

# Calidad del agua de un río andino ecuatoriano a través del uso de macroinvertebrados

Ildefonso Liñero Arana<sup>1</sup>, Víctor H. Balarezzo<sup>2</sup>, Héctor Eraso<sup>2</sup>, Francisco Pacheco<sup>3</sup>, Carolina E. Ramos<sup>4</sup>, Ruth G. Muzo<sup>4</sup>, Carla J. Calva<sup>4</sup>

1. Prometeo, SENESCYT, Av. 9 de octubre y Carrión, Quito, Ecuador; ilineroarana@yahoo.es
2. Unidad Desconcentrada San Marcos, Gobierno Autónomo de la Provincia de Pichincha, Quito, Ecuador; vbalarezo@pichincha.gob.ec; biohector-peces@hotmail.com
3. Universidad de las Fuerzas Armadas, Av.Gral. Rumiñahui s/n, Sangolquí, Provincia de Pichincha, Ecuador; franciscorage@yahoo.com.ar
4. Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara E11 - 253. Quito, Ecuador; carolina.ramos@epn.edu.ec

Recibido 06-III-2015 • Corregido 30-VI-2015 • Aceptado 26-X-2015

**ABSTRACT: Water quality of an Ecuadorian Andean stream with the use of aquatic macroinvertebrates.** Ecuador is crossed by a network of rivers that originate mainly in the high Andean reliefs and pour into two basins: Amazon and Pacific. Many suffer from severe human impact. The main objective of the present study was to assess water quality of Mojarrero stream using biotic indices (BMWP/Col. and Shannon-Wiener index) as a tool to evaluate ecosystem health. During June, August and October 2014, bottom samples were taken at three stations. Each month and season three replicates of benthic aquatic invertebrates were taken on sandy-stony bottoms with a 0,3 mm mesh "D-net". The fauna was represented by eleven orders and 29 families. The most abundant order was Coleoptera, representing 42,70% of total collected organisms, followed by Diptera (19,01%) and Ephemeroptera (11,38%). The most abundant family was Elmidae, with 568 individuals, (37,37% of total organisms), followed by Chironomidae (11,38%) and Baetidae (7,24%). Shannon diversity values ranged between 0,98 bits/ind. (June, EST. 2) and 2,23 bits/ind. (October, Est 1). The BMWP/Col. index values indicate that the river has a good environmental health on the high and low sections. The median section has some pollution, particularly during August and October.

**Key words:** freshwater macroinvertebrates, stream quality, IBMWP/Col, Andean stream, Ecuador.

**RESUMEN:** La geografía de Ecuador está surcada por una importante red hidrográfica, con numerosos ríos que se originan principalmente de los elevados relieves andinos y vierten en dos cuencas: Amazonas y Pacífico. Muchos de ellos presentan fuertes impactos antrópicos. El principal objetivo de nuestra investigación fue evaluar la calidad del agua de la corriente Mojarrero utilizando índices bióticos (índice BMWP / Col. Y Shannon-Wiener) como una herramienta para evaluar la salud del ecosistema. Durante junio, agosto y octubre de 2014, tomamos muestras de fondo en tres estaciones. En cada mes realizamos tres réplicas de invertebrados acuáticos bentónicos, las muestras las tomamos en fondos de arena-piedra con una malla "D-net" de 0,3mm. La fauna estuvo representada por once órdenes y 29 familias. El orden más abundante fue Coleoptera, lo que representa 42,70% del total recogido organismos, seguido de Diptera (19,01%) y Ephemeroptera (11,38%). La familia más abundante fue Elmidae, con 568 individuos, (37,37% de los organismos totales), seguido de Chironomidae (11,38%) y Baetidae (7,24%). Los valores de diversidad de Shannon oscilaron entre 0,98 bits / ind. (Junio de EST. 2) y 2,23 bits / ind. (Octubre, Est 1). BMWP / Col. valores de índice de indicar que el río tiene una buena salud del medio ambiente en las secciones de alta y baja. La sección media tiene algo de contaminación, en particular durante agosto y octubre.

