



Artículo Original

Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químicos en la microcuenca del río Tablachaca (Ancash, Perú) 2014

Water quality according to benthic macro-invertebrates and physico-chemical parameters in the Tablachaca River (Ancash Peru) watershed, 2014

Maritza Vásquez Valerio¹ y Cesar A. Medina Tafur²

¹Tesista Escuela AP de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo (UNT). Trujillo. Perú.

²Departamento de Ciencias Biológicas. UNT.

RESUMEN

El uso de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua en diversos ecosistemas acuáticos sigue vigente. En la presente investigación se evaluó la calidad del agua utilizando como indicadores a los macroinvertebrados acuáticos y a algunos parámetros físico-químicos: pH, nitritos LR (mg/L), nitratos (mg/L), fosfatos (mg/L), Cromo VI HR ($\mu\text{g/L}$) y Aluminio (mg/L), en ocho puntos de muestreo en la microcuenca del río Tablachaca (distrito de Pampas, provincia de Pallasca, departamento de Ancash, Perú), entre agosto y diciembre del 2014. Se encontró que los parámetros físicoquímicos cumplen con lo establecido en el DS 002-2008-MINAM, a excepción de los fosfatos cuyas concentraciones sobrepasan los límites permisibles para el agua destinada a riego de vegetales y bebida para animales; asimismo, que, según el índice biótico nPeBMWP, los ríos Paragón y Puente Hondo presentan agua de calidad biológica aceptable, en tanto que el río Pampas de calidad biológica pésima.

Palabras clave: Calidad del agua. Macroinvertebrados. Río Tablachaca, Áncash.

ABSTRACT

The use of macroinvertebrates as indicators of water quality in different aquatic ecosystems continues. In this research the water quality indicators was evaluated by means the use of the aquatic macroinvertebrates and some physicochemical parameters: pH, Nitrite LR (mg / L), nitrates (mg / L), phosphates (mg / L), Chromium VI HR (g / L) and Aluminum (mg / L) in eight sampling points in the watershed of the river Tablachaca (Pampas district, Pallasca province, Ancash, Peru), between August and December 2014. It was found that the parameters physicochemical comply with the parameters established by DS 002-2008-MINAM except phosphates whose concentrations exceed the allowable limits for water for irrigating and drink for animals; also that, according to the biotic index nPeBMWP, the Paragon and Puente Hondo rivers present an acceptable biological water quality, however, the Pampas river presents a biological water quality bad.

Keywords: Water quality. Macroinvertebrates. Tablachaca River, Ancash.

INTRODUCCION

Los macroinvertebrados (MI) son usados como bioindicadores debido a que gran parte de su vida se desarrollan en medios acuáticos. La presencia de algunas familias y géneros es indicadora de aguas claras y limpias, mientras que otras soportan aguas muy contaminadas; así, por ejemplo, la presencia de individuos de las familias Tubificidae (anélidos) o Chironomidae (moscas) indican la presencia de considerable contaminación hídrica, opuestamente unas aguas claras y limpias serán el hábitat de individuos de familias como Zygoptera (libélulas), Ptilodactilidae (escarabajos) o Hydrachnidae (arácnidos) que no pueden adaptarse a condiciones hídricas con presencia de contaminantes^{1,2}. Los taxa de dentro de estos grupos de organismos poseen una amplia gama de requisitos para colonizar el hábitat, cuya diferencia está basada en los grados de tolerancia a diversos factores tales como concentración de oxígeno disuelto, pH y iones metálicos; pueden ser calificados según sus papeles ecológicos dentro de las corrientes de agua como herbívoros, detritívoros u omnívoros y carnívoros, o usando las categorías funcionales que acentúan las maneras de las cuales se alimentan y, por lo tanto, las clases (y los tamaños) de los materiales de alimento que comen; generalmente son abundantes, relativamente sedentarios, son consumidores primarios y secundarios en el proceso de la materia orgánica; la presencia de una comunidad de estos en un cuerpo de agua determinado, es un índice inequívoco de las condiciones que allí están dominando y de que las fluctuaciones de contaminación que puedan presentarse, no son lo suficientemente fuertes como para provocar un cambio significativo en la misma^{1,3}. Además, la comunidad de MI son sensibles a la contaminación orgánica y la degradación del hábitat, por tales razones, en la evaluación ambiental del recurso hídrico es valioso su potencial como bioindicadores de calidad de agua⁴.

El uso de MI bentónicos constituye un método alternativo que puede ser complementario al análisis físico químico de la calidad del agua, tiene algunas ventajas sobre este último puesto que permite visualizar algún antecedente de contaminación pasada; esto quiere decir que cuando se analiza parámetros físico químicos en algún punto de monitoreo, como por ejemplo la presencia de ciertos metales, nutrientes, etc., se puede detectar algún grado de contaminación que sucede en el momento, pero si se analiza el agua mediante bioindicadores entonces podrá detectarse evidencias de contaminación sucedida con anterioridad mediante la presencia o ausencia de diferentes familias de MI, aplicando para esto índices y parámetros biológicos establecidos por la comunidad científica⁵.

En Latinoamérica existen algunas experiencias como la realizada en Argentina⁶, donde utilizaron tres índices bióticos: BMWP, ASPT y EPT (los dos primeros modificados) para determinar la relación entre variables ambientales e índices bióticos de un río que no evidencia entradas puntuales de contaminación pero si explotación forestal y extensas áreas de cultivos. En Colombia⁴ se evaluó la composición de MI y la calidad de agua del río Chinchiná; y en Chile Carvacho⁷ utilizó los MI bentónicos dulceacuícolas y parámetros físico-químicos e hidromorfológicos para evaluar la calidad del agua de los ríos de la cuenca del Limarí.

En el Perú, utilizando el BMWP' modificado, se determinó que las aguas del río Rímac están muy contaminadas y en La Libertad se evaluaron las microcuencas: Perejil, Caballo Moro y Chuyugual y se determinó que la calidad del agua no es igual para las diferentes estaciones evaluadas⁹.

La microcuenca del río Tablachaca no es ajeno a las acciones antrópicas tales como: vertidos de lixiviados de grandes y pequeñas mineras informales, vertidos orgánicos de las poblaciones rurales, regulación de caudales para uso agrícola, alteración de los bosques de ribera, movimiento de los suelos agrícolas, generando un estado de degradación general; por ello, se propuso una investigación que estuvo dirigida a determinar la calidad de agua mediante los macroinvertebrados bentónicos, un parámetro físico (pH) y parámetros químicos (presencia de nitratos, nitritos, fosfatos, Cr y Al) en la microcuenca del río Tablachaca en Pampas, Pallasca Ancash (Perú).

