

MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA CUENCA DEL RÍO PURUNGUEO: ORGANIZACIÓN E INTEGRIDAD BIÓTICA

Ricardo Miguel Pérez-Munguía✉, Idolina Molina-León, Salvador Durán-Suárez, Raúl Ojeda-Castillo, Javier Ponce-Saavedra y Miriam Cristina Ayala-Ruiz

Laboratorio de Entomología “Biol. Sócrates Cisneros Paz”, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Edificio B-4, 2do piso, Ciudad Universitaria, Morelia. C. P. 58060, Michoacán, México.

✉Autor de correspondencia: pmunguiaricardo@gmail.com

RESUMEN. En México y América Latina, los trabajos que a nivel de corriente o de cuenca estudian la organización funcional y espacial de los Macroinvertebrados Acuáticos (MA), son escasos. El presente estudio tuvo como objetivos reconocer la organización espacial y funcional de las comunidades de los MA de la cuenca del Río Purungueo; así como, determinar la integridad biótica y reconocer las relaciones que existen entre la organización espacial y funcional de los MA con la geomorfología y complejidad estructural de los cauces. Los análisis de correspondencia sin tendencias (DECORANA), mostraron que las comunidades de MA tienen diferencias en la composición taxonómica, pero no se reconocen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la abundancia. Estas comunidades responden a las diferencias geomorfológicas del cauce, con relación a la pendiente y a la profundidad de los sitios, en tanto que, con la calidad ambiental están asociadas la heterogeneidad espacial que confiere la estabilidad de las riberas, el sustrato disponible para la epifauna y los patrones de velocidad-profundidad de la corriente, así como a la variabilidad de los estanques. La variación encontrada en cuanto a la composición, estructura y organización de las comunidades de MA en la cuenca, está afectada por la variación altitudinal y los tipos de vegetación que constituyen el bosque ripario.

Palabras clave: Calidad ambiental, hábitos de vida, gremios tróficos.

Aquatic macroinvertebrates of the Purungueo river basin: Organization and Biotic Integrity

ABSTRACT. There are few studies about the functional and spatial organization of aquatic macroinvertebrates (MA) at level of current or basin. The aim of this study was to recognize the spatial and functional organization of the MA communities in the Río Purungueo basin; as well as, determine the Biotic Integrity and recognize the relationships among the spatial and functional organization of the MA and the geomorphology and structural complexity of the channels. Non-trend correspondence analyses (DECORANA) showed that MA communities have differences in taxonomic composition, but no statistically significant differences in abundance are recognized. These communities respond to the geomorphological differences in slope and depth of the sites into the channel. The environmental quality is associated with the spatial heterogeneity that confers the stability of the banks, the availability of substrate for the epifauna and the speed-depth patterns of the current, as well as the variation of the ponds. The variation altitudinal and the types of vegetation that constitute the riparian forest affect the variation found in the composition, structure and organization of the communities of MA in the basin.

Key words: Environmental quality, life habits, functional groups.

INTRODUCCIÓN

El conjunto de Macroinvertebrados refleja la condición biológica de un cuerpo de agua a través de la composición específica, la diversidad y la organización funcional natural para una región conocida (Villamarín *et al.*, 2013); sin embargo, en México los trabajos que utilizan la organización funcional y espacial de los Macroinvertebrados Acuáticos (MA) son escasos, sobre todo si se aborda el tema a nivel de corriente o de cuenca, de acuerdo con Ramírez y Gutiérrez-Fonseca (2014) este aspecto es común en América Latina.

Los análisis a nivel de comunidad y en espacios ambientales que incluyen a la totalidad de la corriente, son oportunidades que van más allá de conocer la composición taxonómica y plantear preguntas que tienen que ver con la organización espacial dentro de los cauces. Pocos estudios han revisado las relaciones de los MA con la geomorfología y la complejidad estructural de los cauces, a pesar de la alta especificidad de hábitat que se ha encontrado en varios taxones, como lo han reportado Marković *et al.* (2017) y Goldschmidt (2016). De igual forma ocurre con la organización funcional (gremios tróficos). Además, el uso de los MA para valorar o estimar la condición ambiental general de las corrientes de agua superficiales, se ha aceptado ampliamente (Pineda-López *et al.*, 2014). Con base en lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivos reconocer la organización espacial y funcional de las comunidades de los MA de la cuenca del Río Purungueo (RH18Gd); así como, determinar la integridad biótica de los sitios en estudio.

