

Índice BMWP, FBI y EPT para determinar la calidad del agua en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, México

José Luis Rosas-Acevedo¹, Humberto Ávila-Pérez², Audel Sánchez-Infante³, Ana Yolanda Rosas-Acevedo³, Sergio García-Ibañez⁴, Laura Sampetro-Rosas¹, José Guadalupe Granados-Ramírez⁵, Ana Laura Juárez-López¹

Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional¹, Unidad Académica en Desarrollo Sustentable², Maestría en Gestión Sustentable del Turismo³, Unidad Académica de Ecología Marina⁴, Ciencias Biológicas⁵
Universidad Autónoma de Guerrero^{1,2,3,4}, Universidad Autónoma del Estado de Morelos⁵
Acapulco, Gro.^{1,2,3,4}; Cuernavaca, Morelos⁵; México
jlrosas71@yahoo.com

Abstract— Distribution of aquatic insects present is determined in Coyuca lagoon surrounding area, during April 2011-April 2012 period. Sampling was monthly, collecting 3,907 organisms, thereof 1343 were insect larvae. Taxa were identified to order and family level, based on these, three indices were determined to know about the water quality, which generally correspond them the green typing, equal to moderate contamination by organic matter. Based on the scores of five index used in Latin American countries (Ecuador, Colombia, Costa Rica, Perú y Cuba), they made reference to English Biological Monitoring Working Party (2007) and modifications there of 2006-2011 period, the Biological Monitoring Working Party-Coyuca (BMWP-Coyuca) index was constructed, which was 166 points and corresponds to class II. The Family Biological Index (FBI), was to 5.03 which corresponds to reasonable quality water and, EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) to 5 points, it is not considering for lotic aquatic ecosystems.

Keyword— *Insects, biomonitoring, water organic pollution, indirect methods, bioindicators.*

Resumen— Se determinó la distribución de insectos acuáticos presentes en el área circundante de la laguna de Coyuca durante el periodo abril 2011-abril 2012. El muestreo fue mensual, colectando 3,907 organismos, de éstos 1343 fueron larvas de insectos. Se identificaron los taxones a nivel de orden y familia, con base a estos, se determinaron tres índices para conocer la calidad del agua, que de manera general les corresponden la tipificación color verde, de contaminación moderada por materia orgánica. Con base a los puntajes de cinco índices utilizados en países de latinoamérica (Ecuador, Colombia, Costa Rica, Perú y Cuba) que tomaron de referencia al BMWP Inglés (2007) y las modificaciones del periodo 2006-2011 del mismo, se construyó el índice Biological Monitoring Working Party-Coyuca (BMWP-Coyuca), que fue de 166 y corresponde a la clase II de organismos con regular requerimiento de oxígeno. El Índice Biológico de Familia (FBI), fue de 5.03 que corresponde a aguas de razonable calidad; y para el Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) fue de 5, no considerándolo para ecosistemas loticos.

Palabras claves— *Insectos, biomonitoreo, contaminación orgánica de agua, métodos indirectos, bioindicadores.*

I. INTRODUCCIÓN

El uso de organismos en la evaluación de la calidad de agua ha sido ampliamente utilizado; sin embargo, de todos los grupos considerados en los monitoreos biológicos de las aguas continentales, los macroinvertebrados acuáticos son los más recomendados (Alba-Tercedor, 1996; Figueroa et al, 1996; Rosenberg et al, 1997; Leiva, 2003; Alba-Tercedor, et al., 2004), esto se debe a que ofrecen numerosas ventajas (Carter et al, 2007; Segnini, 2003) en estudios de impacto urbano (Pavé y Marchese, 2005).

