evaluación de calidad del agua mediante el uso de índices bióticos en el río San Andrés. Bolivia.
- Figueroa, R., Palma, A., Ruiz, V., y Niell, X. (2007). Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región. *Revista Chilena de Historia Natural*. 80: 225-242.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura. (2009). Cuaderno de trabajo II. Santo Domingo República dominicana.
- Gil, G. (2014). Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas, y la comunidad de macro invertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa [Maestría]. Colombia.
- González, H., Crespo, E., Acosta, R., y Hampe, (2018). Guía rápida para la identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del Cantón Cuenca. ETAPA. E.P. 156 pp.
- Ladrela, R. (2012). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. Páginas de Información Ambiental N° 39
- Llasha, L. (2016). Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos en las microcuencas de Huacamarcanga, La Arena y Tres Cruces; La Libertad, julio - diciembre 2015. Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- López-González. B., Quiroz-González, I., Saldaña, M., Medina, G., González, B., y Quiroz H. (2017). Calidad del agua de tres sistemas acuáticos con insectos como modelo de estudio en la región fronteriza México-Estados Unidos de América con el enfoque al control de las descargas de aguas residuales. *Bol. Soc. Mex. Ent.* (n.s.)
- Machado, V., Granda, R., y Endara, A. (2018). Análisis de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos para evaluar la calidad del agua del Río Sardinas, Chocó Andino Ecuatoriano. *Enfoque UTE*, V. 9 – N 4, Dec. 2018, pp. 154 – 167.
- Medina, C., Hora, M., Pereda, W., Gabriel, R., y Asencio I. (2010). El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. Perú. 2008. *Scienciendo ciencia para el desarrollo*.13 (2):1681-7230.
- Mesa, L. (2010). Hydraulic parameters and longitudinal distribution of macroinvertebrates in subtropical Andean basin. *Interciencia* 35(10):759-764.
- Medina, C., Hora, M., Guzmán, I., Pereda, R., y Aguilar, R. (2008). El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. Perú.
- Morelli, E., y Verdi, A. (2014). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 1160 – 1170.
- Prat, N. y Munné, T. (2000). Water Use, quality, and stream flow in a Mediterranean Stream. *Water Research*, 34(15): 3876-3881.
- Prat, N., Ríos, B., Acosta, R., y Rieradevall, M. (2006). C.E.R.A. Un protocolo para determinar el ESTADO ECOLÓGICO de los ríos Andinos. Grup de recerca F.E.M. (Freshwater Ecology and Management). Universidad de Barcelona. España. <http://www.diba.es/mediambient/ecostrimed.asp>. 45
- Polo, J. (2017). Aspectos de la caracterización de la vegetación ribereña, macroinvertebrados bentónicos y hábitat fluvial para determinar el estado ecológico del río Amojú - Cajamarca. Perú. Setiembre 2012 - setiembre 2015. (Tesis para optar el grado de doctor). Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- Polo, J., Hora, M., Pereda, W., y Santoyo C. (2013). Calidad biológica del agua de la microcuenca Perejil, La Libertad- Perú. *Revista Pakamuros* 1 (1): 66-74. 2013
- Ramírez, A. (2011). Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico. Medellín: Ediciones de la U.
- Rojas-Sandino, L., Reinoso-Flores, G., y Vásquez-Ramos, J. (2018). Distribución espacial y temporal de dípteros acuáticos (Insecta: Diptera) en la cuenca del río Alvarado, Tolima, Colombia. *Biota, Colombia* 19 (1) – 2018
- Roldán, G. (2016). Los macro invertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista Académica Colombiana Ciencias Exactas Físicas Naturales*, 40(155):254-274. <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.335>.

- Roldán-Pérez, G. (2016). Macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Rev. Aca. Colomb. Ciencia. Ex. Fis. Nat.* 40 (155): 254-274.
- Roldán, P. (2003). Bioindicación del agua en Colombia propuesta para el uso del método BMWP/COL (9). Antioquia: Universidad de Antioquía, Colombia.
- Rubio, M. (2017). Estudio de determinación de índices bióticos en 88 puntos de los ríos de Navarra 2017”, Informe técnico elaborado por EKOLUR Asesoría ambiental S.L.L. para el gobierno de Navarra.
- Sánchez, D. (2015). Calidad del agua y su control. Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Ciudad Real. Universidad de Castilla la Mancha.
- Sánchez, J. (2012). El Índice Biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party score), modificado y adaptado al cauce principal del río Pamplonita norte de Santander. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*,3(2):54-67. <http://www.redalyc.org/articulo.oa>.
- Springer, M. (2010). Biomonitorio acuático. *Rev. Biolo. Trop.* Vol. 58: 53-59. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a03v58s4.pdf>
- Vásquez, V., y Medina T. (2015). Evaluación de la calidad de agua según los macro invertebrados bentónicos y algunos parámetros físico –químicos en la microcuenca del río Tablachaca, Pampas, Pallasca. Ancash. Perú 2014. *Rebiol* Vol. 35 (2): 75-89.
- Yépez, Á., Yépez, B., Urdánigo, J., Morales, D., Guerrero, N., y TayHing, C. (2017). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador.