

## “MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO AMOJÚ, PARTE ALTA DE JAÉN, CAJAMARCA”

“BENTHIC MACROINVERTEBRATES AS BIOINDICATORS OF WATER QUALITY OF AMOJU RIVER, IN THE HIGHLAND OF JAEN, CAJAMARCA”

Romario Alvarado H., Karen Arévalo R., Osli Arteaga C., Edwin Cajusol S., Roxana Cruz A. y Walter Calderón V.

### RESUMEN

Se utilizó organismos macroinvertebrados bentónicos (MIB) como bioindicadores de la calidad del agua dulce en el río Amojú, parte alta de Jaén, Cajamarca. Actualmente, se está usando estos microorganismos a nivel internacional como un método eficaz y barato para monitorear calidad de agua en ríos, quebradas, lagos, etc. Por ello, se evaluó la calidad del agua recolectando macroinvertebrados, en junio 2016, en la parte alta de río Amojú, trayecto situado entre el Centro Poblado “San Miguel de Naranjas” y la ciudad de Jaén. Se recolectó la mayor cantidad posible de macroinvertebrados en cinco puntos de muestreo para luego ser identificados en el Laboratorio de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén. Una vez identificados los organismos, se valoró la calidad del agua con el índice "Biological Monitoring Working Party" (BMWP). Los resultados indican que el río Amojú presenta aguas contaminadas (42 puntos). Además, se registraron 24 taxones, con predominancia de tres órdenes: Trichoptera (28%), Díptera (21%) y Coleóptera (13%). Las familias más representativas fueron: Hydropsychidae (19%), Perlolidae (9%), Thaumaleidae (6%) y Corydalidae (6%). Se concluye que, recolectando macroinvertebrados se evalúa, en cualquier período del año, la calidad del agua dulce.

**Palabras claves:** bioindicadores, BMWP, calidad de agua, macroinvertebrados bentónicos

### ABSTRACT

This study was conducted to use benthic macroinvertebrate organisms (MIB) as bioindicators of fresh water quality in the Amojú River Jaén, Cajamarca. Currently, these microorganisms are used internationally as an effective and inexpensive method for monitoring water quality in rivers, streams, lakes, etc. Therefore, water quality was evaluated collecting macroinvertebrates, in June 2016, in the upper Amojú river between the Town Centre "San Miguel de Naranjas" and the city of Jaen. The largest amount of macroinvertebrate was collected in five sampling points and identified in the Laboratory of Forestry and Environmental Engineering at the National University of Jaén. After the identification of macroinvertebrate organisms, the water quality was assessed based on the "Biological Monitoring Working Party" (BMWP) index. The results indicate that the Amojú River is contaminated (42 points). A predominance of three orders Trichoptera (28%), Diptera (21%) and Coleoptera (13%), among 24 taxa were recorded, the most representative families were: Hydropsychidae (19%), Perlolidae (9%), Thaumaleidae (6%) and Corydalidae (6%). In conclusion, collecting macroinvertebrates evaluates, at any time, the fresh water quality.

**Keywords:** water quality, BMWP, benthic macroinvertebrates, bioindicators

## INTRODUCCIÓN

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, Plecóptera, Trichóptera, Coleóptera, Díptera (Hynes 1970).

Muchos representantes de estos grupos de invertebrados pueden distribuirse en distintos niveles de condiciones ambientales, así como ser muy susceptibles a la contaminación, motivo por lo que son recomendados en el establecimiento de sistemas de vigilancia y control de los ecosistemas hídricos (Leslie et al. 1999, Royer et al. 2001, Ogbeibu & Oribhabor 2002).

Actualmente se está usando estos microorganismos a nivel internacional como un método eficaz y de bajo costo para monitorear la calidad de las fuentes de agua. 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 (Hynes 1970).

Sin embargo, un estudio menciona que el Perú es uno de los países neotropicales que enfrenta serios problemas de contaminación de sus ríos (Iannacone et al. 2000 b,c, 2001, Arrascue et al. 2001, Carrasco et al. 2001, Cháves et al. 2002). Por ello, el objetivo de este trabajo es emplear a los macroinvertebrados bentónicos (MIB) como bioindicadores para determinar la calidad del agua dulce del río Amojú, parte alta de la ciudad de Jaén, Cajamarca.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Zona de estudio