El monitoreo fisicoquímico por sí solo no puede detectar el origen de las fuentes de los contaminantes, en cambio mediante un biomonitoreo, que incorpora el uso de los organismos presentes en los ecosistemas para evaluar niveles de varios tipos de contaminantes, se puede hacer una aproximación más real de las condiciones ambientales existentes, debido a que estos organismos

acuáticos soportan condiciones importantes de elementos traza como Cu, Fe, Mn y Zn. Sin embargo, las concentraciones excesivas pueden producir efectos dañinos en ellos (Castillo et al., 2006).

A diferencia de los rutinarios y costosos análisis físico-químicos y microbiológicos, que sólo proporcionan información puntual e indirecta, la evaluación de las comunidades de macroinvertebrados en los ecosistemas acuáticos, con énfasis en insectos, proporciona una excelente alternativa en el diagnóstico de la calidad del agua (Mesa, 2010). El objetivo de este trabajo fue identificar los taxones de insectos presentes en el área circundante de la laguna de Coyuca de Benítez y la construcción de su índice BMWP, FBI y EPT.

II. MATERIALES Y METODOS

La Laguna de Coyuca se localiza al noroeste del Puerto de Acapulco, en la Región Hidrológica No. 19 entre los Municipios de Acapulco y Coyuca de Benítez, se ubica entre las coordenadas extremas marcadas por los paralelos $16^{\circ} 55' 58''$ y $16^{\circ} 57' 57''$ de latitud norte y los meridianos $99^{\circ} 58' 04''$ y $100^{\circ} 06' 57''$ de longitud al oeste del meridiano de Greenwich (Aguirre, 2001). Su superficie es de 34 km², con longitud máxima de 10.6 km, un área máxima de 2 954 ha, un área mínima de 2 900 ha, una anchura promedio de 2.78 km y una línea de costa de 26.7 km.

Se realizaron recorridos mensuales a 10 estaciones de muestreo para la colecta de insectos. Las muestras se recogieron mediante una red Surber estándar, con 50 cm X 50 cm de área de superficie de muestreo y 250 μ m de abertura de malla, según la norma EN 27828:1994, de acuerdo a los procedimientos modificados por Merrit *et al* (2008). Se realizaron cinco redadas por punto de muestreo (Sheridan *et al*, 2009).

Se determinaron diez estaciones de muestreo (figura 1), seis ubicadas en el área perimetral de la laguna y cuatro sobre el canal meándrico. Las coordenadas geográficas de cada punto de colecta se presentan en el cuadro 1.



Fig. 1. Ubicación de las 10 estaciones de muestreo en la laguna de Coyuca

El material extraído por la red, fue almacenado en frascos de plástico con alcohol etílico al 90%, y etiquetados con los datos de cada estación de muestreo. La posterior cuantificación e identificación se realizó en el laboratorio utilizando un microscopio estereoscópico y claves taxonómicas (Merritt et al., 2008). Por su parte, Hilsenhoff (1988) argumentó que los macroinvertebrados colectados para este propósito no necesitan ser determinados taxonómicamente a nivel de género o especie, sino a nivel de órdenes y familias, lo que facilita la identificación, esto es útil para la construcción del índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), FBI (Family Biotic Index) y (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) EPT (Bournaud *et al.* 1996; Jackson y Harvey, 1993).

Tabla I. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo

ESTACION	COORDENADAS		
	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
Playa azul	16° 57' 10" N	100° 07' 37" W	3 msnm
Carrizal	16° 57' 45" N	100° 08' 13" W	6 msnm
Paraíso de los M	16° 57' 59" N	100° 01' 44" W	7 msnm
Embarcadero	16° 57' 40" N	100° 00' 07" W	9 msnm
La Playita	16° 56' 43" N	099° 59' 16" W	7 msnm
Pedregoso	16° 55' 05" N	099° 58' 23" W	15 msnm
Base Aérea	16° 54' 41" N	099° 58' 58" W	7 msnm
Luces del Mar	16° 55' 47" N	100° 00' 60" W	3 msnm
Los Mogotes	16° 57' 59" N	100° 04' 54" W	6 msnm
La Barra	16° 56' 58" N	100° 06' 53" W	8 msnm