**Palabras clave:** macroinvertebrados de agua dulce, calidad de corriente, IBMWP / Col, corriente Andina, Ecuador.

La geografía de Ecuador está surcada por una importante red hidrográfica, con numerosos ríos que se originan principalmente de los elevados relieves andinos y vierten en dos cuencas: Amazonas y Pacífico. Muchos de ellos presentan fuertes impactos antrópicos, debido a las actividades de agricultura y minería, descarga de aguas domésticas y desechos sólidos, derrames de hidrocarburos, entre otros. Estos impactos sobre el ambiente fluvial

producen cambios negativos en la composición y estructura de la fauna y flora fluvial, que son los elementos ambientales que testimonian la calidad del agua de los ríos.

Uno de los métodos más utilizado para evaluar la calidad del agua es el monitoreo biológico, siendo los macroinvertebrados acuáticos los más ampliamente empleados. Se han propuesto diferentes protocolos para evaluar la calidad del agua de los ríos, entre

los más utilizados están los índices bióticos, debido su sensibilidad, fácil uso e interpretación (Bonada, Dallas, Rieradevall, Prat & Day, 2006). Existen varios índices bióticos desarrollados para ser aplicados en regiones determinadas, como el Biological Monitoring Working Party (BMWP), el Average Score per Taxon (ASPT), para el Reino Unido (Armitage, Moss, Wright & Furse, 1983); el Belgian Biotic Index (BBI), para los ríos de Bélgica (De Pauw & Vanhooren, 1983). Algunos de estos índices han sido modificados para ser aplicados en otras regiones, como el Iberian Biological Monitoring Working Party (IBMWP) (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega, 1988) para los ríos de la Península Ibérica, o el BMWP/Col., para los ríos de Colombia (Roldán, 2003).

El monitoreo de la calidad del agua incorpora el uso de organismos como base para la detección de contaminación. Los macroinvertebrados bentónicos son ampliamente utilizados como bioindicadores (Resh, 2008), porque constituyen la mayoría de las especies presentes en los ríos, evidencian las condiciones de los ríos tiempo antes de la toma de las muestras y su colecta es fácil y no requiere equipos costosos; poseen la ventaja de reflejar las condiciones existentes tiempo antes del muestreo (Alba-Tercedor, 1996); son sésiles o con limitada capacidad de desplazamiento por lo que no pueden escapar de la contaminación (Gaufin, 1973). Adicionalmente, grupos de macroinvertebrados exhiben diferentes grados de tolerancia a la contaminación, lo que permite utilizarlos exitosamente como indicadores de la calidad del agua (Fong y Nou, 2001).

Los límites dimensionales de los macroinvertebrados dulceacuícolas no están claramente definidos; Springer (2010), definen a los macroinvertebrados como aquellos que pueden ser vistos a simple vista o que son retenidos en mallas de 125 $\mu$ m; en otros estudios se ha utilizado una malla de 250 $\mu$ m como límite inferior para separar los macroinvertebrados (Fong & Nou, 2001; Molina, Gibon, Pinto & Rosales, 2008; Walteros-Rodríguez & Paiba-Alzate, 2010); de 475 $\mu$ m (Duran, 2006); de 500 $\mu$ m (Barbour, Gerritsen, Snyder & Stribling, 1999; Arroyo & Encalada, 2009; Gutierrez-Fonseca, Ramírez, Umaña & Springer, 2013), de 560 $\mu$ m (González, Ramírez, Meza & Dias, 2012), de 1mm (Paredes, Iannacone & Alvarino, 2004) o con media de nylon, sin especificar la abertura de la malla (Flowers & De la Rosa, 2010).