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

La cuenca del río Tablachaca está ubicada al Norte del Perú, en la vertiente del Pacífico, políticamente comprende la provincia de Pallasca de la región Ancash y la provincia de Santiago de Chuco en la región La Libertad. Cuenta con un área de drenaje total, hasta su desembocadura en el Río Santa, de 3190.43 Km², una altitud media de 3285 msnm y una longitud máxima de recorrido desde sus nacientes hasta su desembocadura de 93.34 Km; presenta una pendiente promedio de 3.54%¹⁰.

El río Tablachaca tiene su origen en las partes altas de las provincias de Pallasca y Santiago de Chuco, tiene como afluentes principales los ríos: Pampas, Conchucos, Sacaycacha-Huandoval, Llactabamba-Cabana, Ancos, Angasmarca y Santiago, presenta una buena disponibilidad de recursos hídricos superficiales durante todo el año, aún en las épocas de estiaje, y un régimen de descargas regular debido al aporte de una red de lagunas en las partes altas y cuyas excedencias de agua son aprovechadas aguas abajo por los Proyectos especiales CHAVIMOCHIC, CHINECAS y las Juntas de Usuarios asentadas en el Valle Santa-Lacramarca¹⁰.

Diseño de estudio

Se consideraron ocho (Tabla 1, Fig. 1) puntos de muestreo en un gradiente altitudinal entre los 2500 y 3975 msnm.

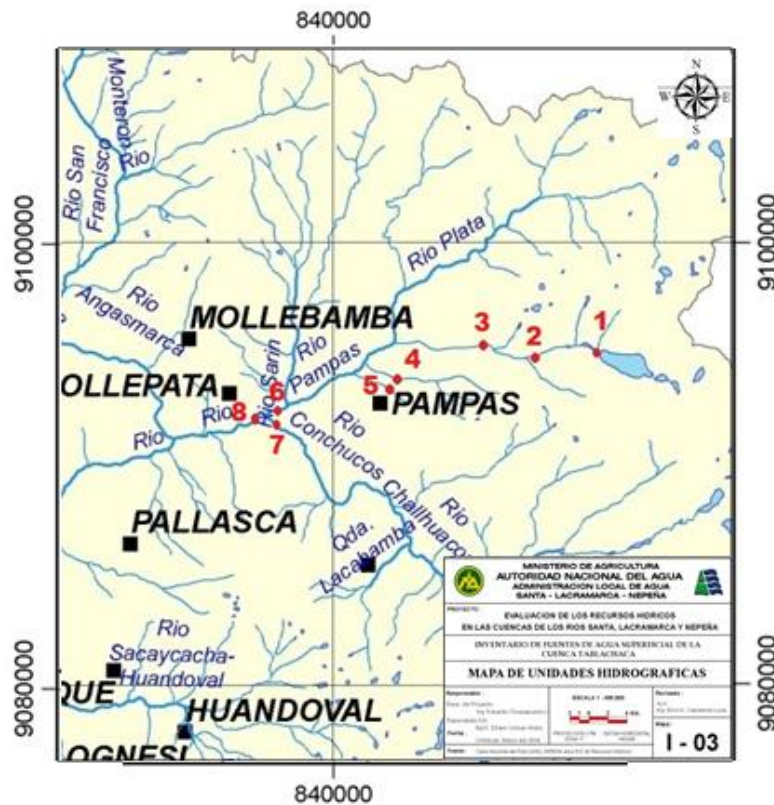


Fig. 1.- ubicación de los puntos de muestreo en la microcuenca del río Tablachaca, Ancash. 2014.
FUENTE: Autoridad Nacional del Agua.

Periodo de muestreo

Los muestreos se realizaron en dos salidas una en el mes de agosto y otra en el mes de noviembre del 2014. Las estaciones de muestreo se seleccionaron en términos de altitud, por trama de caminos rurales que faciliten el acceso a los puntos de muestreo, previamente reconocidos en un recorrido preliminar y georreferenciados en UTM (Unities Transletors Mercator con un GPS (Geographical Possession Spatial) modelo GPSMAP 60CSx marca Garmin

Muestreo de MI

La recolección se hizo en dos replicas por punto de muestreo, cubriendo una longitud de 100 m. y una hora de esfuerzo. Además en el muestreo se consideró todo el micro-hábitat: con y sin vegetación, zonas de piedras, arenas, en corriente y sin ella, etc. El muestreo se realizó de aguas abajo a aguas arriba, utilizando una red semi-triangular “D-net”, con malla nylon de 300 μm de abertura. El contenido de cada redada se vació en una fuente de color blanca para facilitar la visión y captura de los MI que se extrajeron con la ayuda de pinzas entomológicas y se almacenaron en frascos de vidrio con alcohol al 70% más dos gotas de glicerina para mantener la flexibilidad de los especímenes; cada envase se rotuló. La determinación sistemática a nivel de orden y familia se realizó con ayuda de referencias especializadas^{9,11,12}.

Valoración de la calidad biológica del agua

La calidad de agua se determinó de cada una de las estaciones utilizando como referencia la propuesta modelo de Medina⁵ nPeBMWP (índice biótico para ríos del norte del Perú). Esta metodología se basa en que a cada familia de MI se le asigna un valor numérico del 1 al 10 (Tabla 1), el valor es más elevado cuando más intolerante es a la contaminación; el índice biótico nPeBMWP va sumando puntos según el número de familias encontradas⁹.

Tratamiento de los datos:

Para la evaluación de los parámetros comunitarios se midió:

- Riqueza específica (S): para el número de familias encontradas.
- Abundancia absoluta y relativa (π_i):

La abundancia absoluta es el total de individuos encontrados de una misma especie en todas las estaciones evaluadas y la Abundancia relativa (π_i) es el número de individuos de cada especie dividido entre el número total de individuos^{13,14}.

$\pi_i = n_i/N$ (Dónde: N: número total de individuos, n_i : número de individuos de la especie i).

- Frecuencia absoluta y relativa^{13,14}

La frecuencia absoluta es el número de muestras en las que se encuentra una especie. La frecuencia relativa es la frecuencia de una especie con referencia a la frecuencia total de todas las especies. La suma de las frecuencias relativas es igual a 1 (ó 100 si es porcentual)

- Diversidad alfa: se evaluara mediante los índices de Shannon-Wiener, que varía de 0 a \ln del número de familias censadas, determinadas por el número de familias presentes en la comunidad y basándose en la escala logarítmica:

$$H' = -\sum \pi_i \ln \pi_i, \text{ dónde: } H': \text{ índice de diversidad de Shannon-Wiener, } \ln: \text{ logaritmo neperiano}$$
$$\pi_i = n_i/N$$

Además el índice de Simpson (C') que varía entre 0 y 1, cuya fórmula es:

$C' = 1 - \sum (n_i / N)^2$, donde n_i : número de individuos en la zona evaluada, siendo el valor equivalente a 1 como el de máxima diversidad^{13,14}.

