

El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. Perú. 2008.

The index Biological Monitoring Working Party (BMWP) modified and adapted to three micro-basin of the high Chicama. Freedom. Peru. 2008.

Medina-Tafur, César¹, Hora-Revilla, Manuel², Asencio-Guzmán, Ivonne³, Pereda-Ruíz, Walter², Gabriel-Aguilar, Ronal²

RESUMEN

En la actualidad muchos de los ríos del Perú, son utilizados como depósito final de la evacuación de aguas residuales de las empresas industriales, mineras y domésticas, encontrándose notablemente modificadas en su composición biológica y en un estado de degradación general. La presente evaluación se realizó en las microcuencas Perejil, Chuyugual y Caballo Moro, en La Libertad, entre agosto y octubre del 2008, como parte del programa de monitoreo de estas cuencas (2008-2009) establecido por el Convenio UNT-AMAS-2008. En total se establecieron 18 estaciones de muestreo.

Se reportaron la presencia de 7 Clases, 13 órdenes y 46 familias, constituidos por las clases. Insecta, Gastropoda, Crustacea, Bivalvia, Turberllaria, Oligoquetos y Ostracoda y estableciéndose que la calidad de agua en el Alto Chicama, basado en los resultados obtenidos con la aplicación de una modificación y adaptación del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), muestra que la parte alta de la microcuenca Perejil, se encuentra con una calidad biológica regular, pero las estaciones adyacentes no influenciadas, muestran una calidad biológica aceptable o buena; la parte que discurre hacia abajo muestra una calidad biológica mala. La parte alta o naciente de la microcuenca Caballo Moro, se encuentra con una calidad biológica mala, pero las estaciones adyacentes no influenciadas, muestran una calidad biológica buena o aceptable y la naciente de la microcuenca Chuyugual, se encuentra con una calidad biológica regular, pero las estaciones adyacentes no influenciadas, muestran una calidad biológica aceptable o buena, la parte baja manifiesta una recuperación en su calidad biológica, presentándose aceptable. En general estos ríos, están siendo alterados en su condición físico-químico y los cambios en el Alto Chicama, se deberían a las actividades de minería, ganadería y agricultura, así como a la mala disposición de las aguas residuales de los centros poblados.

Palabras clave: Índice biológico, calidad biológica, macroinvertebrados bentónicos, ríos.

ABSTRACT

At present many of the rivers of Peru, are used as final deposit of the evacuation of waste water of the industrial, mining companies and you domesticate. Being notably is modified in your biological composition and in a state of general degradation. The present evaluation I realize in the basins Perejil, Chuyugual and Caballo Moro, in La Libertad, between August and October, 2008, as report of the program of monitoring of these basins (2008-2009) established by the Agreement UNT-AMAS-2008. In whole 18 stations of sampling were established. There being reported the presence of 7 Classes, 13 orders and 46 families, constituted by the classes. Unsect, Gastropoda, Crustacean, Bivalvia, Turberllaria, Oligoquetos and Ostracoda and there being established that the water quality in the High place Chicama, based on the results obtained with the application of the modification and adaptation of the index Biological Monitoring Working Party (BMWP), shows that the high part of the basin Perejil, it meets a biological regular quality, but the adjacent not influenced stations, they show a biological acceptable or good quality, the part that passes down shows a biological bad quality. The high or nascent part of the basin Caballo Moro, it meets a biological bad quality, but the adjacent not influenced stations, they prove to be a biological good or acceptable quality and the naciente of the basin Chuyugual, it meets a biological regular quality, but the adjacent not influenced stations, they show a biological acceptable or good quality, the low part demonstrates a recovery in your biological quality, appearing acceptably. In general these rivers, physicist - chemist are being altered in your condition and this change should to the activities extractives established in the surface (mining industry), the ranching and the agriculture, as well as to the bad disposition of the waste water of the populated centers.

Key words: Biotic index, quality biological, macroinvertebrates bentónicos, river.

Aceptado el 4.12.2009, Aprobado el 4.11.2010

1. Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Biológicas.
2. AMAS. Asociación Marianista de Acción Social.
3. Universidad Cesar Vallejo – Trujillo. Programa de Formación General.

INTRODUCCIÓN

El análisis de la calidad del agua superficial basado en métodos biológicos comenzó con Kolenati¹, Hassal² y Cohn³ quienes observaron que los organismos que se presentan en agua contaminada son diferentes a los organismos que ocurren en agua limpia. A partir de entonces centenares de métodos para el análisis biológico de la calidad del agua se han

desarrollado^{4, 5, 6, 7}. Knoben *et al.*⁸, observaron que de los más de 100 diversos métodos biológicos usados actualmente en el monitoreo biológico de agua dulce, dos tercios de ellos se basan en los macroinvertebrados.

La evaluación biológica de la calidad de los ecosistemas fluviales y el ajuste de sus fundamentos teóricos y metodológicos a las particulares de cada región o país constituye un importante tema de debate desde hace más de

dos décadas⁹. Los métodos que consideran a los macroinvertebrados bentónicos para determinar la calidad de las aguas, tienen su origen en los desarrollados por Kolkwitz & Marsson¹⁰, quienes propusieron el Sistema Saprobiótico Continental, sentando las bases para el desarrollo de nuevos índices (o modificaciones), como: Trent Biotic Index (TBI), Biological Monitoring Working Party (BMWP), Belgium Biotic Index (BBI). Chutter¹¹ desarrolló un índice de calidad de agua para ríos de Sudáfrica, el cual fue modificado por Hilsenhoff¹² para ser utilizado en ríos de Norteamérica, con el nombre Índice Biótico de Familias (IBF).

Las razones del uso amplio de los macroinvertebrados en el monitoreo biológico son muchas. Cairns y Pratt¹³ indican que los estudios de cuerpos de agua basados, en comunidades de macroinvertebrados, forman la base biológica de los estudios de la calidad del agua por razones pragmáticas: los macroinvertebrados son algo fáciles de recolectar y de identificar; los macroinvertebrados son alimento de los peces y son fáciles de explicar al público en general; y los análisis de las comunidades de macroinvertebrados permiten que las inferencias sean orientadas sobre la base del alimento (algas, hojas), la calidad del hábitat, y la salud relativa de la comunidad (muchas o pocas especies). Sin embargo, un buen número de cualidades se pueden enumerar para explicar el uso popular relativo de macroinvertebrados en biomonitoreo, tal como: ser ubicuo, y mucho se sabe de los diversos estresores que afectan la distribuciones taxonómica en diversos tipos de aguas; la riqueza de los taxa, y el extenso número de especies da lugar generalmente a una amplia diversidad de los tipos de comunidad¹⁴.

Los macroinvertebrados de las corrientes de agua dulce incluyen varios grupos como platelmintos, anélidos, moluscos (los caracoles y los bivalvos), crustáceos (camarones, cangrejos, otros), ácaros, y sobre todo, los insectos (ephemeroptera, plecópetera, trichoptera, coleóptera, díptera). Los taxa (familias, géneros, especie) 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 químicos (concentraciones del oxígeno disuelto, pH e iones metálicos), y a la amplia gama de alimento. Pueden ser clasificados según sus papeles ecológicos dentro de las corrientes de agua como herbívoros, detritívoros, 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 del alimento que comen. El papel central de los macroinvertebrados en las corrientes de los ríos es que contienen la información sobre la base de la energía del

ecosistema, de la calidad del agua, de la diversidad del hábitat, y de la disponibilidad de clases apropiadas de alimento para sostener las poblaciones de peces nativos. Pueden ser vistos como integradores de la información sobre la estructura y la función del ecosistema de corriente de agua así como la calidad de ésta. Estas características hacen que los macroinvertebrados sean los agentes ideales de supervisión, una situación importante por la facilidad con la cual se muestrean en muchas situaciones. Además, son excelentes organismos para la investigación por el uso en pruebas biológicas y químicas^{15,16}.

