



UTILIZACIÓN DE ASOCIACIONES DE MACROINVERTEBRADOS POTENCIALMENTE INDICADORAS (API's) PARA DISCRIMINAR AGUAS DE DIFERENTE CALIDAD

Yolanda Aguila S.¹ y Alexis N. García

¹Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Zoología; Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Programa Centroamericano de Maestría en Entomología.

RESUMEN

El estudio se realizó en las QBDA. Ancha y Limón y los ríos Chilibre y Chilibrillo, en el punto en que cruzan la Transistmica, de septiembre de 1999 a mayo de 2000. En cada sitio se estableció una estación de 25 metros de longitud y durante 9 meses se colectaron tres muestras de paquetes de hojarasca ('leafpacks'). En esta sección del estudio nos propusimos utilizar Asociaciones de Macroinvertebrados Potencialmente Indicadoras (API's) tales como CHIRO, EPT, MOL, HOT, DEP, para discriminar aguas superficiales con diferente calidad. En QBDA. Ancha se observó dominancia de CHIRO. MOL y HOT, en cambio, en Qbda. Limón, Chilibrillo y Chilibre dominaron CHIRO, EPT y DEP. El Análisis Jerárquico de Conglomerados (Cluster) mostró que la mayor similitud taxocenótica se evidenció entre Chilibre y Chilibrillo, siendo Qbda. Ancha la más diferente. El análisis con los datos fisico-químicos mostró igual patrón.

PALABRAS CLAVES

Macroinvertebrados, indicadores biológicos, calidad del agua, taxocenótico.

ABSTRACT

The study was developed in four contrasting streams (Qbda. Ancha, Qbda. Limón, Chilibre, Chilibrillo), during the period September 1999 – may 2000, in order to use 'Asociaciones Potencialmente Indicadoras, API's ('Potentially Indicator Associations' e.g. CHIRO, EPT, MOL, HOT) to discriminate streams with different

water quality. A 25m long study site, was established in each stream, where three leaf packs were taken monthly. Samples from Qbda. Ancha were dominated by CHIRO, MOL, HOT, whereas Qbda. Limon, Chilibrillo, and Chilibre by CHIRO, EPT, and DEP. Cluster analyses showed that Chilibrillo and Chilibre were the most similar sites in taxocenotic terms, though Qbda. Ancha was the most different. Similar pattern was shown when using physico-chemical data.

KEYWORDS

Macroinvertebrates, biological indicators, water quality, taxocenotic.

INTRODUCCIÓN

La utilización de los organismos vivos como indicadores biológicos data de hace más de 100 años (Cairns & Pratt, 1993) y en las últimas décadas el uso de los macroinvertebrados bentónicos (asociados a sustrato), como indicadores de contaminación en los sedimentos de ríos y lagos, ha sido notoria (Canfield *et al.*, 1995). Esto es así porque la distribución espacial y temporal así como la identidad de los organismos está relacionada con la calidad del agua. Inclusive, estos organismos responden a cambios bruscos del ambiente (deficiencia de oxígeno, químicos, falta de alimento) con cambios de conducta tan obvios como la deriva (Waters, 1972; Brittain & Eikeland, 1988). Esto último permite detectar, fácilmente, cambios bruscos en el ecosistema acuático.

Diferentes tendencias se han observado en cuanto a la utilización de los macroinvertebrados para evaluar la calidad del agua, algunos investigadores se orientaron a considerar ‘especies indicadoras’ (Kolkwitz & Marsson, 1908, 1909 citado en Cairns & Pratt, 1993) otros idearon ‘Índices Biológicos’ (Kerans & Karr, 1994; Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega, 1988; Zamora-Muñoz & Alba-Tercedor, 1996) y todos aquellos enfoques que han sido útiles han sido sustentados por un amplio conocimiento de la biología, ecología y taxonomía de los grupos escogidos.

En Panamá, se han utilizado ‘índices’ variados tales como un índice multimétrico o IBI (PMCC, 2000), el BMI Ranking Score (Harrington, 2001), el BMWP / Colombia, Costa Rica (Sánchez-Arguello, 2008), el

BMWP/Veraguas (Rodriguez *et al.*, 2009), el BMWP/PAN (Cornejo, 2010) y en el período 2004-2006 durante el desarrollo de el Proyecto PROTEMOCA (ANAM-JICA) se consideraron el PIM o ‘Pollution Index Method’ (Tsuda, 1972 citado en Fukushima, 2004) y el BIM o ‘Biotic Index Method’ (Beck & Tsuda, 1960 citado en Fukushima, 2004).

