

Relaciones talla-peso seco de ninfas de *Anacroneuria caraca* Stark, 1995 y *A. marta* Zúñiga & Stark, 2002 (Plecoptera: Perlidae) de un río neotropical de montaña

Relations length-dry weight of nymphs *Anacroneuria caraca* Stark, 1995 and *A. marta* Zúñiga & Stark, 2002 (Plecoptera:Perlidae) from a neotropical mountain river

Yesely Hurtado-Borrero^{1*}, Gabriel Pinilla-A² y Cesar E. Tamaris-Turizo¹

Recibido: 26 de junio de 2018.

Aceptado: 8 de noviembre de 2020.

Publicado: diciembre de 2020.

RESUMEN

Antecedentes: El estudio de la morfometría de los insectos acuáticos es importante para comprender algunos procesos ecológicos como la ganancia de la biomasa, el tiempo de desarrollo de una especie y la dinámica de las cohortes. En Colombia, no existen estudios sobre relaciones talla-peso seco a nivel de especie en ninfas de *Anacroneuria*. **Objetivos:** El objetivo de este trabajo fue analizar algunas características morfológicas de ninfas de *Anacroneuria marta* y *A. caraca* para determinar la eventual existencia de funciones lineales que expliquen la relación entre algunas dimensiones del cuerpo (la longitud total y el ancho de la cabeza) versus el peso seco. **Métodos:** Los organismos se recolectaron en zonas de rápidos y pozos del río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia) entre octubre de 2014 y marzo del 2015. Las ninfas se identificaron a nivel de especie y las entidades taxonómicas se confirmaron mediante un análisis discriminante utilizando mediciones de diez variables morfológicas de las ninfas inmaduras. En algunos organismos se obtuvo el peso seco, el cual se correlacionó con medidas de longitud mediante regresiones lineales simples. **Resultados:** Las especies *A. marta* y *A. caraca* mostraron diferencias morfológicas estadísticamente significativas que permitieron confirmar estos taxones. El modelo potencial fue el que se ajustó mejor para mostrar las relaciones de la longitud total (LT) y el ancho de la cabeza (AC) con el peso seco ($p < 0.01$). **Conclusiones:** Las relaciones entre las dimensiones corporales y el peso seco fueron altamente significativas, para *A. marta* el mejor ajuste fue con el AC y para *A. caraca* con la LT, con explicaciones del 86% y el 95% de la variación en la biomasa, respectivamente. Estas ecuaciones servirán como base para estudios de determinación de la biomasa en ninfas de Plecoptera.

Palabras clave: biomasa, Perlidae, relaciones morfométricas, regresiones longitud-masa, tamaño del cuerpo

ABSTRACT

Background: The study of the morphometry in aquatic insects is very important to understand some ecological processes such as biomass gain, development time of the species and the dynamics of the cohorts. In Colombia, there are no studies on length-dry weight relations at the species level in *Anacroneuria* nymphs. **Goals:** The aim of this study was to analyze the morphological characteristic of *Anacroneuria marta* and *A. caraca* and to determine possible linear functions that explain the relations between some body dimensions (total length and head width) versus dry weight. **Methods:** Organisms were collected in areas of rapids and pools of the Gaira River (Sierra Nevada of Santa Marta, Colombia) between October 2014 and March 2015. Nymphs were identified to species level and taxonomic entities were confirmed by a discriminant analysis, using measurements of ten morphological variables. In some organisms dry weight was obtained, which was correlated with length measurements by simple linear regressions. **Results:** The species *A. marta* and *A. caraca* showed statistically significant morphological differences, which confirmed these taxa. The power model was the best adjusted to show the relations of the total length (TL) and the width of the head (WH) with the dry weight ($p < 0.01$). **Conclusions:** The relationships between body dimensions and dry weight were highly significant, for *A. marta* the best adjust was with the WH and for *A. caraca* was with TL, with explanations of 86% and 95% of the variations in biomass, respectively. These equations will serve as a basis for studies of determination of biomass in Plecoptera nymphs.

Keywords: biomass, Perlidae, morphometric relations, length-mass regressions, body size

¹ Grupo de Investigación en Biodiversidad y Ecología Aplicada, Universidad del Magdalena. Carrera 32, No 22-08, Santa Marta, 470004. Colombia.

² Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Carrera 30, No. 45-03, Bogotá, 111321. Colombia.

***Corresponding author:**

Yesely Hurtado-Borrero: e-mail: yeselyhurtadomb@unimagdalena.edu.co

To quote as:

Hurtado-Borrero, Y., G. Pinilla-A & C. E. Tamaris-Turizo. 2020. Relaciones talla-peso seco de ninfas de *Anacroneuria caraca* Stark, 1995 y *A. marta* Zúñiga & Stark, 2002 (Plecoptera:Perlidae) de un río Neotropical de montaña. *Hidrobiológica* 30 (3): 203-209.