Uno de los índices más usados en España, como en Portugal, en la última década es la modificación del BMWP¹⁷, conocida como índice BMWP¹⁸ o IBMWP "*Iberian Biomonitoring Working Party*"^{18,19}. No obstante, tal adaptación es considerada como propuesta abierta, debido a la todavía limitada información taxonómica y ecológica sobre la macrofauna fluvial mediterránea²⁰. Incluso en regiones con faunas más estudiadas, el actual conocimiento sobre los procesos estructuradores de las comunidades líticas y de los mecanismos que las alteran en situaciones de estrés es todavía fragmentario²¹, y su mejora es un objetivo deseable para conseguir una base científica firme en su utilización para la evaluación de la calidad ecológica fluvial²².

En España, los primeros trabajos que abordan el estudio de los ecosistemas acuáticos desde la perspectiva de las comunidades de macroinvertebrados y su relación con parámetros ambientales, por encima de una visión únicamente físico-química, surgen en la Península Ibérica al final de los años 40 y principios de los 50^{23,24}. Durante el final de los 70 se incrementó notablemente el estudio de los ríos como ecosistemas complejos^{25,26}, tendencia que continúa hoy en día^{27,28,29}.

En Latinoamérica, existen algunas experiencias como en Bolivia, donde se realizó un monitoreo de la contaminación por descargas de relaves mineros³⁰; en Colombia, se indican los metales pesados provenientes de la industria minero-metalúrgica³¹; en Chile, se reportan trabajos utilizando los macroinvertebrados bentónicos dulceacuícolas como indicadores de la calidad del agua, utilizando el índice IBF (Índice biótico de Familias) para evaluar la calidad del agua del río Damas (Osorno)³² y el estudio de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en la cuenca del estero Peu Peu³³.

En nuestro país, numerosos ríos y lagunas de la costa, sierra y selva están alteradas en su capacidad física, química y biológica. Utilizando estos sistemas acuáticos, como depósito final de la evacuación de aguas residuales de las empresas industriales, mineras y domésticas³⁴.

En la actualidad los ríos de las microcuencas del norte del Perú vienen padeciendo numerosas alteraciones de origen antrópico como: vertidos de lixiviados de grandes y pequeñas mineras informales, vertidos orgánicos de poblaciones rurales, regulación de caudales para uso agrícola, alteración del bosque de ribera, movimiento de los suelos agrícolas, generando un estado de degradación general; por ello, la implementación de metodologías, con énfasis en la caracterización de los componentes biológicos, en el Perú, deben ser estandarizadas para su aplicación en la gestión del agua ya que es posible que metodologías desarrolladas en otros países puedan no ser aplicadas correctamente en la zona norte del país. El objetivo de este trabajo es determinar la calidad de agua de las microcuencas Perejil, Chuyugual y Caballo Moro del alto Chicama, a través del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado, adaptado y propuesto como índice biótico de calidad del agua para ríos del norte del Perú (nPeBMWP), usando como fuente de información los macroinvertebrados bentónicos, en un intento por aplicar esta metodología en la evaluación de los ríos del norte del país.

MATERIAL Y METODOS.

1.1. Ubicación geográfica de las microcuencas:

Las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, se encuentran en el Alto Chicama, en la región La Libertad. La microcuenca Perejil tiene entre sus principales afluentes al río Canibamba, quebrada Huacamochal y quebrada la Fundición, con diecinueve (19) poblaciones, con un aproximado de 3000 habitantes, que se ven influenciadas de manera directa e indirecta por el paso del agua del Río Perejil, río principal que le da el nombre a la microcuenca. La microcuenca Caballo Moro, influye sobre las actividades de veintiún (21) comunidades (entre las principales) que hacen alrededor de 1700 campesinos los que se dedican prioritariamente a la agricultura y la ganadería, la cuenca concluye su recorrido en la unión del río San Antonio con la quebrada Chacomás (Altura del poblado Chacomás a 2800 m.s.n.m aproximadamente); destacan entre sus principales afluentes la quebrada Peña el Pájaro, quebrada Alto la Flor, río Chacomás, etc.; las aguas de esta microcuenca finalmente confluyen formando parte de la cuenca del Santa. La microcuenca Chuyugual contribuye con las actividades de diecisiete (17) comunidades, con un aproximado de 2000 pobladores, que dependen de estas aguas; entre sus principales afluentes destacan la quebrada Vira vira, quebrada el Salitre, quebrada Laguna Negra, quebrada Quishuar, río Caracmaca.

1.2. Reconocimiento y muestreo

La presente investigación se realizó en tres excursiones de campo, una de reconocimiento del área (23, 24 y 25 de junio) y dos muestreos: entre invierno (16 y 17 de agosto) y primavera (18 y 19 de octubre) del 2008 (Figura 1), en 18 estaciones de muestreo, entre los 1990 - 4090 msnm, entre los paralelos 9111590 y 9140160 S y 0792130 y 0815570 W, distribuidas en el curso principal del río, como en sus principales afluentes (Figura 2) y georeferenciadas en UTM (Unities Translators Mercator) (Tabla 1), con un GPSMAP (Geographical Possession Spatial) MODELO 60CSX, marca Garmin.

La muestra de macroinvertebrados bentónicos, estuvo constituido por dos réplicas por punto de muestreo, cubriendo una longitud de 500 m. y una hora de esfuerzo, aproximadamente. Asegurándose además un muestreo representativo de todos los microhábitats, con y sin vegetación, zonas de piedras, arenas, en corriente y sin ella, etc. Se muestreó de aguas abajo a aguas arriba, utilizando una malla de 300 µm; mediante dos redes semi-triangular "D-net", con los cuales se realizaron "barridos" a lo largo de las orillas con vegetación.

El contenido de cada redada, se vació, en una fuente de color blanco y luego las muestras colectadas fueron almacenadas en envases plásticos de 250 ml., rotulados y fijados en alcohol al 70%, más dos gotas de glicerina. En el laboratorio de Evaluación de los recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo se separaron y determinaron con ayuda de un Estereoscopio Olimpus, ocular micrométrico, a nivel de Orden y Familia utilizando claves taxonómicas ^{35, 36, 37}.

1.3. Flujo metodológico

El flujo metodológico general comprende 06 etapas y son las siguientes: Revisión bibliográfica, reconocimiento y determinación de los puntos de muestreo, toma de muestras, identificación de organismos en laboratorio, valoración del índice biótico nPeBMWP y resultados.

1.4. Valoración de la calidad biológica

La calidad biológica se valoró mediante el índice biótico para los ríos del norte del Perú (nPeBMWP) ³⁸, basado en una modificación y adaptación del índice biótico andino (ABI) ³⁹ y de sus similares elaborados para Inglaterra, (BMWP: Biological Monitoring Working Party Score); España (IBMWP), Colombia (IBMWP/Col), Venezuela (IBMWP (RP-NdS)), Costa Rica (BMWP-CR) y Chile (ChBMWP). Esta metodología está basada en algunas incorporaciones de familias y sus puntajes teniendo como referencia los modelos de ^{17, 18, 19, 40}, y los aportes latinoamericanos de Zúñiga de Cardoso ⁴¹, Roldán ⁴², Sánchez-Herrera ⁴³. El índice biótico para los ríos del norte del Perú (nPeBMWP) y sus similares

son índices aditivos que van sumando puntos según el número de familias encontradas, cada una de las cuales tiene un valor numérico del 1 al

10, relacionado con su sensibilidad a la polución. El valor es más elevado cuanto más intolerante es la familia a la contaminación ^{18, 44} (Tabla 7).

Tabla 1. Ubicación georeferenciadas de los puntos de muestreo, en las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. La Libertad. 2008.