- Para la diversidad beta de similaridad entre los ocho puntos de la zona de estudio, se utilizó el índice cualitativo de similitud de Jaccard (I_j)^{13,14},

$I_j = c / (a+b) * 100$, donde: a: número de familias presentes en el sitio A, b: número de familias presentes en el sitio B, c: número de familias presentes en ambos sitios A y B.

Tabla 1. Ubicación y descripción de los puntos de muestreo en una microcuenca del río Tablachaca.

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCION DE LA ZONA DE MUESTREO	ALTITUD (m.s.n.m.)	COORDENADAS UTM Lote NORTE – ESTE
PUNTO 1	Rio naciente de la laguna Pelagatos a 10 m.	3972	18L 0190685-9095243
PUNTO 2	Rio ubicado a 50 m del centro poblado de Paragón	3782	18L 0187454-9095093
PUNTO 3	Rio ubicado en la quebrada Yungabal- en el centro poblado de Conzuso	3495	18L 0185370-9095551
PUNTO 4	Rio perteneciente al distrito de Pampas ubicado a 100 m de “Puente Hondo”	3154	18L 0182409-9094011
PUNTO 5	Rio ubicado a en la quebrada de “Puente piedra” a 50 m del este puente.	3174	18 L 0181864-9093033
PUNTO 6	Rio Pampas	2178	18L 0175776-9092304
PUNTO 7	Rio Conchucos	2130	18L 0175861-9092304
PUNTO 8	Rio Tablachaca a 1000 m después de la unión del rio Pampas con el rio Conchucos.	2051	18L 0174493-9091766

Evaluación de algunos parámetros físico-químicos:

Fueron medidas *in-situ* con el equipo multiparámetro HANNA C-200; los parámetros a medir fueron: altitud (m.s.n.m.), pH (unidades), nitritos (mg/l), nitratos (mg/l), fosfatos (mg/L), Cr ($\mu\text{g/L}$) y Al (mg/L). Los resultados de todos los parámetros se compararon según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, según el D.S. N° 002-2008 del Ministerio del Ambiente.

RESULTADOS

Parámetros fisicoquímicos

Los pH de 8.0 encontrados en los puntos 1 (rio Pelagatos) y 7 (rio Conchucos) fueron los más altos respecto a los otros puntos, en tanto que los nitratos sólo aparecieron en el punto 1 (rio Pelagatos: 1,6 mg/L) y en el punto 6 (rio Pampas: 0.01 mg/L); por su parte, los fosfatos se presentan en concentraciones elevadas si se toman en cuenta los estándares nacionales de calidad de agua (categoría 3 agua de ríos de la costa y sierra destinada para riego de vegetales y bebida para animales) mayormente en los puntos 6 (rio Pampas: 33-0 mg/L) y 7 (rio Conchucos: 33.0 mg/L) y el Cr y Al sólo se analizó en los puntos 6 y 4, respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2: Parámetros físico-químicos *in situ* realizados entre los meses de agosto y noviembre del 2014, en 8 puntos de muestreo en la cuenca del río Tablachaca.

Punto de muestreo Parámetro	VALORACIÓN							
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8
pH	8	7.3	7.4	7.4	6.7	6.6	8	7.7
Nitrato (mg/L)	1.6	0.6	0	0.1	1.4	0.6	0.5	0
Nitrato LR (mg/L)	0	0	0	0	0	0.01	0	0
Fosfato (mg/L)	15.5*	11.1*	---	---	---	33.0*	33.0*	---
Cromo VI HR ($\mu\text{g/L}$)	---	---	---	---	---	23	---	---
Aluminio (mg/L)	---	---	---	0.16	0	---	---	---

(- - -) parámetros no medidos, (*) Valores que están sobre el límite permisible establecidos en los estándares nacionales de calidad ambiental del agua. Decreto Supremo 002-2008-MINAM.

Composición taxonómica

Se encontraron 11 Ordenes y dentro de ellas diferente número de Familias. El orden Díptera es el que presentó mayor número de familias, 9, seguida del orden Trichoptera con 6 familias (Tabla 3, Fig. 2)

Tabla 3: Composición taxonómica de macroinvertebrados bentónicos encontrados en la microcuenca del río Tablachaca en el distrito de Pampas, provincia de Pallasca. Ancash. 2014.

ORDEN	FAMILIA
Oligochaeta	Morfoespecie1* (Nematomorfa); morfoespecie2* (Oligochaeta)
Diptera	Chironomidae; Simuliidae; Tipulidae; Ceratopogonidae; Dolichopodidae; Psychodidae; Tabanidae; Muscidae; Empididae
Ephemeroptera	Leptophlebiidae; Baetidae
Plecoptera	Perlidae; Capniidae
Trichoptera	Hydropsychidae; Hydroptilidae; Odontoceridae; Glossomatidae; Hydrobiosidae; Leptoceridae
Coleoptera	Dytiscidae; Scirtidae; Elmidae; Staphylinidae
Heteroptera	Corydalidae
Tricladida	Planaridae
Amphipoda	Hyalellidae
Calanoida	Copepodo
Spinicaudata	Cyzicus
Hydracarina	Hydrachnidae

* Para aplicar el nPeBMWP no es necesario determinar el orden y familia de la clase Oligochaeta.

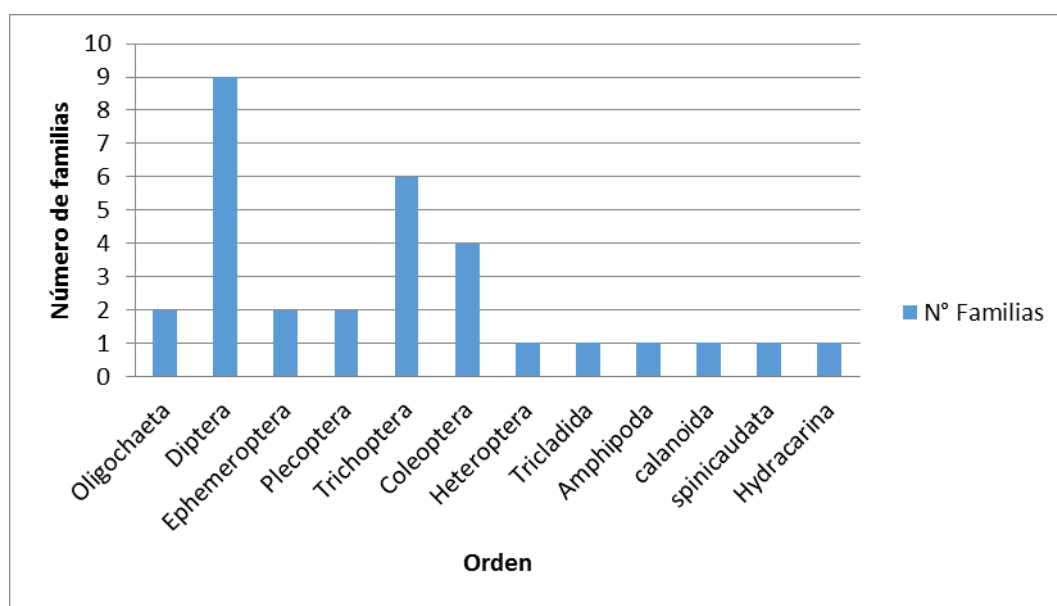


Fig. 2: Número de familias de cada orden de macroinvertebrados bentónicos encontrados en la microcuenca del río Tablachaca en el distrito de Pampas, provincia de Pallasca. Ancash. 2014.