DOI: [10.24275/uam/izt/dcbshidro/2020v30n3/Hurtado](https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbshidro/2020v30n3/Hurtado)

INTRODUCCIÓN

Los macroinvertebrados de los ecosistemas acuáticos representan una importante fuente de energía en forma de biomasa que está disponible para ser asimilada por organismos asociados directa o indirectamente a tales ecosistemas (Sabo *et al.*, 2002). La estimación de la biomasa en los insectos acuáticos permite evaluar procesos biológicos relacionados con la masa en pie, con su funcionalidad y con la dinámica poblacional; estos procesos incluyen aspectos como la producción secundaria, las tasas de crecimiento, las historias de vida y las interacciones tróficas entre grupos funcionales (Benke, 1996; Gualdoni *et al.*, 2013). Dichos atributos son una herramienta muy importante para valorar la ecología los ecosistemas fluviales.

Conocer la biomasa de los insectos acuáticos es un desafío debido a que son animales muy pequeños y abundantes, por lo que la determinación de su peso es demorada y costosa (Brito *et al.*, 2015). Idealmente, las mediciones de biomasa se deben realizar a nivel de especie y en zonas con condiciones ambientales similares (Cressa, 1986; Gualdoni *et al.*, 2013; Martins *et al.*, 2014). Se han desarrollado diferentes métodos para calcular la biomasa de estos organismos, de los cuales la determinación de las relaciones matemáticas entre las dimensiones corporales y el peso seco de los individuos es el más utilizado (Smock, 1980; Benke, 1996; Benke *et al.*, 1999; Burgherr & Meyer, 1997; Muñoz *et al.*, 2009), debido a que permite ahorrar tiempo, dinero y esfuerzo.

Los plecópteros son comparativamente muy abundantes dentro de los insectos acuáticos (Merritt *et al.*, 2008), hecho que ha sido confirmado en algunos ríos de la Sierra Nevada de Santa Marta (Rodríguez-Barríos *et al.*, 2011; Barragán *et al.*, 2016; Granados-Martínez *et al.*, 2016). Actualmente no se dispone de una adecuada resolución taxonómica de las ninfas de este grupo (Zúñiga, 2010), lo cual contribuye el hecho de que las ninfas de diferentes especies son muy parecidas morfológicamente (Hynes, 1976; Stark *et al.*, 2009; Tierno de Figueroa & López-Rodríguez, 2015). En algunos estudios sobre plecópteros se ha visto que es posible realizar la identificación a través de la morfometría de los individuos (Gamboa & Arrivillaga, 2010); esta herramienta puede ser de gran utilidad en investigaciones ecológicas y de conservación.

En muchos trabajos realizados en el trópico se ha estimado la biomasa de los invertebrados acuáticos y algunas dimensiones tales como la longitud total o el ancho de la cápsula cefálica, así como sus relaciones con el peso seco (López *et al.*, 1996; Becker *et al.*, 2009; Gualdoni *et al.*, 2013; Martins *et al.*, 2014; Rivera-Usme *et al.*, 2014; Brito *et al.*, 2015). La estimación de las funciones lineales se ha valorado en organismos inmaduros de varios invertebrados acuáticos como *Phylloicus* sp., *Helobdella*, *Triplectides egleri* (Sattler, 1963), *Chaoborus* sp. y *Corydalus* spp. (López *et al.*, 1996; Cressa, 1999; Becker *et al.*, 2009; Gualdoni *et al.*, 2013; Rivera-Usme *et al.*, 2014; Brito *et al.*, 2015). Sin embargo, para las especies del género *Anacroneuria* de ríos tropicales aún no se han propuesto funciones que permitan estimar la biomasa de sus poblaciones a partir de las dimensiones corporales, hecho que facilitaría las estimaciones de los flujos de energía en las redes tróficas e identificar taxones con alta importancia ecológica. Por lo anterior, en este estudio se buscó determinar las ecuaciones que explican mejor la relación entre algunas dimensiones del cuerpo (longitud total y ancho de la cabeza) y el peso seco en ninfas de *Anacroneuria marta* Zúñiga & Stark, 2002 y *Anacroneuria caraca* Stark, 1995 en el río Gaira, en la Sierra Nevada de Santa Marta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las larvas de *A. caraca* y *A. marta* se recolectaron entre octubre de 2014 y marzo del 2015, en el río Gaira, a 900 msnm (11°07'44.2" N y 74°05'35.8" W) en el sector noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. El sitio de colecta presentó una alta variedad de microhábitats, con zonas de rápidos, remansos y pozos que facilitan el establecimiento de los macroinvertebrados acuáticos (Tamaris-Turizo *et al.*, 2007). Las ninfas de *Anacroneuria* se capturaron sobre fondos de grava con una red Surber (área de 0.09 m² y ojo de malla de 250 µm), la cual se utilizó hasta completar un área total de 0.54 m². Los organismos se preservaron en etanol al 90%. En el laboratorio se separaron las ninfas de cada especie teniendo en cuenta las descripciones de Stark (1995) y Zúñiga *et al.* (2007).

