

UNA INSPECCIÓN AL PAPEL DE LA PRODUCCIÓN DE LOS PLECÓPTEROS EN ECOSISTEMAS LÓTICOS

César Enrique Tamaris Turizo
Universidad del Magdalena

Tatiana Katherine Sierra Labastidas
Universidad del Magdalena

Recibido: enero 27, 2009 Aceptado: octubre 9, 2009

Resumen

El estudio de la producción secundaria en los ecosistemas acuáticos es de gran importancia, debido a que permite conocer la variación de las abundancias de las tallas en el tiempo y hacer seguimiento de las tasa de supervivencia de una población. Además, los estudios de hábitos alimenticios, patrones de emergencia y exportación, permiten tener una aproximación de la función de las poblaciones en el ecosistema. En este contexto, el orden Plecoptera se constituye en un componente importante de la entomofauna de ecosistemas dulceacuícolas en términos de abundancia, diversidad y distribución, debido a que cumplen un rol destacado en la descomposición y recirculación de nutrientes

Palabras clave: Producción secundaria, Plecoptera, relación río-bosque.

Abstract

The study of secondary production in aquatic ecosystems is important, given that it permits knowing the variety of abundances of sizes in time and following up on the rate of survival of a population. Further, the studies of feeding habits, emergency patterns, and exportation allow an approximation of the function of populations in the ecosystem. In this context, the Plecoptera order is an important component of the entomofauna of stream ecosystems in terms of abundance, diversity, distribution, because they play a remarkable role in the decomposition and recirculation of nutrients.

Keywords: Secondary production, Plecoptera, river-forest relationship.

1 Introducción

Las estimaciones de producción secundaria son de gran importancia ecológica en estudios poblacionales debido a que integran densidad, biomasa, voltinismo, crecimiento individual y supervivencia de la población en una sola expresión numérica (Añón y Albariño, 2001; Benke, 1984), por lo tanto, permite tener una visión holística de la dinámica poblacional. Algunos de los métodos usados para la estimación de la producción secundaria son útiles a partir de datos tomados en campo para cohortes no reconocidas, mientras que otros solo son útiles para cohortes reconocidas (Gillespie y Benke, 1979), facilitando el análisis a diferentes tipos de poblaciones. En este sentido, la producción secundaria y su relación con los ambientes ribereños son consideradas de gran importancia en la realización de estudios de flujos de energía, sin embargo, los aspectos ecológicos de los ambientes lóticos tropicales son poco estudiados en la actualidad.

Los ecosistemas terrestres y acuáticos intercambian nutrientes y energía en forma de sustancias particuladas y disueltas (Likens y Bormann, 1974), principalmente a través de la exportación de hojas por parte del bosque ripario o por la exportación de insectos acuáticos por medio de las emergencias, los cuales son fuentes energéticas para ambos ecosistemas (Jackson y Fisher, 1986; Froehlich y Oliveira, 1997; Stewart y Stark, 2002; Rueda-Delgado *et al.* 2006; Wantzen y Wagner, 2006). Así mismo, los ecosistemas terrestres obtienen una entrada de biomasa que será aprovechada principalmente por los insectívoros y en los ecosistemas acuáticos por diferentes grupos de insectos acuáticos y peces.

Entre los insectos acuáticos, el orden Plecoptera se constituye en un componente importante de la entomofauna de ecosistemas dulceacuícolas en términos de abundancia, diversidad, distribución y cumplen un rol destacado en la descomposición y recirculación de nutrientes, además de contribuir en la red trófica como alimento de otros insectos y vertebrados (O'Hop *et al.* 1984; Merritt y Cummins, 1996; Zúñiga, 2004). El objeto de esta revisión es presentar una aproximación del papel de la producción secundaria de los plecópteros y su importancia en la relación río-bosque.