Análisis comunitario.

La familia Chironomidae presentó la mayor frecuencia absoluta (1.0) y relativa (10.67%); seguida de las familias Baetidae e Hydracarina con 0.75 de abundancia absoluta y 8 % de abundancia relativa (Tabla 3).

El punto de muestreo 2 (río Parangón) presentó la mayor riqueza taxonómica, con 17 familias, y el punto 1 (río Pelagatos) la mayor cantidad. Contrariamente, el punto de muestreo 6 (río Pampas) es el más pobre tanto en número de familias como en individuos (Tabla 4). Asimismo, todos los puntos de muestreo existe un bajo índice de diversidad de Shannon (H'). Según el índice inverso de Simpson en los ríos Puente Hondo y Pampas hay más dominancia de especies; sin embargo, en el río Conchucos la distribución de las familias es más equitativa.

Durante los muestreos realizados en los meses de agosto y diciembre del 2014 se capturaron un total de 1176 individuos de macroinvertebrados. En el río “Pelagatos” (punto de muestreo 1) se encontraron 396 especímenes distribuidos en 8 familias; siendo este punto de muestreo en donde se capturó la mayor cantidad de especímenes. En el río “Paragón” (punto de muestreo 2) se obtuvo un total de 232 especímenes distribuidos en 17 familias, siendo este punto el segundo más abundante de individuos y el que más riqueza taxonómica presenta (Tabla 5).

La tabla 6 muestra que la familia Chironomidae presenta la mayor abundancia relativa en casi todos los puntos de muestreo; excepto en el punto de muestreo 1 (río Pelagatos) en donde la mayor abundancia relativa le corresponde a las familias Copépodo con un porcentaje de 46.97, seguida de la familia Cyzicidae con un 38.38%; en cambio la familia Chironomidae presenta una abundancia relativa de 2.78%.

En los puntos de muestreo 4 (río Puente Hondo) y 8 (río Tablachaca) esta familia presenta los valores más altos de abundancia relativa con 65.91 y 62.96%, respectivamente.

Tabla 3: Frecuencia absoluta (FA) y Frecuencia Rrelativa (FR%) de los macroinvertebrados capturados en cada punto de muestreo en la microcuenca del río Tablachaca. Ancash, Perú. Agosto-diciembre del 2014.

ORDEN	FAMILIA	PUNTO DE MUESTREO								FA	FR%
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Oligochaeta	Morfoespecie 1	1	1	0	0	0	0	0	0	0.25	2.67
	Morfoespecie 2	0	1	0	0	0	0	0	0	0.13	1.33
Diptera	Chironomidae	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	10.67
	Simuliidae	0	0	0	1	1	0	1	1	0.50	5.33
	Tipulidae	0	1	1	1	0	0	1	0	0.50	5.33
	Ceratopogonidae	0	1	1	1	1	0	0	0	0.50	5.33
	Empididae	0	1	1	0	0	0	0	0	0.25	2.67
	Tabanidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0.13	1.33
	Psychodidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0.13	1.33
	Muscidae	0	0	1	1	1	0	0	0	0.38	4.00
	Dolichopodidae	0	0	0	0	0	0	1	1	0.25	2.67
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	0	0	0	1	0	0	0	0	0.13	1.33
	Baetidae	1	1	0	1	1	0	1	1	0.75	8.00
Plecoptera	Capniidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0.13	1.33
	Perlidae	0	0	0	1	0	0	1	1	0.38	4.00
Trichoptera	Hydropsychidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0.13	1.33
	Hydroptilidae	1	1	1	0	0	0	1	1	0.63	6.67
	Leptoceridae	0	0	0	1	1	0	0	0	0.25	2.67
	Glossomatidae	0	0	0	1	1	0	0	0	0.25	2.67
	Hydrobiosidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0.13	1.33
	Odontoceridae	1	1	1	0	0	0	0	0	0.38	4.00
Coleoptera	Dytiscidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0.13	1.33
	Elmidae	0	1	0	1	1	0	0	0	0.38	4.00
	Scirtidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0.13	1.33
	Staphylinidae	0	0	0	1	0	0	0	0	0.13	1.33
Heteroptera	Corydalidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0.13	1.33
Tricladida	Planariidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0.13	1.33
Amphipoda	Hyalellidae	1	1	0	0	0	0	0	0	0.25	2.67
Calanoida	Copepodo	1	0	0	0	0	0	0	0	0.13	1.33
Spinicaudata	Cyzicidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0.13	1.33
Arachnida	Hydracarina	0	1	1	1	0	1	1	1	0.75	8.00
FRECUENCIA TOTAL											100

Tabla 4: Parámetros comunitarios de los macroinvertebrados capturados en cada punto de muestreo en la microcuenca del río Tablachaca. Ancash, Perú. Agosto-diciembre del 2014.

Índice	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8
Riqueza taxonómica (S)	8	17	8	13	9	2	10	8
Abundancia (N)	396	232	83	132	32	2	191	108
Índice de Shannon H	1.193	1.557	1.219	1.283	1.441	0.6931	1.425	1.211
Índice de Simpson (S)	0.6242	0.6282	0.612	0.672	0.6172	0.5	0.6952	0.5669
Índice inverso de Simpson (1/D)	2.6611	2.6896	2.5773	2.1666	2.6122	2.0	3.281	2.3088
Equidad (J)	0.5738	0.5495	0.5862	0.5	0.6559	1.0	0.619	0.5825

Tabla 5: Abundancia absoluta de macroinvertebrados bentónicos capturados en 8 puntos de muestreo del río Tablachaca en el distrito de Pampas. Ancash. 2014.