Se seleccionaron cuarenta ejemplares de cada especie, que se categorizaron con base en sus métricas. Los individuos seleccionados se encontraban completos y sin daños en su cuerpo. A cada ninfa se le midió la longitud total del cuerpo (LT), el ancho de la cabeza (AC), el ancho del pronoto (AP), la distancia entre los ocelos (DEO), la distancia entre los ojos (DEOJ), la longitud del abdomen (LA), la longitud del fémur anterior derecho (LF) y la longitud de la tibia de la pata anterior derecha (Lt). Para identificar el orden de las tibias y fémures de los organismos, se definió como 1 a la extremidad anterior, 2 a la media y 3 a la posterior (ej. Lt1: Longitud de la tibia de la pata anterior derecha). Las mediciones se realizaron con el Software Zen Blue, a través de una cámara fotográfica AxioCam ERc5s acoplada a un estereoscopio Nikon SMZ 745T. Los insectos se colocaron individualmente en láminas de aluminio previamente pesadas, se secaron en una estufa MLW a 60°C por 24 horas hasta obtener peso seco constante y se pesaron en una balanza analítica Mettler Toledo (precisión ± 0.01 mg).

Debido a que las ninfas juveniles son difíciles de separar por los caracteres morfológicos, se realizó un análisis discriminante utilizando las métricas descritas anteriormente, para confirmar si la identificación realizada a partir de las descripciones coincidió con las relaciones entre las medidas morfométricas. Previamente, mediante el uso de percentiles, los organismos se clasificaron de acuerdo con la longitud del cuerpo en tres clases de tamaño (entre 3 y 6.9 mm, entre 7 y 9 mm y entre 9 y 14 mm) para evitar sesgos atribuibles a las tallas. Las variables morfológicas se dividieron por la LT para estandarizarlas. Las posibles diferencias entre las métricas de las dos especies se analizaron por medio de comparaciones para dos muestras independientes; en los casos en que se cumplió el requisito de distribución normal se aplicó la prueba t de Student; en el caso contrario se empleó la prueba U de Mann-Whitney (Guisande *et al.*, 2014). La relación entre la LT o el ancho de la cápsula cefálica (AC) y el peso seco de las dos especies se determinó mediante regresiones lineales simples. Los análisis se hicieron con el paquete estadístico StatR en RWizard v. Beta 1.0 (Guisande *et al.*, 2014).

RESULTADOS

Se utilizaron en total 79 organismos cuyas medidas estuvieron entre 2.8 mm y 10.65 mm de LT y entre 0.75 y 2.63 mm de AC. El peso seco osciló entre 0.13 y 6.81 mg y fue la métrica con el mayor coeficiente de variación (Tabla 1). El análisis discriminante detectó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las métricas de las dos especies de acuerdo a los intervalos de tallas (Fig.1). De esta manera, en los organismos

