

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA A TRAVÉS DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS E ÍNDICES BIOLÓGICOS EN RÍOS TROPICALES EN BOSQUE DE NEBLINA MONTANO

D. Carolina Arroyo J.* Andrea C. Encalada

Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales, USFQ.

Resumen

Los efectos de la contaminación en ríos de zonas templadas han sido descritos de manera extensa y desde hace varias décadas, mientras existe escasa información de estos efectos en ríos neotropicales. Los macroinvertebrados bentónicos son muy utilizados como bioindicadores de la calidad de fuentes de agua, debido a sus características y requerimientos especiales que hacen a estos organismos muy sensibles a diversos impactos. Se realizó un muestreo de macroinvertebrados bentónicos en los ríos Guajalito, Palmeras y Brincador, los cuales cruzan a través del Bosque Protector Río Guajalito, con el fin de estimar la calidad de las aguas de los mismos y de comparar diversos índices biológicos de calidad de aguas (BMWP, IBMWP, BMWP/Col e índice de Sensibilidad). Además se realizó una caracterización física y química para validar la información biológica obtenida. Las familias más representativas fueron Hydropsychidae, Chironomidae y Helicopsychidae. Se encontraron diferencias significativas en la diversidad y riqueza de invertebrados bentónicos entre los diferentes ríos, y además en las puntuaciones de los diferentes índices biológicos de calidad del agua. El análisis de los diferentes parámetros (físico-químico y biológico) en estos ríos sugieren que los ríos Guajalito y Palmeras tienen aguas ligeras a moderadamente contaminadas y que el río Brincador tiene una calidad óptima de sus aguas. Además, el presente estudio sugiere que el índice biológico que explica mejor sobre la calidad de las aguas en este bosque montano, es posiblemente el BMWP/Col, debido principalmente a que más del 97% de familias de invertebrados encontradas están presentes en el índice. A futuro, es necesario el desarrollo de un índice de calidad biológica para el Ecuador, donde se cubra todo el rango altitudinal y ecosistémico del país, así como las familias de macroinvertebrados comunes en los cuerpos de agua.

Palabras Clave. BMWP, indicadores biológicos, índices biológicos, macroinvertebrados.

Introducción

Las sociedades humanas han usado los ríos, aguas subterráneas y humedales para varias actividades como desarrollo urbano, agricultura, industria entre otras [1], sin tomar en cuenta los efectos negativos y amenazas sobre el ecosistema, diversidad biológica y funcionamiento de los cuerpos de agua corriente [2].

Los macroinvertebrados son uno de los indicadores biológicos más utilizados en la evaluación de ecosistemas fluviales del mundo [3], debido a sus características, requerimientos especiales y adaptaciones evolutivas a determinadas condiciones ambientales, que los convierten en organismos con límites de tolerancia específicos a las diferentes alteraciones de su hábitat [4, 5, 6].

Los métodos que consideran a los macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua han sido empleados en Europa por alrededor de un siglo [3, 7, 8]. A raíz de estos trabajos, se han desarrollado alrededor del mundo varios índices o sistemas que relacionan la fauna bentónica con la calidad de las aguas como Biological Monitoring Working Party (BMWP), The River Invertebrate Prediction and Classification System (RIVPACS), el Índice Biótico de Familias (IBF), entre otros [3, 4, 9, 10].

En América Latina se cuenta con pocos estudios puntuales realizados en Venezuela, Colombia, México, Colombia, Ecuador, Bolivia, Argentina y Chile [7]. En algunos casos, como en Colombia y Argentina, se cuenta con adaptaciones e índices biológicos propios [11, 12, 13], aunque aun es común el uso de índices desarrollados para zonas templadas.

En el Ecuador existe poca información relacionada a índices biológicos, taxonomía y metodologías apropiadas para el estudio de fauna bentónica [11, 12, 13]. Además, los macroinvertebrados acuáticos no son empleados oficialmente para la evaluación y monitoreo de la condición de los ríos y arroyos. Algunos estudios han sido realizados localmente en este ámbito, en su mayoría realizados en regiones altas (> 2000 m), siendo muy pocos los estudios para tierras bajas [14].