Esta investigación se orientó principalmente hacia la utilización de Asociaciones de Macroinvertebrados Potencialmente Indicadoras (API’s) según Aguila 2001, para discriminar biológicamente, aguas superficiales con condiciones ambientales diferentes. Se esperaba que ambientes contrastantes (físico y químicamente) pudieran ser reflejados por asociaciones de macroinvertebrados específicos.

ÀREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en los ríos Chilibre y Chilibrillo (Corregimiento de Chilibre, Provincia de Panamá) y las Quebradas Ancha y Limón (Corregimiento de Nuevo San Juan, Colón) desde septiembre de 1999 a mayo de 2000, en el punto en que cruzan la carretera Transístmica. Estos sitios habían sido utilizados por el Proyecto de Monitoreo de la Cuenca del Canal (PMCC, 1999, 2000) y se contaba con algunos datos que permitían contrastarlos física y químicamente.

MÈTODOS

En cada estación y por nueve meses, se colectaron tres paquetes de hojarasca (‘leaf packs’). Cada muestra de hojarasca llenaba aproximadamente 3/4 de una bolsa plástica de 8” x 7”. Las muestras fueron procesadas (limpieza de sedimento, separación de organismos) en los laboratorios del Programa Centroamericano de Maestría en Entomología de la Universidad de Panamá. Los organismos fueron identificados al nivel morfoespecie, familia o clase dependiendo del grupo de macroinvertebrados y las horas/hombre que se utilizaban para la identificación de cada uno. Se utilizó bibliografía especializada diversa para la identificación de los distintos grupos taxonómicos (Merritt & Cummins, 1996; Edmunds, 1976; Pennak, 1989; Wiggins, 1977, 1996).

Para el análisis total de macroinvertebrados se utilizaron seis (6) de las nueve colectas o sea un total de 72 muestras obtenidas en el período septiembre-febrero. En el mes de enero se colectaron muestras el 7 y el 31 lo cual hemos definido como Enero1 y Enero2. Se consideraron las ‘Asociaciones Potencialmente Indicadoras’ (API’s, según Aguila 2001) para comparar los sitios. Estas fueron definidas a priori, como EPT (Ephemeroptera + Plecoptera + Trichoptera), CHIRO (Chironomidae), MOL (Mollusca), DEP (Depredadores = Odonata + Coleoptera + Hemiptera) y HOT (Hirudinea + Oligochaeta + Turbellaria).

RESULTADOS

En QBDA. Ancha se observó una clara dominancia de CHIRO (277), MOL (207) y HOT (67) concentrándose éstos en las colectas de enero-2 y febrero. Al comparar los cinco grupos, en términos de porcentaje, por mes de colecta, observamos que en cuatro de los seis meses de estudio se presentó mayor porcentaje de CHIRO, en cambio en enero1 y febrero se presentó mayor porcentaje de DEP y MOL, respectivamente (Fig. 1a).

Por el contrario, en QBDA. Limón dominaron CHIRO (2,940), EPT (2,160) y DEP (200), observándose que más del 75% de los individuos se colectaron en la estación seca (ene-1, ene-2, feb). Con relación al porcentaje de cada grupo, por mes de estudio, se observó que EPT y CHIRO presentan un mayor porcentaje durante los seis meses, presentando dichos grupos una tendencia inversa (Fig.1b).

Coincidentalmente, en Chilibrillo también dominaron CHIRO (598), EPT (413) y DEP (83), siendo notorio el mayor porcentaje de CHIRO (88%) y EPT (70%) en la estación seca. Al analizar la representación porcentual de cada grupo, por mes, observamos que en Chilibrillo ésta es más heterogénea que en Qbda. Limón, notándose que hay representatividad de DEP principalmente en septiembre y octubre y de HOT en los tres últimos meses de estudio (Fig.1c).

En Chilibre, se repite la dominancia de CHIRO (3,499), EPT (1,461) y DEP (175) con más del 84% de los individuos colectados en la estación seca. Cuando verificamos el porcentaje de cada grupo, por

mes, en Chilibre observamos que en cuatro de los seis meses de estudio la mayor representación porcentual correspondió a CHIRO y EPT notándose nuevamente la tendencia inversa en estos dos grupos (Fig.1d). En síntesis, EPT, CHIRO y DEP fueron notorios en Qbda. Limón y Chilibre, en cambio MOL y HOT se presentaron principalmente en Qbda. Ancha y Qbda. Limón.