EM	DESCRIPCION DE LA ZONA DE MUESTREO	Ubicación Geográfica UTM		Altura msnm.
		E	N	
El Perejil	01 Quebrada a 30 m antes del encuentro con la naciente del río Perejil	0802075	9119034	3973
	02 Río negro, 300 m antes del encuentro con el río Perejil	0800128	9124502	3489
	03 Río Perejil, a la altura del canal El Grillo 2 a canibamba	0799661	9124182	3440
	04 Río Huacamochal, altura de bocatoma canal Chambuc	0793512	9140160	2330
	05 Río Perejil, 50 m después del encuentro con el río negro	0799558	9124484	3430
	06 Río Chicama, altura de fundición Siguis-canal de riego	0792130	9135442	1990
El Caballo Moro	07 Laguna Verde con pequeño islote, Cabecera de cuenca el Caballo Moro	0804114	9117508	4090
	08 Efluente de la laguna El Toro, Naciente de cuenca El Caballo Moro	0803850	9116298	4070
	09 Quebrada Chachamudal, sector Las Pajillas, a 250 m de la carretera	0801278	9113730	4030
	10 Quebrada, sector Tres Cruces, a 400 m del cerro La Encalada	0801087	9111590	4008
El Chuyugual	11 Quebrada Vira Vira, tributario a 650 mts del río chuyugual	0807665	9120532	3836
	12 Río Chuyugual, a 20 m antes del encuentro entre Quebrada Negra y el río Chuyugual	0806894	9121532	3763
	13 Río Chuyugual, 40 m del encuentro entre la quebradas Quishuar sur y Chuyugual	0806682	9122214	3680
	14 Quebrada Quishuar norte, afluente del río chuyugual, arriba de la carretera al sauco.	0806799	9122982	3600
	15 Quebrada las Vizcachas, afluente al río chuyugual, arriba del cruce carretera el sauco.	0806635	9125502	3484
	16 Afluente del río Chuyugual, peña el salitre a 100 mts de la unión con el río Chuyugual.	0807360	9126716	3363
	17 Río Chuyugual a 500 m del poblado el Chuyugual, debajo del puente.	0807304	9127134	3337
	18 Río caranmaca, altura Sanagorán, 10 m arriba del puente	0815570	9140000	2690

EM = Estaciones de Monitoreo
UTM = Universal Transverse Mercator

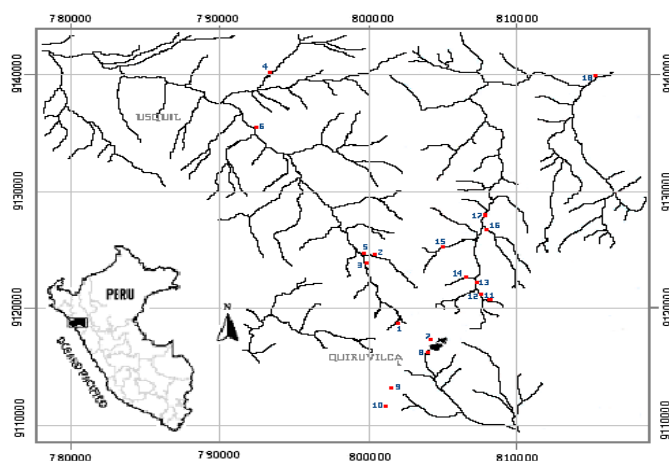


Fig. 1. Ubicación de las estaciones de muestreo en el Alto Chicama. Región La Libertad. Perú.

RESULTADOS

En las 18 estaciones en los ríos del Alto Chicama comprendidos entre los 1990 y 4090 msnm., la composición taxonómica de macroinvertebrados encontrados

pertenecen a 7 Clases, 13 órdenes y 46 familias (43 familias determinadas y 03 morfoespecies no determinadas); constituidos por la clase Insecta, con los ordenes Díptera (11 fam.), Trichoptera (10 fam.), Coleóptera (8 fam.), Heteróptera (4

fam.), Ephemeroptera (3 fam.), Plecóptera (3 fam.), Odonata (1 fam.); la clase Gastropoda, con el orden Basommatophora (1 fam.); la clase Crustacea, con el orden Amphipoda (1 fam.); la clase Bivalvia, con el orden Ostracoda (1 fam.), la clase

Arachnida con el orden Hydracarina (1 fam.), la clase Turbellaria, con el orden Tricladida (1 fam.) y la clase Oligoquetos con el orden Oligochaeta, (1 fam.) y la clase Bivalvia (1 fam.) (**Tablas 2, 3 y 4**).

Tabla 2. Composición taxonómica de macroinvertebrados bentónicos encontrados en las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. La Libertad. 2008.

Clase	Orden	Familia
Oligoquetos	Oligochaeta*	Morfoespecie*
Insecta	Diptera	Simuliidae, Stratiomyidae, Chironomidae, Ceratopogonidae, Tipulidae, Culicidae, Tabanidae, Psychodidae, Muscidae, Dolichopodidae, Blepharoceridae
		Ephemeroptera
	Plecoptera	Perlidae,
	Trichoptera	Hydrobiosidae, Helicopsychidae, Calamoceridae, Leptoceridae, Glossosomatidae, Polycentropodidae, Hydropsychidae, Odontoceridae, Philopotamidae, Hydroptilidae
	Coleoptera	Staphylinidae, Elmidae, Hydrophilidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Curculionidae, Psephenidae, Scirtidae (Helodidae).
	Odonata	Coenagrionidae.
Gastropoda	Heteroptera	Corydalidae, Gerridae, Corixidae, Mesovellidae.
	Basommatophora	Ancylidae
Crustacea	Amphipoda*	Morfoespecie*
Bivalvia	Ostracoda*	Morfoespecie*
Arachnida	Hydracarina	Hydrachnidae
Turbellaria	Tricladida	Planariidae

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

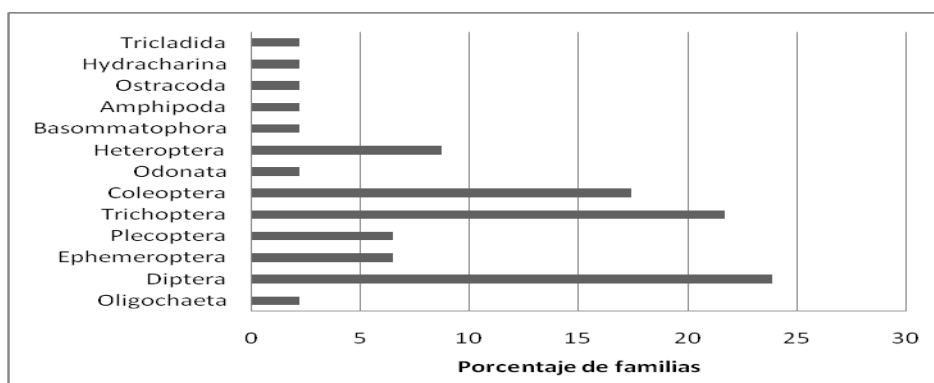


Fig. 2. Número de familias de cada orden de macroinvertebrados bentónicos encontrados en las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. La Libertad. 2008.

La **Tabla 5** muestra las puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados en las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. La Libertad, durante el 2008, con el cual se ha generado el índice biótico para ríos del norte del Perú (nPeBMWP), a partir del Andean Biotic Index (ABI), del Grupo de Recerca F.E.M. Universidad de Barcelona, propuesto por Ríos et al. ³⁵, incorporando familias y valores de los índices: IBMWP, para ríos de Chile (Peu Peu), elaborado por

la Universidad Católica de Temuco ³³; el ChBMWP, para ríos de Chile mediterráneo, elaborado en la Universidad de Chile ⁴⁵ y Molina ⁴⁶, el índice BMWP (RP-NdS) del río Pamplonita del Norte de Santander, elaborado en Venezuela ⁴³, el índice BMWP-CR, modificado para Costa Rica ⁴⁷, el índice BMWP, para el río Chama, elaborado en la Universidad de los Andes de Venezuela ⁴⁸ y el índice BMWP-Col, elaborado por la Universidad de Antioquia de Colombia. ⁴².