El objetivo del presente proyecto es evaluar la calidad de las aguas de tres ríos: Palmeras, Brincador y Guajalito, los cuales cruzan por la reserva Bosque Protector Río Guajalito, a través de análisis de comunidades de macroinvertebrados bentónicos. Además, realizar análisis químicos, como complemento del estudio de invertebrados acuáticos y por último, comparar diferentes índices biológicos desarrollados para zonas templadas y tropicales para evaluar su validez en ríos tropicales. La información generada será utilizada a

manera de línea base, para apoyar al manejo y conservación de la reserva, la cual posee una gran riqueza biológica, y donde el sistema fluvial constituye un recurso muy importante del cual dependen no sólo flora y fauna, sino también varias zonas pobladas, quienes utilizan directamente este recurso. Por esta razón se ve necesario desarrollar iniciativas que apoyen la conservación del ecosistema.

Materiales y métodos

Este estudio fue realizado en tres ríos dentro de la reserva privada Bosque Protector Río Guajalito (BPRG) (00° 14' 57''S 78° 48'22''O), se encuentra localizada el

En cada una de las estaciones se realizaron cuatro muestreos de oxígeno disuelto (método Winkler, kit LaMotte), temperatura y pH (medidor de pH, Hanna Instruments 8519). Además, conductividad (Medidor OAKTON TDS) y sólidos totales (Medidor OAKTON TDS testr).

El ancho y la profundidad del río, y la caracterización de sustrato se registraron escogiendo tres transectos al azar dentro de cada estación. La profundidad y sustrato se midieron en cinco puntos en cada transecto. Los tipos de sustrato mineral fueron clasificados de acuerdo a las categorías de arena (< 2 mm de diámetro), grava (2 - 64 mm de diámetro), piedras (65 - 256 mm de diámetro) y

| Río | Profundidad (m) | | | Ancho (m) | | | Velocidad (m/s) | | | Volumen (m ³ /s) | | | Sustrato |
|-----|-----------------|------|------|-----------|-----|-----|-----------------|------|------|-----------------------------|------|------|-------------|
| | Media | Min | Max | Media | Min | Max | Media | Min | Max | Media | Min | Max | |
| G | 0,20 | 0,08 | 0,38 | 5,1 | 3,2 | 8,2 | 0,36 | 0,28 | 0,43 | 0,48 | 0,27 | 0,7 | 14/23/40/23 |
| P | 0,25 | 0,12 | 0,44 | 7,3 | 6,0 | 8,5 | 0,31 | 0,29 | 0,34 | 0,56 | 0,55 | 0,57 | 10/20/40/30 |
| B | 0,17 | 0,04 | 0,38 | 4,9 | 4,3 | 5,2 | 0,34 | 0,28 | 0,41 | 0,29 | 0,22 | 0,36 | 20/23/34/23 |

Tabla 1. Valores medios y rango (mínimo-máximo) de características físicas de los ríos Guajalito (G), Palmeras (P) y Brincador (B). Sustrato (%arena/%grava/%canto s/%bloques). BPRG, Ecuador.

| Río | Temperatura (°C) | | | pH | | Oxígeno Disuelto (mg/l) | | | Conductividad (µS) | | | Sólidos Totales (ppm) |
|-----|------------------|------|------|-----|-----|-------------------------|------|------|--------------------|------|------|-----------------------|
| | Media | Min | Max | Min | Max | Media | Min | Max | Media | Min | Max | Media |
| G | 14,3 | 14,0 | 15,0 | 6,1 | 6,3 | 10,2 | 9,5 | 10,9 | 58,8 | 50,0 | 60,0 | 30,0 |
| P | 15,8 | 15,0 | 17,0 | 6,3 | 6,4 | 10,1 | 10,0 | 11,0 | 55,0 | 50,0 | 60,0 | 30,0 |
| B | 14,4 | 13,5 | 15,0 | 6,2 | 6,3 | 9,8 | 9,3 | 11,0 | 30,0 | 30,0 | 30,0 | 20,0 |