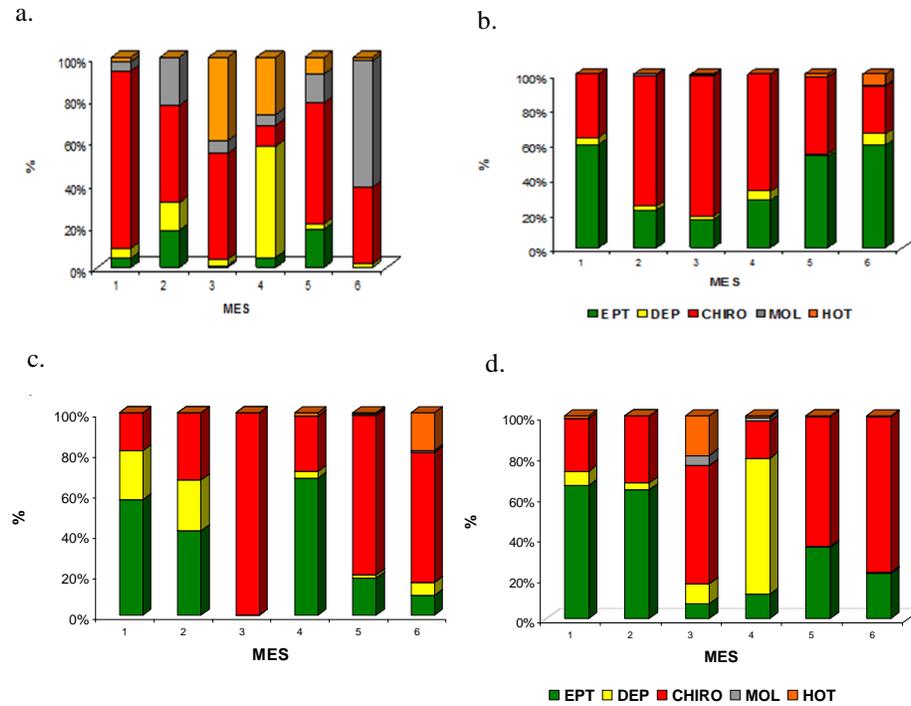


Fig.1. Asociaciones Potencialmente Indicadoras API's (%) para a) QBDA. Ancha, b) QBDA. Limón, c) Chilibrillo, d) Chilibre, de septiembre 1999 – febrero 2000 (n = 6/sitio, 72 total). EPT = Ephemeroptera + Plecoptera + Trichoptera, DEP = Depredadores, CHIRO = Chironomidae, MOL = Mollusca, HOT = Hirudinea + Oligochaeta + Turbellaria.

En ambos enfoques para el análisis jerárquico (insectos u otros macroinvertebrados) los sitios con mayor similitud (cuantitativamente: Sorenson, Morisita) en términos taxocenóticos (taxa, familia, género) fueron Chilibrillo y Chilibre. Qbda. Ancha es considerablemente diferente de los otros sitios para ambos análisis (más de 100 en distancia de unión en el cluster) Fig. 2a y 2b. Resultados semejantes mostró el análisis con los datos fisico-químicos disponibles (Fig.2c, 2d).