Tabla 3. Índice biótico (nPeBMWP) utilizando macroinvertebrados bentónicos encontrados en las estaciones de muestreo (E1-E9) de las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. La Libertad. 2008

Clase	Orden	Familia	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9		
Insecta	Oligoquetos	Morfoespecie	x										
		Simuliidae	x			x	x	x					
			Stratiomyidae				x						
			Chironomidae	x	x	x	x	x	x	x	x		
			Tabanidae	x				x			x		
		Diptera	Muscidae	x	x		x	x	x				
			Psychodidae	x			x					x	
			Dolichopodidae			x	x	x	x				
			Tipulidae				x						
			Culicidae				x					x	
			Ceratopogonidae	x								x	
			Ephemeroptera	Baetidae	x	x	x	x	x	x		x	x
				Leptophlebiidae	x	x							x
		Plecoptera	Perlidae	x	x	x	x	x				x	
			Hydrobiosidae	x		x	x	x	x			x	
			Hydropsychidae				x					x	
			Glososomatidae				x						
			Policentropodidae				x						
		Trichoptera	Leptoceridae	x	x							x	
			Calamoceridae									x	
			Helicopsychidae									x	
			Staphylinidae				x						
		Coleoptera	Elmidae	x	x	x	x	x	x		x	x	
			Hidrophilidae				x					x	
			Dytiscidae			x	x		x	x	x	x	
			Gyrinidae		x								
		Odonata	Coenagrionidae					x					
		Heteroptera	Corydalidae				x				x	x	
			Corixidae							x	x	x	
Gastropoda	Basommatophora	Ancylidae									x		
Crustacea	Amphipoda	Morfoespecie		x	x								
Bivalvia	Ostracoda	Morfoespecie									x		
Arachnida	Hydracarina	Hydrachnidae	x	x					x		x		
Turbellaria	Tricladida	Planaridae							x	x	x		
Índice biótico nPeBMWP			67	54	42	89	47	30	19	30	120		

El cálculo de calidad de agua de las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. La Libertad, durante el 2008, empleando el índice biótico nPeBMWP considera la diversidad de taxa indicadores (familias), que es presentada en la **Tabla 6**, que es un índice aditivo que va sumando puntos según el número de

familias encontradas, cada una de las cuales tiene un valor numérico del 1 al 10, relacionado con su sensibilidad a la polución. El valor es más elevado cuanto más intolerante es la familia a la contaminación^{18,44}.

Tabla 4. Índice biótico (nPeBMWP) utilizando macroinvertebrados bentónicos encontrados en las estaciones de muestreo (E10-E18) de las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. La Libertad. 2008.

Clase	Orden	Familia	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	
Insecta	Oligoquetos	Morfoespecie						x	x			
		Simuliidae	x	x	x		x	x	x	x	x	
	Diptera	Chironomidae	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		Tabanidae		x	x		x			x	x	
		Muscidae		x	x	x	x					
		Dolichopodidae					x			x	x	
		Tipulidae		x	x	x	x	x	x	x	x	
		Culicidae	x			x				x		
		Ceratopogonidae	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		Blepharoceridae								x	x	
		Ephemeroptera	Baetidae	x	x	x		x	x	x	x	x
			Leptophlebiidae	x	x						x	x
	Oligoneuridae		x									
	Ameletidae									x	x	
	Plecoptera	Tricorythidae								x		
		Perlidae	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Trichoptera	Hydrobiosidae	x	x				x	x	x	x	
		Hydropsychidae				x						
		Leptoceridae						x			x	
		Helicopsychidae						x		x		
		Odontoceridae		x	x	x	x					
		Philopotamidae						x				
		Hydroptilidae							x			
		Coleoptera	Staphylinidae	x		x	x	x			x	
			Elmidae	x	x	x	x			x	x	x
			Hidrophilidae	x								x
	Dytiscidae							x		x		
	Gyrinidae		x							x		
	Psephenidae											
	Scirtidae (Helodidae)					x	x	x			x	
	Curculionidae			x								
	Heteroptera	Gerridae								x		
		Corydalidae										
		Corixidae	x									
		Mesovellidae							x			
	Bivalvia	Ostracoda	Morfoespecie						x			
	Arachnida	Hydracarina	Hydrachnidae		x					x		
	Turbellaria	Tricladida	Planaridae					x	x			
	Índice biótico nPeBMWP			74	77	54	53	99	68	122	97	69

El mapa de calidad de agua de las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. La Libertad, durante el 2008, basado en los resultados obtenidos con la aplicación del índice biótico nPeBMWP (Tabla 7 y Fig. 3), muestra que

la parte alta de la cuenca Perejil, que discurre directamente del Alto Chicama, se encuentra con una calidad biológica regular, con valores de 54, 42 y 47, en las estaciones de muestreo 2, 3 y 5, respectivamente, pero las estaciones adyacentes no influenciadas, muestran una calidad biológica aceptable, con valores de

67 y 89, en las estaciones de muestreo 1 y 4, la parte que discurre hacia abajo muestra

una calidad biológica mala, con un valor de 30, en la estación de muestreo 6.

Tabla 5. Puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados en las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. La Libertad. 2008.

Orden	Familia	Referencia bibliográfica de la Puntuación	Puntuación asignada al nPeBMWP
Oligochaeta (Clase)	Morfoespecie	1 (1)(3)(4)(5)(6)(7)	1
Díptera	Chironomidae	2 (1)(3) (4) (5)(6)(7)	2
	Simuliidae	5 (1)(2)(4) (6) 4(5) 8(7)	5
	Stratiomidae	4 (1)(3)(5)(7)	4
	Ceratopogonidae	4 (1)(3) 3(7)	4
	Tipulidae	5 (1)(2)(4)(6) 4(5) 3(7)	5
	Culicidae	2 (1)(3)(4)(5)(7)	2
	Tabanidae	4 (1)(3)(5) 5(7)	4
	Blepharoceridae	10 (1)(5)(7)	10
	Dolichopodidae	4 (1)(5)(7)	4
	Muscidae	2 (1)(7)	2
	Psychodidae	3 (1) 7(7)	3
	Ephemeroptera	Baetidae	4 (1)(2)(3)(6) 5(5) 7(7)
Leptophlebiidae		10 (1)(2)(3) 8(5) 9(7)	10
Oligoneuridae		10 (1)	10
Ameletidae		10 (3)	10
Tricorythidae	10	10	
Plecóptera	Perlidae	10 (1)(2)(3)(5)(6)(7)	10
Trichoptera	Hydrobiosidae	7 (3) 8(1) 10(5)	8
	Hidropsychidae	5 (1)(5) 7(7)	5
	Glosomatidae	7 (1)(7) 8(5)	7
	Odontoceridae	10 (1)(5)(6)(7)	10
	Polycentropodidae	8 (1) 6(5) 7(6) 9(7)	8
	Leptoceridae	8 (1)(5) 10(6) 8(7)	8
	Calamoceridae	10 (1)(7) 8(5)	10
	Helicopsychidae	10 (1) 8(7)	10
	Philopotamidae	8 (1) 7(5) 9(7)	8
	Hydroptilidae	6 (1)(6) 7(7)	6
Coleóptera	Staphylinidae	3 (1) 4(5)(7)	3
	Elmidae	5 (1)(2)(3)(5) 6(6)	5
	Hidrophilidae	3 (1)(2)(3)(5) 5(6)(7)	3
	Dytiscidae	3 (1)(2)(3) 4(5) 5(6)	3
	Gyrinidae	3 (1)(2)(3) 4(5) 5(6)	3
	Psephenidae	5 (1)	5
	Scirtidae (Helodidae)	5 (1) 4(5) 7(7)	5
	Curculionidae	4 (3)(5)	4
Odonata	Coenagrionidae	6 (1)(2)(3)(6)	6
Heteróptera	Corydalidae	6 (4) 6(5)(7) 10(3)	6
	Gerridae	5 (1)(2)(3) 8(7)	5
	Corixidae	5 (1)(6) 7(7)	5
Mesovellidae	5 (6)(7)	5	
Basommatophora	Ancylidae	6 (1)(7)	6
Ostracoda (Clase)	Morfoespecie	3 (1)(2)(6)	3
Hydracarina	Hydrachnidae	4 (1)(5)	4
Amphipoda (Clase)	Morfoespecie	6 (1) 5(5)	6
Tricladida	Planariidae	5 (1)(6) 7(7)	5