MATERIALES Y MÉTODO

Se seleccionaron ocho sitios en la cuenca del Río Purungueo, tres en la cuenca alta, tres en cuenca media y dos en la cuenca baja, dentro de un gradiente altitudinal que va de los 2,387 msnm a los 465 msnm (Fig. 1). Los sitios fueron calificados de acuerdo al método para la valoración de la calidad ambiental visual (VCAV) propuesto por Barbour *et al.* (1999), el estado más probable y el sustrato predominante se determinaron con los criterios de Rosgen (1996).

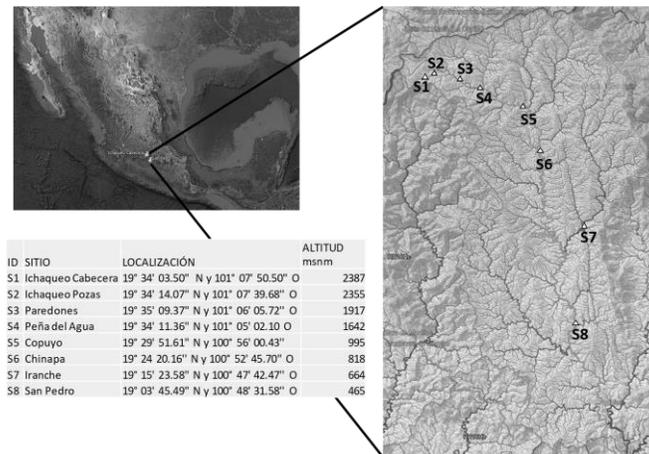


Figura 1. Localización y altitud de los sitios de muestreo (imagen generada a partir de google earth, image landsat/copernicus 2019 y de SIATL http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/# 2019)

Para los muestreos biológicos, se hicieron tres colectas durante la temporada de estiaje, época en la que las comunidades acuáticas se mantienen más estables (Barbour *et al.*, 1999). Los Macroinvertebrados se colectaron en muestras compuestas (multihábitat), con una red acuática tipo "D" de 30 cm de ancho, cubriendo un área total de 1.2 m². Las muestras biológicas se colocaron en bolsas herméticas de plástico con alcohol etílico al 80 %, etiquetadas con los datos convencionales y se mantuvo su identidad durante todos los análisis. El material biológico fue separado e identificado al nivel taxonómico de familia, tomando en cuenta los criterios de Thorp y Covich (2001) para los no insecta y los de Springer *et al.* (2010) y Merrit *et al.* (2008) para los insectos. También se incluyeron los gremios tróficos, los hábitos y el valor de tolerancia de cada familia, tomados de Merrit *et al.* (2008) y de SAFIT (2008). La integridad biótica fue estimada con base en el protocolo propuesto por Pérez-Munguía y Pineda-López (2005).

Para encontrar las posibles relaciones entre las variables geomorfológicas y de la calidad del ambiente con la riqueza y abundancia de los organismos con distintos hábitos de vida y gremios tróficos, se hicieron análisis de regresión, utilizando el paquete estadístico JMP v.8 (SAS Institute, 2008). La complejidad de las comunidades se estimó de acuerdo con Moreno (2001), con los índices de diversidad de Shannon y Weiner y el de Equitatividad de Pielou; la similitud entre los sitios se estimó con los coeficientes de similitud de Jaccard y porcentaje de similitud. Además de los análisis de correspondencia sin tendencias (DECORANA). Lo anterior con el paquete estadístico MVSP v. 3.22 (Kovach Computing Services, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se recolectaron 13,803 individuos, distribuidos en dos filos, tres clases, 11 órdenes y 63 familias. Como ha sido reportado por distintos autores (Ladrera-Fernández, 2012; Jacobsen, 2008), son los insectos los que concentran la mayor riqueza de familias ($S = 57$; 90.47 %) y abundancia ($N = 13,751$; 99.62 %).