En Sudamérica se han llevado a cabo evaluaciones de la calidad del agua de los ríos utilizando los macroinvertebrados, entre los que se pueden citar los realizados en Argentina (Albarino, 1997); Bolivia (Molina et al., 2008; Moya, Gibon, Oberdorff, Rosales & Domínguez, 2009); Chile (Figueroa, Valdovinos, Araya & Parra, 2003;

Velázquez & Miserendino, 2003; Camousseight, 2006; Rojas, 2006); Colombia (Roldán, 1996; Caicedo & Palacios, 1998; Posada, Roldán & Ramírez, 2000; Gutiérrez, Riss & Ospina, 2002; Forero, Longo, Ramírez & Chalar 2004; Bernal, García, Novoa & Pinzón, 2006) y Perú (Paredes et al., 2004) entre otros.

En Ecuador se han realizado varios estudios de la calidad de ríos a través de los macroinvertebrados acuáticos, pudiéndose mencionar los de Jacobsen & Encalada (1998); Carrera & Gunkel (2003); Giacometti & Bersosa (2006); Aguilar, Bolagay, Carrera & Vilaña (2009); Terneus, Hernández & Racines (2012).

Arroyo & Encalada (2009) manifiestan que la información relacionada con índices biológicos, taxonomía y metodologías apropiadas para el estudio de la fauna bentónica en el Ecuador es escasa, y añaden que los macroinvertebrados acuáticos no son utilizados oficialmente para la evaluación y monitoreo de la condición de los ríos y arroyos.

Debido al escaso conocimiento de la biodiversidad de invertebrados que habitan en el río Mojarrero y al estrés ambiental al que están siendo sometidos los ríos de la provincia de Pichincha, se consideró importante la realización de un estudio que permita conocer la composición de la macrofauna del río mencionado y la evaluación de su calidad ambiental.

## MÉTODOS

**Área de estudio:** El área de estudio comprende el río Mojarrero, en su curso a través de la Provincia de Pichincha. Nace de la cuenca del río Esmeraldas, desembocando en el río Guayllabamba. Es un río que presenta amplio caudal y fuertes corrientes durante la temporada de lluvias (de noviembre a mayo), lo que impide la toma de muestras en esos meses.

**Muestreo de la macrofauna:** El muestreo se realizó en los meses de junio, agosto y octubre, en tres estaciones a lo largo del río (Cuadro 1). En cada mes y estación se tomaron tres muestras de los invertebrados acuáticos bentónicos con una red "D-net" de 0,3mm de luz de malla, en la parte central del río. El material recolectado por la red se colocó en bolsas plásticas de cierre hermético, previamente etiquetadas, a las que se añadió etanol al 96%.

En cada estación y fecha se realizaron mediciones *in situ* de la anchura del río y profundidad a cada metro de la anchura del río; asimismo, se hicieron mediciones de la temperatura, conductividad, pH, sólidos en suspensión y

CUADRO 1  
Coordenadas geográficas y altitud sobre el nivel del mar de las estaciones

|                         | Estación 1           | Estación 2           | Estación 3           |
|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Coordenadas geográficas | 0°19'16" - 78°56'58" | 0°16'59" - 78°58'31" | 0°15'43" - 78°59'23" |
| Altitud (m.s.n.m.)      | 572                  | 402                  | 377                  |

concentración de oxígeno disuelto se realizaron con una sonda multiparamétrica Horiba U22 (Anexo 1).

El área de la sección transversal del río se calculó por medio de la profundidad promedio y la anchura del río, mediante la fórmula  $A = .d$ , siendo A el área de la sección transversal del río,  $\bar{d}$  es el promedio, en metros, de la profundidad, y d es la anchura del río expresada en metros. La velocidad de la corriente se determinó, midiendo en cinco ocasiones con un cronómetro el tiempo que un flotador tardó en cruzar dos marcas situadas a 10 m de distancia entre sí. El caudal del río se calculó mediante la fórmula  $C = A \times V$ , donde C es el caudal, expresado en m<sup>3</sup>/seg, A es el área de la sección transversal del río, expresada en m<sup>2</sup> y V es la velocidad, expresada en m/seg.