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el período de muestreo, se colectaron 2,907 organismos que corresponden a 20 taxones, ubicados según la carta pictórica de evaluación rápida (Instituto Mi Río, 2001). En la clase I (mayor requerimiento de O₂) se colectaron 82 organismos agrupados entre los órdenes: Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera y Megaloptera; en la clase II (regular requerimiento de O₂) se colectaron 2,637 organismos, agrupados en 12 órdenes (Decapoda, Isopoda, Notonectida, Diptera, Odonata, Hemiptera, Coleoptera, Diptera (Quironomidae) Peces, Crustacea, Molusca y Aracnida), Finalmente para la clase III (bajo requerimiento de O₂), se colectaron 188 organismos agrupados en cuatro órdenes: Hirudinea, Diptera, Oligochaeta y Policheta, en la figura 2, se presentan únicamente a los insectos acuáticos encontrados.

De los organismos clase I la mayor abundancia fue con Plecoptera, (34 organismos), en clase II Decapoda y (Diptera-Quironomida) con 903 y 437 individuos respectivamente, y de la clase III los Diptera, con 170. Lo anterior es similar al estudio de Paredes, et al. (2004) quienes realizaron dos evaluaciones de macroinvertebrados bentónicos en el Perú. En la primera evaluación, la calidad del agua fue aceptable, con 22 taxones donde predominan tres órdenes de insectos: Trichoptera 40%, Plecoptera 16% y Ephemeroptera 10%.

En la segunda evaluación, encontraron que el agua tenía una calidad crítica, registrando 30 taxones con predominancia de tres órdenes de insectos: Ephemeroptera 27%, Trichoptera 25% y Diptera 21%. En este estudio, se encontraron 20 taxones de los cuales cuatro corresponden al grupo I (2.82%), 12 al grupo II (90.71) y cuatro al grupo III (6.47%), lo que implica para la Laguna de Coyuca, que el agua es de calidad de aceptable a regular.

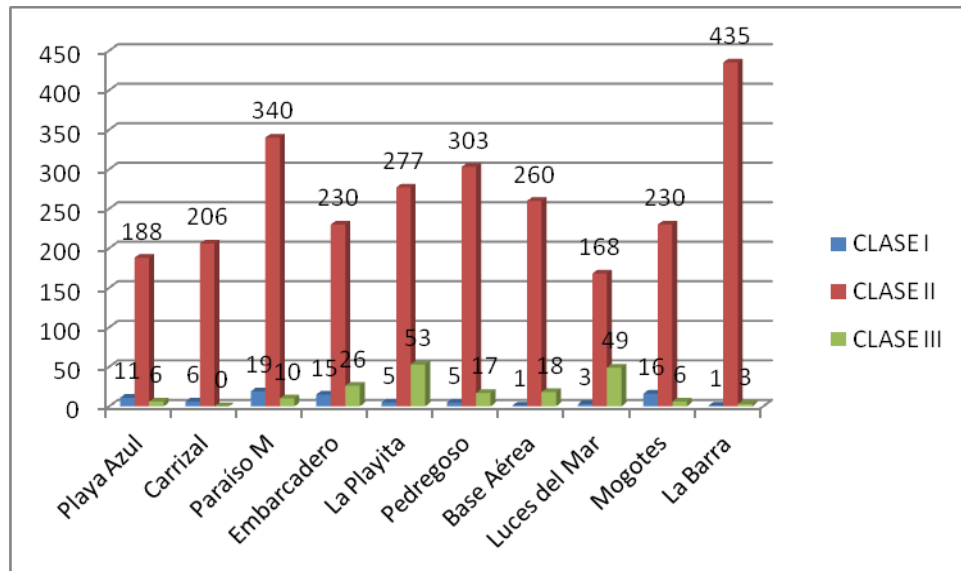


Figura 2. Insectos agrupados por clase y estación de muestreo en la Laguna de Coyuca (04-11 al 04-12).