2 La Producción como indicador del rol ecológico

La producción, es definida como la cantidad de biomasa producida por una población animal por unidad de tiempo (Benke y Wallace, 1980), constituyéndose en una medida importante para el estudio de las poblaciones, debido a que combina el crecimiento del individuo y la supervivencia de la población en un solo término y a la vez proporciona información cuantitativa de la dinámica de una especie en los procesos del ecosistema (Benke, 1984). Esta información es útil para determinar parámetros de la historia de vida que son influenciados por los procesos del ecosistema; adicionalmente, a través de la estructura de tallas se logra conocer la variación de las poblaciones en diferentes edades (Benke, 1996; Bjørnstad y Grenfell, 2001), a diferencia de los estudios de densidades, los cuales no permiten comparar la importancia de los organismos a nivel de ecosistema. Además, las comparaciones numéricas de las densidades en diferentes ríos no detectan las diferencias en el crecimiento larval, mortalidad y ciclos de vida, lo cual tiene influencia sobre la producción y juega un papel importante en el flujo de energía del ecosistema (O'Hop *et al.* 1984).

Actualmente existen muchos métodos para la estimación de la producción secundaria, tanto de cohortes reconocidas univoltinas como de cohortes no reconocidas univoltinas o multivoltinas. Los dos métodos más usados son: el método de crecimiento instantáneo (Hynes, 1961) y el método de frecuencia-talla (Size Frequency SF), propuesto por Hynes y Coleman (1968) y modificado por

Benke y Wallace (1980), este 6ltimo es frecuentemente usado en sistemas l6ticos (Benke, 1993). Lo interesante del primer m6todo para cuantificar la producci6n de invertebrados acu6ticos es que puede ser aplicado a poblaciones y no requiere el reconocimiento de cohortes individuales. Este m6todo fue originalmente propuesto para estudios de toda la fauna bent6nica, sin embargo, en la actualidad se considera que resulta mucho m6s precisa su aplicaci6n a estudios de una sola especie o grupos de especies similares (Benke y Wallace, 1980).

Los estudios realizados con el orden Plecoptera corresponden principalmente a trabajos taxon6micos y de distribuci6n, pero son pocos aquellos orientados al estudio de la historia de vida y rol tr6fico de estos organismos, particularmente en la regi6n neotropical (Z6niga, 2004). Algunos trabajos cuantifican la producci6n secundaria en varias especies del orden (Siegfried y Knight, 1976; O'Hop *et al.* 1984) y otros evaluaron los h6bitos alimenticios para conocer el rol tr6fico que desempean en el ambiente acu6tico (Teslenko, 1997; Froehlich y Oliveira, 1997; Dorvill6 y Froehlich, 2001; F6reder *et al.* 2003), por lo tanto, resulta prioritario la realizaci6n de estudios que integren aspectos tr6ficos con la producci6n en plec6pteros, como uno de los grupos m6s representativos de la comunidad de insectos bent6nicos en los cuerpos de agua corriente.

Algunos procesos que dan forma y regulan las din6micas poblacionales tales como la estacionalidad, los patrones de emergencia y la densidad de los Plecoptera juegan un papel importante en el ciclo de vida y en los procesos de aislamiento reproductivo, distribuci6n y reclutamiento (Nelson y Giuliani, 2001; Ballesteros, 2004; Z6niga, 2004), propiedades que permiten discernir la importancia de una poblaci6n en el suministro y exportaci6n de energ6a a otros sistemas a trav6s de la din6mica de las poblaciones.

3 Una inspecci6n a la producci6n secundaria

Elliott (1973) demostr6 que existe una estrecha relaci6n entre la historia de vida, producci6n, tasas de crecimiento, caracter6sticas de h6bitats y distribuci6n espacial de *Phylopotamus montanus* Donovan (Trichoptera, Phylopotamidae), mientras que Lugthart y Wallace (1992) evaluaron el rol funcional de los macroinvertebrados acu6ticos, mediante la estimaci6n de la producci6n secundaria en un pequeo r6o de la regi6n de los Apalaches, posterior a la aplicaci6n de un insecticida en la ribera del cuerpo de agua, donde las comunidades mostraron una r6pida recuperaci6n a este evento. Sin embargo, otros estudios realizados en Europa han evaluado la influencia del enriquecimiento org6nico en la producci6n relativa de varios taxones de invertebrados, demostrando que existe un importante flujo de materia org6nica entre el r6o y el bosque ripario, el cual es afectado negativamente por perturbaciones externas del sistema.

Meyer y Poepperl (2003) cuantificaron la producción secundaria de los invertebrados en un río no perturbado de Europa Central y Shieh *et al.* (2003) comparó la abundancia, biomasa y producción de la comunidad de macroinvertebrados a lo largo de un río afectado por actividades urbanas y agrícolas. Los dos estudios destacan la importancia del conocimiento de los ciclos de vida, estructura de tallas y la producción de los insectos acuáticos, los cuales son indicativos de las abundancias poblacionales, que pueden ser usadas para el diagnóstico del estado de conservación de los cuerpos de aguas lóaticos.