En el laboratorio, el contenido de cada bolsa fue examinado y los organismos presentes se identificaron observando con un estereomicroscopio. Se identificaron los macroinvertebrados hasta el nivel jerárquico de familia y se colocaron en tubos de ensayo de tapa hermética con etanol al 70% y algunas gotas de glicerina, para su preservación definitiva.

**Análisis estadísticos:** Con los datos promedios que se obtengan de las tres réplicas en cada estación se calcularon los siguientes parámetros comunitarios:

- Abundancia de los diferentes grupos faunísticos, riqueza de grupos, constancia de grupos, se refiere al porcentaje de veces que se presenta cada grupo (órdenes y familias) en el total de las estaciones y meses, mediante la fórmula de Dajoz (1974).
- Dominancia de grupos, según McCloskey (1970), que toma en consideración el orden de abundancia de los grupos y su frecuencia de aparición en las muestras.
- Diversidad de grupos, mediante la fórmula de Shannon-Weaver (1963).
- La equitatividad expresa la relación entre el índice de diversidad obtenido en cada muestra y el valor máximo que tendría esa muestra con el mismo número de grupos. Para el cálculo de este descriptor se utilizó la fórmula de Pielou (1966).
- Coeficiente de similaridad de Jaccard (1912).

Se utilizó el Índice BMWP/Col. (Roldán (2003), debido a que este índice fue propuesto para los ríos de Colombia, país limítrofe de Ecuador, con características topográficas y climáticas similares.

## RESULTADOS

Las características del río muestran diferencias no sólo con relación a las estaciones, sino también entre las diferentes fechas de muestreo. Así, las anchuras y profundidades y, por ende, los caudales del río son menores, en líneas generales, durante agosto y octubre, como consecuencia del descenso de la pluviosidad. La temperatura del agua se mantuvo dentro de un intervalo relativamente angosto, entre 24,4°C y 25,5°C, mientras que los sólidos en suspensión y la conductividad se incrementaron desde junio hasta octubre (Anexo 1).

En los tres muestreos realizados se recolectó un total de 1 520 macroinvertebrados, de los cuales 636 (41,84%) correspondieron al muestreo de junio, 573 (37,70%) al de agosto y 311 (20,46%) al mes de octubre (Fig. 1).

En los meses de junio y agosto se apreció un incremento progresivo de la abundancia de organismos a lo largo del río; no así en octubre en donde la estación 2 fue la que presentó menor abundancia. Durante el muestreo de junio, los valores de abundancia fueron más altos en la estación y muy similares en las estaciones 1 y 2. En agosto las diferencias de las abundancias entre las estaciones fueron más marcadas, sin embargo la tencia

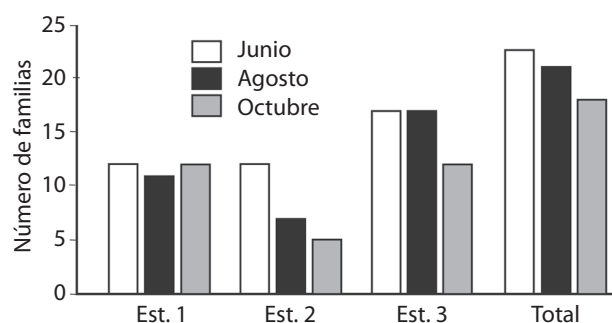


Fig. 1. Abundancia de familias en las estaciones durante los tres meses.

siguió igual, la estación 3 presento valores mas elevados con respecto a las otras. En octubre se obtuvieron valores bajos para las tres estaciones.

La fauna estuvo representada por once órdenes y 29 familias. El orden más abundante fue Coleoptera, con 44,75% del total de organismos recolectados, seguido por Diptera con 16,87%, Hemiptera 10,26% y Ephemeroptera 10,59% de la abundancia (Fig. 2).