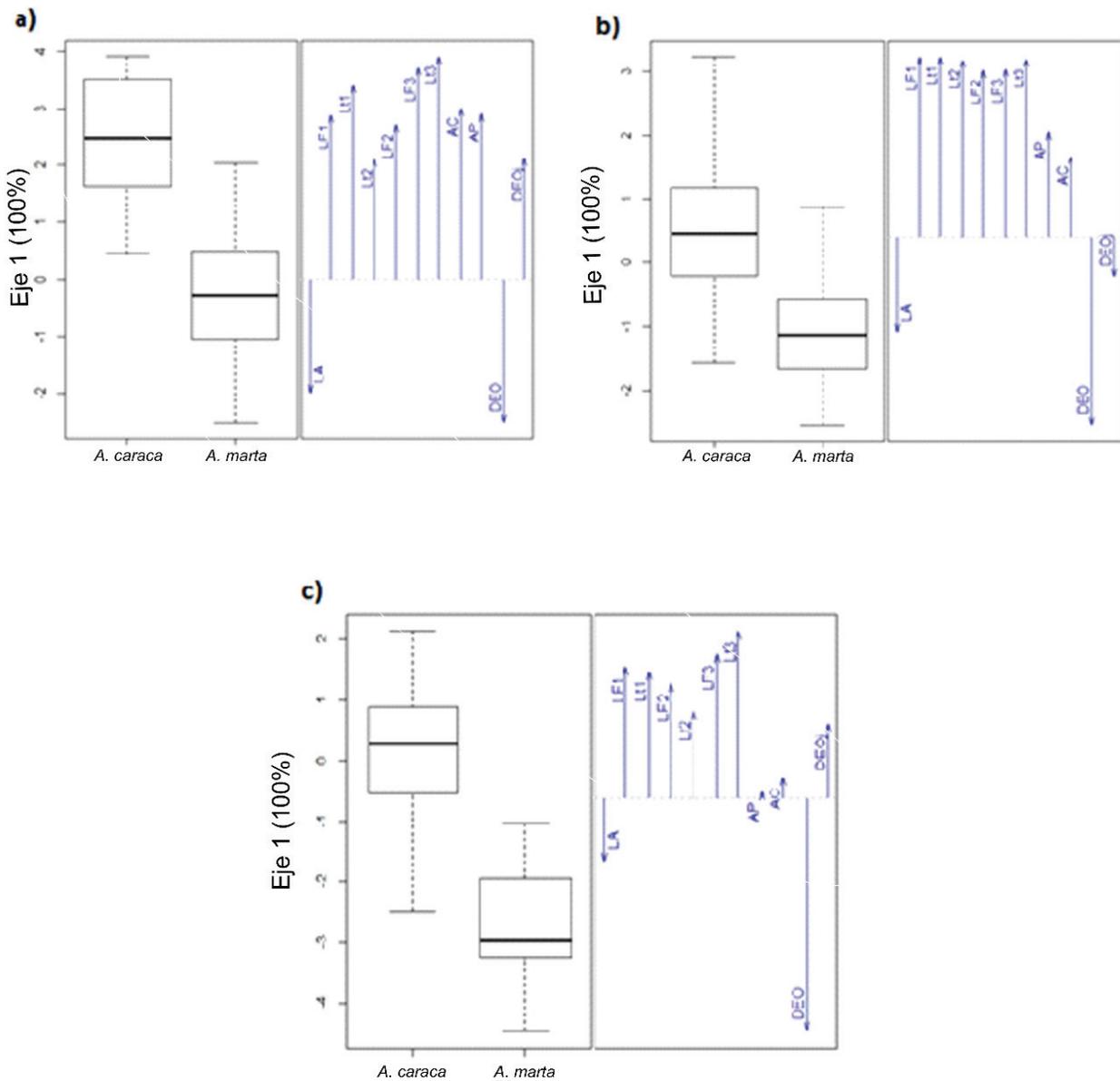
con tallas entre 3 y 6,9 mm las variables morfométricas (DEOJ, AP, AC, LA, LF1, Lt1, LF2, Lt2, LF3, Lt3) tuvieron un 91.6% de coincidencias; para las tallas entre 7 y 9 mm, hubo un 78.6% de casos correctamente identificados para las mismas variables; en las tallas entre 9 y 14 mm las concurrencias de las variables DEO y Lt3 fueron del 94.7%.

Los modelos potencial y exponencial, usados para estimar la biomasa de ambas especies de *Anacroneuria*, tuvieron alta significancia estadística ($p < 0.001$). La función que mejor se ajustó a la relación entre las variables, tanto de la LT y como del AC con el peso seco,

fue la potencial (Tabla 2). Las dos variables fueron buenas predictoras para estimar la biomasa de *A. marta* y *A. caraca*. En consecuencia, la siguiente ecuación, correspondiente al modelo potencial, puede utilizarse para hallar el peso seco de estos organismos a partir de las dimensiones corporales:

$$y = e^{\ln(a)+b*\ln(x)}(1)$$

Dónde: “a” y “b” son constantes, “y” es el peso seco y “x” es la longitud total o el ancho de cabeza.