La biomasa disponible de macroinvertebrados acuáticos es la más importante en los ríos, a su vez, los insectos acuáticos corresponden al grupo más importante en este tipo de ecosistema, dominado por efemerópteros, tricópteros, plecópteros, dípteros, coleópteros, odonatos y megalópteros (Roldán, 1988; Merritt y Cummins, 1996, Stewart y Stark, 2002). De los anteriores, los plecópteros son uno de los que presentaron los valores más altos de producción en los estudios realizados por Benke *et al.* (2001), Stagliano y Whiless (2002) y Meyer y Poepperl (2003), con 1847, 449,4 y 5828 mg m⁻² y⁻¹ respectivamente (Tabla 1).

Taxón	Valor de Producción (mg m ⁻² y ⁻¹)		
	Benke <i>et al.</i> 2001 (U.S.A.)	Meyer y Poepperl, 2003 (Europa)	Staligliano y Whiless, 2002 (U.S.A.)
Plecoptera	1847	5828	449,4
Megaloptera	1899		189,7
Odonata	1154		182,2
Trichoptera	110		1585,4
Ephemeroptera		11014,5	3065,7
Coleoptera		1475,9	492
Diptera			10805,5

Tabla 1. Cálculos de producción secundaria en diferentes taxa de macroinvertebrados bentónicos, utilizando el método de frecuencia de tallas (Hynes y Coleman, 1968; Benke, 1984).

En el trópico son escasos los trabajos que pretenden evaluar la producción secundaria de los macroinvertebrados acuáticos. En Colombia, éste es un tópico cuyo estudio es muy incipiente. Sierra-Labastidas y Reyes (2005) estimaron la producción secundaria entre los meses de marzo a junio en la parte media en un río de la Sierra Nevada de Santa Marta, encontrando altas densidades (236,6 ind m⁻²) y valores bajos de producción (10,8 mg m⁻² y⁻¹), debido a las pequeñas tallas que poseen los organismos en esta zona (menores a 2 cm), aunque los valores de producción no son comparables con otros órdenes de insectos acuáticos debido a la ausencia de este tipo de estudios en la región neotropical.

Varios trabajos de producción secundaria integran otros aspectos ecológicos como los hábitos alimenticios. Benke y Wallace (1980) realizaron estimaciones de producción, eficiencias ecológicas y análisis de contenido estomacal para seis especies de tricópteros, con el fin de estimar la importancia relativa de diferentes tipos de alimentos a partir de la producción y la cantidad absoluta de comida ingerida. Stagliano y Whilees (2002), estimaron y cuantificaron la estructura y el funcionamiento de la comunidad de macroinvertebrados para calcular la producción secundaria en el río Prairie (Norte América). Por su parte O'Hop *et al.* (1984), comparó la producción de *Peltoperla maria* Needham y Smith (Plecoptera, Peltoperlidae) en dos ríos al sur de la montaña Apalaches, un río con bosque nativo y el otro con bosque en regeneración, los cuales no mostraron diferencia significativa entre las producciones calculadas, evidenciando que las poblaciones de plecópteros tienen una rápida recuperación después de ser disturbadas. Una evidencia similar fue reportada por Tamaris-Turizo *et al.* (2007) en la evaluación espacial de los plecópteros de la parte alta de la Sierra Nevada de Santa Marta, donde luego de una precipitación de alta intensidad y largo período de retorno, este orden de insectos representado por especies indeterminadas de *Anacroneuria* (Perlidae), mostró una rápida recuperación en las poblaciones presentes.