El área evaluada comprende la parte alta del río

Amojú con coordenadas de ubicación: UTM (738346 E, 9365060 N) hasta UTM (741521 E, 9367838 N); trayecto situado entre el Centro Poblado “San Miguel de Naranjas” y la ciudad de Jaén a 1039 msnm, región Cajamarca. El río Amojú proviene del Bosque de Huamantanga, Centro Poblado (C.P.) Cascarilla y del C.P. Virginia. Estas aguas confluyen en el Caserío de Miraflores. Luego, continúan su recorrido hasta el pueblo de Santa Fe. Cerca del C.P. “San Miguel de Naranjas”, el río continúa hasta la altura de “La Florida”. Aquí existe la unión de la quebrada proveniente del “Cerro la Pelota”. El resto del trayecto del Río Amojú es por la ciudad de Jaén llegando hasta cerca de Bellavista.

### Puntos de Muestreo

Se han evaluado cinco puntos de muestreo el 26 de junio 2016. En la Tabla 1 se detalla la ubicación de los puntos de muestreo de donde se han recolectado los macroinvertebrados bentónicos. El 1er. punto de muestreo ha sido en el primer curso de agua (riachuelo) que encontramos al cruzar el C.P. “San Miguel de Naranjas”. Caminando 500 metros al este encontramos al río Amojú, del cual se obtuvieron los demás puntos de muestreo. Los organismos fueron recolectados con una red de tela, de agujeros con 1 mm de diámetro (Gaviño *et al.* 1995, Merritt & Cummins 1996). Los macroinvertebrados atrapados del curso de la quebrada, fueron colocados en un frasco de vidrio rotulado y numerado. También se anotaban las coordenadas UTM con ayuda de un GPS Garmin. El frasco tenía una cierta cantidad de una solución de 30% glicerina y 70% alcohol (Springer *et al.* 2007) para evitar la degradación de los organismos producto del clima, además los frascos fueron transportados en una caja hecha de polietileno para refrigerar o moderar la Temperatura.

**Tabla 1. Ubicación de los puntos de muestreo**

Punto de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Referencia
	Este	Norte		
1	738346	9365060	1229	Riachuelo cerca del C.P. Las Naranjas
2	738352	9365206	1214	Río Amojú, a 500 m del 1er. punto
3	739251	9365424	1119	A 900 m del 2do. punto
4	740081	9368166	843	Entre el cerro “La Pelota” y el puente “La corona”
5	741521	9367838	791	Sector el Parral de Jaén

**Análisis de datos**

Los macroinvertebrados fueron identificados en el Laboratorio de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén (IFA-UNJ). Para ello se contó con la ayuda del software identificador de macroinvertebrados por medio de claves del Laboratorio de control de calidad “Red de control” S.L. del Gobierno de España y el trabajo de campo en Santander, Colombia (Gamarra *et al.*, 2012). Además, los resultados han sido corroborados por el Dr. Julio Palomino, biólogo experto en el área. La identificación fue hasta orden y familia lo cual es suficiente para determinar la calidad de agua según el índice BMWP. En la Tabla 2, se detalla el puntaje asignado para cada familia de Macroinvertebrados bentónicos.

**Tabla 2. Puntaje asignado a las familias de macroinvertebrados bentónicos (MIB) encontrados para la obtención del BMWP**

PUNTUACIÓN	FAMILIAS DE MIB
10	Perlidae, Ptilodactylidae, Calamoceratidae,
08	Polycentropodidae, Corduliidae
07	Leptohyphidae
06	Corydalidae
05	Elmidae, Dryopidae, Hydropsychidae, Ecnomidae, Tipulidae, Dugesiidae
04	Naucoridae, Stratomyiidae, Simuliidae, Limoniidae, Baetidae
03	Scirtidae, Noteridae, Lymnaeidae,
02	Thaumaleidae, Chironomidae, Culicidae

**FUENTE:** BMWP - Costa Rica (2007)

Por cada punto de muestreo, los MIB han sido contados una sola vez por familia para ir sumando y así obtener el BMWP. En la Tabla 3 se detallan las clases de calidad de agua.

**Tabla 3. Calidad de agua según BMWP**

CLASES DE CALIDAD DE AGUA		
Calidad	BMWP	Significado
Excelente	>120	Aguas de calidad excelente
Buena	101-120	Aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible
Regular	61-100	Aguas de calidad regular, contaminación moderada
Contaminada	36-60	Aguas de calidad mala, contaminadas
Muy contaminada	16-35	Aguas de calidad mala, muy contaminadas
Extremadamente contaminada	<15	Aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas

**FUENTE:** BMWP - Costa Rica (2007)

## RESULTADOS

En la Tabla 4 se registran los macroinvertebrados identificados en el Laboratorio de IFA-UNJ. Se indica la frecuencia con que los MIB han aparecido en cada punto de muestreo.