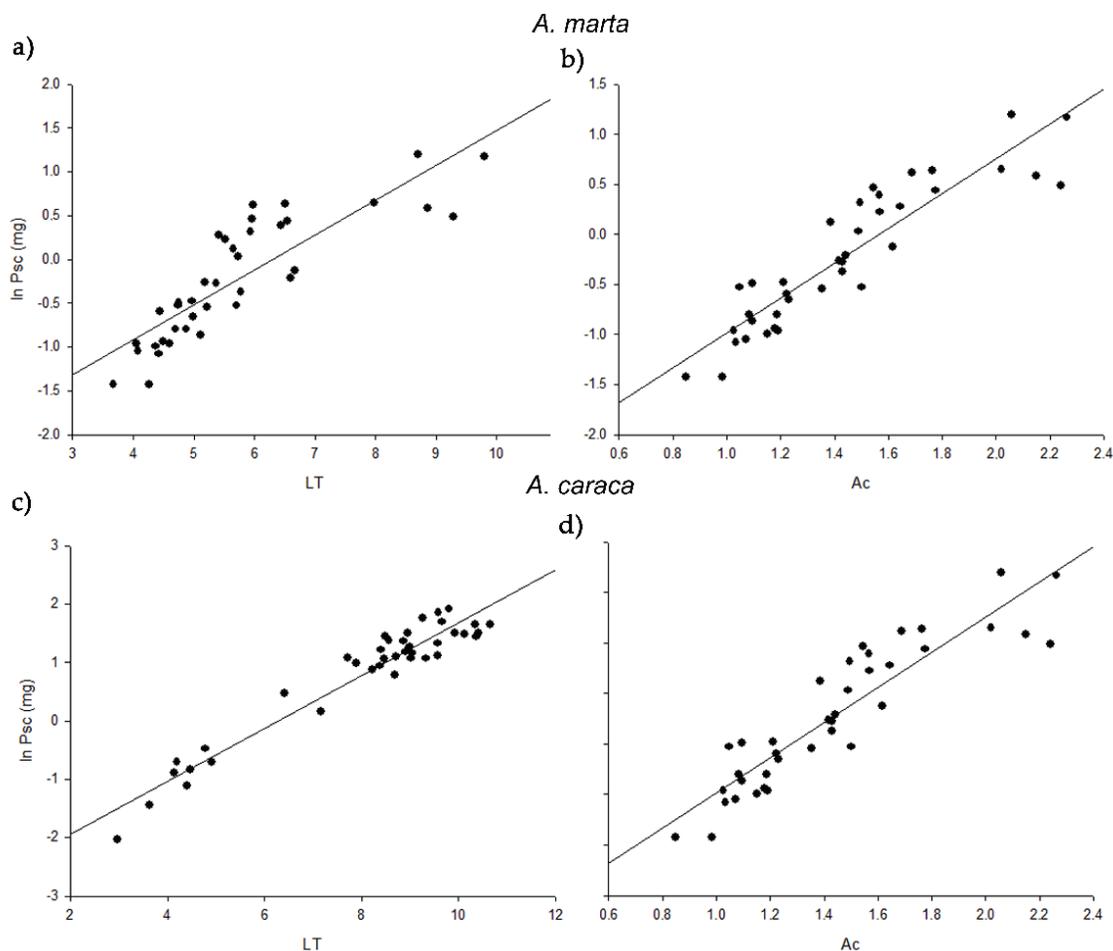
Figuras 1a-c. Análisis discriminante de *Anacroneuria marta* y *Anacroneuria caraca* en tres clases de tallas. a) Clase de talla 1 (3 a 6.9 mm), con un 91.57% de casos correctamente identificados, N= 178; b) Clase de talla 2 (7 a 9 mm), con un 78.57% de casos correctamente identificados, N= 112; c) Clase de talla 3 (9 a 14 mm), con un 93.67% de casos correctamente identificados N=79.

Tabla 1. Clases de tamaño, promedio, desviación estándar (DE) y coeficiente de variación [CV en %] para las dimensiones del cuerpo de ninfas de *Anacroneuria marta* y *Anacroneuria caraca* del Río Gaira.

Atributos del cuerpo	Intervalos de Clases	Promedio	DE	% CV
<i>A. marta:</i>				
Longitud total (mm)	3,67 - 9,79	5,737	1,476	25,736
Ancho de la cabeza (mm)	0,84 - 2,41	1,432	0,360	25,168
Peso seco (mg)	0,24 - 5,09	1,113	0,989	88,829
<i>A. caraca:</i>				
Longitud total (mm)	2,8 - 10,65	8,051	1,973	3,081
Ancho de la cabeza (mm)	0,75 - 2,63	2,148	0,505	1,797
Peso seco (mg)	0,13 - 6,81	3,081	1,797	58,341

A pesar de que todas las relaciones entre las dimensiones corporales y la biomasa fueron altamente significativas, el mejor ajuste en *A. marta* fue para el AC y en *A. caraca* fue para la LT. Estas funciones explicaron el 86% y el 95% de la variación en la biomasa de cada especie, respectivamente (Tabla 2). El coeficiente de variación (CV) del

peso seco para ambas especies fue alto (*A. marta*: 88.82%; *A. caraca*: 58.34%). Los CV de la LT y del AC fueron menores para *A. caraca* (Tabla 1). La Figura 2 muestra el ajuste de la regresión lineal entre las dimensiones corporales y el peso seco en las dos especies.



Figuras 2a-d. Regresiones entre dimensiones del cuerpo (mm) y el peso seco (mg) en escala logarítmica, de ninfas de *Anacromeuria* del río Gaira. a-b) *Anacroneuria marta*; c-d) *Anacroneuria caraca*. Longitud Total (LT). Ancho de la cabeza (AC). Peso seco (Psc).

DISCUSIÓN

En este trabajo se pudieron diferenciar dos especies del género *Anacroneturia* usando medidas morfométricas de varias partes del cuerpo. De ellas, *A. caraca* tuvo una talla promedio mayor que *A. marta*. Las medidas corporales estuvieron consistentemente relacionadas con los pesos secos promedio de cada especie. Además, se presentan por primera vez para Colombia ecuaciones para estimar la biomasa (en forma de pesos seco) a partir de las métricas de la LT y del AC en las dos especies de plecópteros estudiadas.

