

PRODUCCIÓN SECUNDARIA DE DOS ESPECIES DE *ANACRONEURIA* (PERLIDAE) EN UN RÍO NEOTROPICAL

Secondary production of two species of *Anacroneuria* (Perlidae) in a neotropical river

Yesely HURTADO-BORRERO^{1a} , Cesar E. TAMARIS-TURIZO^{1b*} .

¹ Universidad del Magdalena, Grupo de investigación en Biodiversidad y Ecología Aplicada, Carrera 32 No. 22-08, Santa Marta, Colombia, ctamaris@unimagdalena.edu.co.

* For correspondence: ctamaris@unimagdalena.edu.co.

Received: 28th September 2022. Returned for revision: 13th February 2023. Accepted: 14th March 2023.

Associate Editor: Lucimar Dias

Citation/ citar este artículo como: Hurtado-Borrero, Y., y Tamaris-Turizo, C.E. (2023). Producción secundaria de dos especies de *Anacroneuria* (Perlidae) en un río neotropical. *Acta Biol Colomb*, 28(2), 263-270. <https://doi.org/10.15446/abc.v28n2.103987>

RESUMEN

La producción secundaria de insectos acuáticos es un tema de gran relevancia y poco estudiado, que permite entender la variación de la biomasa de organismos consumidores. Los plecópteros son uno de los grupos de insectos acuáticos más abundantes y ampliamente usados como modelo en este campo. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar la producción secundaria de dos especies de plecópteros (*Anacroneuria marta* y *A. caraca*), dominantes en el tramo medio del río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia). Se realizó un muestreo cada 20 días durante un año (14 muestreos en total) en microhabitats de grava en corriente lenta y de grava en corriente rápida. La identificación de las ninfas se realizó con base en su morfología y descripciones disponibles en la bibliografía. La producción secundaria se estimó a través del método de frecuencias de tallas para cohortes no reconocidas. La biomasa anual de *A. marta* fue similar a la de *A. caraca* ($B = 457,41$ y $B = 432,28$ mg/m², respectivamente). La producción anual de *A. caraca* (4,198 g/m²/a) fue mucho mayor que la de *A. marta* (2,582 g/m²/a). No obstante, la producción anual por biomasa (P/B) fue mayor para *A. marta* con 9,71 a⁻¹ y menor para *A. caraca* con 5,65 a⁻¹. La producción de ambas especies fue alta en comparación con otros estudios realizados en la región neotropical. Estos resultados evidenciaron que las especies son multivoltinas y que no hay un patrón de crecimiento estacional moderado por las precipitaciones.

Palabras clave: insectos acuáticos, frecuencia de tallas, plecópteros, voltinismo

ABSTRACT

Secondary production in aquatic insects is a theme of great relevance and insufficiently studied. This topic allows an understanding of the rate variability of biomass by consumers in lotic systems. Plecoptera are one of the most abundant and widely used groups of aquatic insects used in this field. Therefore, the objective of this work was to determine the secondary production of the two dominant species of stoneflies (*Anacroneuria marta* and *A. caraca*) in the middle section of the Gaira River (Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia). Sampling was carried out every 20 days during a year (14 samplings in total), in the gravel microhabitats in slow current and fast current. The identification of the nymphs was made based on morphological characters and descriptions available in the bibliography. Secondary production was estimated using the length frequency method for unrecognized cohorts. The annual biomass of *A. marta* was similar to *A. caraca* ($B = 457.41$ and $B = 432.28$ mg/m², respectively). The annual production of *A. caraca* (4.198 g/m²/a) was greater than *A. marta* (2.582 g/m²/a). However, the annual production per biomass ratio P/B was 9.71 a⁻¹ for *A. marta* and 5.65 for a⁻¹ *A. caraca*. The production of both species was high compared to other studies done in the neotropical region. These results demonstrated that the species are multivoltine and that there is no seasonal growth pattern moderated by rainfall.

Keywords: aquatic insects, size frequency, stoneflies, voltinism.

INTRODUCCIÓN

Plecoptera, es un grupo de insectos acuáticos con gran relevancia por su alta abundancia, diversidad y su amplio uso como indicadores de calidad de agua en sistemas fluviales (Bueñaño et al., 2018; Gutiérrez-Fonseca, 2010; Sierra-Labastidas et al., 2017). En las últimas décadas, la mayor parte de los estudios realizados en este orden, se han enfocado en aspectos taxonómicos y de distribución (Shinitshenkova, 1997; Stewart y Stark, 2002; Vera y Camousseight, 2006; Vinçon et al., 2014), mientras que los trabajos ecológicos no se han realizado con la misma intensidad y existe un vacío en estudios sobre aspectos autoecológicos (Giacometti y Bersosa, 2006; Váquiro-Capera et al., 2020; Zúñiga, 2010).