4 Hábitos alimenticios como indicador del rol trófico e información complementaria de la producción

Aunque los hábitos alimenticios han sido poco estudiados, se conoce que la dieta ingerida por las ninfas de plecópteros, puede ser muy variada dependiendo de la especie, estado de desarrollo, hora del día y disponibilidad de recursos. Algunas especies, por ejemplo, son detritívoras o predadoras durante todo su desarrollo, en cambio otras podrían presentar cambios en sus hábitos alimenticios durante el proceso de desarrollo (Merritt y Cummins, 1996). El análisis del contenido estomacal de varias especies del orden evidencian que los cambios de herbívoros-detritívoros en los primeros estadios a omnívoros-carnívoros en los periodos siguientes son comunes (Merritt y Cummins, 1996; Stewart y Stark, 2002; Teslenko, 1997; Siegfried y Knight, 1976; Riaño *et al.* 1997), mientras que otros estudios realizados en el trópico reportan que los plecópteros tienen un hábito carnívoro desde los primeros estadios de desarrollo, en los cuales los principales ítems consumidos son los dípteros y que cambian los tamaños de los ítems consumidos (efemerópteros y otros plecópteros) a medida que aumentan su talla (Froehlich y Oliveira, 1997; Dorvillé y Froehlich, 2001; Tamaris-Turizo *et al.* 2007).

Füreder *et al.* (2003), utilizando isótopos estables y análisis de contenido estomacal, evidenció en la dieta de seis especies de plecópteros en bosques alpinos, un claro dominio de detritus y una fuerte relación con materia orgánica alóctona (como hojas), sin embargo, no se pudo asignar la principal fuente alimenticia a ninguno de los componentes del detritus. Aunque el análisis de

redes tróficas a través de isótopos estables es la mejor forma de conocer las verdaderas fuentes alimenticias de los organismos en un ecosistema, las rutas de consumo y mejores modelos predictivos (Zah *et al.*, 2000), la evaluación del contenidos estomacal es una técnica fácil y económica para tener una aproximación del papel trófico de un organismo en el sistema.

Estudios de producción secundaria que integran aspectos ecológicos de la comunidad o población, hacen referencia especialmente a eficiencias ecológicas y hábitos alimenticios, permitiendo conocer el rol trófico y grupos funcionales al cual pertenecen los insectos acuáticos en los sistemas lóticos (Siegfried y Knight, 1976; Benke, 1993). Además, los hábitos alimenticios pueden influenciar el ciclo de vida, la selección del hábitat durante su vida (Motta y Uieda, 2004) y, por lo tanto, influyen sobre la variación de la producción, debido a que ésta es supeditada a la disponibilidad de recurso alimenticio en el medio durante el año. Siegfried y Knight (1976) cuantificaron el aporte (como presa) de otros grupos de insectos acuáticos sobre *Acroneuria californica* Banks (Plecoptera: Perlidae), observándose dominio de los Ephemeroptera (1370,9 mg consumido / m²), Diptera (1088,2 mg consumido / m²) y Trichoptera (978,5 mg consumido / m²), lo que evidencia una fuerte relación entre los hábitos alimenticios de los organismos con la materia orgánica disponible para niveles tróficos superiores.

5 La producción, un factor fundamental en la relación río-bosque

Los ecosistemas acuáticos intercambian nutrientes y energía en forma de materia orgánica disuelta, particulada y gruesa con los ecosistemas terrestres, la importación de materia orgánica en la cabecera de los ríos se encuentra representada principalmente por sedimentos, hojas y ramas (Jackson y Fisher, 1986; Sedell *et al.* 1989). Las dos últimas son los aportes de mayor importancia para estos ecosistemas y la acción de los trituradores (*e. g.* algunos plecópteros y tricópteros) y es fundamental para la conversión de materia orgánica gruesa a materia orgánica fina en la parte media y baja de los ríos (Vannote *et al.* 1980; Sedell *et al.* 1989; Stewart y Stark, 2002), debido a que aumenta la disponibilidad de energía para diferentes grupos funcionales y la integración de esta energía a la red trófica del sistema acuático.

En los ecosistemas acuáticos lóticos la materia orgánica constituye la principal fuente de energía y los Plecoptera son uno de los grupos de insectos acuáticos que se favorece por este proceso, lo cual se refleja en los altos valores de producción reportados para este orden (Tabla 1). Así mismo, esta ganancia de biomasa queda disponible para otros insectos acuáticos consumidores o puede ser exportada a las riberas a través de las emergencias sincrónicas que presentan muchos de estos organismos, las cuales son estimuladas por factores climáticos (*e. g.* régimen pluviométrico) (Jackson y Fisher, 1986; Hayashi *et al.* 1997; Earle, 2003; Stewart, 2003; Ballesteros, 2004).