**Tabla 4. Taxones identificados en el Laboratorio de IFA-UNJ**

ORDEN	FAMILIA	PUNTOS DE MUESTREO					TOTAL	Frecuencia %
		1	2	3	4	5		
PLECOPTERA	Perlidae	2		1	1		4	9%
COLEOPTERA	Elmidae		1		1		2	4%
COLEOPTERA	Scirtidae	1					1	2%
COLEOPTERA	Noteridae	1					1	2%
COLEOPTERA	Ptilodactylidae		1				1	2%
COLEOPTERA	Dryopidae			1			1	2%
TRICHOPTERA	Hydropsychidae	1	3	3	2		9	19%
TRICHOPTERA	Calamoceratidae		1				1	2%
TRICHOPTERA	Polycentropodidae		1			1	2	4%
TRICHOPTERA	Ecnomidae		1				1	2%
HEMIPTERA	Naucoridae	1			1		2	4%
DIPTERA	Tipulidae	1	1				2	4%
DIPTERA	Stratiomyidae			1			1	2%
DIPTERA	Simuliidae				1		1	2%
DIPTERA	Thaumaleidae				1	2	3	6%
DIPTERA	Chironomidae					1	1	2%
DIPTERA	Limoniidae					1	1	2%
DIPTERA	Culicidae					1	1	2%
TRICLADIDA	Dugesidae	1		1			2	4%
MEGALOPTERA	Corydalidae		1		2		3	6%
EPHEMEROPTERA	Baetidae		1				1	2%
EPHEMEROPTERA	Leptohyphidae		1	1			2	4%
BASOMMATOPHORA	Lymnaeidae		1	1			2	4%
ODONATA	Corduliidae			1	1		2	4%
<b>TOTAL</b>		<b>8</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>47</b>	<b>100%</b>

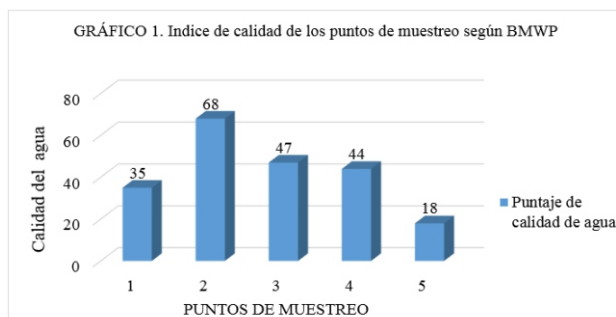


En esta tabla, se registraron 24 taxones, con predominancia de tres órdenes: Trichoptera (28%), Díptera (21%) y Coleóptera (13%). Las familias más representativas fueron: Hydropsychidae (19%), Perlolidae (9%), Thaumaleidae (6%) y Corydalidae (6%). Luego, se obtuvo el puntaje biótico de 42 puntos (Tabla 5) que según BMWP clasifica estas aguas como de calidad mala, contaminadas.

Tabla 5. Puntaje asignado a los macroinvertebrados bentónicos de acuerdo a BMWP

ORDEN	FAMILIA	PUNTOS DE MUESTREO					TOTAL
		1	2	3	4	5	
PLECOPTERA	Perlolidae	10		10	10		10
COLEOPTERA	Elmidae		5		5		5
COLEOPTERA	Scirtidae	3					3
COLEOPTERA	Noteridae	3					3
COLEOPTERA	Ptilodactylidae		10				10
COLEOPTERA	Dryopidae			5			5
TRICHOPTERA	Hydropsychidae	5	5	5	5		5
TRICHOPTERA	Calamoceratidae		10				10
TRICHOPTERA	Polycentropodidae		8			8	8
TRICHOPTERA	Ecnomidae		5				5
HEMIPTERA	Naucoridae	4			4		4
DIPTERA	Tipulidae	5	5				5
DIPTERA	Stratomyiidae			4			4
DIPTERA	Simuliidae				4		4
DIPTERA	Thaumaleidae				2	2	2
DIPTERA	Chironomidae				2		2
DIPTERA	Limoniidae					4	4
DIPTERA	Culicidae					2	2
TRICLADIDA	Dugesiidae	5		5			5
MEGALOPTERA	Corydalidae		6		6		6
EPHEMEROPTERA	Baetidae		4				4
EPHEMEROPTERA	Leptohyphidae		7	7			7
BASOMMATOPHORA	Lymnaeidae		3	3			3
ODONATA	Corduliidae			8	8		8
<b>TOTAL</b>		<b>35</b>	<b>68</b>	<b>47</b>	<b>44</b>	<b>18</b>	<b>124</b>
<b>PUNTAJE PROMEDIO</b>		<b>42</b>					