La familia mejor representada en abundancia fue Elmidae (Coleoptera), con 476 individuos, lo que significó el 39,37% del total de organismos recolectados, seguida de Baetidae del orden Ephemeroptera (91, 7,53%).

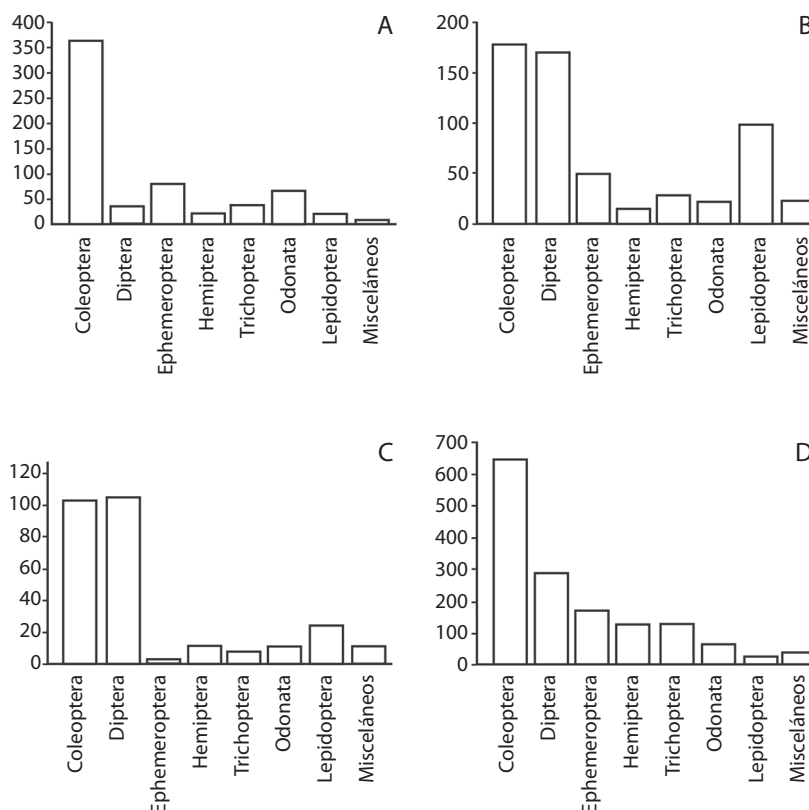
En el mes de junio la estación 3 muestra una mayor riqueza de familias (17). Durante agosto las estaciones 1 y 3 presentaron una riqueza en número de familias muy similar 11 y 18 respectivamente. En octubre se presento una tendencia similar a la de agosto las estaciones 1 y 3 presentaron el mismo número de familias (12) (Anexo 2).

**Constancia:** Según los resultados del índice de constancia obtenidos durante el muestreo de junio se

obtuvieron 12 familias constantes y 10 accesorias. En agosto el número de familias constantes descendió a 9 y el de accesorias se incrementó a 18. En octubre, 11 especies resultaron constantes y el número de accesorias (6) fue el menor entre los 3 meses. Tomando en consideración los tres periodos de muestreo, el número de familias constantes fue de 10 y el de accesorias 13, resultando 4 familias accidentales.

**Dominancia:** Los valores del Índice Biológico de Dominancia de las familias obtenidos durante el mes de junio, muestran que las familias dominantes fueron Elmidae, Hydropsychidae, Psephenidae, Naucoridae, Leptophlebiidae y Perlidae. La familia Elmidae fue la más abundante en las tres estaciones.

En agosto seis de las diez familias dominantes estuvieron presentes en las tres estaciones. Chironomidae fue la familia más dominante, puesto que presentó la mayor abundancia en las estaciones 1 y 2, y la tercera en la Est. 3.



**Fig. 2.** Distribución de la abundancia de los órdenes, junio (A), agosto (B), octubre (C) y total (D).

Durante octubre sólo tres de las diez familias dominantes estuvieron presentes en las tres estaciones, siendo Leptoceridae la que presentó el mayor valor.