Los plecópteros juegan un papel importante en el flujo de energía y reaprovechamiento de los nutrientes que son exportados al sistema terrestre y a otros niveles tróficos (Gutiérrez-Fonseca, 2010; Tamaris-Turizo, Pinilla-A et al., 2020). Una forma para evaluar dichos flujos y dinámica poblacional es a través de la producción secundaria, que estima la cantidad de biomasa generada por organismos heterótrofos por unidad de tiempo (Benke, 1993). Además, permite identificar el estado de una población, puesto que integra atributos de la estructura, densidad, biomasa, tasa de crecimiento individual, reproducción, supervivencia y tiempo de desarrollo de una especie (Benke, 1993; Dolédec y Statzner, 2010).

A nivel mundial, la mayor parte de los estudios de producción secundaria en plecópteros se han realizado en Europa y Estados Unidos (Benke et al., 1984; Benke y Huryn, 2011; Beracko et al., 2016; Bo et al., 2013; Bottová et al., 2013; Cummins et al., 2008; López-Rodríguez et al., 2009; Tierno de Figueroa et al., 2003). En las montañas del sur de los Apalaches, EE. UU, se comparó la producción de *Tallaperla maria* (Needham y Smith, 1916) en dos corrientes contrastantes, a través del método de frecuencias de tallas, encontrando que a pesar de que la densidad fue diferente en ambas corrientes, no hubo diferencia significativa en la producción entre las corrientes (O'hop et al., 1984). Recientemente, Al-Zanka et al. (2020) encontraron que la producción secundaria puede ser un indicador útil para medir el éxito de la rehabilitación de corrientes en Reino Unido. A pesar de esto, en el Neotrópico son pocos los estudios realizados sobre este tema (Jacobsen et al., 2008; Dos Santos Lima y Pamplin, 2016).

En Colombia, Sierra-Labastidas et al. (2017) evaluó la dinámica de la biomasa de ninfas de *Anacroneuria* en el río Gaira, durante 4 meses y Bohórquez et al. (2011) estudió la distribución estacional de morfoespecies de *Anacroneuria* en un río tropical andino, basado en la dinámica de la frecuencia de tallas, encontrando que las mayores abundancias se presentan en las etapas larvales juveniles (longitud total < 12 mm) durante la época seca.

Los estudios sobre producción secundaria en los plecópteros, son trascendentales debido a que suministran información cuantitativa del papel que cumplen estos organismos en los ecosistemas dulceacuícolas mediante la integración de aspectos de su historia de vida (Benke et al., 1984; Downing y Rigler, 1984), permiten entender la dinámica poblacional de los plecópteros en corrientes neotropicales y contribuyen al entendimiento de los flujo de energía. Por ello, el presente trabajo tuvo como objetivo estimar la producción secundaria de dos especies dominantes de plecópteros en la parte media de un río neotropical de montaña (río Gaira): *Anacroneuria marta* Zúñiga y Stark, 2002 y *Anacroneuria caraca* Stark, 1995.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La cuenca del río Gaira se localiza en el flanco noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), con un área de recogida aproximada de 105 km² y una longitud del cauce principal de 32 km² (Tamaris-Turizo, Pinilla-A et al., 2020). Los muestreos se realizaron en el corregimiento de Minca, parte media del río, en un tramo de 100 m aproximadamente, entre los 11°07'44.2" N y los 74°05'35.8" W, a 900 m de altitud (Fig. 1). La zona de muestreo se encuentra rodeada de plantaciones de café, sin casas cercanas y con vegetación ribereña que se extiende entre los 70 a 100 m en el margen del río (Tamaris-Turizo, Arrieta et al., 2020). El clima es húmedo, con una precipitación promedio anual de 2249 mm y la temperatura promedio ambiental es de 21,5 °C y (Tamaris-Turizo, Arrieta et al., 2020). La temperatura promedio del agua es de 18,9 °C, el oxígeno disuelto de 7,68 mg/L⁻¹ y el pH promedio de 7,48 (Oliveros-Villanueva et al., 2020). Además, el río presenta un caudal que varía entre 0,41 y 0,88 m³/s⁻¹, una profundidad promedio de 0,35m, que se caracteriza por poseer una alta heterogeneidad de microhábitats como rocas, gravillas y hojarasca, siendo un ambiente propicio para el establecimiento de una gran variedad de organismos acuáticos (Tamaris-Turizo et al., 2013).