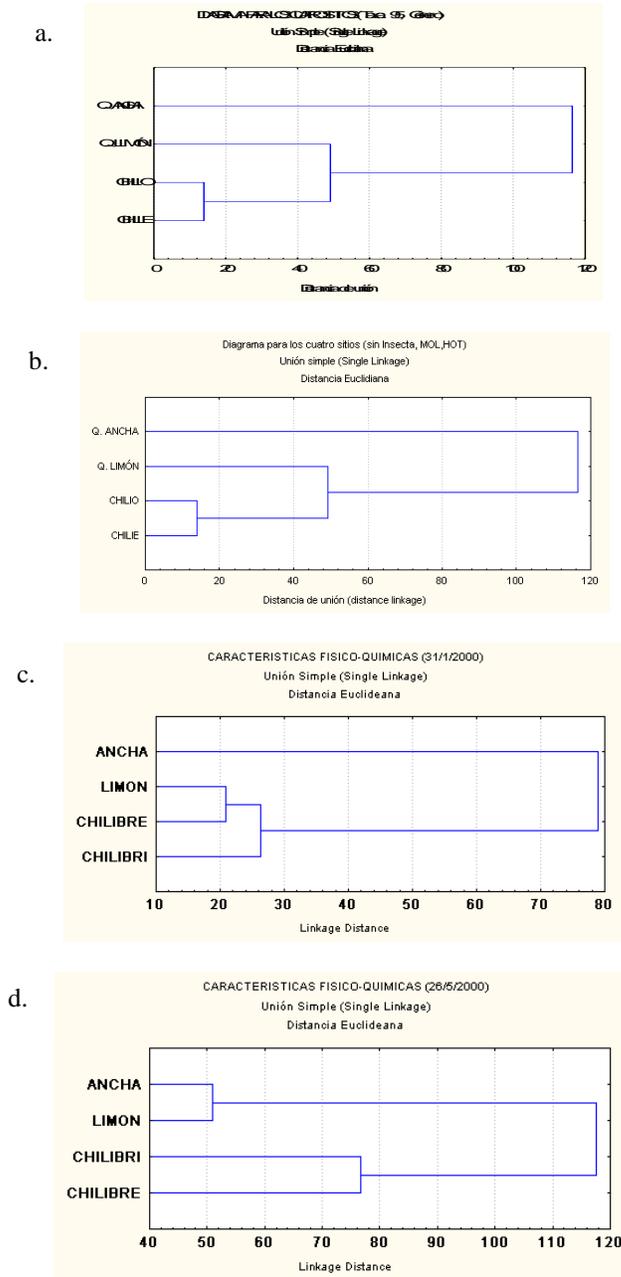


Fig.2. Análisis Jerárquico (Cluster) para a) Datos de insectos acuáticos ('género'); b) Otros macroinvertebrados (MOL,HOT); c) Datos físico-químicos (mg/l) 31/1/2000; d) Datos físico-químicos (mg/l) 26/5/2000.

DISCUSIÓN

La utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua es ampliamente conocida (Rutt *et al.*, 1989) de allí que parte del análisis de los datos de este estudio tomara en consideración Asociaciones de Macroinvertebrados Potencialmente Indicadoras (CHIRO, MOL, HOT, DEP) que en alguna forma representaban hábitos de vida muy particulares y que su abundancia podría ser relacionada con algunas variables fisicoquímicas específicas.

La evidente dominancia de CHIRO (Chironomidae), MOL (Mollusca) y HOT (Hirudinea, Oligochaeta, Turbellaria) y la pobre representación de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) es indicativa de condiciones muy particulares en Qbda. Ancha, condiciones fisicoquímicas y por que no biológicas, que ya se han discutido anteriormente (García, 2004, Aguila, 2005a).

La mayoría de los Hirudinea (sanguijuelas) son depredadores de quironómidos, oligoquetos, anfípodos y moluscos, aunque algunos se alimentan de zooplancton. Otros en cambio se alimentan de sangre cuando son ectoparásitos de peces, tortugas, anfibios u ocasionalmente el hombre. Utilizarlos individualmente para discriminar entre muestras podría aportar poca información puesto que presentan gran plasticidad fisiológica que les permite vivir en hábitats de gran diversidad fisicoquímica, incluso en condiciones de anoxia o agua supersaturada (hiperoxia), además sería necesario identificarlos a un nivel taxonómico más específico. De hecho un factor que pudo haber influido en la presencia de sanguijuelas fue la fuente de alimento para ellas y posiblemente la deficiencia de macrodepredadores (peces) que se pudieran alimentar de ellas (Davies, 1991).

Por otro lado, los moluscos de agua dulce presentan muchas adaptaciones para hábitats efímeros o relativamente inestables lo cual es posible debido a extensas variaciones interespecíficas, ciclo de vida, productividad, morfología y hábitos de vida, cualidad que es denominada por Russell-Hunter (1978) como plasticidad adaptativa. Las familias como Ancyliidae (Pulmonata acuático) y Thiaridae (Prosobranchia) pertenecen a subclases realmente contrastantes, los primeros son monoicos con fuerte poder de dispersión pasiva (aves,

insectos) y rápido crecimiento; los segundos, más primitivos, son dioicos con ciclo de vida más largo (Brown, 1991). De acuerdo con Calow (1973 a y b) los Ancyliidae son considerados como comedores de perifiton y periliton prefiriendo las diatomeas. No sería de extrañar que los Ancyliidae y los Thiaridae pudieran estar ocupando nichos relativamente distintos toda vez que cuentan con diferencias morfológicas en la rádula de ambos grupos.