Los sitios de la parte alta de la cuenca tuvieron las más altas calificaciones de la calidad ambiental (VCAV), siendo estas S1 (173/200, óptima), S2 (157/200, subóptima), S3 (177/200, óptima) y S4 (180/200, óptima). En la zona media y baja de la cuenca, los cauces mostraron una calidad ambiental codificada como marginal con puntuaciones del VCAV que oscilaron entre 97 y 132 puntos S5 (102/200), S6 (132/200), S7 (97/200) y S8 (109/200). Todos los tipos de cauce reconocidos correspondieron de acuerdo con Rosgen (1996), con los tipos de valle en que se encuentran; y no se asumen alteraciones ecohidrológicas que hayan modificado los cauces en estudio (Pineda-López *et al.*, 2014).

Las comunidades de MA en la cuenca del Río Purungueo ocuparon todo el sustrato disponible y mostraron un arreglo en 15 hábitos de vida (deslizadores, excavadores, fijos, nadadores, patinadores, reptadores, suspendidos, trepadores, trepadores-reptadores, reptadores-excavadores, trepadores-fijos, nadadores-trepadores, excavadores-nadadores, reptadores-fijos y aquellos que no se conocen sus hábitos de vida, se les menciona como no determinado).

La riqueza varió entre 1 y 27 familias ($\bar{x} = 4.2 \pm 6.47$), en tanto que la abundancia de los organismos con distintos hábitos de vida osciló entre 1 y 9635 ($\bar{x} = 920.2 \pm 2477.82$). Los individuos de hábitos fijos tuvieron mayor riqueza ($S = 27 = 42.85$ %) y los más abundantes ($N = 9635 = 69.80$ %), seguidos de los de hábitos excavadores ($S = 5 = 7.93$ %; $N = 2182 = 15.80$ %). Los nadadores tuvieron abundancia y riqueza media alta ($S = 6 = 9.52$ %; $N = 287 = 2.07$ %). Los demás tipos de hábitos de vida tuvieron valores de riqueza menores a 5 y de abundancia entre 1 y 949 ($\bar{x} = 152.9 \pm 268.67$).

La riqueza de los distintos hábitos de vida, se asocia positivamente con la integridad biótica de los sitios ($R = 0.8162$), puesto que, los sitios con integridad biótica excelente (Paredones, Peña del Agua y Chinapa), son los que tienen el mayor número de hábitos de vida ($R^2 = 0.6663$ $p = 0.0134$); en tanto que la riqueza de familias contenida en los hábitos de vida en estos mismos sitios tuvieron los valores más altos en los de hábitos fijos ($p = 0.0071$), de hábitos reptadores-excavadores ($p = 0.0184$) y en los de hábitos trepadores-reptadores ($p = 0.192$). Con respecto a la calidad ambiental, solo se halló que los nadadores-trepadores, tuvieron un mayor número de familias en los sitios con valores más altos de la VCAV ($p = 0.0375$). Es notable que los de hábitos fijos sean los que dominan en estos sitios, ya que estos, permiten reconocer la integridad biótica y en consecuencia la calidad del hábitat (Pérez-Munguía y Pineda-López, 2005).

Para la abundancia, el análisis de regresión mostró que en los sitios de mayor integridad biótica se asocian de manera negativa los nadadores-trepadores ($R^2 = 0.5376$; $p = 0.0385$) y los de hábitos trepadores-reptadores ($R^2 = 0.6266$; $p = 0.0192$). En tanto que, con la calidad ambiental también

se asocian de manera negativa los nadadores ($R^2 = 0.5332$; $p = 0.0397$) y los trepadores-fijos ($R^2 = 0.7468$ $p = 0.0056$). La organización funcional está contenida en 10 gremios tróficos (colectores, colectores-filtradores, colectores-recolectores, cortadores, depredadores, desgarradores, filtradores, raspadores, recolectores aquellos que no se conocen sus gremios tróficos, se les menciona como no determinado). La riqueza de estos varió entre 1 y 32 familias ($\bar{x} 6.3 \pm 9.22$), en tanto que, la abundancia de los organismos que pertenecen a distintos gremios tróficos fue más variable y osciló entre 1 y 5,484 ($\bar{x} 1380.3 \pm 1,670.32$); los depredadores fueron los de mayor riqueza ($S 32 = 50.79 \%$); seguidos de los gremios colectores-recolectores ($S 6 = 9.52\%$), raspadores ($S 6 = 9.52 \%$) y cortadores ($S 5 = 7.93 \%$).