Al promediar los valores de la dominancia de las familias en los tres periodos de muestreo, se puede apreciar que Elmidae fue la más dominante, seguida de Psephenidae, Libellulidae, Leptoceridae y Chironomidae.

**Diversidad:** Los valores del índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ) obtenidos en junio estuvieron comprendidos entre 0,98 bits/ind. (Est. 2) y 2,01 bits/ind. en la Est. 1. En la Est. 1 (Media=1,55, DE= 0,52, n= 12) (Fig. 2). En agosto los valores de diversidad mostraron un mínimo de 1,21 bits/ind. (Est. 2) y máximo de 2,17 bits/ind. en la Est. 3 (Fig. 3). La diversidad de Brillouin presentó un intervalo de 0,90 – 1,89, manteniéndose el menor valor en la Est. 2. En octubre la diversidad de Shannon estuvo comprendida entre 1,26 (Est. 2) y 2,23 en la Est. 1. La diversidad de Brillouin presentó un intervalo de 1,14 (Est. 2) y 2,03 (Est. 1).

**Equitatividad:** Los valores de la equitatividad de las muestras recolectadas en junio estuvieron comprendidos entre 0,40 (Est. 2) y 0,81 en la Est. 1. En las muestras de agosto el mayor valor se presentó en la Est. 1 (0,88) y el menor (0,62) en la Est. 2. En octubre, la equitatividad estuvo comprendida entre 0,87 (Est. 1) y 0,56 (Est. 3).

**Asociación:** Existen seis pares de familias (PSE-ELM, CHI-LIB, que se hallan asociadas a un nivel de similaridad de 0,88 o superior. A un nivel más inferior (0,8) la familia BAE se une a CHI y LIB. Estas tres familias se unen con PSE y ELM, a un nivel de 0,76, para formar el grupo A, el cual se fusiona con el grupo C, conformado por las familias NAU e HYD, formando el grupo A-C, y, además, se unen las familias PYR y PER, formando el grupo B. A un nivel inferior (0,56) los grupos A-C y D se unen, constituyendo el grupo A-C-D. A una similaridad menor (0,48), se forma el grupo B-F, y se unen los grupos A-C-D con E. Posteriormente, a un nivel de 0,40, se unen el grupo B-F y el grupo A-C-B-D-E-F (Anexo 2).

Por lo que existen dos grandes grupos de estaciones a un nivel de 0,50; un grupo está conformado por las estaciones de agosto y octubre, y el otro por las estaciones de junio.

**Índice BMWP.** Los valores de este índice durante el muestreo de junio manifiestan que en la cuenca alta y media las aguas están ligeramente contaminadas; sin embargo, en la cuenca baja las aguas resultaron ser muy limpias, de muy buena calidad (Anexo 3).

El índice BMWP aplicado a los valores obtenidos en agosto muestra una situación diferente. En la cuenca alta la calidad del agua es aceptable, aunque está ligeramente contaminada. En la cuenca media, los valores de este índice señalan aguas contaminadas, de dudosa calidad. Sin embargo en la cuenca baja la calidad del agua es muy buena, con aguas muy limpias

En la cuenca media, en octubre, se mantiene la dudosa calidad de agua, es decir, aguas contaminadas y en la cuenca baja la calidad se redujo a aceptable, con aguas ligeramente contaminadas, al igual que en la cuenca alta.

## DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos, el río Mojarrero muestra un aceptable estado de salud ambiental en el cauce alto y bajo, no así en el cauce medio, particularmente durante agosto y octubre, cuando las aguas presentan contaminación. La causa de la escasa calidad del agua en esta zona muy posiblemente sea debida al uso de agroquímicos, tanto fertilizantes como sustancias fitosanitarias, utilizadas en los cultivos que existen en las laderas de este sector que, por efecto de lluvias, las aguas de escorrentía arrastrarían hasta ese sector del río. En el trayecto río abajo las posibles sustancias tóxicas de los agroquímicos se diluirían, haciendo posible en el cauce bajo la vida de especies poco tolerantes o intolerantes, cuya presencia permite, a través del índice BMWP/Col, caracterizar las aguas de este sector del río como de muy buena calidad en junio y agosto, no así en octubre, cuando las aguas se presentaron como ligeramente contaminadas. Esta ligera contaminación podría atribuirse al escaso caudal en esa época del año, lo que reduciría la disolución de los posibles contaminantes que arriban en la cuenca media.