Recolecta e identificación de organismos

Los organismos de *Anacroneuria* utilizados en el estudio corresponden al estado de ninfa. Los muestreos se realizaron cada 20 días durante un año (14 muestreos en total), desde julio de 2014 hasta junio de 2015. La recolecta de los organismos se realizó con una red Surber de 0,09 m² área y 250 μm de poro de malla, en los microhábitats de grava en corriente lenta (GCL) y grava en corriente rápida (GCR) (Benke y Huryn, 2011). En cada microhábitat se tomaron seis réplicas. Los organismos recolectados se separaron en campo y se preservaron en etanol al 96%. Dado que las ninfas de

Anacroneuria son difíciles de identificar a nivel de especie por la falta de estudios que asocien las ninfas con los estadios adultos de especies reconocidas, se procedió a separarlas por morfoespecies, basados en la coloración y las manchas del pronoto, y cabeza, la disposición de los tricomas en el fémur anterior derecho y los cercos (Sierra-Labastidas y Reyes, 2005; Tamaris-Turizo y Turizo, 2004). Además, se diseccionaron las ninfas preemergentes a las cuales se le extrajo la genitalia para compararlas con las descripciones de Zúñiga y Stark, (2002) y Stark, (1995).

Biomasa y producción secundaria

La biomasa de las dos especies se estimó aplicando el modelo potencial propuesto por Hurtado-Borrero, et al. (2020), para lo cual, se midió la longitud total (LT) de todos

los organismos recolectados. El cálculo de la producción secundaria se realizó utilizando el método de frecuencia-talla descrito por Hynes y Coleman (1968) y modificado por Benke (1979). El cual consiste en conocer el incremento de la biomasa en el tiempo, a través del crecimiento poblacional, el cual es valorado a mediante la variación de las tallas durante un año. La producción se calculó usando la siguiente ecuación:

$$P = k (i/\Sigma \Delta NW) \quad (1)$$

Donde, P = es la producción ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{a}$); i= es el número de clases de tallas; k= 6,5 es el intervalo de producción por cohorte (CPI); N= es la densidad (número de individuos / m^2) y W = es el peso (mg).

Tabla 1. Producción secundaria anual de dos especies del género *Anacroneuria* en el río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia). N: Número total de individuos; B: Biomasa P: Producción Secundaria.

Especie	Clase de talla	Masa individual (mg)	Densidad (Ind/ m^2)	Biomasa (mg/m^2)	No. Perdidos (Ind/ m^2)	Peso promedio (mg)	Biomasa total perdida (mg/m^2)	Factor de corrección (x13)
<i>A. marta</i>	≤1.2	0,35	11,11	3,85	-23,02	0,72	-16,56	-215,23
	(1.3>	1,09	34,13	37,26	6,35	1,49	9,48	123,29
	(1;8>	1,90	27,78	52,65	14,29	2,17	30,99	402,89
	(2.3>	2,44	13,49	32,97	-1,59	2,75	-4,37	-56,79
	(2;8>	3,06	15,08	46,16	-2,38	3,27	-7,79	-101,27
	(3.3>	3,48	17,46	60,81	2,38	3,65	8,68	112,87
	(3.8>	3,81	15,08	57,46	-2,38	3,98	-9,48	-123,24
	(4.3>	4,15	17,46	72,51	8,73	4,29	37,49	487,42
	(4.8>	4,44	8,73	38,73	1,59	4,59	7,28	94,69
	(5.3>	4,74	7,14	33,87	6,35	4,83	30,66	398,63
	(5.8>	4,92	0,79	3,90	0,00	5,04	0,00	0,00
	(6.3>	5,17	0,79	4,10	-1,59	5,34	-8,48	-110,28
	(6.8>	5,52	2,38	13,14	-6,35	5,52	-35,04	-455,50
	N = 216				B = 457,41	P = 2582,82		
<i>A. caraca</i>	≤1.2	0,34	8,73	3,01	-38,10	0,77	-29,26	-409,66
	(1.3>	1,19	46,83	55,80	-7,94	1,58	-12,58	-176,07
	(1;8>	1,98	54,76	108,29	27,78	2,35	65,26	913,71
	(2.3>	2,72	26,98	73,44	12,70	2,94	37,28	521,96
	(2;8>	3,15	14,29	45,01	7,14	3,38	24,11	337,59
	(3.3>	3,60	7,14	25,72	5,56	3,78	20,98	293,73
	(3.8>	3,95	1,59	6,27	1,59	1,98	3,14	43,91
	(4.3>	0,00	0,00	0,00	-3,17	2,35	-7,45	-104,28
	(4.8>	4,69	3,17	14,90	0,79	4,84	3,84	53,81
	(5.3>	4,99	2,38	11,89	-1,59	5,14	-8,15	-114,13
	(5.8>	5,28	3,97	20,94	-3,17	5,39	-17,11	-239,58
	(6.3>	5,50	7,14	39,31	5,56	5,57	30,95	433,25
	(6.8>	5,64	1,59	8,95	-1,59	5,77	-9,16	-128,24
	(7.3>	5,90	3,17	18,74	3,17	5,90	18,74	262,39
N = 229				B = 432,28	P = 4198,37			

Tabla 2. Valores de los parámetros de producción secundaria de *A. marta* y *A. caraca* en la parte media del río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia). P: producción, B: biomasa.