- (1) ABI, Andean Biotic Index, Grupo de Recerca F.E.M. Universidad de Barcelona. España. Ríos et al., 2006
- (2) IBMWP, Para ríos de Chile (Peu Peu). Universidad Católica de Temuco. Chile. Leiva, 2004.
- (3) ChBMWP. Para ríos de Chile mediterráneo. Universidad de Chile. Figueroa, 2004 y Molina, 2006.
- (4) IBMWP (RP-NdS). Río Pamplonita - Norte de Santander. Venezuela. Sánchez-Herrera, 2005
- (5) BMWP-CR. Modificada para Costa Rica (2005)
- (6) BMWP-Chama. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela. Correa, 2000.
- (7) BMWP-Col. Universidad de Antioquia – Medellín; Colombia. Roldan, 2003.

Tabla 6. Calidad del agua para ríos de la costa del norte del Perú empleando el Índice biótico para ríos del norte del Perú (nPeBMWP).

Familias	Puntaje
<i>Helicopsychidae, Calamoceratidae, Odontoceridae, Anomalopsychidae, Blepharoceridae, Polythoridae, Perlidae, Gripopterygidae, Oligoneuridae, Leptophlebiidae, Athericidae, Ameletidae, Trycorythidae</i>	10
<i>Leptoceridae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae, Hydrobiosidae, Philopotamidae, Gomphidae, Calopterygidae.</i>	8
<i>Glossosomatidae, Limnephilidae, Leptohiphidae.</i>	7
<i>Ancylidae, Hydroptilidae, Hyalellidae, Aeshnidae, Libellulidae, Corydalidae, Coenagrionidae, Pseudothelphusidae (Decapoda).</i>	6
<i>Turbellaria, Hydropsychidae, Ptilodactylidae, Lampyridae, Psephenidae, Scirtidae (Helodidae), Elmidae, Dryopidae, Hydraenidae, Veliidae, Gerridae, Simuliidae, Corixidae, Notonectidae, Tipulidae, Naucoridae, Hydrochidae, Planaridae, Amphipoda.</i>	5
<i>Hydracarina, Baetidae, Pyralidae, Tabanidae, Belostomatidae, Limoniidae, Ceratopogonidae, Dixidae, Dolichopodidae, Stratiomidae, Empididae, Curculionidae.</i>	4
<i>Hirudinea, Ostracoda, Physidae, Hydrobiidae, Limnaeidae, Planorbidae, Sphaeriidae, Staphylinidae, Gyridae, Dytiscidae, Hydrophilidae, Psychodidae, Hydrometridae, Mesovellidae, Psychodidae.</i>	3
<i>Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Ephydriidae, Gelastocoridae.</i>	2
<i>Oligochaeta, Syrphidae</i>	1

Órdenes y familias presentes en las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. La Libertad. 2008.

Tabla 7. Valores obtenidos del índice biótico nPeBMWP mediante el muestreo de los macroinvertebrados bentónicos en 18 estaciones en las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama. La Libertad. 2008.

Cuencas	EM	Valores	COLOR	Calidad Biológica
El Perejil	01 (EC)	67		Aceptable
	02 (EP)	54		Regular
	03 (EP)	42		Regular
	04 (EC)	89		Aceptable
	05 (EP)	47		Regular
	06 (EP)	30		Mala
El Caballo Moro	07 (EP)	19		Mala
	08 (EP)	30		Mala
	09 (EC)	120		Buena
	10 (EC)	74		Aceptable
El Chuyugual	11 (EC)	77		Aceptable
	12 (EP)	54		Regular
	13 (EP)	53		Regular
	14 (EP)	99		Aceptable
	15 (EP)	68		Aceptable
	16 (EC)	122		Buena
	17 (EP)	97		Aceptable
	18 (EP)	69		Aceptable

CALIFICACION	VALORES	COLOR	Calidad Biológica
Aguas muy limpias	≥ 100		Buena
Aguas con signos de estrés	61-100		Aceptable
Aguas contaminadas	36-60		Regular
Aguas muy contaminadas	16-35		Mala
Aguas extremadamente contaminadas	≤ 15		Pésima

Valores del índice biótico nPeBMWP, según los rangos de calidad (Prat et al., 2000)

La parte alta de la microcuenca Caballo Moro, en el Alto Chicama, se encuentra con una calidad biológica mala, con valores de 19 y 30, en las estaciones de muestreo 7 y 8, respectivamente, pero las estaciones adyacentes no influenciadas, muestran una calidad biológica buena, con un valor de 120, en la estación de muestreo 9 ó una calidad biológica aceptable, con un valor de 74, en la estación de muestreo 10.

La parte alta o naciente de la microcuenca Chuyugual, que discurre directamente del Alto Chicama, se encuentra con una calidad biológica regular,

con valores de 54 y 53, en las estaciones de muestreo 12 y 13, respectivamente, pero las estaciones adyacentes no influenciadas, muestran una calidad biológica aceptable, con valores de 77, 99 y 68, en las estaciones de muestreo 11, 14 y 15, respectivamente, o una calidad biológica buena, con valor de 122, en la estación de muestreo 16, la parte baja manifiesta una recuperación en su calidad biológica, presentándose aceptable, con valores de 97 y 69, en las estaciones de muestreo 17 y 18.

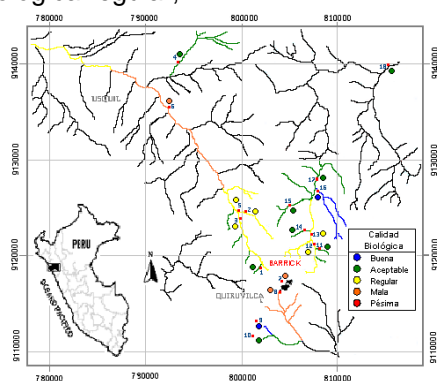


Fig. 3. Calidad de agua en 18 estaciones de muestreo de las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama en La Libertad, basado en los resultados obtenidos con la aplicación del índice biótico nPeBMWP, durante el 2008.