Tabla 2. Valores medios y rango (mínimo-máximo) de características físico-químicas de los ríos Guajalito (G), Palmeras (P) y Brincador (B). BPRG, Ecuador.

kilómetro 59 de la antigua vía Quito - San Juan - Chiriboga - Santo Domingo de los Colorados, Provincia de Pichincha [15]. De acuerdo a Sierra y Holdridge, la reserva corresponde al ecosistema calificado como Bosque de Neblina Montano que la convierte en una región importante de provisión fuentes de agua [15]. A través de la reserva cruza también el Sistema de Oleoducto TransEcuatoriano (SOTE).

Se establecieron seis estaciones de muestreo, dos en cada uno de los ríos: Guajalito (G1 y G2), Palmeras (P1 y P2) y Brincador (B1 y B2). Cada estación comprendió un tramo de 10 m de longitud sobre el río y en cada una de ellas se registraron las coordenadas geográficas (GPS Garmin 12XL), así como la altitud (altímetro SUUNTO E203).

rocas (> 256 mm de diámetro) [16].

Para los muestreos de fauna bentónica se utilizó de una red Surber de 0,3 m² de superficie, con red de 500 micras. En cada una de las estaciones, se realizaron de manera aleatoria cuatro muestreos o réplicas con duración de un minuto.

Una vez separados, los macroinvertebrados fueron identificados con un estereoscopio Olympus SZ40 a magnificación de 10x - 40x. La identificación fue realizada hasta el nivel taxonómico de Familia, utilizando diversas claves taxonómicas para invertebrados acuáticos, como Roldan-Pérez 1988 y Merritt y Cummins 1996.

En base a los invertebrados acuáticos encontrados en cada estación de muestreo, se calcularon los índices biológicos: BMWP (Biological Monitoring Working Party) [16], IBMWP [4], BMWP/Col [10] y de Sensibilidad.- Índice basado en el IBMWP/Col [19] para analizar biológicamente la calidad del agua de estos ríos (ver detalle de los índices en [20]). Además, se evaluó la diversidad de las familias encontradas en los ríos del BPRG a través del índice de diversidad de Shannon (H') y Simpson (S).

Las variables físico-químicas y biológicas fueron examinadas a través de Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía, en caso de no presentar distribución normal, las variables fueron analizadas con pruebas no paramétricas, como Kruskal Wallis (MINITAB, versión 12.2). Además, se realizaron correlaciones de Pearson (MINITAB) para medir las correlaciones entre las variables físico-químicas y la abundancia relativa de macroinvertebrados y riqueza de familias.

Resultados y discusión

Los ríos Guajalito y Palmeras presentaron características muy similares en cuanto a sus características físico-químicas (Tabla 1), mientras que el río Brincador difiere ligeramente de los anteriores, especialmente en los valores de conductividad ($F_{2,21}= 142,74$; $P= 0,0001$) y sólidos totales (Kruskal Wallis $H=15,360$; $DF=2$; $P=0,0005$) (Tabla 2). Estas diferencias entre los cuerpos de agua puede deberse a que los ríos G y P se encuentran rodeados por una relativa mayor concentración de asentamientos humanos, las cuales pueden encontrarse vertiendo desechos orgánicos, fertilizantes o pesticidas provenientes de actividades domésticas, agrícolas o ganaderas, afectando de esta manera a los valores de conductividad del agua. No obstante, los valores de conductividad en los tres ríos son bajos y están dentro de los estándares permisibles [13].