En Colombia, algunos estudios que describen patrones de emergencia se encuentran en Ballesteros (2004) para el r3o Riofr3o, en el Valle del Cauca y Tamaris-Turizo *et al.* (2007) para el r3o Gaira, en la Sierra Nevada de Santa Marta. Se reportan en el primer caso, emergencias durante los meses de agosto y septiembre, mientras que para el r3o Gaira, el periodo de emergencia es durante los meses de marzo y abril, 3pocas que coinciden con la abundancia de organismos con mayores tallas en las zonas, y con el inicio de las precipitaciones en las zonas de estudio.

Los estudios de emergencia y producci3n involucran la actividad metab3lica de los insectos y la din3mica de las poblaciones, ya que algunos insectos acu3ticos son exportados a los sistemas ribere5os por medio de las emergencias, de los cuales cerca del 1% retorna al r3o (Figura 1). Jackson y Fisher (1986) estimaron la producci3n de insectos acu3ticos del r3o Sycamore (USA) en $120,9 \text{ g m}^{-2} \text{ y}^{-1}$, la emergencia en $23,1 \text{ g m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ y el retorno al ecosistema acu3tico en $0,72 \text{ g m}^{-2} \text{ y}^{-1}$, esto evidencia una fuerte interacci3n r3o – bosque de gran importancia en el suministro energ3tico para ambos ecosistemas, ya que los organismos exportados ser3an aprovechados potencialmente por insect3voros u otro tipo de predadores, de esta forma los ecosistemas acu3ticos aportan una biomasa considerable a los ecosistemas terrestres.

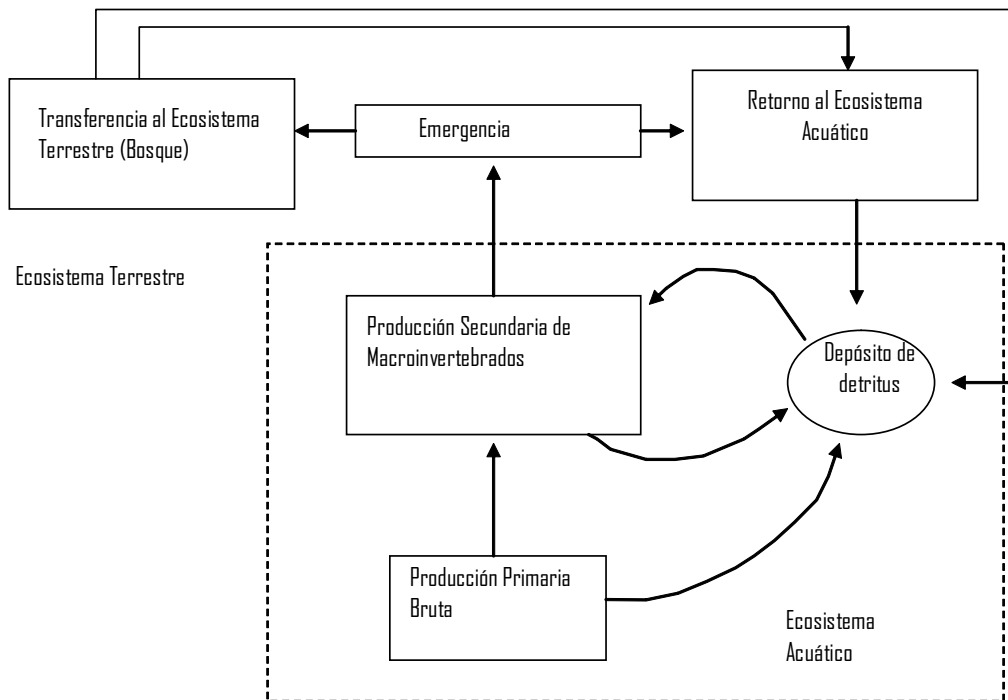


Figura 1. Modelo de flujo de energ3a de producci3n primaria, producci3n secundaria, emergencia y transferencia al ecosistema terrestre (modificado de Jackson y Fisher, 1986).

En t3rminos generales, la estimaci3n de la producci3n secundaria de uno de los grupos de insectos acu3ticos dominantes en los sistemas l3ticos, como son los plec6pteros, permite identificar el estado de la poblaci3n en estudio, acorde al papel ecol3gico que juega en el sistema, la interacci3n que tienen en la red tr3fica, la biomasa disponible para ser integrada a la red tr3fica y el potencial de materia org3nica disponible para ser exportado al bosque ribere5o.