En nuestro trabajo, la constante “b” en los modelos potenciales para ambas especies fue cercana a tres, lo cual indica que para las especies de *Anacroneturia* del río Gaira, la biomasa depende más del volumen del cuerpo que del área corporal. Esto coincide con los resultados de Cressa (1999), quien encontró que en varios grupos de insectos acuáticos el valor de la constante “b” en los modelos potenciales tiende siempre al valor tres. Engelmann (1961) propuso con anterioridad la influencia del volumen en los insectos provoca valores de “b” próximos a este mismo valor. Este patrón ha sido comprobado ampliamente en estudios donde las variables morfológicas se explican perfectamente cuando la pendiente “b” en el modelo potencial tiene este valor. (Becker *et al.*, 2009; Miserendino, 2001; Stoffels *et al.*, 2003; Giustini *et al.*, 2008).

Los estudios de relación talla-peso en otros taxones de invertebrados acuáticos continentales, como los Trichoptera, han permitido definir que el modelo potencial es el que mejor predice dichas relaciones y que la LT es la mejor métrica para estimar la biomasa (Becker *et al.*, 2009; Brito *et al.*, 2015). Johnston & Cunjak (1999) argumentan que la longitud total del cuerpo en los estados larvales y ninfales de los insectos acuáticos hemimetábolos es una buena medida del crecimiento, porque el cuerpo no se ha esclerotizado y los individuos pueden seguir creciendo en cada muda. Sin embargo, en otros estudios, como el de Cressa (1999), en el que se estimó el peso seco de las especies de una comunidad bentónica en un río tropical de Venezuela, se ha optado por

estimar la masa de los individuos a través del ancho de la cabeza, debido precisamente a que, al ser una estructura esclerotizada, tiende a estar menos afectada por la manipulación de las muestras. Este último autor encontró que los ajustes de correlación basados en la LT y en el AC fueron altos en todos los taxones, incluyendo al género *Anacroneturia*. Dicho resultado concuerda con lo determinado en este estudio, en el que ambas medidas corporales (LT y AC) fueron buenos predictores del peso seco en las dos especies de *Anacroneturia*.

En el presente estudio se tuvieron en cuenta individuos de todas las tallas (pequeñas a grandes), lo cual permitió aproximarse con mayor certeza al crecimiento corporal de *A. marta* y *A. caraca*. La amplitud de tallas también otorga una alta validez a los resultados obtenidos, ya que las funciones son productos de un amplio intervalo de distribución de las tallas de dichas especies. Es importante tener en cuenta que se han documentado variaciones estacionales en las relaciones talla-peso en algunas especies de plecópteros del Japón (Genkai-Kato & Miyasaka, 2007), posiblemente porque los ríos de esa región están sometidos a cambios estacionales de temperatura muy marcados. Sin embargo, para el caso del río Gaira su condición tropical implica temperaturas menos variables entre épocas climáticas (16.7 - 19.5°C) (Tamaris-Turizo, 2009), de manera que con cualquiera de los modelos exponenciales o potenciales expuestos en nuestro estudio se puede estimar la biomasa de las especies consideradas, dado que el ajuste fue mayor al 75%. Es posible entonces utilizar una o las dos medidas del cuerpo (AC, LT); no obstante, sugerimos que la estimación de la biomasa en estas especies se haga con los modelos potenciales, que tuvieron en general un mejor ajuste. Por otra parte, utilizar el AC tiene la ventaja de que no se requiere disponer de los ejemplares completos, lo cual permite incluir en las estimaciones organismos fragmentados o maltratados (Benke *et al.*, 1999). De esta manera, las ecuaciones obtenidas permitirán hacer acercamientos más rápidos y confiables a las biomásas de estos plecópteros en ríos de la Sierra Nevada de Santa Marta, en comparación con las formulaciones disponibles en la literatura de otras regiones latitudinales del mundo.

Tabla 2. Parámetros de los modelos potencial y exponencial para la relación entre el ancho de la cabeza (AC), la longitud total del cuerpo (LT) y el peso seco (Psc) de *Anacroneturia marta* y *Anacroneturia caraca* del río Gaira.

Modelo	Conversión	a	b	r ²
<i>A. marta:</i>				
Exponencial $y = e^{\ln(a)+bx}$	LT→Psc	-2,699	0,435	0,76
	Ac→Psc	-2,848	1,833	0,84
Potencial $y = e^{\ln(a)+b \cdot \ln(x)}$	LT→Psc	-4,956	2,767	0,81
	Ac→Psc	-1,110	2,673	0,86
<i>A. caraca:</i>				
Exponencial $y = e^{\ln(a)+bx}$	LT→Psc	-2,844	0,453	0,93
	Ac→Psc	-2,980	1,915	0,92
Potencial $y = e^{\ln(a)+b \cdot \ln(x)}$	LT→Psc	-5,195	2,939	0,95
	Ac→Psc	-1,155	3,063	0,94

a y b son constantes; N= 40 para *A. caraca* y N= 39 para *A. marta*.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestro equipo de investigación por ayudarnos en esta labor. Agradecemos también al Grupo de Investigación en Biodiversidad y Ecología Aplicada (GIBEA), al Grupo de investigación Ecología Neotropical (GIEN) y al grupo Biodiversidad, Biotecnología y Conservación de Ecosistemas del departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia, por brindarnos el espacio para el procesamiento de las muestras.