## REFERENCIAS

- Aguilar, O. E., Bolagay, I. A., Carrera, A. V., & Vilaña R. (2009). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en la cuenca de los ríos Pita y Mataquí, Serranía ecuatoriana. *Boletín Técnico 8, Serie Zoológica 4-5*, 117-120.
- Albariño, R. (1997). Spatial distribution of Plecoptera from an Andean-Patagonic lotic environment in Argentina. *Revista Brasileira de Biología, 57*, 629-636.
- Alba-Tercedor, J. & Sánchez-Ortega, A. (1988). Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica, 4*, 51-56.

- Alba-Tercedor, J. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. In *IX Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA)*. Almería, pp. 203-213.
- Armitage, P. D., Moss, D., Wright, J.T. & Furse, M.T. (1983). The performance of the new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running water sites. *Water Research*, 17, 333-347.
- Arroyo D.C. & Encalada, A. C. (2009). Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de neblina montano. *Avances de Ciencia e Ingeniería*, 1, 11-20.
- Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D. & Stribling, J.B. (1999). *Benthic Macroinvertebrate Protocols*. In *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.
- Bernal, E., García, G. Novoa, M. A. & Pinzón, A. (2006). Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados de la quebrada Paloblanco de la cuenca del río Otún (Risaralda, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 11(2), 45-59.
- Bonada, N., Dallas, H., Rieradevall, M., Prat, N & Day, J. (2006). A comparison of rapid bioassessment protocols used in 2 regions with Mediterranean climates, the Iberian Peninsula and South Africa. *Journal of the North American Benthological Society*, 25 (2), 487-500.
- Caicedo, O. & Palacios, J. (1998). Los Macroinvertebrados Bénticos y la Contaminación Orgánica en la Quebrada La Mosca (Guarne, Antioquia, Colombia). *Actual Biología*, 20(69), 61-73.
- Camousseight, A. (2006). Estado de conocimiento de los efemérotos de Chile. *Gayana Zoológica*, 70(1): 50-56.
- Carrera, P., Gunkel, G. (2003). Ecology of a high Andean stream, Rio Itambi, Otavalo, Ecuador. *Limnológica - Ecology and Management of Inland Waters*, 33(1), 29-43.
- Dajoz, R. (1974). *Tratado de Ecología*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 478 pp.
- De Pauw, N. & Vanhooren, G. (1983). Method for Biological Quality Assessment of Watercourses in Belgium. *Hydrobiologia*, 100, 153-168.
- Duran, M. (2006). Monitoring Water Quality Using Benthic Macroinvertebrates and Physicochemical Parameters of Behzat Stream in Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies*, 15(5): 709-717.
- Figueroa R., Valdovinos, C., Araya, E. & Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 76: 275-285.
- Flowers, R. W. & De La Rosa, C. (2010). Ephemeroptera. *Revista Biología Tropical*, 58 (Suppl. 4), 63-93.
- Fong, M. & Nou, T. (2001). The diversity of benthic macroinvertebrates within the creeks of the Manly Dam catchment. *Freshwater Ecology Report of 2001*, Department of Environmental Sciences, University of Technology, Sydney.
- Forero, L. C., M. Longo, J. J. Ramírez & G. Chalar. (2004). Índice de calidad ecológica con base en macroinvertebrados acuáticos para la cuenca del río Negro (ICERN-MAE), Colombia. *Revista Biología Tropical* 62 (Suppl. 2), 233-247.
- Gaufin, A.R. (1973). Use of aquatic invertebrates in the assessment of water quality. *Biological Methods for the Assessment of Water Quality*, ASTM STP 528, American Society for Testing and Materials, 96-116.
- Giacometti, J. C. & Bersosa, F. (2006). Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. *Boletín Técnico* 6, Serie Zoológica, 2, 17-32.
- González, S. M. Y., Ramírez, P., Meza, A. M. & Dias, L. G. (2012). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. *Boletín Científico del Museo de Historia Natural*, 16(2), 135-148.
- Gutiérrez, J. D., Riss, W. & Ospina, R. (2002). Bioindicación de la calidad del agua con lógica difusa Sugeno y macroinvertebrados acuáticos de la Sabana de Bogotá. *Acta Biológica Colombiana*, 7(2), 37-51.
- Gutiérrez-Fonseca, P. E., Ramírez, A., Umaña, G. & Springer, M. (2013). Macroinvertebrados dulceacuícolas de la Isla del Coco, Costa Rica: especies y comparación con otras islas del Pacífico Tropical Oriental. *Revista Biología Tropical*, 61 (2), 657-668.
- Jacobsen, D. & Encalada, A. (1998). The macroinvertebrate fauna of Ecuadorian highland streams in the wet and dry seasons. *Archiv fur Hydrobiologie*, 142, 53-70.
- McCloskey, L. (1970). The dynamics of community associated with a marine scleractinian coral. *International Review of Hydrobiology*, 55, 13-81.
- Molina, C. I., Gibon, F. M., Pinto, J. & Rosales, C. (2008). Estructura de macroinvertebrados acuáticos en un río altoandino de la Cordillera Real, Bolivia: variación anual y longitudinal en relación a factores ambientales. *Ecología Aplicada*, 7 (1,2), 105 - 116.
- Moya, N., Gibon, F. M., Oberdorff, T., Rosales, C. & Domínguez, E. (2009). Comparación de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos intermitentes y permanentes del altiplano boliviano: implicaciones para el futuro cambio climático. *Ecología Aplicada*, 8(2), 105-114.
- 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. *Revista Peruana de Entomología*, 44, 107-118.