Especie	Densidad	Biomasa (mg/m ²)	P cohorte (mg/m ² /a)	P anual (mg/m ² /a)	P/B cohorte (a ⁻¹)	P/B anual (a ⁻¹)
<i>A. marta</i>	171,43	457,41	1399,03	2582,82	3,06	5,65
<i>A. caraca</i>	181,75	432,28	2274,12	4198,37	5,26	9,71

Para los cálculos de la producción por cohorte y la producción anual se usó el CPI de 6,5 registrado previamente para *A. bifasciata* Pictet, 1841 (Cressa, 2003).

Teniendo en cuenta la LT, las ninfas se clasificaron en catorce clases de tallas para *A. caracas* y trece tallas para *A. marta* con intervalos de 0,5 mm. Se consideraron tallas pequeñas a los organismos menores de 6,3 mm, medianas entre 6,4 y 8,3 mm y grandes mayores de 8,4 mm. El análisis de histograma del ciclo de vida de las ninfas basado en la frecuencia de las clases de tallas, se llevó a cabo en el programa FISATT II (Gayaniño et al., 2002).

RESULTADOS

Durante el estudio se recolectaron 216 ninfas de *A. marta* y 229 de *A. caraca*. Se registraron trece clases de tallas para *A. marta* y catorce para *A. caraca* (Tabla 1). Para *A. marta* las tallas menores a 4 mm presentaron la mayor frecuencia entre enero y mayo, y los organismos con tallas mayores a 9 mm, dominaron en julio, septiembre, octubre,

noviembre de 2014, enero, y febrero de 2015 (Fig. 2a). Las tallas más abundantes estuvieron entre las clases 4,8 y 6,7 mm y la menos abundantes para las ninfas > 8,8 mm (Fig. 2a). En *A. caraca*, las tallas pequeñas fueron las más abundantes e incrementaron su frecuencia desde finales de enero hasta junio de 2015; mientras que las tallas más grandes (> 8,4 mm) estuvieron presentes desde julio hasta octubre de 2014 (Fig. 2b). Ninguna de las especies mostró un patrón claro de crecimiento, dado que las tres clases de tallas estuvieron presentes durante la mayoría de los muestreos (Fig.2).

Biomasa y producción secundaria

A pesar de que la biomasa anual de *A. marta*, fue mayor que la de *A. caraca* (B= 457,41 y B= 432,28 mg/m², respectivamente), esta última obtuvo mayores valores en la producción por cohorte anual y en la relación producción / biomasa (P/B) anual (Tabla 2).