A pesar de que se han considerado las lagunas como ambientes con baja presencia de especies raras (el termino de especie rara, utilizado por Collison *et al.*, (1995), se aplica a aquellas especies con distribución escasa en un territorio), en la Laguna de Coyuca se encontraron 20 taxones de los cuales 12 son insectos poco frecuentes. Dentro de los insectos listados, solo algunas familias que pertenecen al Orden Díptera, fisiológicamente pueden resistir altos grados de contaminación acuática (Caicedo y Palacio, 1998), ya sea en aguas estancadas o de corriente, por ello, estos organismos son considerados como buenos indicadores de aguas de baja calidad.

En general, en la laguna se obtuvo baja abundancia de organismos indicadores de buena calidad del agua, los colectados determinaron que hay moderada contaminación, con tendencia a aumentar. Por lo que la desaparición de familias intolerantes a la contaminación (García y Rosas, 2010), indican que ha habido cambios ecológicos negativos en las zonas de muestreo; esta desaparición de biodiversidad puede estar directamente relacionada con la actividad turística, las actividades agrícolas, las densidades humanas, los cambios en el paisaje y el aumento en los valores de los parámetros químicos.

Además del cambio climático reflejado a través de la estacionalidad de los cuerpos de agua, tienen mayor efecto en los cambios de la estructura taxonómica que en los cambios de la estructura funcional; similar comportamiento fue encontrado por Bonada *et al.* (2007) para ríos de zonas mediterráneas y templadas de Europa. Esto significa que en el futuro, el cambio climático probablemente podría tener implicaciones más fuertes en la conservación de los taxones que en la composición de los rasgos de la comunidad de los macroinvertebrados, pese a que en general las zonas tropicales tienen naturalmente mayor riqueza de insectos, comparado con otras regiones.

Con base a los puntajes de cinco índices utilizados en países de latinoamérica (Ecuador, Colombia, Costa Rica, Perú y Cuba) que tomaron de referencia al BMWP Inglés (2007) y las modificaciones del periodo 2006-2011 del mismo, se construyó el índice BMWP-Coyuca. La clasificación de la calidad del agua se expresó a través del tipo de clases y su color de tipificación, además, se consideró también, el valor numérico del BMWP y su significado con dicho índice de calidad (Tabla II).

Tabla II. Índices BMWP, EPT y FBI para la laguna de Coyuca

BMWP	TOTAL	VALOR	CLASE	CALIDAD	COLOR	SIGNIFICADO
INGLES	104	101-120	I	Buena	Azul claro	Aguas no contaminadas
ECUADOR	108	101-120	II	Buena	Azul claro	Aguas limpias
CUBA	164	≥ 100	II	Buena	Azul claro	Aguas muy limpias
COLOMBIA	172	≥ 121	I	Muy buena	Azul oscuro	Aguas muy limpias
COSTA RICA	96	61-100	II	Regular	Verde	Contaminación moderada, Eutrofia
PERÚ	81	61-100	II	Aceptable	Verde	Evidentes efectos de contaminación
COYUCA	166	≤ 166	II	Aceptable	Verde	Contaminación moderada
EPT	5	0-24	--	Mala	Verde	Contaminación moderada
FBI	5.03	5.01-5.75	--	Razonable	Sin color	Bastante contaminación orgánica

De tal modo que para el índice Inglés tomado como base con valor de 104 fue en la clase I, lo que indica buena calidad y se tipifica con color azul; en un parámetro con valores que van de 101-120, cuyo significado es de aguas no contaminadas (Revision and Testing of BMWP Scores 2007. Final Report Project WFD72A.SNIFFER. England. BMWP family level" analyses. 2006-2011 CEH). Así también, para las adecuaciones en los índices latinoamericanos, hubo coincidencia (azul) con los de Ecuador (Carrera-Reyes, C., y K Fierro-Peralbo. 2001) y Cuba (Medina-Tafur, *et al.*, 2010), con respecto a la determinación de buena calidad, con el mismo rango (101-120) para el primero y ≥ 100 para el segundo, lo que corresponde a aguas limpias de clase II.