DISCUSIÓN

Usar como parámetro de evaluación de la calidad ecológica a los macroinvertebrados se justifica, debido a su papel central en las corrientes de los ríos, ya que contienen la información sobre la base de la energía del ecosistema, de la salud relativa de la comunidad (muchas o pocas especies), de la diversidad del hábitat, y de la disponibilidad de clases apropiadas de alimento para sostener las poblaciones de peces nativos; pueden ser vistos como integradores de la información sobre la estructura y la función del ecosistema de corriente de agua así como la calidad de esta; además, son excelentes organismos para la investigación por el uso en pruebas biológicas y químicas. Estas características hacen que los macroinvertebrados sean los agentes ideales de supervisión, utilizando índices bióticos, situación importante por la facilidad con la cual se muestrean en muchas situaciones^{6, 16, 40}. Por lo tanto, se puede utilizar un índice biótico a un nivel taxonómico superior como familia, basado

en que su aplicación es sencilla, rápida y de bajo costo, permitiendo evaluar la calidad del agua en un período corto de tiempo, ya que se reduce la complejidad taxonómica, al no requerir claves específicas para la identificación de los insectos, ni el apoyo de expertos en la materia, disminuyendo el costo en términos de tiempo y dinero³³. La utilización de índices bióticos, es uno de los más efectivos métodos para obtener información sobre la situación de calidad del agua de una cuenca hidrográfica en particular⁴⁹; pero, para el cálculo de un índice biótico se requiere asignar a cada taxa un valor de importancia como indicador^{12, 17, 18}, este indicador mide la respuesta de los organismos, en términos de tolerancia, a diferentes condiciones ambientales. Como resultado de ello, crea una gran dificultad para la aplicación de los índices bióticos en las regiones biogeográficamente diferentes de aquellas donde fueron desarrollados y donde, además, existe un pobre conocimiento taxonómico de la fauna

regional ⁴⁸. Por esta razón, la aplicación de un índice biótico en el Alto Chicama, requiere de una nueva reasignación de valores indicados para los taxa que sean comunes con la región original del índice y/o la asignación de nuevos valores indicados para los taxa exclusivos de la nueva zona. Nuestra alternativa fue la adaptación de una tabla de valores de cálculo del índice biótico, modificando el Andean Biotic Index (ABI), el cual se ha adaptado para los ríos andinos de América por encima de los 2000 m de altitud, propuesto por Ríos *et al.* ³⁹, insertando algunas familias y valores de índices similares de Venezuela, Costa Rica, Colombia y Chile, por la similitud en los rangos de altitudes, la pendiente, el caudal y el substrato de las áreas evaluadas, generando una propuesta abierta de índice biótico para los ríos del norte del Perú (nPeBMWP), en base a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados en el Alto Chicama.

Antes de la evaluación, se realizaron algunos muestreos previos, para intercalibrar y seleccionar el protocolo de muestreo para evaluar la calidad biótica del río Chicama, ya que al implementar una metodología de muestreo en una zona donde no existe, lo primero que se debería hacer es testar varias, seleccionar alguna y adaptarla de manera conveniente ^{6, 22}. En cada estación, se utilizó un tiempo de muestreo de búsqueda de macroinvertebrados, con el método de barrido de aproximadamente 60 minutos (1 hora), ya que se obtenía una colecta superior a 100 individuos; basándonos en la intercalibración de la metodología GUADALMED, propuesto por Bonada, *et al.* ⁵⁰, que indican que contando 100 individuos es suficiente para obtener un número de individuos para un IBMWP óptimo, sin embargo, en los PRECE (Protocolos Rápidos de Evaluación de la Calidad Ecológica), propuesto por Tiller & Metzaling ⁵¹ y Metzeling & Miller ⁵², recomiendan obtener unos 200 individuos, basado en un muestreo y procesado de la muestra en el campo durante 30 minutos.

En la literatura, existen numerosos métodos para la recolección de macroinvertebrados en función del tipo de río y de los objetivos planteados ⁵³. El método de barrido es un método no cuantitativo, sencillo y útil cuando el uso de muestras cualitativas no es un problema y está recomendado en los estudios de calidad biológica ⁵². Además, los métodos no cuantitativos pueden ser utilizados en sustratos donde las técnicas cuantitativas no son aplicables pero que al contener taxones característicos es necesario muestrearlos ⁵⁴. El tipo de datos a utilizar (cualitativos o cuantitativos) es irrelevante para mostrar los patrones de las comunidades ⁵⁵, aunque a

pequeña escala y en función de los objetivos planteados, los datos cuantitativos son necesarios ⁵⁶.

El establecimiento de una comunidad específica de macroinvertebrados bentónicos en un cuerpo de agua, depende de los factores físicos, químicos y biológicos que ocurren en ese cuerpo de agua ^{57, 58}. Los resultados obtenidos demuestran que la presencia de taxa como Plecóptera, Efemeróptera y Trichoptera ⁵⁹, se producen en sitios con buenas condiciones ecológicas, como en las estaciones de muestreo 9 y 16, mientras que la presencia de otros taxa como los Chironomidae y Planariidae, parecen indicar la existencia de un cierto deterioro y es propia de zonas con condiciones ecológicas desmejoradas, como en las estaciones de muestreo 6, 7 y 8, de los afluentes del Alto Chicama.

Como en la mayoría de ríos de la región neotropical, hay una progresiva sucesión, aguas abajo, de taxones sensibles a la contaminación por otros más tolerantes (quironomidos, turbellarios, oligoquetos), ante la mayor presencia de contaminantes y nutrientes, cerca a las estaciones de muestreo en la zona baja del río, procedentes de la actividad agrícola, el vertido de afluentes residuales y en nuestro caso, por la escorrentía de suelos modificados por la actividad minera establecida en la cabecera de la cuenca ⁶⁰. Los taxones característicos de aguas de cabecera (Blepharoceridae, Amelletidae, Tricorythidae, Perlidae, Helicopsychidae, Leptophlebiidae, Calamoceridae) son sustituidos en los tramos medios y bajos por un amplio grupo de taxones más tolerantes como Chironomidae, Culicidae, Baetidae, Simuliidae, Muscidae, Dolichopodiade, Tipulidae, Ceratopogonidae, Tabanidae, Planariidae, Amphipoda, Oligochaeta).

Zamora-Muñoz *et al.* ⁶¹, demostraron que los juicios de calidad elaborados con el IBMWP son independientes de la estacionalidad, hecho que sugiere la simplificación de los muestreos anuales. En nuestro caso, en dos muestreos se obtuvo una riqueza específica de 46 taxa, con la que se elaboró un juicio de calidad de los afluentes del Alto Chicama, con el índice biótico nPeBMWP, aunque los juicios con datos combinados, como muestra Furse *et al.* ⁶², permiten categorizar mejor los ríos que uno solo. Medina *et al.* ⁶⁰ sugiere que, para el caso de los muestreos en el río Chicama, el mejor período de evaluación debería ser considerado entre invierno y primavera (junio-diciembre), por ello nuestra evaluación fue ejecutada entre agosto y octubre del 2008, ya que el período comprendido en verano, resulta muy difícil obtener muestras biológicas y elaborar juicios de calidad, debido a los elevados caudales naturales que se

presentan ⁶⁰ y que convendría tener presente para la evaluación de los ríos que desembocan en el pacífico norte del Perú.

Aunque los criterios para la determinación de la calidad biológica, están basados en parámetros biológicos y son relativos a las condiciones de referencia de cada grupo de puntos o tipo de río ⁶³, que según Chovarec *et al.* ⁶⁴ una localidad de referencia se define como el estado que ha existido antes de las perturbaciones humanas que hayan alterado de manera significativa las características naturales de un río. La mayor parte de los segmentos de la cuenca hidrológica del Alto Chicama evaluada (1990 hasta 4090 msnm), están afectados por perturbaciones humanas de diferente tipo, hecho que ha dificultado encontrar estaciones de referencia en la zona de estudio y poder discriminar las clases de la calidad biológica; sin embargo, sí se ha conseguido encontrar estaciones de referencia, considerando que son estaciones adyacentes no influenciadas; ya que de las 6 estaciones de muestreo seleccionadas, 4 de ellas, presentan calidad biológica aceptable y 2 presentan calidad biológica buenas. Considerando que, aun para los expertos, se les presentan algunos problemas para establecer los límites entre una categoría de calidad de agua y otra, los cuales proponen establecer rangos para los límites de las diferentes categorías ⁶⁵, y desarrollar criterios biológicos para la evaluación de la calidad de las aguas a nivel regional ⁶⁶.