ORDEN	FAMILIAS	PUNTO DE MUESTREO								Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Oligochaeta	Morfoespecie 1	3	2	0	0	0	0	0	0	5
	Morfoespecie 2	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Diptera	Chironomidae	11	136	45	87	19	1	76	68	443
	Simuliidae	0	0	0	19	4	0	3	1	27
	Tipulidae	0	2	1	3	0	0	1	0	7
	Ceratopogonidae	0	1	8	5	3	0	0	0	17
	Empididae	0	1	2	0	0	0	0	0	3
	Tabanidae	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	Psychodidae	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	Muscidae	0	0	1	1	1	0	0	0	3
Dolichopodidae	0	0	0	0	0	0	1	2	3	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Baetidae	1	7	0	1	1	0	68	12	90
Plecoptera	Capniidae	0	4	0	0	0	0	0	0	4
	Perlidae	0	0	0	8	0	0	21	9	38
Trichoptera	Hydropsychidae	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	Hydroptilidae	3	27	1	0	0	0	1	1	33
	Leptoceridae	0	0	0	2	1	0	0	0	3
	Glossomatidae	0	0	0	1	1	0	0	0	2
	Hydrobiosidae	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	Odontoceridae	32	9	1	0	0	0	0	0	42
Coleoptera	Dytiscidae	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Elmidae	0	1	0	2	1	0	0	0	4
	Scirtidae	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	Staphylinidae	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Heteroptera	Corydalidae	0	0	0	0	0	0	3	0	3
Tricladida	Planaridae	0	16	0	0	0	0	0	0	16
Amphipoda	Hyalellidae	8	3	0	0	0	0	0	0	11

Calanoida	Copepodo	186	0	0	0	0	0	0	0	186
Spinicaudata	Cyzicidae	152	0	0	0	0	0	0	0	152
Hydracarina	Hydracarina	0	19	24	1	0	1	16	14	75
Frecuencia Absoluta Total		396	232	83	132	32	2	191	108	1176

Tabla 6: Abundancia relativa (%) de los macroinvertebrados capturados en cada punto de muestreo en la microcuenca del río Tablachaca, Ancash, Perú, agosto-diciembre del 2014.

ORDEN	FAMILIAS	Abundancia relativa (%) por punto de muestreo							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Oligochaeta	Morfoespecie 1	0.76	0.86	0.00	0	0	0	0	0
	Morfoespecie 2	0	0.43	0	0	0	0	0	0
Diptera	Chironomidae	2.78	58.62	54.22	65.91	59.38	50	39.79	62.96
	Simuliidae	0	0	0	14.39	12.50	0	1.57	0.93
	Tipulidae	0	0.86	1.20	2.27	0	0	0.52	0
	Ceratopogonidae	0	0.43	9.64	3.79	9.38	0	0	0
	Empididae	0	0.43	2.41	0	0	0	0	0
	Tabanidae	0	0.43	0	0	0	0	0	0
	Psychodidae	0	0.43	0	0	0	0	0	0
	Muscidae	0	0	1.20	0.76	3.13	0	0	0
	Dolichopodidae	0	0	0	0	0	0	0.52	1.85
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	0	0	0	0.76	0	0	0	0
	Baetidae	0.25	3.02	0	0.76	3.13	0	35.60	11.11
Plecoptera	Capniidae	0	1.72	0	0	0	0	0	0
	Perlidae	0	0	0	6.06	0	0	10.99	8.33
Trichoptera	Hydropsychidae	0	0	0	0	0	0	0.52	0
	Hydroptilidae	0.76	11.64	1.20	0	0	0	0.52	0.93
	Leptoceridae	0	0	0	1.52	3.13	0	0	0
	Glossomatidae	0	0	0	0.76	3.13	0	0	0
	Hydrobiosidae	0	0	0	0	3.13	0	0	0
	Odontoceridae	8.08	3.88	1.20	0	0	0	0	0
Coleoptera	Dytiscidae	0	0	0	0	0	0	0	0.93
	Elmidae	0	0.43	0	1.52	3.13	0	0	0
	Scirtidae	0	0.43	0	0	0	0	0	0
	Staphylinidae	0	0	0	0.76	0	0	0	0
Heteroptera	Corydalidae	0	0	0	0	0	0	1.57	0
Tricladida	Planariidae	0	6.90	0	0	0	0	0	0
Amphipoda	Hyalellidae	2.02	1.29	0	0	0	0	0	0
Calanoida	Copepodo	46.97	0	0	0	0	0	0	0
Spinicaudata	Cyzicidae	38.38	0	0	0	0	0	0	0
Hydracarina	Hydracarina	0	8.19	28.92	0.76	0	50	8.38	12.96
abundancia relativa total		100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 7: Índice biótico (nPeBMWP) utilizando macroinvertebrados bentónicos capturados en los ocho puntos de muestreo de la microcuenca del río Tablachaca en el distrito de Pampas. Ancash. 2014.

ORDEN	FAMILIAS	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8
Oligochaeta	Morfoespecie 1	x	x						
	Morfoespecie 2		x						
Diptera	Chironomidae	x	x	x	x	x	x	x	X
	Simuliidae				x	x		x	X
	Tipulidae		x	x	x			x	X
	Ceratopogonidae		x	x	x	x			
	Empididae		x	x					
	Tabanidae		x						
	Psychodidae		x						
	Muscidae			x	x	x			
	Dolichopodidae								x
Ephemeroptera	Leptophlebiidae				x				
	Baetidae	x	x		x	x		x	X
Plecoptera	Capniidae		x						
	Perlidae				x			x	X
Trichoptera	Hydropsychidae							x	
	Hydroptilidae	x	x	x				x	X
	Leptoceridae				x	x			
	Glossomatidae				x	x			
	Hydrobiosidae					x			
	Odontoceridae	x	x	x					
Coleoptera	Dytiscidae								X
	Elmidae		x		x	x			
	Scirtidae		x						
	Staphylinidae				x				
Heteroptera	Corydalidae							x	
Tricladida	Planariidae		x						
Amphipoda	Hyalellidae	x	x						
Calanoida	Copepodo	x							
Spinicaudata	Cyzicidae	x							
Hydracarina	Hydrachnidae		x	x	x		x	x	X
Indice Biotico nPeBMWP		35	79	37	68	44	06	50	37

3.3 Índice biótico

Según lo encontrado, la calidad del agua de la microcuenca del río Tablachaca fluctúa entre pésima y aceptable; siendo los ríos Paragón (punto 2) y Puente Hondo (punto 4) los que presentan mayor valor del índice biótico nPeBMWP obteniendo una calidad biológica aceptable; sin embargo el punto de muestreo 6 que pertenece al río Pampas presenta una calidad biológica pésima.

Los ríos: Conzuso (punto 3), Puente Piedra (punto 5), Conchucos (punto 7), y Tablachaca (punto 8) presentan un agua con calidad biológica regular. El río Pelagatos (punto 1) presenta una agua de calidad biológica mala.