Sin embargo, la adecuación de los índices de Costa Rica, Perú y el nuevo, que se construyó para Coyuca, le corresponde el color verde y la clase II, dentro de un parámetro de 61-100 en los valores del índice para los dos primeros países, por otro lado, el de Coyuca, se situó en el rango de ≤ 166 , con significados como eutrofia y contaminación moderada con respecto a la calidad del agua, tomando en consideración al de Costa Rica (Diario Oficial. 2007), para el de Perú (Muñoz-Riveaux *et al.*, 2003), el significado de la puntuación fue de evidentes efectos de contaminación; en cambio para el de Coyuca, el resultado fue de contaminación moderada. En definitiva, estos tres índices coinciden en que la calidad del agua va de regular (Costa Rica) a aceptable (Perú y Coyuca).

Por otro lado, se calculó el índice EPT (Carrera y Fierro, 2001), que resultó con puntuación de 5, y se encuentra dentro del parámetro de mala calidad (0-24), pero para este índice, le corresponde el color verde, lo que significa que existe contaminación moderada en el ecosistema.

Además, también se realizó el índice FBI (índice biótico de familias), con un puntaje obtenido de 5.03, correspondiéndole la categoría de agua de razonable calidad (5.01-5.75), lo que significa que existe contaminación orgánica en el ecosistema; éste índice no trae una tipificación con color, pero si se relaciona con los BMWP, le correspondería el verde.

En los ecosistemas acuáticos las variables que afectan con mayor fuerza el gradiente ambiental son la temperatura y los sólidos disueltos, éstas están relacionadas de manera natural pero más aún, determinadas por la actividad antrópica (Mesa, 2010), este es el caso de la laguna de Coyuca de Benítez, en donde los índices aplicados llevaron a la construcción de uno propio, que determinó para la laguna, contaminación moderada por materia orgánica, producto de la actividad antrópica en la periferia de la laguna y por el río Coyuca que vierte sus aguas a la laguna una vez que ha recorrido el poblado del mismo nombre.

Aunque no hubo heterogeneidad térmica por el aporte del río, el principal factor que afecta es el transporte de sedimentos (Roldan, 2001, 2003 a, b. c). Existe también, el riesgo de incrementarse la presencia de nitratos y de residuos de plaguicidas en el agua, además de sedimentos asociados al fenómeno de escorrentía, como lo señala para ecosistemas lenticos Chin et al. (2012), al asociarlos con el impacto a los ríos de las provincias agrícolas en el Brasil y a la biodiversidad de insectos asociados en las cuencas de ríos en Puerto Rico (García y Rosas, 2010).

IV. CONCLUSIONES

El BMWP-Coyuca, para la laguna de Coyuca de Benítez, Gro., México fue de 166, que corresponde a la Clase II (regular requerimiento de O₂), lo que significa que el agua es aceptable y existe moderada contaminación antrópica.

Con respecto a los índices FBI fue de 5.03 que corresponde a aguas de razonable calidad, con contaminación orgánica, y para el EPT el puntaje alcanzado fue de 5 y le pertenece el parámetro de mala calidad (0-24), por lo que este índice se recomienda para ecosistemas loticos.

De manera general los índices calculados les corresponden la tipificación color verde, de contaminación moderada.

RECONOCIMIENTOS

Este proyecto fue realizado con el apoyo institucional (UAGRO-125/2013). Universidad Autónoma de Guerrero, en México, y forma parte del Proyecto: Condiciones de contaminación en la Laguna de Coyuca de Benítez, Gro., por métodos alternos y simples.