Se distinguen los recolectores puesto que la riqueza es muy baja ($S = 2$), en tanto que la abundancia total corresponde con el 15.25 % ($N = 2105$), casi la totalidad del aporte lo hace la familia Chironomidae con el 15.04 % de la abundancia total ($N = 2077$); además existe en todos los sitios y con valores de abundancia iguales o mayores al 40 % en los sitios de menor integridad y con valores menores al 16 % en sitios con integridad biótica excelente.

Es notable que los cortadores tengan el mayor valor de abundancia en un sitio de la parte baja, puesto que este gremio trófico ocurre principalmente en la zona alta, ya que de acuerdo con Vannote *et al.* (1980), se alimentan con partículas orgánicas gruesas propias de la cuenca alta. De acuerdo con este mismo autor, los raspadores están en la parte alta y media de la cuenca, puesto que se alimentan de la materia orgánica que ocupa la superficie de los sustratos rocosos típicos de las partes altas; sin embargo, en el presente se encontraron en toda la corriente, aunque tuvieron mayor riqueza y abundancia en la parte alta de la cuenca ($S = 13$, $N = 1571$), este resultado es atribuible a que en todo el cauce existen sustratos gruesos y aún en los dos últimos sitios donde domina la grava, ocurre este gremio trófico, aunque con los menores valores de abundancia.

Tanto los colectores-filtradores como los depredadores se mantienen en toda la corriente, solo que los segundos muestran en su conjunto los valores más altos de riqueza y abundancia. En el caso de los colectores-recolectores, no se hallaron en el sitio “Ichaqueo Cabecera” (S1), lo que también es destacable, puesto que es la parte más alta de la cuenca, donde de acuerdo con Vannote *et al.* (1980), son abundantes. Estos resultados coinciden con los de Motta-Díaz *et al.* (2016) y Rodríguez-Barrios *et al.* (2011) para ríos tropicales, lo que puede ser atribuible a que, en ambos estudios, la vegetación riparia de las zonas bajas de la cuenca, corresponde con selva baja caducifolia (en Colombia es Monte Espinoso Tropical), que aportan hojarasca de manera masiva durante el estío.

El análisis de DECORANA, muestra un gradiente en el que los sitios (Fig. 2) se ordenan del 1 y 2, con integridad biótica pobre y regular, hacia los sitios de integridad biótica excelente (sitios 3, 4 y 6), quedando intermedios los de categoría buena (sitios 5, 7 y 8). La correspondencia está ordenada por pendientes mayores al 10 % a menores al 3 % (PEND); por el sustrato disponible para la epifauna (SDE), conformado de roca madre a guijarros pequeños y grava muy gruesa; así como, por corrientes con variación en los patrones de velocidad profundidad y variación de los estanques (PVP/VE); además de las variables que tienen que ver con la estabilidad y protección de las riberas, como el ancho de la vegetación riparia (AVR) y la protección ribereña (PR); lo que está asociado a la heterogeneidad en la estructura del cauce, ya que estas variables son las que definen la variación espacial dentro de los cauces y constituyen las posibles condiciones para la colonización de la macrofauna (Barbour *et al.*, 1999); otros autores, (Marković *et al.*, 2017; Goldschmidt, 2016 y Merrit *et al.*, 2008), coinciden en la especificidad de múltiples taxa de Macroinvertebrados para ocupar el hábitat. Es posible que la correspondencia encontrada, pueda estar afectada por la altitud, ya que según Jacobsen (2008), la disminución en el contenido de oxígeno, afecta la tasa respiratoria media específica para los MA.

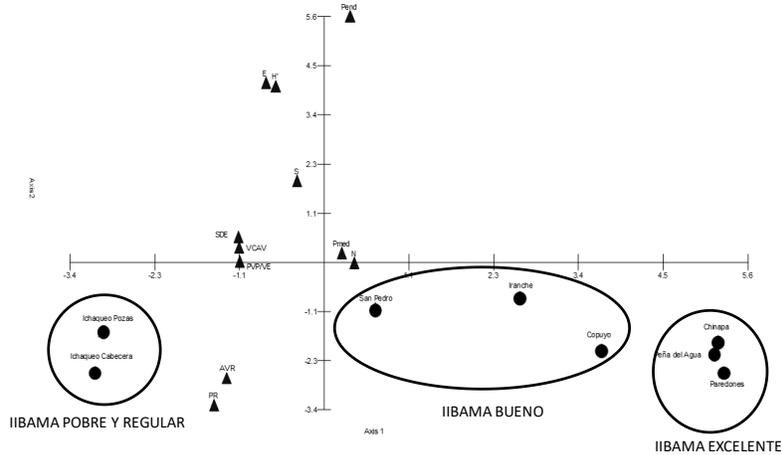


Figura 2. Ordenamiento de los sitios con base en el análisis de correspondencia sin tendencias (DECORANA), empleando los parámetros comunitarios (E, H' y S), las variables ambientales (SDE, PVO/VE, AVR y PR) así como la profundidad media (Pmed).