De igual manera con los valores de sólidos totales disueltos en el agua se encuentran en menor concentración en el río B (Tabla 2). Los sólidos totales en suspensión se encuentran directamente relacionados con la turbidez, la cual puede ser provocada por efecto de la erosión de las riberas de los ríos debido a la deforestación de los bosques ribereños [18] y que representa un problema a los ecosistemas acuáticos al restar el ingreso de luz solar provocando disminución de la producción primaria (crecimiento de algas), así como la sedimentación de partículas que pueden destruir los hábitats acuáticos. Probablemente, el río B al contar con un menor número de personas alrededor tiene un menor

| ORDEN | FAMILIA | G | P | B |
|---------------|-----------------|------|------|------|
| Hidracarina | Hidracarina | 9 | 7 | 6 |
| | Elmidae | 238 | 204 | 322 |
| Coleoptera | Gyrinidae | - | - | 4 |
| | Psephenidae | 8 | 18 | 77 |
| | Ptilodactylidae | 4 | 1 | 6 |
| Colembolla | Colembolla | - | 1 | - |
| | Ceratopogonidae | 22 | 37 | 12 |
| | Chironomidae | 522 | 957 | 305 |
| Diptera | Empididae | 103 | 81 | 349 |
| | Simuliidae | 48 | 59 | 19 |
| | Tabanidae | 4 | 4 | - |
| | Tipulidae | 15 | 18 | 6 |
| | Baetidae | 300 | 90 | 133 |
| Ephemeroptera | Leptohephidae | 100 | 297 | 381 |
| | Leptophlebiidae | - | 35 | 45 |
| | Oligoneuridae | - | - | 4 |
| Hemiptera | Naucoridae | - | - | 6 |
| | Vellidae | 2 | 1 | 2 |
| Lepidoptera | Pyralidae | 12 | 7 | 6 |
| Megaloptera | Corydalidae | 27 | 51 | 5 |
| | Calopterygidae | - | 1 | 2 |
| Odonata | Gomphidae | 11 | 2 | 8 |
| | Libellulidae | - | 1 | 1 |
| Plecoptera | Perlidae | 7 | - | 18 |
| | Glossosomatidae | 42 | 42 | 20 |
| | Helicopsychidae | 452 | 614 | 532 |
| Trichoptera | Hydropsychidae | 886 | 345 | 590 |
| | Hydroptilidae | 15 | - | 53 |
| | Leptoceridae | 28 | 45 | 117 |
| Total | | 2855 | 2918 | 3029 |

Tabla 3. Número de individuos de cada taxa colectados en los ríos Guajalito (G), Palmeras (P) y Brincador (B) en el BPRG Ecuador.

grado de deforestación de bosques de ribera, dando resultando así menor probabilidad de erosión y menor concentración de partículas de sólidos en suspensión.

La comunidad de invertebrados acuáticos de los ríos G, P y B fue numerosa y diversa con 8807 individuos ($4077,3 \text{ ind/m}^2$), distribuidos en 10 órdenes y 29 familias (Tabla 3), de las cuales 28 corresponden a familias de insectos. A nivel de órdenes, los más representativos fueron Trichoptera (44%), seguido por Diptera (29%) y Ephemeroptera (16%). Las familias más abundantes fueron Hydropsychidae (Trichoptera) (21%), seguida de Chironomidae (Diptera) (20 %) y Helicopsychidae (Trichoptera) (17%).

Los organismos de la familia Hydropsychidae son considerados como indicadores de aguas oligotróficas ya que pueden resistir poca contaminación [10]. Por otro lado, la familia Chironomidae se caracteriza por organismos indicadores de aguas mesotróficas, debido a su resistencia a contaminación [10]. Por último, la familia Helicopsychidae, corresponden a organismos indicadores de aguas meso-oligotróficas [10]. Cabe recalcar que dos de las tres familias más abundantes, pertenecen al orden Trichoptera, el cual es considerado buen indicador de calidad de aguas, debido a la sensibilidad de dichos organismos ante la contaminación, al igual que los órdenes Ephemeroptera y Plecoptera.