REFERENCIAS

- [1] Aguirre G. R. (2001). Caracterización óptica de la laguna costera de Coyuca de Benitez, Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 46: 78-97.
- [2] Alba-Tercedor., J. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua de los ríos. VI. Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA). Vol. II. 203-213.
- [3] Alba-Tercedor, J., P. Jaimez-Cuéllar, M. Álvarez, J. Avilés, N. Bonada, J. Casas, A. Mellado, M. Ortega, I. Pardo, N. Prat, M. Rieradevall, S. Robles, C. E. Sáinz-Cantero, A. Sánchez-Ortega, M. L. Suárez, M. Toro, M. R. Vidalabarca, S. Vivas y C. Zamora-Muñoz. (2004). Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (=BMWP). *Limnetica* 21 (3-4):175-185.
- [4] Bonada N., S. Dolédec y B. Statzner (2007). Taxonomic and biological trait differences of stream macroinvertebrate communities between Mediterranean and temperate regions: implications for future climatic scenarios. *Global Change Biology*. 13: 1658-1671.
- [5] Bournaud M., B. Cellot, P. Richoux y A. Berrahou (1996). Macroinvertebrate community structure and environmental characteristics along a large river: Congruity of patterns for identification to species or family. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 15(2): 232-253.
- [6] Caicedo, O y J. Palacio. (1998). Los macroinvertebrados bénticos y la contaminación orgánica en la Quebrada la Mosca (Guarne, Antioquía, Colombia). *Actual Biol.*20:61-73.
- [7] Carrera-Reyes, C. y K. Fierro-Peralbo. (2001). Manual de monitoreo. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. *EcoCiencia*. Quito, Ecuador. 64pp.

- [8] Carter, J.L; Resh, V.H. Hannaford, M. J. y Myers, M. J. (2007). Macroinvertebrates as Biotic Indicators of Environmental Quality. En: Hauer, F.R & Lamberti, G.A. eds. *Methods in stream biology*. 2a. Ed. Academic Press, California, USA. p 805-831.
- [9] Castillo, L., Martínez, E., Ruepert, C., Savage, C., Gilek, M., Pinnock, M. y E. Solis. (2006). Water quality and macroinvertebrate community response following pesticide applications in a banana plantation, Limon, Costa Rica. *Science of the Total Environment*. 15 p.
- [10] Collinson, N. H., J. Biggs, A. Corfield, M. J. Hodson, D. Walker, M. Whitefield y P.J. Williams. (1995). Temporary and Permanent ponds: an assessment of the effects of drying out on the conservation value of aquatic macroinvertebrate communities. *Biological Conservation*. 74: 125-133.
- [11] Chin, J., K. Ruiz, P. Aguilar, V. Arias y M. Masis. 2012. Caracterización de la calidad del agua de la Quebrada Sanatorio en Tierra Blanca ubicada en una zona agrícola de la provincia de Cartago y sus implicaciones para la salud pública. *Mundo da Saúde* 36(4):548-555.
- [12] Diario Oficial. (2007). La Gaceta N° 178. Lunes 17 de septiembre del 2007. AÑO CXXIX. 7 Páginas.
- [13] Figueroa, R., E. Araya, O. Parra, C. Valdovinos. (1996). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua del sur de Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 76:275-285.
- [14] García, E.N. y K.G. Rosas. (2010). Biodiversidad de insectos acuáticos asociados a la Cuenca del Río Grande Manatí. Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA), Puerto Rico. 63 pp.
- [15] Hilsenhoff W.L. (1988), Using a Biotic Index to evaluate water quality in streams, Technical Bulletin No. 132, Department of Natural Resources, Madison Wisconsin. 22 pp.
- [16] Instituto Mi Río - Universidad de Antioquia. (2001). Segunda evaluación biológica del río Medellín. Colección Estado Social Ecológico y Ambiental del río Medellín. Tomo II. 109 pp.
- [17] Jackson, D.A. y H.H. Harvey (1993). Fish and benthic macroinvertebrate: community concordance and community-environmental relationships. *C. J. of Fish. and Aquat. Scie.* 50:2641-2651
- [18] Leiva, M. (2003) Macroinvertebrados bentónicos como Bioindicadores de calidad de agua en la cuenca del Estero Peu Peu Comuna de Lautaro IX región de la Araucanía. Tesis presentada a la Facultad de Ciencias de la universidad Católica de Temuco, Facultad de Ciencias, Temuco, 111p.
- [19] Medina-Tafur, C. M. Hora-Revilla, I. Ascencio-Gusmán, W., Pereda-Ruíz, R. Gabriel-Aguilar. (2010). Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicana. *La Libertad, Perú. Uniciencia.* 1:5-20.
- [20] Merrit, R.W., K.W. Cummins y M.B. Berg (2008). *An introduction to the aquatic insects of North America*. Kendal Hunt Publish. Dubuque, I.A. 1158 pp.
- [21] Mesa, L. (2010). Hydraulic parameters and longitudinal distribution of macroinvertebrates in subtropical Andean basin. *Interciencia* 35(10):759-764.
- [22] Muñoz-Riveaux, S. C. Naranjo-López, G. García-González, D., D. González-Lazo, Y. Musle-Cordero y L. Rodríguez Montoya. (2003). Evaluación de la calidad del agua utilizando los macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores. *Rev. Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente.* 9(2):147-143.
- [23] Paredes Christian, José Lannacone, Lorena Alvariano. (2004). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad del agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú. *Rev. Per. Ent.* 44: 107-118.
- [24] Pavé, P. y Marchese, M. (2005). Invertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua en ríos urbanos (Paraná-Entre Ríos, Argentina). En: *Ecología Austral* 15:183-197. Diciembre 2005. Asociación