La evidente abundancia de CHIRO, EPT y DEP en los otros sitios de estudio nos puede indicar cambios drásticos en las condiciones microambientales disponibles para los macroinvertebrados. Aunque es conveniente resaltar que en un futuro sería más adecuado utilizar la asociación ET (Ephemeroptera-Trichoptera) en vez de EPT toda vez que es ampliamente conocida la poca variabilidad de las familias de Plecoptera en los Trópicos.

Con relación a la asociación CHIRO (Chironomidae), es evidente que la utilización del nivel taxonómico de familia pudiera enmascarar una gran cantidad de información valiosa para deducir las condiciones ambientales propias de cada sitio. Afortunadamente en un estudio paralelo, Pardo (2002) hizo el análisis de la comunidad de Chironomidae a nivel de morfoespecie lo cual permitió establecer otras relaciones interesantes. Es importante resaltar que Brown et al. (1997) y Aguila (1998) también lograron discriminar quebradas intermitentes afectadas por diferentes prácticas silviculturales utilizando sólo la asociación de los Chironomidae, a nivel de género, lo cual apoya nuestra propuesta para utilizar asociaciones específicas de macroinvertebrados para diferenciar sitios perturbados.

La similitud taxocenótica entre Chilibrillo y Chilibre pudieran ser explicados en función de la semejanza en cuanto a la riqueza (45 vs 51) de macroinvertebrados lo cual permitiría mayor coincidencia en cuanto a los taxa presentes en ambos sitios. Además, la gran incidencia de Chironomidae pudiera estar separándolos del otro par constituido por QBDA. Ancha y QBDA. Limón. La figura del Cluster se constituye en una ayuda visual para entender mejor los resultados de los análisis de similitud. Vale la pena resaltar que física y químicamente, estos dos ríos son más parecidos si los comparamos con las dos quebradas estudiadas. Además, las condiciones

geomorfológicas así como el tipo de ribera, podrían estar influyendo también en el tipo de comunidad de macroinvertebrados.

CONCLUSIONES

La utilización del análisis considerando las Asociaciones Potencialmente Indicadoras (API's) permitió discriminar cualitativamente a QBDA. Ancha y QBDA. Limón entre sí y de los otros dos sitios. Fue evidente la heterogeneidad de grupos observada en QBDA. Ancha y la presencia notoria de los Chironomidae (CHIRO), Mollusca (MOL) Hirudinea-Oligochaeta-Turbellaria (HOT) en este sitio. Por otro lado, se evidenció la relación inversa entre CHIRO y EPT en Qbda. Limón, a lo largo del estudio y se evidenció una comunidad más homogénea en este sitio.

El análisis jerárquico (Cluster) permitió evidenciar la similitud taxocenótica entre Chilibrillo y Chilibre y separar gradualmente, a Qbda. Limón y Qbda. Ancha. Nuevamente hay indicación de que en Qbda. Ancha y Limón hay comunidades contrastantes con las de Chilibrillo y Chilibre lo cual también se evidencia con el cluster de datos fisico-químicos.

REFERENCIAS

Aguila, Y. 1998. Effects of Forestry Practices on Stream Ecosystems. Ph.D Dissertation, Arkansas University, USA.

Aguila, Y. 2001. Comparación fisico, química y biológica de cuatro quebradas ubicadas en el eje de la Transistmica. Resúmenes. Semana de la Biota Acuática y Medio Ambiente, XIII Foro del Agua, 13-17 de agosto de 2001, Universidad de Panamá.

Aguila, Y. 2005a. 'Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua en sitios selectos de la Cuenca del Canal'. Informe de Investigación para la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado de la Universidad de Panamá (VIP No.01-04-00-03-98-40).

Alba-Tercedor, J. & A. Sánchez-Ortega. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978), *Limnética* 4:51-56.

Brittain, J.E. & T.J. Eikeland. 1988. Invertebrate drift-A review. *Hydrobiologia* 166:77-93.

Brown, K.M. 1991. Chapter 10. Mollusca: Gastropoda. Páginas 285-314 en J.H. Thorp y A.P. Covich (eds.) *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academic Press.

Brown, A., Y. Aguila & K. Brown. 1997. Responses of benthic macroinvertebrates in small intermittent streams to silvicultural practices. *Hydrobiologia* 347: 119 - 125.

Cairns, J.Jr. & J.R. Pratt. 1993. Capítulo 2: A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. Páginas 10-27 en: D.M. Rosenberg y V.H. Resh (eds.) *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York, Chapman y Hall.

Calow, P. 1973a. Field observations and laboratory experiments on the general food requirements of two species of freshwater snail, *Planorbis contortus* (Linn.) and *Ancylus fluviatilis* Mull. *Proceedings of the Malacological Society of London* 40: 483-489.