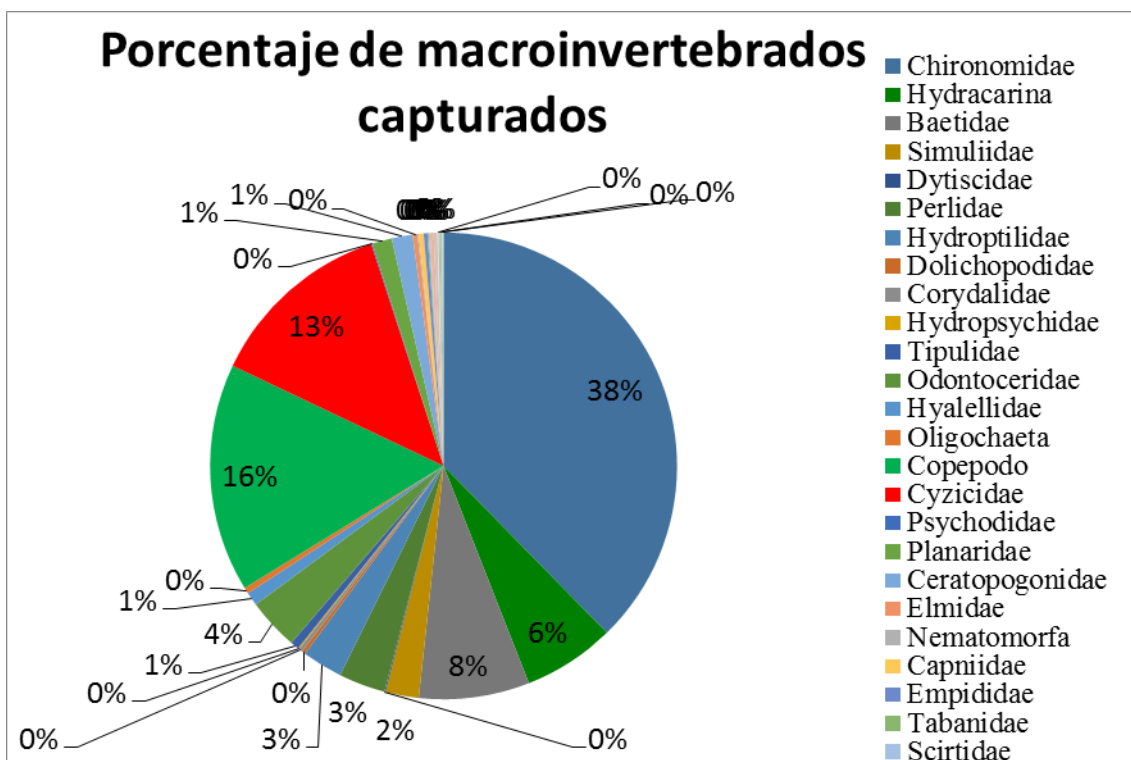


Fig. 3: Porcentaje de familias encontradas en los 8 puntos de muestreo, de una microcuenca del río Tablachaca.

Tabla 8: Valores obtenidos del índice biótico nPeBMWP mediante el muestreo de los macroinvertebrados bentónicos en los 8 puntos de muestreo, de una microcuenca del río Tablachaca. Ancash, 2014.

PUNTO DE MUESTREO	VALORES DEL INDICE BIOTICO nPeBMWP	COLOR	CALIDAD BIOLÓGICA	CALIFICACION
P1	35	●	Mala	Aguas muy contaminadas
P2	79	●	Aceptable	Aguas con signos de estrés
P3	37	●	Regular	Aguas contaminadas
P4	68	●	Aceptable	Aguas con signos de estrés
P5	44	●	Regular	Aguas contaminadas
P6	6	●	Pésima	Aguas extremadamente contaminadas
P7	50	●	Regular	Aguas contaminadas
P8	37	●	Regular	Aguas contaminadas

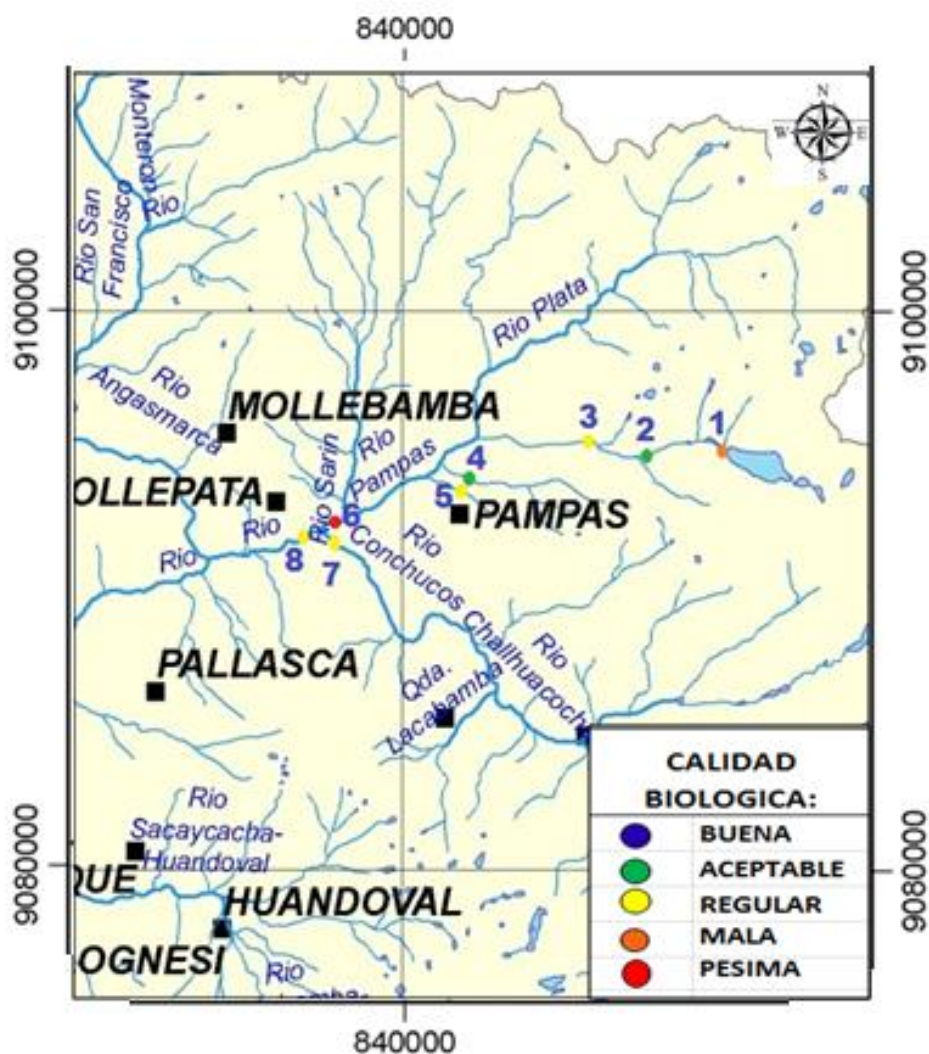


Fig. 4: Calidad del agua en los ocho puntos de muestreo, de la microcuenca del río Tablachaca. Pampas. Ancash, 2014.