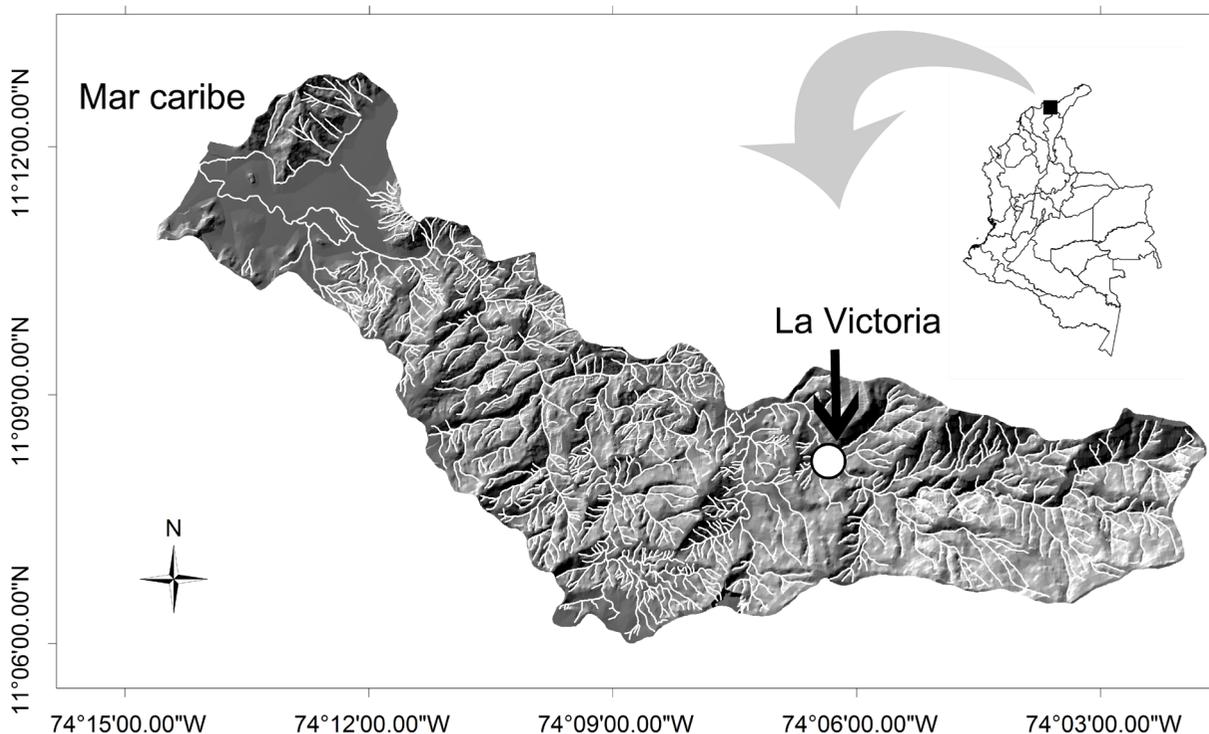


Figura. 1. Red de drenaje del río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia), El punto blanco indica el sitio de muestreo denominado como La Victoria. Fuente: elaboración propia.