El gráfico 1 representa el puntaje biótico de cada punto de muestreo según BMWP. El 2do. punto de muestreo es el que posee mayor puntaje biótico de calidad de agua (68 puntos). Según BMWP estas aguas son de calidad regular, contaminación moderada. El 5to. punto de muestreo ubicado a la altura del Sector “El Parral” de Jaén, posee el menor puntaje biótico (18 puntos) de calidad de agua, lo cual según BMWP estas son aguas de calidad mala, muy contaminadas. Esto se avala en la presencia de insectos en estado larvario del orden Díptera donde su frecuencia aumenta al existir este tipo de calidad de agua. Aunque hubo la presencia de un insecto de la familia Polycentropodidae los cuales son susceptibles a la contaminación, se deduce que se encontraría producto del arrastre del caudal sobre este insecto que fue capturado en la red.



## DISCUSION

La dominancia de MIB de la familia Hydropsychidae, orden Trichóptera ha sucedido por el tamaño de estos insectos que fácilmente quedaban atrapados en la red y fueron recolectados rápidamente.

El 1er. punto de muestreo tiene 35 de puntaje biótico, esto indicaría que el agua está muy contaminada. Sin embargo, el día de la toma de muestra el riachuelo tenía un caudal rápido y fue difícil la captura de los MIB, por lo que se recolectaron muy pocos.

En el 2do. punto de muestreo, el puntaje de 68 indica que la calidad de agua es regular con contaminación moderada. Esto se debe a que el río Amojú se encontraba en condiciones favorables para la mayor presencia de los MIB.

Los puntos de muestreo 3 y 4 poseen puntajes de 47 y 44 respectivamente indicando que el agua está contaminada. Esto es probable porque en los alrededores de la fuente de agua existen cultivos de café que inciden en la contaminación por productos fertilizantes que influyen en la vida de macroinvertebrados sensibles (por ejm, Plecóptera, Ptilodactylidae, Calamoceratidae, etc.)

En el 5to. punto de muestreo existen mayormente dípteros (Thaumaleidae, Chironomidae, Culicidae, Limoniidae) donde el puntaje biótico es de 18 significando que el agua se encuentra muy contaminada. Los dípteros tienen una gran resistencia a la contaminación donde las demás familias de MIB difícilmente vivirán en estas condiciones. El 5to. punto de muestreo está ubicado cerca al sector “El Parral” Sector Morro Solar de Jaén donde existe la incidencia de desagües y arrojan al río residuos sólidos de las viviendas.

Según Paredes *et al.*, 2004 el río Amojú de Jaén tiene un puntaje biótico de 38 que el BMWP caracteriza a este río como de aguas contaminadas (calidad dudosa). Además, al río Amojú lo sectorizaron en cuencas: baja y media-alta, obteniéndose un puntaje y caracterización de cada una de ellas. Así, para el sector de cuenca media-alta se obtiene 62 de promedio con las puntuaciones de las estaciones 5-8, y 14 de promedio para la cuenca baja (estaciones 1-4). La primera tendría aguas contaminadas (calidad dudosa) a aguas donde son evidentes algunos efectos de contaminación (calidad aceptable), y

el segundo sector aguas muy contaminadas (calidad crítica) a fuertemente contaminadas (calidad muy crítica). En este estudio, la cuenca media-alta sería el 2do. punto de muestreo con puntaje de 68 indicando que el agua posee una calidad regular; y las estaciones 1-4, que mencionan los anteriores autores poseen como puntaje promedio 14, concuerdan en resultado con el 5to. punto muestreo hecho a la altura de el “El Parral”.