Calow, P. 1973b. The food of *Ancylus fluviatilis* (Mull), a littoral, stone dwelling herbivore. *Oecologia* 13: 113-133.

Canfield, T.J., F.J. Dwyer, J.F. Fairchild, C.G. Ingersoll & N.E. Kemble. 1995. Using an integrated field and laboratory approach for assessing contaminated sediments. Páginas 1-31 en: *The use of benthic ecology in assessing sediment contamination*. Eighth Annual NABS Technical Information Workshop, Keystone, Colorado.

Cornejo R., A. 2010. Macroinvertebrados acuáticos bioindicadores de la calidad del agua en Panamá: Propuesta de Índice BMWP/PAN. Reunión especial: Macroinvertebrados dulceacuícolas en Mesoamérica (MADMESO), 15-19 de junio, 2010, Villahermosa, Tabasco, Méjico.

Davies, R.W. 1991. Chapter 13. Annelida: Leeches, Polychaetes, and Acanthobdellids. Páginas 437-479 en J.H. Thorp y A. Covich (eds.) *Ecology and classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academic Press.

Edmunds, G.F. Jr., S.L. Jensen & L. Berner. 1976. The Mayflies of North and Central America. University of Minnesota Press.

Fukushima, K. 2004. Taller Teórico Práctico de Biología del Agua (Insectos acuáticos) 20 de septiembre al 1 de octubre de 2004. Proyecto PROTEMOCA, ANAM-JICA.

García, A. 2004. Estudio sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos asociados a hojarasca, en ecosistemas lóticos contrastantes. Tesis de Licenciatura, Universidad de Panamá, 137 pags.

Harrington, J. 2001. ACP-STRI Biological Survey of Western Panama Canal. Manuscrito.

Kerans, B.L. & J.R. Karr. 1994. A benthic index of biotic integrity (B-IBI) for rivers of the Tennessee Valley. *Ecological Applications* 4 (4): 768-785.

Merritt, R.W. & K.W. Cummins (Eds.). 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America, 3rd. Edition, Kendall/Hunt, Dubuque, IA.

Pardo, J. 2002. Estudio comparativo de la comunidad de Chironomidae (Diptera) en ríos contrastantes en el eje de la Transistmica, Corregimientos de Chilibre y Nuevo San Juan. Tesis de Maestría en Entomología, V.I.P., Universidad de Panamá. 85 pp.

Pennak, R.W. 1989. Fresh-Water Invertebrates of the United States. Third Edition. John Wiley & Sons, Inc.

Proyecto Monitoreo de la Cuenca del Canal (PMCC) 1999. Reporte Anual Técnico. USAID-ANAM-STRI, Panamá.

Proyecto Monitoreo de la Cuenca del Canal (PMCC) 2000. Informe Final. The Louis Berger Group.

Rodríguez, V., N. Robles & Y. Pimentel. 2009. Calidad biológica del agua de los ríos Sábalo, Piña, Ponuga, Pocrí y Suay, en la Provincia de Veraguas, Panamá. *Tecnociencia* 11 (1): 75-89.

Russell-Hunter, W.D. 1978. Ecology of freshwater pulmonates. Páginas 335-383 en: V. Frtter & J. Peake (eds.) The Pulmonates: Systematics, evolution and ecology. Academic Press.

Rutt, G.P., N.S. Weatherley & S.J. Ormerod. 1989. Microhabitat availability in Welsh moorland and forest streams as a determinant of macroinvertebrates distribution. *Freshwater Biology* 22: 247-261.

Sánchez-Arguello, R.I. 2008. Diversidad y estructura de la comunidad de insectos acuáticos en el río Capira, Panamá. Tesis de Maestría, Univ. De Panamá. 109 pag.

Waters, T.F. 1972. The drift of stream insects. *Annual Review of Entomology* 17:253-272.

Wiggins, G.B. 1977. Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera). University of Toronto Press.

Wiggins, G.B. 1996. Trichoptera families. Páginas 309-349 en: R.W. Merritt / K.W. Cummins (eds.) An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Kendall/Hunt Pub. Co.

Zamora-Muñoz, C. & J. Alba-Tercedor. 1996. Bioassessment of organically polluted Spanish rivers, using a biotic index and multivariate methods. *J.N.Am.Benthol.Soc.*, 15 (3): 332-352.

Recibido septiembre de 2010, aceptado enero de 2012.