En cuanto a diversidad de invertebrados, no existieron diferencias significativas entre los ríos G, P y B al utilizar el índice de diversidad de Simpson (S). Sin embargo, el índice de diversidad de Shannon H' difirió significativamente entre G, P y B (Kruskal Wallis H= 7,48; DF=2; P= 0,023), donde el río B presentó la mayor diversidad.

En referencia a los índices biológicos, existieron diferencias significativas entre los ríos G, P y B para los índices BMWP ($F_{2,21}=9,253$; $P=0,001$), IBMWP ($F_{2,21}=5,287$; $P=0,014$), BMWP/Col ($F_{2,21}=4,78$; $P=0,02$) e Índice de Sensibilidad ($F_{2,21}=3,729$; $P=0,0411$), siendo el río B donde se

| Calidad | Puntaje | Significado | Color |
|-------------|---------------|----------------------------------|----------|
| Buena | >150, 101-120 | Aguas muy limpias a limpias | Azul |
| Aceptable | 61-100 | Aguas ligeramente contaminadas | Verde |
| Dudosa | 36-60 | Aguas moderadamente contaminadas | Amarillo |
| Critica | 16-35 | Aguas muy contaminadas | Naranja |
| Muy Critica | <15 | Aguas fuertemente contaminadas | Rojo |

(a)

| Río | BMWP | IBMWP | BMWP/Col | Sensibilidad |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Guajalito | 45,75 ($\pm 11,93$) | 60,25 ($\pm 14,84$) | 93,13 ($\pm 24,63$) | 73,38 ($\pm 22,70$) |
| Palmeras | 47,56 ($\pm 11,40$) | 67,33 ($\pm 12,09$) | 105,9 ($\pm 15,09$) | 85,75 ($\pm 11,36$) |
| Brincador | 64,78 ($\pm 7,726$) | 79,56 ($\pm 10,11$) | 121,4 ($\pm 15,34$) | 95,50 ($\pm 12,13$) |

(b)

Tabla 4. (a) Significado e interpretación de valores de índices biológicos BMWP, IBMWP, BMWP/Col y de Sensibilidad (b) Puntajes medios y desviación estándar (entre paréntesis) de puntajes de índices biológicos BMWP, IBMWP, BMWP/Col y de Sensibilidad para los ríos Guajalito, Palmeras y Brincador.

La familia Oligoneuriidae del orden Ephemeroptera fue registrada en el río B, mas no en los ríos G y P. Esta familia es considerada muy sensible a la contaminación y corresponde a un indicador de aguas limpias [10]. Esto puede ser un indicio de que la calidad del agua del río B es superior a la de los ríos G y P, cuya contaminación no sólo es causada por presencia humana y de ganado, si no también por vertidos de desechos o pesticidas y por actividades piscícolas. Además el río G, ha recibido derrames de petróleo y diesel cuyos residuos aún pueden continuar ligados o alojados en el sustrato o en el acuífero, afectando a organismos extremadamente sensibles.

La riqueza de familias varió significativamente en los ríos G, B y P ($F_{2,21}=4,25$; $P=0,02$), siendo el río B donde se registró la mayor riqueza a nivel de familia, además la riqueza de familias se correlacionó inversamente de forma significativa con la conductividad (Pearson $r = -0,42$, $p = 0,04$) y con los sólidos totales ($r = -0,43$, $p = 0,04$). La presencia de un mayor número de familias en el río B, al igual que la asociación negativa entre riqueza de familias y los parámetros de conductividad y sólidos totales refuerza la idea que el río B tiene una mejor calidad de agua que los ríos G y P.

obtuvieron los mayores puntajes (Tabla 4). El río B obtuvo los valores más elevados para los índices BMWP, tanto para la versión original, como para las adaptaciones ibérica y colombiana y para el índice de Sensibilidad, coincidiendo así con los resultados anteriores (parámetros físico-químicos y biológicos) y también con el gradiente de impacto humano que observamos en estos ríos.