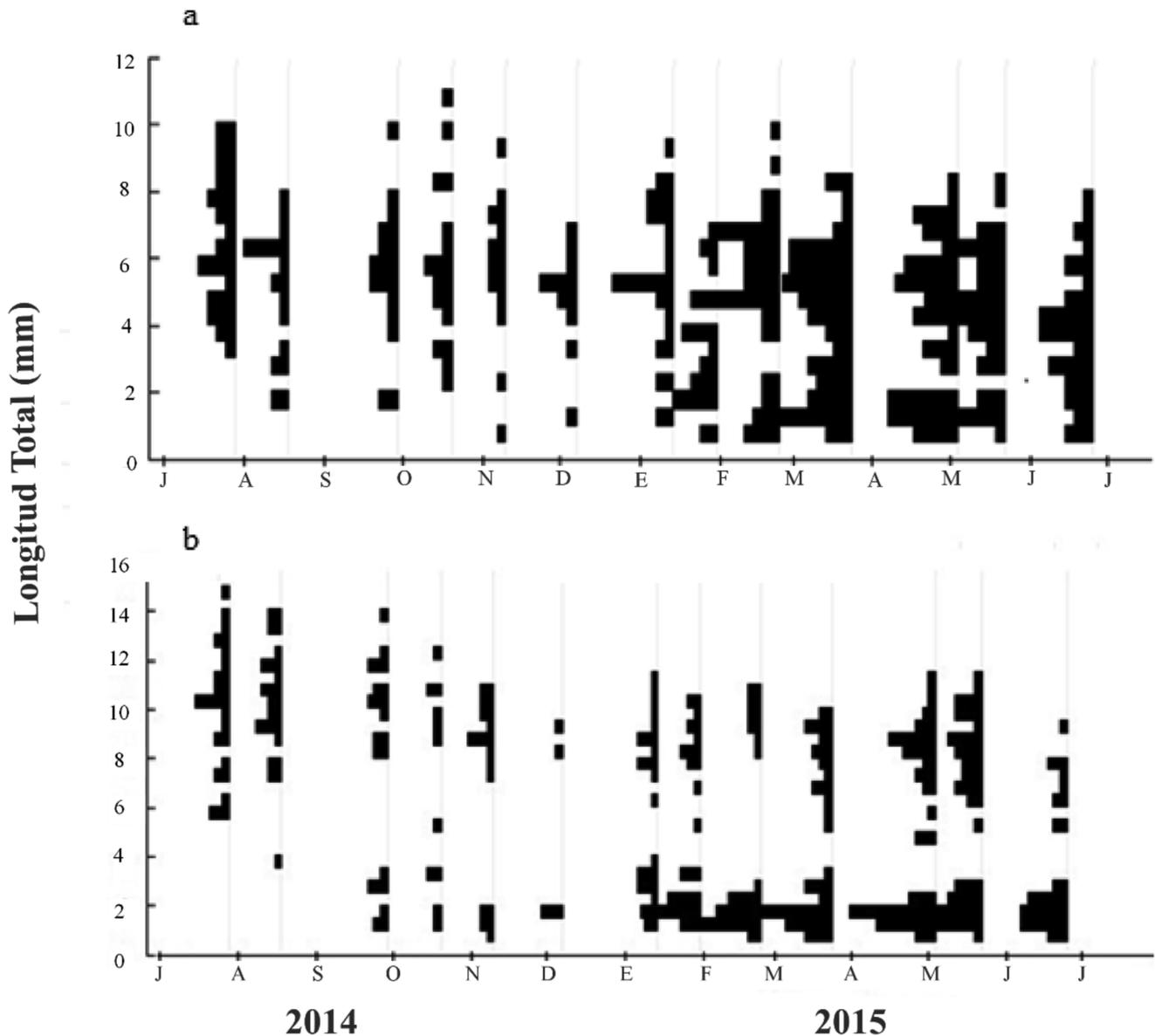


Figura 2. Frecuencia de talla de las dos especies del género *Anacroneuria* durante un año en la parte media del río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia). a. *A. marta*, b. *A. caraca*.

DISCUSIÓN

La alta frecuencia de tallas pequeñas menores de 6,4 mm durante la mayoría de los muestreos en las dos especies evidencia las dos especies que se reproducen en varias oportunidades durante el año, con una aparición de los primeros estadios desde noviembre hasta julio en *A. marta* y desde octubre hasta junio en *A. caraca*. Esto refleja que las ninfas son multivoltinas, no exhibieron ningún patrón de crecimiento y no existe una alternancia de generaciones. Esta tendencia similar fue observada por (Sierra-Labastidas et al., 2017) en especies no reconocidas de *Anacroneuria* en el río Gaira (SNSM), por lo que este trabajo puede ser considerado como un complemento de dicho estudio.

Las tallas más grandes para *A. marta* aparecieron en los meses de septiembre y octubre, lo cual puede indicar que las ninfas están cercanas a emerger. Mientras que en *A. caraca* se observaron desde julio hasta octubre, coincidiendo con lo registrado por Ballesteros (2004), en Río Frío (Valle del Cauca, Colombia) en poblaciones de la misma especie. No se encontró evidencia de que los patrones de emergencia para el género *Anacroneuria*, estuviera relacionado con la estacionalidad, dado que la emergencia ocurre durante todo año, pero mostraron relación con los periodos de lluvias o la transición entre éstos y la época seca (Tamaris-Turizo et al., 2007; Zúñiga, 2010).

En una corriente ubicada en un páramo en el centro de Ecuador, estudiaron una especie no reconocida de

Anacroneuria, donde la mayor frecuencia de organismos se presentó en las clases de tallas pequeñas (Turcotte y Harper, 1982); a diferencia de nuestro estudio, estos autores observaron un lento crecimiento, debido a la baja temperatura, toda vez que las especies de insectos acuáticos en ambientes tropicales tienen un rápido desarrollo y ciclos multivoltinos (Bishop, 1973; Molina y Puliafico, 2016). En otro páramo del norte de Ecuador, para el tricóptero *Anomalocosmoecus illiesi* Marlier, 1962, se observó una producción alta (3771,47 g/m²/a) y cohortes no reconocibles durante el año (Rios-Touma et al., 2022).

El efemeróptero *Campsurus violaceus* Needham y Murphy, 1924, presentó una alta biomasa de 3,350 g/m² y producción secundaria de 16,48 g/m²/a en el río Baía (Brasil) (Takeda y Grzybkowska, 1997), lo que demuestra que algunas familias de efemerópteros también tienen alta importancia en los flujos de energía dentro de los ensamblajes de insectos acuáticos. En Costa Rica, Ramírez y Pringle (1998) estimaron por primera vez la producción secundaria en un ensamblaje de insectos bentónicos en un arroyo Neotropical de la vertiente del Caribe, donde la producción fue baja comparadas con otros estudios de regiones subtropicales y templadas, por ejemplo: *Tricorythodes* (Ephemeroptera) fue el más productivo con 138,80 mg PSLC/m²/a (PSLC: peso seco libre de cenizas) y una relación P/B de 19,1 a⁻¹. Por su parte, en Los Estados Unidos de Norte América, se registró la producción anual de la familia Perlidae (> 2 g/m²/a) en un río subtropical en la llanura costera, donde el género *Anacroneuria* tuvo una producción baja de 0,18 g/m²/a y P/B de 11 a⁻¹ (Benke et al., 2001), toda vez que éste género no es abundante en las regiones templadas. Los resultados de los anteriores trabajos son muy inferiores a lo encontrado en el presente estudio (~6 g/m²/a), lo cual indica que estas poblaciones de *Anacroneuria* en el río Gaira presentan altas abundancias, tasas de crecimiento y baja ganancia de biomasa, tal como lo afirma Huryn y Wallace (2000).