Conforme al coeficiente de similitud de Jaccard, los sitios de la cabecera “Ichaqueo cabecera” (sitio 1) e “Ichaqueo Pozas (sitio 2), solo comparten el 31.5 % de la composición con el resto de los sitios, en tanto que “Paredones” (sitio 3) y “Peña del Agua”(sitio 4), también de la cuenca alta, solo comparten el 46.6 % de la composición taxonómica con los sitios de las partes media y baja de la cuenca, pero no se reconocen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la abundancia, esta condición coincide con otros trabajos hechos a nivel corriente, Henriques-Oliveira y Nessimian (2010), observaron que la composición taxonómica de la fauna está afectada por la altitud.

El análisis DECORANA, empleando la riqueza de estos hábitos de vida y gremios tróficos (Fig. 3), muestra un gradiente en el que los sitios se ordenan en dos grupos, en los que “Ichaqueo Cabecera” e “Ichaqueo Pozas” se separan de los demás sitios lo que permite reconocer que las diferencias entre los sitios de las partes alta y baja de la cuenca ocurren por un recambio taxonómico, pero no en la organización espacial y funcional de los MA y variación de la abundancia sin significancia estadística, lo que también fue observado por Henriques-Oliveira y Nessimian (2010), esto parece ser un patrón de cauces tropicales.

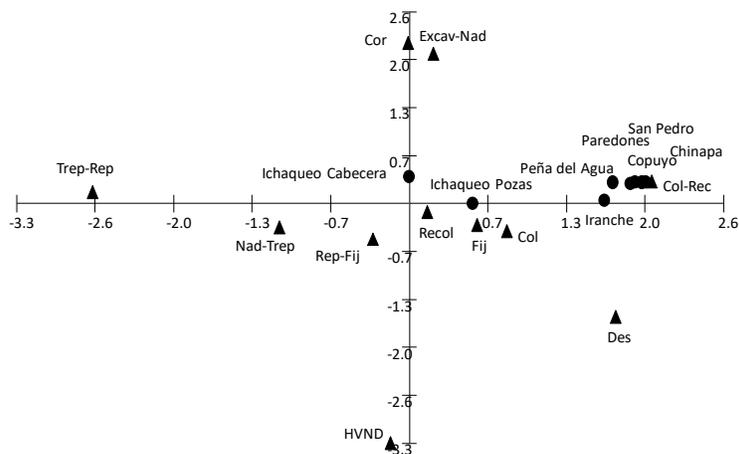


Figura 3. Ordenamiento de los sitios con base en el análisis de correspondencia sin tendencias (DECORANA), empleando la riqueza de los hábitos de vida y los gremios tróficos.

CONCLUSION

Las comunidades de MA en la cuenca del río Purungueo, muestran una organización espacial y funcional, en la que los sitios de la parte alta de la cuenca (S1, S2, S3 y S4) son diferentes a los de la parte baja en cuanto a la composición taxonómica, pero no se reconocen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la abundancia. Al tiempo, estas comunidades responden a las diferencias geomorfológicas y de calidad ambiental del cauce que están asociadas a la heterogeneidad espacial y a la estabilidad de las riberas. La variación encontrada en cuanto a la composición, estructura y organización funcional y espacial de las comunidades de MA en la cuenca, está afectada por la altitud y los tipos de vegetación del bosque ripario.

Agradecimientos

Los autores desean manifestar su agradecimiento a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, que a través de la Coordinación de la Investigación Científica y de la Facultad de Biología, proporcionó los recursos financieros y materiales para la realización del proyecto.