Sin embargo, es importante recalcar que se puede llegar a conclusiones ligeramente diferentes en cuanto a calidad de agua, dependiendo del tipo de índice biológico que se utilice. Por ejemplo, de acuerdo a la puntuación del BMWP en su versión original, los ríos G y P poseen aguas con calidad dudosa y B con calidad aceptable (Tabla 4). Por otro lado, el índice IBMWP califica a G, P y B como ríos de calidad aceptable al igual que el índice de Sensibilidad. El índice IBMWP/Col califica al río G como aceptable, mientras que a los ríos P y B los clasifica como buenos.

Esta no concordancia de los diferentes índices se puede deber a que de las 29 familias registradas, la versión original del BMWP incluyó 14 familias (48,28%) de invertebrados, la versión ibérica de este índice incluyó

24 familias (82,76%), la versión colombiana incluyó 28 familias (97%) y finalmente el índice de sensibilidad incluyó 18 familias (62,1%). La poca inclusión de familias de invertebrados en los índices BMWP e IBMWP probablemente causó la clasificación de la calidad del agua de los ríos como dudosa, cuando éstos estuvieron clasificados como aguas de calidad aceptable según el BMWP/Col. Estos índices antes mencionados han sido ampliamente utilizados en zonas tropicales (referencia), a pesar de haber sido desarrollados para ríos que presentan condiciones naturales y de diversidad completamente diferentes.

A pesar de que el Índice de Sensibilidad fue adaptado para Ecuador, probablemente es demasiado "local" y solamente incluye familias de macrobentos que se encuentran en zonas bajas de la costa Ecuatoriana [19], y al haber sido creado originalmente para el uso de poblaciones humanas locales posee solo las familias más representativas y hasta cierto punto sencillas de reconocer, lo que lo vuelve menos preciso.

El presente estudio sugiere que el índice biológico que explica más sobre la calidad de las aguas en este bosque montano del Ecuador, es posiblemente el BMWP/Col [10], debido principalmente a que la gran mayoría de las familias encontradas si están presentes en el índice y por lo tanto tienen un valor asociado en cuanto a contaminación. Sin embargo, es sumamente importante el desarrollo de un índice de calidad biológica del agua para el todo el Ecuador, donde se reflejen las condiciones naturales, ecosistémicas y altitudinales del país, así como la fauna de macroinvertebrados que se encuentran distribuidos en zonas tropicales. Es prioritario que los organismos encargados del monitoreo de la calidad de agua en el Ecuador, incorporen variables biológicas en su monitoreo, ya que estas toman en cuenta criterios de integridad ecológica de ecosistemas lóticos.

El análisis de los diferentes parámetros en estos tres ríos en bosque montano sugieren que los ríos Guajalito y Palmeras tienen aguas ligeras a moderadamente contaminadas y que el río Brincador tiene una calidad óptima de sus aguas. Se recomienda realizar un muestreo más extenso e intensivo para estos tres ríos, donde se incluya una mayor variedad de hábitats, parámetros ambientales y condiciones climáticas (época seca y húmeda), con el fin de complementar la información generada por la presente investigación, y así contar con una herramienta fuerte y más completa para el manejo de las cuencas hidrográficas de la reserva.

Agradecimientos

Agradezco la invaluable ayuda y apoyo de Stella de la Torre, Nelson Zabala, Vlastimil Zak, Javier Robayo, cuya colaboración fue muy importante para la realización de este estudio, además las facilidades

brindadas en el Laboratorio de Ecología Acuática de la Universidad San Francisco de Quito.