En el río Camurí Grande (Venezuela), la producción secundaria de *Anacroneuria bifasciata*, Pictet, 1841, fue baja con respecto a la producción de otros órdenes del mismo río, siendo su producción de 94,5 mg/m²/a y una relación P/B de 6,6 a⁻¹ (Cressa, 2003). El autor lo atribuye a que las abundancias y densidades de esta especie fueron bajas en su estudio y que el papel que cumple dentro de una comunidad está en función de la tasa de recambio y no solo en la densidad. Sin embargo, en el río Gaira (Colombia), estimaron la producción para el género *Anacroneuria* con 3,54 mg/m²/122d y una relación P/B de 13d, expresado en peso seco libre de ceniza (Sierra-Labastidas y Reyes, 2005; Sierra-Labastidas et al., 2017). Estos resultados fueron similares y consistentes con lo encontrado en este estudio en cuanto a la relación P/B, a pesar de que estos autores solo muestrearon cuatro meses. La relación P/B de la cohorte de las especies evaluadas estuvieron dentro del rango teórico esperado (Waters, 1987; Benke 1993). A pesar de que la producción de

las dos especies fue baja en comparación con especies de USA (Benke 1993), fue mayor que otros estudios desarrollados en otras zonas templadas (Beracko et al., 2016).

Nuestros resultados muestran que las especies analizadas ofrecen un alto aporte energético en forma de “biomasa en pie” o “biomasa disponible” para los consumidores de mayor orden, tales como los megalópteros y peces del género *Trichomycterus*, organismos tope en estos ecosistemas (Tamaris-Turizo, 2018), por lo que pueden ser considerados como un eslabón muy importante en la red trófica del río; no obstante, se requiere ampliar este tipo de estudios a otros taxones dominantes en estos sistemas, para modelar los flujos de energía a través de los consumidores primarios e identificar posibles especies claves.

CONCLUSIONES

Los resultados comprueban que las dos especies del género *Anacroneuria* son multivoltinas, sus patrones de emergencia no están relacionados con la estacionalidad, presentan altas tasas de crecimiento y baja tasa de ganancia de la biomasa durante el año. No obstante, los valores de la producción secundaria fueron altos con respecto a una especie cogenérica de Venezuela y a especies de zonas templadas, pero bajo comparado con otros grupos de macroinvertebrados en el trópico. Finalmente, se evidenció que las especies en estudio, junto con los tricópteros y algunos efemerópteros, son considerados como un importante aporte de biomasa por parte de consumidores intermediarios en los ecosistemas acuáticos tropicales.

AGRADECIMIENTOS

A Tomáš Derka por su asesoría en los cálculos de producción secundaria. A Manuel Jesús López-Rodríguez por los comentarios realizados al proyecto y su asesoría para escribir el manuscrito. A Miky Weber (Q.E.P.D.) y Claudia Weber, por facilitar el trabajo de campo. A Jesús Tinoco Del Valle y Edgardo Escorcía por la asesoría matemática. A los evaluadores anónimos por sus comentarios que permitieron mejorar el manuscrito.

PARTICIPACIÓN DE AUTORES

Yesely Hurtado-Borrero y Cesar E. Tamaris-Turizo: participaron en la conceptualización del trabajo, recolección y procesamiento del material biológico, análisis de datos y escritura del documento.

REFERENCIAS

- Al-Zankana, A. F. A., Matheson, T., y Harper, D. M. (2020). Secondary production of macroinvertebrates as indicators of success in stream rehabilitation. *River Research and Applications*, 37(3), 408-422. doi:10.1002/rra.3762