DISCUSION

En la actualidad diversas actividades antrópicas y naturales son motivo de deterioro de los cuerpos de agua los cuales son sometidas a un marcado deterioro de su calidad. Es por eso que muchos investigadores han descubierto que los MI son excelentes indicadores de la calidad del agua en diversos ecosistemas acuáticos, esto se justifica, debido a su papel central en las corrientes de los ríos, ya que contienen información sobre la base de la energía del ecosistema, de la salud relativa de la comunidad, de la diversidad del hábitat, y de la disponibilidad de clases apropiadas de alimento para sostener poblaciones de peces; pueden ser vistos como integradores de la información sobre la estructura y la función del ecosistema de corriente agua así como la calidad de esta. Estas características hacen que los MI sean los agentes ideales de supervisión, utilizando índices bióticos, situación importante por la facilidad con la cual se muestran en muchas situaciones^{9,15,16}.

La aplicación de los MI como indicadores de la calidad del agua resulta sencilla, rápida y de bajo costo, permitiendo evaluar la calidad del agua en un periodo corto de tiempo, ya que reduce la complejidad taxonómica, al identificar hasta el nivel de familias; esto disminuye el costo de tiempo y dinero¹⁷.

Las aguas de las cuencas mediterráneas ibéricas, debido a la predominancia de substratos geológicos de naturaleza básica o sedimentaria, son de carácter básico, presentando una importante reserva alcalina a causa de la solubilidad de las rocas y materiales de las cuencas^{18,19}. En estudios realizados en las cuencas de la vertiente norte de los andes occidentales nos indica que son de predominancia de substratos geológicos de naturaleza básica o sedimentaria, con carácter básico, predominando una importante reserva alcalina a causa de la solubilidad de las rocas y materiales. Esto se corrobora en el estudio realizado en la microcuenca del río Tablachaca al encontrar que el valor más alto de pH es de 8.0 y pertenece a los ríos “Pelagatos” y “Conchucos” (puntos de muestreo 1 y 7); además en el punto de muestreo 8 que pertenece al río “Tablachaca” tiene un pH de 7.7 que se aproxima a la neutralidad (tabla 2). Contrariamente los puntos de muestreo 5 y 6 presentan los valores más bajos de pH con 6.6 y 6.7 que corresponden a los ríos Puente Piedra y Pampas respectivamente^{5,17}.

La composición química del agua de un río va a venir determinada por varios factores concretos: la composición y la cantidad de precipitación caída en la cuenca, la geología de la cuenca y la solubilidad de las rocas o materiales, los suelos, la vegetación terrestre, los procesos de evaporación, los procesos biológicos y, finalmente, la contaminación o vertidos de origen humano¹⁹.

El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas. Por lo general, en el agua se lo encuentra formando amoníaco, nitratos y nitritos. Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos^{7,19}.

Respecto a los valores de nitritos (sales de ácido nitroso, HNO₂) estos se encuentra dentro de límites permisibles Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua (DS N° 002-2008-MINAM), ya que las concentraciones fluctúan entre 0 y 0.01 mg/L. Estas sales son solubles en agua y se transforman naturalmente a partir de los nitratos, ya sea por oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno o por reducción bacteriana. El ion nitrito es menos estable que el ion nitrato. Es muy reactivo y puede actuar como agente oxidante y reductor, por lo que solo se lo encuentra en cantidades apreciables en condiciones de baja oxigenación. Esta es la causa de que los nitritos se transformen rápidamente para dar nitratos y que, generalmente, estos últimos predominen en las aguas superficiales. Esta reacción de oxidación se puede efectuar en los sistemas biológicos y también por factores abióticos^{5,19}.

Los iones nitrato (NO₃) y nitrito (NO₂) son aniones inorgánicos de origen natural que forman parte del ciclo del nitrógeno. En este ciclo, los desechos que contienen nitrógeno orgánico se descomponen en el suelo o el agua, por acción de los microorganismos, para formar amoníaco en primera instancia. Posteriormente, este se oxida para formar iones nitrito y estos a su vez, para dar nitratos²⁰. Según lo encontrado las concentraciones de nitritos son bajas y se encuentran dentro de los límites de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua: categoría 3, para riego de vegetales y bebida de animales.

Los nitratos (sales del ácido nítrico, HNO₃) varían desde 0,0 mg/L a 1.6 mg/L; son valores menores a lo establecido en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua para ríos de la costa y sierra del Perú (DS N° 002-2008-MINAM). Este ion, es muy soluble en agua debido a su polaridad. En los sistemas acuáticos, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos^{5,19}.

De los puntos de muestreo a los que se analizó las concentraciones de fosfatos los valores varían entre 11.1 mg/L y 36 mg/L, de acuerdo al Estándar Nacional De Calidad Del Agua para ríos de la costa y sierra del Perú, estos valores están sobre de los límites permisibles; siendo este un problema. Estos resultados nos indicaban, una fuerte contaminación inorgánica, que puede deberse a descargas de aguas que contienen como residuo detergentes comerciales y abonos orgánicos de los cultivos. Es común encontrar fosfatos en el agua; puesto que son nutrientes de la vida acuática y limitante del crecimiento de las plantas; son constituyentes naturales de rocas y minerales, forman parte de fertilizantes y estiércoles, de la materia orgánica proveniente de desechos urbanos, industriales y residuos agrícolas como así también de los detergentes de uso industrial y doméstico. En muchos casos, estas fuentes de contaminación son arrastradas o arrojadas a las acequias, canales, arroyos, ríos y lagos, constituyendo un grave problema ambiental^{17,21}.

La determinación del cromo IV se realizó para el punto de muestreo 6 que pertenece al río Pampas, obteniéndose un valor de 32 µg/L, dicho valor se encuentra dentro de los límites permisibles del Estándar Nacional De Calidad Del Agua para ríos de la costa y sierra del Perú. La procedencia de este

elemento se debe a los efluentes descargados por industrias químicas, de construcción de maquinarias e instrumentos, de radio electrónica, curtiembres, efluentes de torres refrigerantes de estaciones generadoras de energía eléctrica, entre otras. La concentración de Cr (VI) varía en los efluentes desde docenas a cientos de gramos o miligramos (UNEP y CIP, 1998). Aun cuando internacionalmente las Concentraciones Máximas permitidas (MAC) en el ambiente son 0,1 mg/L de Cr (VI)²².