Entonces, nos encontramos en el dilema del enfoque de los estudios ecológicos, que actualmente excluyen la evaluación de la producción de los sistemas acuáticos, por lo tanto ¿Cómo sabremos cuanta energía tienen, transportan y exportan estos sistemas a través de los organismos que componen la estructura de la comunidad de insectos acuáticos de los ríos colombianos?

6 Consideraciones

Aunque son escasos los trabajos en los cuales se pretende estimar la producción secundaria de los macroinvertebrados acuáticos en ríos tropicales, se resaltan algunos estudios en los cuales se estima la biomasa de varias taxa de macroinvertebrados acuáticos, que bien permiten tener referencia de la cantidad de energía disponible en un momento para diferentes eslabones de la cadena trófica. En este sentido, se recomienda ahondar en uno de los estudios base para las estimaciones de biomasa y la producción secundaria, como las relaciones entre la longitud o el ancho de la cápsula cefálica y el peso seco de los organismos, a través de los cuales se podrán obtener ecuaciones que relacionen estas variables con la estructura de la comunidad y con elementos de la dinámica funcional de los ecosistemas acuáticos tropicales (Cressa, 1999), con el fin de relacionar un aspecto de la estructura de la comunidad, con elementos de la dinámica funcional de los ecosistemas acuáticos tropicales.

Los ecosistemas aledaños a los cuerpos de aguas corrientes juegan un papel fundamental en el suministro energético, ya que la estructura de las formaciones vegetales, el tipo de suelo y las condiciones climáticas de la zona pueden modificar la estructura de la fauna bentónica y por ende su respuesta funcional en cuanto a los procesos de degradación de materia orgánica gruesa, ciclaje y disposición de nutrientes y procesos metabólicos del sistema. Por esto, el conocimiento de la dinámica de los principales grupos de macroinvertebrados bentónicos (Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera y Díptera) podrían ser utilizados como indicadores del estado de salud de los sistemas lóticos, los cuales son un referente para las evaluaciones ambientales y reflejan las alteraciones en los sistemas ribereños.

Agradecimientos

Los autores agradecen a María del Carmen Zúñiga, y a José E. Mancera Pineda por sus consideraciones y aportes al documento.

Referencias bibliográficas

- [1] Añon Suárez, D.A. y R.J. Alvarino. 2001. Life cycle and annual production of *Caenis* sp. (Ephemeroptera, Caenidae) in Lake Escondido (Bariloche, Argentina). pp 67-75. In: Dominguez, E. (Ed). Trends in Research in Ephemeroptera and Plecoptera Kluwer Academic/Plenium Publishers. New York.