REFERENCIAS

- BARRAGÁN, M. F., C. E. TAMARIS-TURIZO & G. A. RUA. 2016. Comunidades de insectos acuáticos de los tres flancos de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Biota Colombiana* 17 (2): 47-61. DOI:10.21068/c2016.v17n02a05
- BENKE, A. C. 1996. Secondary production of macroinvertebrates. In: Hauser, F. R. & G. A. Lamberti (eds.). *Methods in Stream Ecology*. Academic Press, New York, USA, pp. 691-710.
- BENKE, A. C., A. D. HURYN, L. A. SMOCK & J. B. WALLACE. 1999. Length-mass relationships for freshwater macroinvertebrates in North America with particular reference to the southeastern United States. *Journal of the North American Benthological Society* 18 (3): 308-343. DOI:10.2307/1468447
- BECKER, B., M. S. MORETTI & M. CALLISTO. 2009. Length-dry mass relationships for a typical shredder in Brazilian streams (Trichoptera: Calamoceratidae). *Aquatic Insects* 31 (3): 227-234. DOI:10.1080/01650420902787549
- BURGHERR, P. & E. I. MEYER. 1997. Regression analysis of linear body dimensions vs. dry mass in stream macroinvertebrates. *Archiv für Hydrobiologie* 139: 101-112.
- BRITO, J., R. MARTINS, K. M. SOARES & N. HAMADA. 2015. Biomass estimation of *Triplectide seglei* Sattler (Trichoptera, Leptoceridae) in a stream at Ducke Reserve, Central Amazonia. *Revista Brasileira de Entomologia* 59: 332-336. DOI:10.1016/j.rbe.2015.09.003
- GRESSA, C. 1986. Estimaciones de peso seco en función de la longitud cefálica y clases de tamaño en *Campsurus* sp. (Ephemeroptera, Polymitarcidae). *Acta Científica Venezolana* 37: 170-173.
- GRESSA, C. 1999. Dry mass estimates of some tropical aquatic insects. *Revista de Biología Tropical* 47: 133-141.
- ENGELMANN, M. D. 1961. The Role of Soil Arthropods in the Energetics of an Old Field Community. *Ecological Monographs* 31(3): 221-238. DOI:10.2307/1948553
- GAMBOA, M. & J. ARRIVILLAGA. 2010. Análisis morfométrico de cuatro especies simpátricas del género *Anacroneria* (Plecoptera: Perlidae). *Limnetica* 29: 247-256.
- GENKAI-KATO, M. & H. MIYASAKA. 2007. Length-weight relationship of four predatory stonefly species in Japan. *Limnology* 8: 171-174. DOI:10.1007/s10201-007-0210-8
- GIUSTINI, M., F. P. MICCOLI, G. DE LUCA & B. CICOLANI. 2008. Length-weight relationships for some Plecoptera and Ephemeroptera from a carbonate stream in central Apennine (Italy). *Hydrobiologia* 605: 183-191. DOI:10.1007/s10750-008-9353-9
- GRANADOS-MARTÍNEZ, C. E., B. ZÚÑIGA-CÉSPEDES & J. ACUÑA-VARGAS. 2016. Diets and trophic guilds of aquatic insects in Molino River, La Guajira, Colombia. *Journal of Limnology* 75 (s1): 144-150. DOI:10.4081/jlimnol.2016.1396
- GUALDONI, C., P. W. FRENCH & A. M. OBERTO. 2013. Relaciones longitud-biomasa en macroinvertebrados bentónicos de un arroyo serrano del sur de Córdoba, Argentina. *Ecología Austral* 23: 194-201.
- GUISANDE, C., A. VAAMONDE & A. BARREIRO. 2014. Programa estadístico StatR - RWizard versión Beta 1.0. Universidad de Vigo. España.
- HYNES, H. B. 1976. Biology of Plecoptera. *Annual Review of Entomology* 21:135-153. DOI:10.1146/annurev.en.21.010176.001031
- JOHNSTON, T. A. & R. A. CUNJAK. 1999. Dry mass-length relationships for benthic insects: a review with new data from Catamaran Brook, New Brunswick, Canada. *Freshwater Biology* 41: 653-674. DOI:10.1046/j.1365-2427.1999.00400.X
- LÓPEZ, C., A. CORONA, M. ARAUJO & J. E. RINCÓN. 1996. Relaciones entre parámetros biométricos y peso seco en insectos acuáticos depredadores de Venezuela. *Revista de Biología Tropical* 45/46: 641-643.
- MARTINS, R. T., A. S. MELO, J. F. GONÇALVES JR & N. HAMADA. 2014. Estimation of dry mass of caddisflies *Phyllo icuselektoros* (Trichoptera: Calamoceratidae) in a Central Amazon stream. *Zoología (Curitiba)* 31(4): 337-342. DOI:10.1590/S1984-46702014000400005
- MERRITT, R. W., K. W. CUMMINS & M. B. BERG. 2008. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3rd ed. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, USA, pp. 1158.
- MISERENDINO, M. L. 2001. Length-mass relationship for macroinvertebrates in freshwater environments of Paragonia (Argentina). *Ecología Austral* 11: 3-8.
- MUÑOZ, I., A. RODRIGUES-CAPITULO, A. CAMACHO, J. M. GONZÁLEZ, A. M. ROMANÍ & S. SABATER. 2009. Flujo de energía en el ecosistema fluvial. Producción primaria y producción secundaria. In: Elosegi A. & S. Sabater (eds.). *Conceptos y técnicas de ecología fluvial*. Fundación BBVA, Bilbao, España, pp. 323-346.
- RIVERA-USME, J., G. PINILLA-AGUDELO, D. L. CAMACHO-PINZÓN, M. I. CASTRO-REBOLLEDO & J. O. RANGEL-CHURIO. 2014. Relaciones entre el peso seco y la longitud total de los géneros de invertebrados acuáticos *Helobdella* (Hirudinea: Glossiphoniidae) y *Asellus* (Crustacea: Asellidae) de un humedal andino de Colombia. *Actualidades Biológicas* 36: 39-45. DOI:10.13140/2.1.2118.2085
- RODRÍGUEZ-BARRIOS, J., R. OSPINA-TORRES & R. TURIZO-CORREA. 2011. Grupos funcionales alimentarios de macroinvertebrados acuáticos en el río Gaira, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 59(4): 1537-1552. DOI:10.15517/rbt.v59i4.3418
- SABO, J. L., J. L. BASTOW & M. E. POWER. 2002. Length-mass relationship for adult aquatic and terrestrial invertebrates in a California watershed. *Journal of the North American Benthological Society* 21(1): 336-343. DOI:10.2307/1468420