Con respecto al aluminio se analizó para los puntos de muestreo 4, que corresponde al río “Puente Hondo”, y al punto 5, que corresponde al río “Puente Piedra”. Obteniendo con máxima concentración 0.16 mg/L en el río “Puente Hondo” sin embargo en el río “Puente Piedra no se reportó concentración alguna de este elemento. Según los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua en el Perú y FAO; tanto para agua destinada a riego de plantas y bebida para animales; estas concentraciones están dentro de los límites permisibles, puesto que tienen como máxima concentración permitida 5 mg/L. Además en la investigación realizada por la FAO, se concluye que el Aluminio puede volver improductivos a suelos ácidos ($\text{pH} < 5,5$); pero en suelos con $\text{pH} > 7$ el Al se precipita y elimina su toxicidad.

Las investigaciones realizadas en las microcuencas del Alto Chicama-La Libertad⁹; demuestran que la presencia de taxas como Plecóptera, Ephemeroptera y Trichoptera se producen en sitios con buenas condiciones ecológicas, Alba-Tercedor y Sánchez-Ortega²³ también mencionan a estos taxas como indicadores de buena calidad de agua en los ríos de Gran Bretaña. Sin embargo en el trabajo que se realizó en la microcuenca del río Tablachaca en los puntos de muestreo 2 y 4, se encontraron 4 y 5 familias respectivamente de estos ordenes dándole un valor de calidad biológica aceptable; sin embargo en los puntos de muestreo 5 y 7 a pesar de tener 4 familias de estos ordenes, calificó como un agua de calidad biológica regular.

Con respecto al comportamiento de los índices ecológicos, el índice de Simpson mostró un mayor valor para punto de muestreo 7 en comparación a las estaciones restantes. Asimismo, el punto de muestro 2 se aprecia una mayor diversidad alfa; esto se debe a la mayor riqueza taxonómica que presenta este punto en comparación con los demás.

En conclusión, (i) según los macroinvertebrados capturados en la microcuenca del río Tablachaca: los ríos Paragón y Puente Hondo presentan una calidad biológica aceptable. Los ríos: Conzuso, Puente Piedra, Conchucos y Tablachaca presentan una calidad biológica regular. Contrariamente el río Pelagatos presenta una calidad biológica mala y el río Pampas una calidad biológica pésima. Sin embargo según los parámetros fisicoquímicos evaluados, a excepción de los fosfatos, los valores de estos parámetros se encuentran dentro de los límites establecidos en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua, según el DS 002-2008-MINAM, (ii) Los macroinvertebrados de las microcuenca Tablachaca, en el distrito de Pampas, en el 2014 están constituidos por 10 Órdenes; distribuidos en 31 familias. La clase insecta es el grupo más representativo, con 24 familias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abarca M. El uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. *Rev Biocenosis* 2007; 20(1-2): 323-28
2. Endara A. Identificación de macro invertebrados bentónicos en los ríos: Pindo, Mirador, Alpayucu y Pindo Grande; determinación de su calidad de agua. *Enfoque Universidad Tecnológica Equinoccial (Ecuador)* 2012; 3(2): 33-41.
3. Kalender E, Engin-E, Faruk Y. Determination of wáter quality with microorganism and macroinvertebrates as bioindicators (a preliminary study on abant creek-bolu) Department of Biology, Faculty Arts & Sciences. Abantizetbaysal University Bolu-Turkey. 2001
4. Meza A, Rubio J, Dias L, Walteros J. Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del río Chinchiná. *Caldasia* 2012; 34(2):443-456.
5. Medina C. Estado Ecológico del Río Chicama. Regiones. La Libertad y Cajamarca. Perú. 2006. (Tesis Doctoral). Escuela de Postgrado, Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. 2007.
6. Fernández H, Romero F, Vece M, Manzo V, Nieto C, Orce M. Evaluación de tres índices bióticos en un río subtropical de montaña (Tucumán-Argentina). *Limnetica* 2002; 21(1-2): 1-13.
7. Carvacho A, Prat N. Estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y desarrollo de un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Limari en Chile. (Tesis de Maestría). Universitat de Barcelona. 2012

8. Alonso A, Camargo J. (2005). Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas* 14(3). Asociación Española de Ecología Terrestre. España.
9. Medina C, Hora-Revilla J, Pereda-Ruiz W, Gabriel-Aguilar R, Asencio-Guzman F. El índice biological monitoring working party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. Perú. 2008. *SCIENDO* 2010; 13(2): 1-15.
10. Autoridad Nacional del Agua (ANA). Inventario de Fuentes de Agua Superficial de la Cuenca del Río Tablachaca. 2014
11. Hahn-von Hessberg C, Toro D, Grajales-Quintero A, Duque-Quintero G, Serna-Uribe L. Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y físicoquímicos, en la estación piscícola, Universidad de Caldas, Municipio de Palestina, Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos. Museo de Historia Natural* 2009; 13(2): 89-105.
12. Bouchard R. Guide to Aquatic Invertebrates of the Upper Midwest. University of Minnesota. 2004
13. Moreno CE. Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis SEA. Sociedad Entomológica Aragonesa Ed. Madrid, España. 2001
14. Lozano L. La bioindicación del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del río Juan Amarillo, cerros orientales de Bogotá. *Umbral Científico* 2005; 7: 5-11.
15. Alba-Tercedor J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almería 1996; 2: 203-213
16. Florencio M. Dinámica espacio temporal de la comunidad de macroinvertebrados de las lagunas temporales de Doñana. (Tesis doctoral). Universidad de Sevilla. 2010
17. Medina C, Balmaceda J, Ramírez R, Peláez F, Reyes W, Puhe J. Caracterización físico-química y microbiológica del río Chicama. Regiones La Libertad y Cajamarca, Perú. 2006. *SCIENDO* 2007; 10 (2): 31-40.
18. MIMAM.. Libro blanco del agua en España. Madrid: Ed. Ministerio de Medio Ambiente. 2000
19. Toro M, Robles S, Aviles J, Nuño C, Vivas S, et al. Calidad de las aguas de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED. Características físico-químicas. *Limnetica* 2002; 21(3-4): 63 -75.
20. Flores J, Lopez-Moreno S, Albert L. La contaminación y sus efectos en la salud y el ambiente. Centro de ecología y desarrollo 1995; p.261.
21. Lavie E., Morábito J, Salatino S, Bermejillo A, Filippini M. Contaminación por fosfatos en el oasis bajo riego del río Mendoza. *Rev. FCA UNuyo* 2010; 42:1.
22. Otiniano M; Tuesta L; Robles H; Luján M, Chavez, M. Biorremediación de cromo VI de aguas residuales de curtiembres por *Pseudomonas* sp. y su efecto sobre el ciclo celular de *Allium cepa*. REBIOLEST
23. Alba-Tercedor J, Sanchez-Ortega W. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnética* 1988; 4: 51-56.

Correspondencia:
César A. Medina Tafur. cmedina@unitru.edu.pe