- Pielou, E. C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13, 131-144.
- Posada, J. A., Roldán G. & Ramírez, J. J. (2000). Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Revista Biología Tropical*, 48(1), 59-70.
- Resh, V. H. (2008). Which group is best? Attributes of different biological assemblages used in freshwater biomonitoring programs. *Environmental Monitoring and Assessment*, 138, 131-138.
- Rojas, F. (2006). Estado de conocimiento de los tricópteros de Chile. *Gayana Zoología* 70(1), 65-71.
- Roldán, G. (1996). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Pama Editores Ltda. Bogotá, Colombia.
- Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia, propuesta para el uso del método BMWP - COL*. Colección ciencia y tecnología. Editorial Universidad de Antioquia. 2003. 168 pp.
- Shannon, C. & Weaver W. (1963). *The mathematical theory of communication*. Univ. Illinois Press. Urbana. 177 pp.
- Springer, M. (2010). Trichoptera. *Revista Biología Tropical*, 58 (Suppl. 4), 151-198.
- Terneus, E., Hernández, K. & Racines, M. J. (2012). Evaluación ecológica del río Lliquino a través de macroinvertebrados acuáticos, Pastaza – Ecuador. *Revista de Ciencias*, 16, 31-45.
- Velázquez, S.M. Miserendino, M. L. (2003). Análisis de la materia orgánica alóctona y organización funcional de macroinvertebrados en relación con el tipo de hábitat en ríos de montaña de la Patagonia. *Ecología Austral*, 13, 67-82.
- Walteros-Rodríguez, J. M. & Paiba-Alzate, J. E. (2010). Estudio preliminar de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la reserva forestal Torre Cuatro. *Boletín Científico del Museo de Historia Natural*, 14(1), 137-149.

## VER APÉNDICE DIGITAL