Literatura Citada

- Barbour, M. T., Gerritsen, J., Zinder, B. D. and J. B. Stribling. 1999. *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish*. Second Edition. EPA 841–B41-99-002. United States Environmental Protection Agency. Office of Water. Washington, D.C. 339 pp.
- Goldschmidt, T. 2016. Water mites (Acari, Hydrachnidia): powerful but widely neglected bioindicators – a review. *Neotropical Biodiversity*, 2(1): 12–25. <https://doi.org/10.1080/23766808.2016.1144359>.
- Henriques-Oliveira, A. L. and J. L. Nessimian. 2010. Aquatic macroinvertebrate diversity and composition in streams along an altitudinal gradient in Southeastern Brazil. *Biota Neotropical*, 10 (3): 115–128. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032010000300012>.
- Jacobsen, D. 2008. Tropical High-Altitude Streams. Pp. 219. In: D. Dudgeon (Ed.). *Tropical Stream Ecology*. San Diego: Academic Press.
- Kovach Computing Services. (2013). *Multivariate Statistical Package (MVSP)* v. 3.22
- Ladrera-Fernández, R. 2012. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. *Páginas de Información Ambiental*, 39: 24–29.
- Marković, V., Atanacković, A., Tomović, J., Ilić, M. and M. Paunović. 2017. An assessment of aquatic macroinvertebrates diversity and ecological preferences in some smaller watercourses from srem (Vojvodina, Serbia). *Water Research and Management*, 7(1): 13–18.
- Merritt, R. W., Cummins, K. W. and M. B. Berg. 2008. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. (4th Edition). USA: Kendall/Hunt Publishing Company. 1158 pp.
- Motta-Díaz, A., Ortega-Corredor, L., Niño-Fernández, Y. y N. Aranguren-Riaño. 2016. Grupos funcionales alimenticios de Macroinvertebrados acuáticos en un arroyo tropical (Colombia). *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 19(2): 425–433.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T – Manuales y Tesis SEA. vol. 1. Zaragoza. 84 pp.
- Pérez-Munguía, R. M. y R. Pineda-López. 2005. Diseño de un índice de integridad para ríos y arroyos del centro de México, usando las asociaciones de macroinvertebrados. Pp. 241–245. In: A. Morales-Moreno, A. Mendoza-Estrada, M. P. Ibarra-González y S. Stanford-Camargo (Eds.). *Entomología mexicana*. Vol. 4. Colegio de Postgraduados y Sociedad Mexicana de Entomología A. C. Texcoco, estado de México.
- Pineda-López, R., Pérez-Munguía, R. M., Mathuriau, C., Bernal, T. y E. Barba-Macías. 2014. *Protocolo de análisis de macroinvertebrados en la nmx-aa-159-scfi-2012*. Evaluación del Régimen de Caudal Ecológico y Propuesta de Reserva de Agua en una Cuenca Piloto del Programa Nacional de

- Reservas Potenciales de Agua en México. Informe Técnico. Inédito. Programa Nacional de Reservas Potenciales de Agua como Medida de Gestión
- Ramírez, A. and P. E. Gutiérrez-Fonseca. 2014. Functional feeding groups of aquatic insect families in Latin America: a critical analysis and review of existing literatura. *Revista de Biología Tropical*, 62(Suppl. 2): 155–167.
- Rodríguez-Barríos, J., Ospina-Tórres, R. y R. Turizo-Correa. 2011. Grupos funcionales alimentarios de macroinvertebrados acuáticos en el río Gaira, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 59(4): 1537–1552.
- Rosgen, D. 1996. *Applied river morphology*. USA: Wildeland Hydrology. 385 pp.
- Southwest Association of Freshwater Invertebrate Taxonomists (SAFIT). 2008. Available in: <http://www.safit.org/TVFFG.html>. (Fecha de consulta: 15-III-2019).
- SAS Institute. 2008. JMP v.8. Statistical Discovery from SAS.
- Springer, M., Ramírez A. y P. Hanson (Eds.). 2010. Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I. *Revista de Biología Tropical*, 58 (Suppl. 4): 53–59.
- Thorp, J. H. and A. P. Covich. 2001. *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. (2nd Edition). USA: Academic Press. 1056 pp.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R. and C. E. Cushing. 1980. The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37: 130–137.
- Villamarín, C., Rieradevall, M., Paul, M. J., Barbour, M. T. and N. Prat. 2013. A tool to assess the ecological condition of tropical high Andean streams in Ecuador and Peru: The IMEERA index. *Ecological Indicators*, 29: 79–92. DOI: [10.1016/j.ecolind.2012.12.006](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.12.006).