En el presente estudio se han utilizado las categorías de calidad recomendado por Prat, *et al.* ⁶⁷, donde considera las categorías: aguas muy limpias (≥ 100), aguas con signos de estrés (61-100), aguas contaminadas (36-60), aguas muy contaminadas (16-35) y aguas extremadamente contaminadas (≤ 15), las cinco clases de estado ecológico que son las propuestas en la Directiva Marco de la Unión Europea ⁴⁴.

Sin embargo, hay otra propuesta respecto a las categorías de calidad de agua, como la del índice BMWP propuesto por Domínguez y Fernández ⁴⁹, donde considera las categorías: aguas limpias (>40), con algún grado de contaminación (30-40), aguas contaminadas (20-30), aguas muy contaminadas (10-20) y aguas fuertemente contaminadas (<10), este esquema de clases de calidad del agua, cambiaría notablemente los juicios de calidad ecológica que se elaboraron con el índice biótico nPeBMWP, por ello se recomienda continuar con la búsqueda de condiciones de referencia apropiadas para ríos. Este índice deberá ser mejorado en el futuro en función de los trabajos que se puedan ir realizando en los ríos del norte del Perú ³⁸, ya que el ajuste de los fundamentos

teóricos y metodológicos de la evaluación biológica de la calidad de los ecosistemas fluviales, a las particulares de cada región o país constituye un importante tema de debate ^{6,9}.

CONCLUSIONES

- ☞ El índice BMWP (*Biological Monitoring Working Party*), modificado, adaptado y propuesto, como índice biótico de calidad del agua para ríos del norte del Perú (nPeBMWP), es un método aplicable, como un indicador de la calidad del agua, por la simplicidad del nivel taxonómico requerido (familia) y por el ahorro técnico en términos de tiempo (identificación de insectos) y costos.
- ☞ La parte alta de las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual en el Alto Chicama, basado en la aplicación del índice biótico nPeBMWP, se encuentra con una calidad biológica mala y regular, pero las estaciones adyacentes no influenciadas, muestran una calidad biológica aceptable o buena; la parte que discurre hacia abajo de la microcuenca Perejil, muestra una calidad biológica mala, mientras que la parte baja, de la microcuenca de Chuyugual manifiesta una recuperación en su calidad biológica, presentándose aceptable, para el 2008.
- ☞ Los macroinvertebrados de las microcuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugual, en el Alto Chicama, en el 2008 están constituidos por 7 Clases y 13 Órdenes; distribuidos en 46 familias. Los insectos es el grupo más representativo, con 11 familias.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se ha realizado en el marco del convenio AMAS-UNT. Los autores agradecen el financiamiento de la Asociación Marianista de Acción Social (AMAS) y a la Universidad Nacional de Trujillo, por las facilidades logísticas brindadas para la realización del presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kolenati, F. Über Nutzen und Schaden der Trichopteren. Stettiner entomol. Ztg. 9. 1848.
2. Hassal, A. A microscopic examination of the water supplied to the inhabitants of London and suburban districts. London. 1850.

3. Cohn, F. Über lebendige Organismen im Trinkwasser. *Z. klin. Medizin*, 4, 229-237. 1853.
4. Sládecék, V. System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol. Beih* 7, 1-218. 1973a.
5. Sládecék, V. The reality of three British biotic indices. *Water Res.* 7, 995-1002. 1973b.
6. Rosenberg, D. & V. Resh (Eds). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York, New York, USA. 488 pp. 1993.
7. De Pauw, N. y H. Hawkes. Biological monitoring of river water quality. Pages 87-111. In: W. J. Walley and S. Judd (Eds.), *River water quality monitoring and control*. Aston University, UK. 1993.
8. Knoben, E.; Roos, C. & M. Van Oirschot. *Biological Assessment Methods for Watercourses*. UN/ECE Task Force on Monitoring and Assessment. 1995.
9. Karr, J.R. & E.W. Chu. *Restoring Life in Running Waters: Better Biological monitoring*. Island Press. Washington. DC, U.S.A. 206 p. 1999.
10. Kolkwitz, R. & M. Marsson. *Okologie der tierischen Saprobien*. Beitrage zur Lehre von der biologischen Gewässerbeurteilung. *Internationale der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 2: 126-152. 1909.
11. Chutter, F. An empirical biotic index of the quality of water in South African streams and rivers. *Water Research* 6: 19-30. 1972.
12. Hilsenhoff, W. An improved biotic index of organic stream pollution. *The Great Lakes Entomologist*, 20 (1): 31 – 39. 1987.
13. Cairns, J. & J. Pratt. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. pp. 10-27, In: *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. 1993.
14. Skriver, J. *Biological Monitoring in Nordic Rivers and Lakes*. Report to Nordic Council of Ministers, Denmark TemaNord 2001:513. 2001.
15. Ministry For The Environment. *The Use of Macroinvertebrates in Water Management Recommendations of the New Zealand Macroinvertebrate Working Group*. Wellington New Zealand. 1999.
16. Kalender, E.; Engin-Emlek, & Faruk-Yilmaz. Determination of water quality with microorganisms and macroinvertebrates as bioindicators (a preliminary study on abant creek-bolu) department of biology faculty of arts and sciences abant izzet baysal university bolu – turkey. 2001.
17. Armitage, P.; Moss, D.; Wright, J. y M. Furse. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research*, 17: 333-347. 1983.
18. Alba-Tercedor, J. y A. Sánchez-Ortega. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica*, 4: 51-56. 1988.
19. Alba-Tercedor, J. y A. Pujante. 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 (eds.): 207-216. *Freshwater Biological Association*. 2000.
20. Aguilar, F.; Ferreira, M. y P. Pinto. Relative influence of environmental variables on macroinvertebrate assemblages from an Iberian basin. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 21: 43-53. 2002.
21. Hildrew, A. Food webs and species interactions. In: *The River Handbook*. P. Calow & G.E. Petts (eds.): 309-330. *Blackwell Scientific Publications*, Oxford. 1992.
22. Wright, J.F., An Introduction to RIVPACS. In *Assessing the biological quality of fresh waters. RIVPACS and other techniques*. J.F. Wright, D.W. Sutcliffe & M.T. Furse (eds.): 1-24. *Freshwater Biological Association*, Ambleside, UK. 2000.
23. Margalef, R., Contribución al conocimiento hidrobiológico del país vasco-navarro. En: Margalef, R., M.R. de San Miguel y J. Rodríguez-Roda (Eds.) *Aportaciones al estudio de la fauna y flora vasco-navarras (Sierra de Aralar)*. CSIC, Zaragoza. 1946.
24. Margalef, R., Algunos organismos interesantes de las aguas dulces de los Pirineos. *P. Ins. Bio. Apl.* 28: 407-420. 1953.
25. González Del Tánago, M.; García De Jalón, D. & I. Martínez Elcoro. Estudio sobre la fauna de macroinvertebrados de los ríos Cigüela, Zánacara y Córcoles; aplicación de índices biológicos para el estudio de la calidad de las aguas. *Boletín de la estación central de Ecología, ICONA*, 8(15): 45-50. 1979a.
26. González Del Tánago, M.; García De Jalón, D. & I. Martínez Elcoro. Aplicación de algunos índices biológicos a diversos ríos españoles para la estimación de la calidad de las aguas. *Téc. Invest. y Tratam. del Medio Ambiente*, 14(1): 28-38. 1979b.
27. Pires, A.; Cowx, I. & M. Coelho. Benthic macroinvertebrate communities of intermittent streams in the middle reaches of the Guadiana Basin (Portugal). *Hydrobiologia*, 435: 167-175. 2000.