- [2] Ballesteros, Y. 2004. Contribución al conocimiento del género *Anacroneturia* (Plecoptera : Perlidae) y su relación con la calidad del agua en el Río Riofrío (Valle del Cauca). Tesis de Maestría en Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Universidad del Valle - Cali, Colombia, 117p.
- [3] Benke, A.C. y J.B. Wallace 1980. Trophic basis of production among net-spinning caddisflies in southern Appalachian stream. *Ecology* 61 (1): 108-118.
- [4] Benke, A.R. 1984. Secondary production of aquatic insects. pp 289-322. In: Resh, V.H. y Rosenberg, D. W. (Eds). *Ecology of Aquatic Insects*. New York.
- [5] Benke, A.C. 1993. Concepts y patterns of invertebrate production running waters. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*. 25: 15-38.
- [6] Benke, A.C. 1996. Secondary production of macroinvertebrates. pp 557-578. In: Haver, R. F. and Lamberti, G. A. (Eds). *Methods in Stream Ecology*. Academic Press Inc New York.
- [7] Benke, A.C., J.B. Wallace, J.W. Harrison y J.W. Koebel. 2001. Food web quantification using secondary production analysis: predaceous invertebrates of the snag habitat in a subtropical river. *Freshwater Biology* 46: 329–346.
- [8] Bjørnstad, O.N. y B.T. Grenfell. 2001. Noisy clockwork: Time series analysis of population fluctuations in animals. *Science* 293: 638-643.
- [9] Cressa, C. 1999. Dry mass estimation of tropical aquatic insects using different short-term preservation methods. *Revista de Biología Tropical*. 47 (1-2): 133-141.
- [10] Dorvillé, L.F. y C.G. Froehlich. 2001. Description of the nymph of *Kempnyia tijucana* Dorvillé and Froehlich (Plecoptera, Perlidae), with notes on its development a biology. pp 385-392 In: Dominguez, E. (Ed). *Trends in Research in Ephemeroptera and Plecoptera*, N York.
- [11] Elliot, J.M. 1973. The food of brown and rainbow trout (*Salmo trutta* and *S. gairdeni*) in relation to the abundance of drifting invertebrates in a mountain stream. *Oecología* 12: 329-347.
- [12] Earle, J. 2003. Stonefly (Plecoptera) emergence patterns and flight periods in Indian Creek Watershed, Pennsylvania, USA. pp 167-175. In: Giano, E. (Ed). *Research update on Ephemeroptera and Plecoptera*. Perugia, Italia.
- [13] Froehlich, C.G. y L.G. Oliveira. 1997. Ephemeroptera and Plecoptera nymphs from riffles in low-order streams in southeastern Brazil, pp 180-185. In: Landolt P. y Sartori M. (Eds). *Ephemeroptera and Plecoptera: Biology –Ecology –Systematics*. Fribourg, Switerland.
- [14] Füreder, L., C. Welter y J.K. Jackson. 2003. Dietary and stable isotope ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) analyses in alpine Ephemeroptera and Plecoptera. pp 39-46. In: Giano, E. (Ed). *Research update on Ephemeroptera and Plecoptera*. Perugia, Italia.
- [15] Gillespie, D.M. y A.C. Benke. 1979. Methods of calculating cohort production from field data- some relationships. *Limnology Oceanography* 24 (1): 171-176.
- [16] Hayashi, Y., Y. Isobe y T. Oishi. 1997. Diel periodicity of emergence of *Sweltsa* sp. (Plecoptera: Chloroperlidae). pp 52-59. In: Landolt, P. y Sartori, M. (Eds). *Ephemeroptera and Plecoptera: Biology –Ecology –Systematics*. Fribourg, Switerland.

- [17] Hynes, H.B. 1961. The invertebrate fauna the Welsh mountain stream. *Archives of Hydrobiology* 57: 344-388.
- [18] Hynes, H.B. y M.J. Coleman. 1968. A simple methods of assessing the annual production the stream benthos. *Limnology Oceanography* 13: 569-573.
- [19] Jackson, J.K. y S.G. Fisher. 1986. Secondary production, emergence and export of aquatic insects of a sonogram desert stream. *Ecology* 67 (3): 629-638.
- [20] Likens, G.E. y F.H. Bormann. 1974. Linkages between ecosystem terrestrial and aquatic ecosystems. *BioScience* 24: 447-456
- [21] Lughart, G. J. y J. B. Wallace. 1992. Effects of disturbance on benthic functional structure and production in mountain streams. *Journal of the North American Benthological Society*. 11: 138-164.
- [22] Merritt, R.W. y K.W. Cummins. 1996. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3^{ra} ed. Kendall /Hunt Publishing Company, Dubuque, 182 p.
- [23] Meyer, E.I. y R. Poepperl. 2003. Secondary production of invertebrates in a Central European mountain stream (Steina, Black Forest, Germany). *Archives of Hydrobiology*. 158 (1): 25-42.
- [24] Motta, R.L. y V.S. Uieda. 2004. Diet and trophic groups of an aquatic insect community in a tropical stream. *Brazilian Journal of Biology*. 64 (4): 809-817
- [25] Nelson, C.R. y D. Giuliani. 2001. Geographical a seasonal occurrence of winter stoneflies (Plecoptera: Capniidae) of the southern Sierra Nevada, California, USA. pp. 199-208. In: Dominguez, E. (Ed). *Trends in Research in Ephemeroptera and Plecoptera*. N York.
- [26] O'Hop, J., J.B. Wallace y J.D. Haefner. 1984. Production of a stream shredder, *Peltoperla maria* (Plecoptera: Pletoperlidae) in disturbed and undisturbed hardwood catchments. *Freshwater Biology* (14): 13-21.
- [27] Riaño, P., A. Basagueren y J. Pozo. 1997. The life history and food habits of *Sophonoperla torrentium* (Plecoptera: Chloroperlidae) in Northern Spain. pp 79-82. In: Landolt, P. y Sartori, M. (Eds). *Ephemeroptera y Plecoptera: Biology-Ecology-Systematics* Fribourg, Switerland.
- [28] Roldán, G. 1988. *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia*. Fondo FEN-Colombia. Colciencias - Universidad de Antioquia. Editorial Presencia Ltda, Santa Fe de Bogotá, 217 p.
- [29] Rueda-Delgado, G., K.M. Wantzen y M. Beltrán. 2006. Leaf-litter decomposition in an Amazonian floodplain stream: effects of seasonal hydrological changes. *Journal of the North American Benthological Society*. 25(1):231-247
- [30] Sedell, J. R., J. E. Richey y F. J. Swanson. 1989. The river continuum concept: a basin for the expected ecosystem behavior of very large rivers?, pp 49-55. In: Dodge, D. P. (Ed). *Procceding of the International Large River Symposium*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.