- SMOCK, L. A. 1980. Relationships between body size and biomass of aquatic insects. *Freshwater Biology* 10: 375-383. DOI:10.1111/j.1365-2427.1980.tb01211.x
- STARK, B. 1995. New species and records of *Anacroneuria* (Klapálek) from Venezuela. *Spixiana* 18(3): 211-249.
- STARK, B. P., C. FROELICH & M. DEL C. ZÚÑIGA. 2009. South American Stoneflies (Plecoptera). In: JJ. Adis, R., J. R. Arias, S. Golovatch, K. M. Wantzen & G. Rueda-Delgado (eds.). *Aquatic Biodiversity of Latin American-ABLA*. Sofia-Moscow: Pensoft, pp. 154.
- STOFFELS, R. J., S. KARBE & R. A. PATERSON. 2003. Length mass models for some common New Zealand littoral benthic macroinvertebrates, with a note on within taxon variability in parameter values among published models. *Journal of Marine and Freshwater Research* 37(2): 449-460. DOI:10.1080/00288330.2003.9517179
- TAMARIS-TURIZO, C. E., R. R. TURIZO & M. DEL C. ZÚÑIGA. 2007. Distribución espacio-temporal y hábitos alimentarios de ninfas de *Anacroneuria* (Insecta: Plecoptera: Perlidae) en el río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia). *Caldasia* 29(2): 375-385. DOI:10.15446/caldasia
- TAMARIS-TURIZO, C. E. 2009. Transporte de materia orgánica y deriva de macroinvertebrados acuáticos a lo largo de un río tropical. Tesis de Maestría, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia. 72 p.
- TIERNO DE FIGUEROA, J. M. & M. J. LÓPEZ-RODRÍGUEZ. 2015. Clase Insecta, Orden Plecoptera. *Revista Ibero Diversidad Entomológica* 43: 1-14.
- ZÚÑIGA, M. DEL C. & B. STARK. 2002. New species and records of Colombian *Anacroneuria* (Insecta, Plecoptera, Perlidae). *Spixiana* 25(3): 209-224.
- ZÚÑIGA, M. DEL C., B. P. STARK, W. CARDONA, C. TAMARIS-TURIZO & O. E. ORTEGA. 2007. Additions to the Colombian *Anacroneuria* fauna (Plecoptera: Perlidae) with descriptions of seven new species. *Illiesia* 3(13): 127-149.
- ZÚÑIGA, M. DEL C. 2010. Diversidad, distribución y ecología del Orden Plecoptera (Insecta) en Colombia, con énfasis en *Anacroneuria* (Perlidae). *Momentos de Ciencia* 7(2): 101-112.