28. Prat, N. & T. Munné. Water Use and quality and stream flow in a Mediterranean Stream. *Water Research*, 34(15): 3876-3881. 2000.
29. Vivas, S., Casas, J.; Pardo, I.; Robles, S.; Mellado, A.; Alba-Tercedor, J.; Bonada, N.; Álvarez, M.; Jáimez, P.; Suárez, M.; Toro, M. & N. Prat. Aproximación multivariante en la exploración de la tolerancia ambiental de las familias de macroinvertebrados de los ríos mediterráneos del Proyecto GUADALMED. *Limnetica*, 21(3-4), 2002: 149-173. 2004.
30. Ríos, C. Estudio de contaminación ambiental por las descargas mineras de COM sur en la empresa Milluni. Univ. Mayor de San Andrés. Facultad de Ingeniería. Bolivia. 1985.
31. Zúñiga, M. Estudio de la ecología del río Cali con énfasis en su fauna bentónica como indicador biológico de calidad. XXVII Congreso Nacional de ACODAL. Agosto. Colombia. 1984.
32. Figueroa, R; Valdovinos, C.; Araya, E. & O. Parra. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del Sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 76: 275 –285. 2003.
33. Leiva, M. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en la Cuenca del Estero Peu Peu. Comuna de Lautaro IX Región, Chile. Tesis para optar el Grado de Licenciado en Recursos Naturales. 111 pp. 2004.
34. Montalvo, C. & A, Nakamura. Informe de la comisión a la planta concentradora de Shalipayco. Ministerio de Energía y Minas. DAA. Lima. Perú. 1986.
35. Bouchard, Jr. W. Guide to Aquatic Invertebrates of the Upper Midwest. University of Minnesota. U.S.A. 2004.
36. Domínguez E; M. Hubbard y M. Pescador. Los Ephemeroptera en Argentina. PROFADU CONICET. Vol (33). Fascículo (01). 1994.
37. Fernandez R, H y E. Dominguez. Guía para la determinación de artrópodos bentónicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina. 282 pp. 2001.
38. Medina, C. Estado ecológico del río Chicama. Regiones. La Libertad y Cajamarca. Perú. 2006. Tesis para optar el grado de doctor en Medio Ambiente. Escuela de Postgrado. Universidad Nacional de Trujillo. 2007.
39. Ríos, B; Acosta, R. & Prat, N. JNABS. En prensa. 2006.
40. Alba-Tercedor, J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almería, España: 203-213. 1996.
41. Zúñiga de Cardoso M. Los insectos como bioindicadores de calidad de agua. Universidad del valle. Departamento de Procesos químicos y Biológicos. Colombia. 22 pp. 2001.
42. Roldán, G. Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia, propuesta para el uso del método BMWP - COL. Colección ciencia y tecnología. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia. 168p. 2003.
43. Sánchez-Herrera, M. El índice biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party Score), modificado y adaptado al cauce principal del río Pamplonita norte de Santander. Universidad de Pamplona. Venezuela. Bistua Vol. 3 No. 2. ISSN 0120 – 4211. 2005.
44. Prat, N.; Ríos, B.; Acosta, R. & M. Rieradevall. 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). Departament d'Ecologia. Universidad de Barcelona. España. Proyecto financiado por: Ministerio de Educación y Ciencia Programa Intercampus (AECI). 2006. Disponible en: <http://www.diba.es/mediambient/ecostrimed.asp>.
45. Figueroa, R. Calidad ambiental de la cuenca hidrográfica del río Chillan. VIII Región. Chile. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Dpto. de Ecología y Geología. Universidad de Malaga. 260 pp. 2004.
46. Molina, M. Manual de evaluación de la calidad del agua. Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA), Facultad de Ciencias. Universidad de Chile. Chile. 2006.
47. Mafla-Herrera, M. Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano Talamanca - Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Turrialba, Costa Rica. 2005.
48. Correa, I. Desarrollo de un índice biótico para evaluar la calidad ecológica del agua de los ríos de la cuenca alta del río Chama, utilizando macroinvertebrados bénticos. Tesis para optar el título de Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela. 2000.
49. Domínguez E, E. y H. R. Fernández. Calidad de los ríos de la cuenca del Salí (Tucumán-Argentina) medida por un índice biótico. Serie conservación de la Naturaleza nº 12. Fundación Miguel Lillo, Republica Argentina, 39 pp. 1998.

50. Bonada, N., Rieradevall, M. y N. Prat. Temporalidad y contaminación como claves para interpretar la biodiversidad de macroinvertebrados en un arroyo mediterráneo (Riera de San Cugat, Barcelona). *Limnetica*, 18: 8 1-90. 2000.
51. Tiller, D. & L. Metzeling. Rapid Bioassessment of Victorian Streams. Victoria: EPA publication 604, Environment Protection Authority. 1998.
52. Metzeling, L. & J. Miller. Evaluation of the sample size used for the rapid bioassessment of rivers using macroinvertebrates. *Hydrobiologia*, 444: 159-170. 2001.
53. Elliot, J. M. y P. A. Tullett. A supplement to a bibliography of samplers for benthic invertebrates. *Occ. Publ. Freshwat. Biol. Ass.*, 20: 1-27. 1983.
54. Chessman, B. C. y D. P. Robinson. Some effects of the 1982-83 drought on water quality and macroinvertebrate fauna in the lower La Trobe River, Victoria. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.*, 38: 289-299. 1987.
55. Gauch, H. G. Multivariate Analysis in Community Ecology. Cambridge: Cambridge University Press. 1982.
56. Marchant, R. Robustness of classification and ordination techniques applied to macroinvertebrate communities from the La Trobe River, Victoria. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.*, 41: 493-504. 1990.
57. Vannote R., Minshall G., Cummins K., Sedell J. & C. Cushing. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37:130-137. 1980.
58. Allan, J. D. y A. S. Frecker. Biodiversity Conservation in URNG Waters. *Bioscience* 43 (1): 32 – 42. 1993.
59. Norris, R. & C. Hawkins. Monitoring river health. *Hydrobiologia* 435: 5-17. 2000.
60. Medina, C; Balmaceda, J; Ramírez, R; Peláez, F; Reyes, W & J. Puhe. Caracterización físico-química y microbiológica del río Chicama. Regiones La Libertad y Cajamarca, Perú. 2006. *Revista SCIENDO* 10 (2): 31-40. 2007.
61. Zamora-Muñoz, C., Alba-Tercedor, J. & D. García De Jalón. The larvae of the genus *Hydropsyche* (Hydropsychidae; Trichoptera) and key for the identification of species of the Iberian Peninsula. *Bulletin de la Société Entomologique Suisse*, 68: 189-210. 1995.
62. Furse, M. T., D. Moss, J. F. Wright & P. D. Armitage. octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. D.O.C.E. L 327 de 22.12.00. 69 pp.
63. D.O.C.E. 2000. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de Octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. D.O.C.E. L 327 de 22.12.00.69 pp.
64. Chovarec, A., P. Jäger, M. Jungwirth, V. Koller-Kreimel, O. Moog, S. Muhar y ST. Schmutz. The Austrian way of assessing the ecological integrity of running waters: a contribution to the EU Water Framework Directive. *Hydrobiologia*, 422/423: 445-452. 2000.
65. Lenat, D.R. Water quality assessment using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates. *The North American Benthological Society* 7(3), 222 – 223. 1988.
66. Yoder, C. O. The development and use of biological criteria for Ohio surface water. *Water Quality Standards for 21st Century*, 136-146. 1989.
67. Prat, N., Munne, A., Rieradevall, M., Sola, C. & N. Bonada. ECOSTRIMED: Protocol per a determinar l'Estat Ecològic dels rius mediterranis. *Estudis de la qualitat ecològica dels rius*, Diputació de Barcelona. Àrea Medi Ambient. 2000.

Correspondencia: César Augusto Medina

Tafur

Dirección: Av. Carrión 380 Dpto. 402

Teléfono: 044-317117

E-mail: cemeta@hotmail.com