## CONCLUSIONES

- Se identificó la gran mayoría de MIB de los 5 puntos de muestreo con ayuda del Software del Laboratorio de control de calidad “Red de control” S.L. del Gobierno de España.
- Se registró 24 taxones, con predominancia de tres órdenes: Trichoptera (28%), Díptera (21%) y Coleóptera (13%). Las familias más representativas fueron: Hydropsychidae (19%), Perlolidae (9%), Thaumaleidae (6%) y Corydalidae (6%).
- El puntaje biótico de 42 puntos, según BMWP, clasifica las aguas del río Amojú como de calidad mala, contaminadas.
- Se comprobó que la calidad de agua en la parte alta del río Amojú responde al tipo de macroinvertebrados bentónicos.
- En el 2do. punto de muestreo, el puntaje de 68 indica que la calidad de agua es regular, contaminación moderada.
- En los puntos de muestreo 3 y 4, con puntajes de 47 y 44 respectivamente, indican que el agua está contaminada.
- En el 5to. punto de muestreo existen en su mayoría dípteros donde el puntaje biótico es de 18, lo cual significa que el agua se encuentra muy contaminada.

## AGRADECIMIENTOS

Al docente Dr. Julio Palomino Cadenas quién revisó y verificó los MIB. Al Ph. D. Manuel Canto Saénz, Vicepresidente de Investigación de la Universidad Nacional de Jaén, por realizar las revisiones de este artículo. Al personal del Laboratorio de Ingeniería Forestal y Ambiental de la UNJ, Ing. Harold Marín Julca y la Ing. Shirley Petronila Troyes, por brindarnos los equipos e instrumentos necesarios para la investigación del proyecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrascue A., Iannacone J., Alvarino L., Basilio S., Lazcano C. (2001). El insecto Chironomus calligraphus Goeldi y la bacteria Escherichia coli como ensayos ecotoxicológicos para evaluar sedimentos elutriados dulceacuícolas. Rev. per. Ent. 42:159-173.
- Carrasco, C. B., Portal, E.Q., Ayala, Y.S. (2001). Entomofauna acuática del río Huatatas y su relación con la calidad de sus aguas, p. 44. Resúmenes. XLIII Convención Nacional de Entomología. Huancayo, Sociedad Entomológica del Perú.
- Chaves, T.J., Oliveira, E., Maciel, M.C.M. (2002). Estudo dos macroinvertebrados do Parque Regional do Iguacu Zoológico, Curitiba, Brasil, p. 597. Resumos. XXIV Congresso Brasileiro de Zoologia. Itajaí, Sociedade Brasileira de Zoologia.
- Gaviño, T.G., Juárez, L.C., Figueroa, T.H. (1995). Técnicas biológicas selectas de laboratorio y de campo. México, DF, Editorial Limusa. 308 pp.
- Gamarra Y., Restrepo R., Cajigas A. (2012). Guía de campo de los macroinvertebrados acuáticos de la quebrada Menzuly – Santander – Colombia.

Hynes, H.B.N. (1970). The ecology of running waters. Liverpool, Liverpool University Press. 555 pp.

Iannacone J., Alvarino L., Moreno R., Reyes M., Chauca J. (2000b). Culicids (Diptera) of the Chillón River and adjacent areas from the Constitutional Province of Callao, Perú, during "El Niño" event 1997-1998. Acta ent. chil. 24: 51-60.

Iannacone, J., Dale, W., Alvarino, L. (2000c). Monitoreo ecotoxicológico del río Rímac (Lima-Perú) empleando a *Chironomus calligraphus* Goeldi (Diptera: Chironomidae). Rev. chil. Ent. 27:23-34.

Leslie, H.A., Pavluk, T.I., bij de Vaate, A., Kraak, M.H. (1999). Triad assessment of the impact of chromium contamination on benthic macroinvertebrates in the Chusovaya river (Urals, Russia). Arch. environm. contam. Toxicol. 37: 182-189.

Merritt, R.W., Cummins, K.M. (1996). An introduction to the aquatic insects of North America. Dubuque, Kendall/Hunt Publishing Co. (Ed. 3). 862 pp.

Ogbeibu, A.E., Oribhabor, B.J. (2002). Ecological impact of river impoundment using benthic macro-invertebrates as indicators. Water Res. 36: 2427-2436.

Paredes, C., Iannacone, J., Alvarino L. (2004). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca Y Amazonas, Perú.

Royer, T.V., Robinson, C.T., Minshall, G.W. (2001). Development of macroinvertebrate-based index for bioassessment of Idaho rivers. Environ. Manag. 27: 627-636.

Springer, M., Vásquez, D., Castro, A. (2007). Uso del índice BMWP- CR de la calidad del agua. Universidad EARTH.

## CORRESPONDENCIA

Romario Alvarado Huamán

Ciro Alegría # 341 - Sector Los sauces - Jaén - Cajamarca - Perú

[romaalvah@gmail.com](mailto:romaalvah@gmail.com)