- Argentina de Ecología. Peces en estanques - Hongos [En línea]: Estanques y Peces. [Citado el 28 de Mayo del 2009]. Consultado el 6 de febrero de 2013. Disponible en: <http://www.estanquesypeces.com/peces/hongos.htm>
- [25] Revision and testing of BMWP scores 2007. Final Report Project WFD72A.SNIFFER. England. BMWP family level. CEH audit. 247 pp.
- [26] Roldán G. (2001). Los macroinvertebrados de agua dulce de los andes tropicales. Págs:122-123 En: Primack, R., Rozz, R., Feinsinger, P., Dorzo, R. y Nassardo, F. (Eds.) Fundamentos de la conservación, biología y perspectivas latinoamericanas. Fondo de la cultura económica, D.F. Mexico.
- [27] Roldan, G. (2003a). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/ Col. Colección Ciencia y Tecnología, Universidad de Antioquia. 170p
- [28] Roldan, G. (2003b). Bioindicadores de la calidad del agua en Colombia. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 110p.
- [29] Roldan, G.A. (2003c). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del Método BMWP/Col. Universidad de Antioquia. Colombia 130 p.
- [30] Rosenberg, D. M., I.J. Davies, D. G. Cobb y A. P. Wiens. (1997). Ecological monitoring and assessment network (EMAN) Protocols for measuring biodiversity: Benthic macroinvertebrates in fresh waters. Dept. of Fisheries and Oceans. Freshwater Institute, Winnipeg, Manitoba. 53. Appendices. Consultado el 28 de junio de 2013. Disponible en: <http://www.cciw.ca/eman-temp/research/protocols/freshwater/benthic>
- [31] Sheridan, R. M., G.D. Carrol., C. R. Jackson., T. C. Rasmussen y J.L. Shelton. (2009). Simple alternative methods for biological component of waterched assessments. Proceedings of the Georgia Water Resources Conference, held, April, 23-27 2009 at the University of Georgia Athens, Georgia. 10 pp.
- [32] Segnini, S. (2003). El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotropicos* 16 (2): 45 – 63.