Referencias bibliográficas

1. Baron, J.; Poff, N.; Angermeier, P.; Dahm, C.; Gleick, P.; Hairston, N.; Jackson, R.; Johnston C., Richter, B.; Steinman, A. 2002. "Meeting ecological and societal needs for freshwater", *Ecological Applications*, 12: 1247-1260
2. Allan, J.; Flecker, A. S. 1993. "Biodiversity conservation in running waters". *BioScience*, 43: 32-34.
3. Figueroa, R.; Araya, E.; Parra, O.; Valdovinos C. 2003. "Invertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua", Centro de Ciencias Ambientales, EULA-Chile.
4. Alba-Tercedor, J. 1996. "Macroinvertebrados acuáticos y la calidad de las aguas de los ríos", IV simposio del Agua de Andalucía (SIAGA), Vol II, 203-213. Almería, España.
5. Zúñiga de Cardoso, M.C. 2001. "Los insectos como bioindicadores de calidad del agua", Primer Congreso Colombiano de zoología, Bogotá, Colombia.
6. Pino, W.; Mena, D.; Mosquera L.; Caicedo P.; Palacios, J.; Castro A.; Guerrero J. 2003. "Diversidad de macroinvertebrados y evaluación de la calidad de agua de la quebrada La Bendición, Municipio de Quibdó (Chocó, Colombia)", *Acta biológica Colombiana*, vol 8, 23.
7. Segnini, S. 2003. "El Uso de los macroinvertebrados benthónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de aguacorrente", *Ecotrópicos*, 16: 45-63.
8. Rosenberg, D.; Davies, J.; Cobb, D.; Wiens, P. 1997. "Protocols for measuring biodiversity: Benthic macroinvertebrates in fresh waters", Department of fisheries and oceans and Freshwater Institute, Winnipeg, Canada.
9. Zimmerman, M. C. 1993. "The use of the biotic index as an indication of water quality", *Proceedings of the 5th Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education (ABLE)*.
10. Roldán, G. 2003. "Bioindicación de la calidad de agua en Colombia, uso del método BMWP/Col", Editorial Universidad de Antioquia, Colombia.
11. Jacobsen, D. 1998. "The effect of organic pollution on the macroinvertebrate fauna of Ecuadorian highland streams". *Archiv für Hydrobiologie*, 158: 145-167.
12. Jacobsen, D.; Schultz, R.; Encalada A. 1997. "Structure and diversity of stream invertebrate assemblages: the influence of temperature with altitude and latitude", *Freshwater Biology*, 38: 247-261.
13. Ríos, B.; Prat, N. 2004. "Estudios de las condiciones de referencia de las cuencas del río Pita, San Pedro y Machángara", Departamento de Ecología, Universitat de Barcelona, España.

14. Domínguez-Granda, L.; Goethals, P. ; De Pauw, N. 2005. “Aspectos del ambiente físico-químico del río Chaguana: un primer paso en el uso de los macroinvertebrados bentónicos en la evaluación de su calidad de agua”, *Revista Tecnológica ESPOL*, 18: 127-134.
15. Robayo, J.; Robayo G.; Zak, V. 2004. “Plan de manejo del Bosque Protector Río Guajalito”. Quito, Ecuador.
16. Armitage, P.; Moss, D.; Wright, J.F.; Furse, M. T. 1983. “The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-waters sites”, *Wat. Res.* 17, 333-347.
17. Klemm, D.; Lewis P.; Filk, F.; Lazorchak J. 1990. “Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters”, *Environmental monitoring systems laboratory*. Cincinnati, Ohio.
18. Jacobsen, D. 1998. “Human activities and stream environments in tropical regions” en: *Environment, health and sustainable development*, A. Reenberg y E. Moller Pedersen, SEREIN, Copenhagen, Dinamarca., pp. 121-127.
19. Carrera, C. ;Fierro K. 2001. “Manual de monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua”. Ecociencia, Quito.
20. Arroyo, C. 2007. “Evaluación de la calidad de agua de las fuentes hidrográficas del Bosque Protector Río Guajalito (BPRG) a través de la utilización de macroinvertebrados acuáticos, Pichincha, Ecuador”, Universidad San Francisco de Quito, Ecuador.