- [31] Shieh, S-H., J.V. Ward y B.C. Kondratieff. 2003. Longitudinal changes in macroinvertebrate production in a stream affected by urban and agricultural activities. *Archives of Hydrobiol.* 157 (4): 483–503.
- [32] Siegfried, C.A. y A.W. Knight. 1976. Trophic relations of *Acroncuria* (*Calineuria californica*) (Plecoptera: Perlidae) in a Sierra foothill stream. *Environmental Entomology*. 5 (3): 575-581.
- [33] Sierra-Labastidas, T.K. y S.A. Reyes-Picón. 2005. Aproximación a la producción secundaria de *Anacroncuria* (Plecoptera: Perlidae), en la parte media del río Gaira (Hacienda la Victoria). Tesis de grado, Programa de Biología, Universidad del Magdalena, Colombia. 78 p.
- [34] Stagliano, D. M. y M. R. Whiless. 2002. Macroinvertebrate production and trophic structure in a tall grass prairie headwater streams. *Journal of the North American Benthological Society*. 21(1): 97-113.
- [35] Stewart, K.W. y B.P. Stark. 2002. Family Perlidae - Stoneflies. pp 460. In: Stewart, K.W y B.P. Stark, *Nymphs of North American Stonefly Genera* (Plecoptera) second edition. The Caddis Press, Columbus, Ohio.
- [36] Stewart, K.W. 2003. The live history of a Colorado population of *Kogotus modestus* (Plecoptera: Perlodidae). pp 195-200. In: Giano, E. (Ed). *Research update on Ephemeroptera and Plecoptera*. Perugia, Italia.
- [37] Tamarís-Turizo, C., R.R. Turizo y M. del C. Zúñiga. 2007. Distribución espacio-temporal y tipos alimentarios de ninfas de *Anacroncuria* (Insecta: Plecoptera: Perlidae) en el río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia). *Caldasia* 29 (2): 375-385.
- [38] Teslenko, V.A. 1997. Feeding habits of the predaceous stoneflies in a salmon stream of the Russian Far East. pp 73-78. In: Landolt, P. y Sartori, M. (Eds). *Ephemeroptera y Plecoptera: Biology-Ecology-Systematics*. Fribourg, Switerland.
- [39] Vannote, R.L., G. W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedell y C.E. Cushing. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 37: 130-137.
- [40] Wantzen, K.M. y R. Wagner. 2006. Detritus processing by invertebrate shredders: a neotropical–temperate comparison. *Journal of the North American Benthological Society*. 25(1):214-230.
- [41] Zah R., P. Burgherr, M. Bernasconi y U. Uehlinger. 2000. Contribution of organic resources to a glacial stream (Val Roseg, Swiss Alps) – a stable isotope study. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27: 1635-1639.
- [42] Zúñiga, M. del C. 2004. Biodiversidad, distribución y ecología del orden Plecoptera (Insecta) en Colombia: Potencial en bioindicación en calidad de agua. pp. 17-21. En: VI seminario Colombiano de Limnología y I Reunión Internacional sobre Embalses Neotropicales, Montería.

Dirección de los autores

Cesar Enrique Tamaris Turizo
Grupo de Investigación en Limnología Neotropical
Universidad del Magdalena
cesartamaris@yahoo.es

Tatiana Catherine Sierra Labastidas
Grupo de Investigación en Limnología Neotropical
Universidad del Magdalena
takasila_13@yahoo.es