- Ballesteros, Y. (2004). *Contribución al conocimiento del género Anacroneuria (Plecoptera: Perlidae) y su relación con la calidad del agua en el Río Riofrío (Valle del Cuaca)* [Tesis de Maestría, Universidad del Valle].
- Benke, A. C. (1993). Concepts and patterns of invertebrate production running waters. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 25, 15-38. <https://doi.org/10.1080/03680770.1992.11900056>
- Benke, A. C. (1979). A modification of the Hynes method for estimating secondary production with particular significance for multivoltine populations. *Limnology and Oceanography*, 24(1), 168-171. <https://doi.org/https://doi.org/10.4319/lo.1979.24.1.0168>
- Benke, A. C., Van Arsdall, T. C., Gillespie, D. M., y Parrish, F. K. (1984). Invertebrate Productivity in a Subtropical Blackwater River: The Importance of Habitat and Life History. *Ecological Monographs*, 54(1), 25-63. <https://doi.org/10.2307/1942455>
- Benke, A. C., y Huryn, A. D. (2011). Chapter 29 – Secondary Production of Macroinvertebrates. In F. Hauer y G. Lamberti (Eds.), *Methods in Stream Ecology* (2 ed, pp. 691-710). Academic Press.
- Benke, A. C., Wallace, J. B., Harrison, J. W., y Koebel, J. W. (2001). Food web quantification using secondary production analysis: predaceous invertebrates of the snag habitat in a subtropical river. *Freshwater Biology*, 46, 329-346. <https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2001.00680.x>
- Beracko, P., Kušnírová, A., Partlová, M., y Ciceková, J. (2016). Community structure, life histories and secondary production of stoneflies in two small mountain streams with different degree of forest cover. *Journal of Limnology*, 75(1), 169-179. <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2015.1262>
- Bishop, J. E. (1973). *Limnology of a small Malayan river, Sungai Gombak*. Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-010-2692-5_1
- Bo, T., López-Rodríguez, J., Moggi, A., Tierno de Figueroa, J., y Fenoglio, S. (2013). Life history of *Capnia bifrons* (Newman, 1838) (Plecoptera: Capniidae) in a small Apennine creek, NW Italy. *Entomologica Fennica*, 24, 30-34.
- Bohórquez, H., Reinoso, G., y Guevara, G. (2011). Seasonal size distribution of *Anacroneuria* (Plecoptera: Perlidae) in an andean tropical river. *Revista Colombiana de Entomología*, 37(2), 305-312. <https://doi.org/10.25100/socolen.v37i2.9093>
- Bottová, K., Derka, T., Beracko, P. y Tierno de Figueroa, J. M. (2013). Life cycle, feeding and secondary production of Plecoptera community in a constant temperature stream in Central Europe. *Limnologica*, 43(1), 27-33. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.limno.2012.03.001>
- Bueñaño, M., Vásquez, C., Zurita-Vásquez, H., Parra, J., y Pérez, R. (2018). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del Pachanlica, provincia de Tungurahua, Ecuador. *Intropica*, 13(1), 41-49. <https://doi.org/10.21676/23897864.240>
- Cressa, C. (2003). *Taxonomía, Composición cualitativa y producción secundaria de la fauna béntica en el Parque Nacional El Avila*. Informe Final Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela.
- Cummins, K., Merritt, R., y Berg, M. (2008). An Introduction to The Aquatic Insects of North America. In *The Journal of Animal Ecology* (4th ed.). Kendall/Hunt Publishing Company. <https://doi.org/10.2307/1467288>
- Dolédéc, S., y Statzner, B. (2010). Responses of freshwater biota to human disturbances: Contribution of J-NABS to developments in ecological integrity assessments. *Journal of the North American Benthological Society*, 29(1), 286-311. <https://doi.org/10.1899/08-090.1>
- Dos Santos Lima, J. C. y Pamplin, P. A. (2016). Life cycle and secondary production of two species of Campsurus (Ephemeroptera, Polymitarcyidae) in reservoirs of southeastern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 52(1), 1-10. <https://doi.org/10.1080/01650521.2016.1240323>
- Downing, J. A., y Rigler, F. H. (1984). *A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters* (2^a ed.). Blackwell Scientific Publications.
- Gayanilo, F., Sparre, P., y Pauly, D. (2002). *FISATT II* (Ver. 1.2.0). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). www.fao.org/fi/statist/fisoft/fisat/index.htm.
- Giacometti, J. C., y Bersosa, F. (2006). Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. *Boletín Técnico 6, Serie Zoológica*, 2, 17-32.
- Gutiérrez-Fonseca, P. E. (2010). Plecoptera. In M. Springer, A. Ramírez, y P. Hanson (Eds.), *Macroinvertebrados de Agua Dulce de Costa Rica I* (Vol. 58, Issue 4, pp. 139-148). Revista de Biología Tropical.
- Hurtado-Borrero, Y., Pinilla-A, G. P., y Tamaris-turizo, C. E. (2020). Relaciones talla-peso seco de ninfas de *Anacroneuria caraca* Stark, 1995 y *A. marta* Zúñiga y Stark, 2002 (Plecoptera: Perlidae) de un río neotropical de montaña. *Hidriobiológica*, 30(3), 203-209.
- Huryn, A. D., y Wallace, J. B. (2000). Life history and production of stream insects. *Annual Review of Entomology*, 45, 83-110. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.45.1.83>
- Hynes, H. B. N., y Coleman, M. J. (1968). A simple method of assessing the annual production of stream benthos. *Limnology and Oceanography*, 13(4), 569-573. <https://doi.org/https://doi.org/10.4319/lo.1968.13.4.0569>
- Jacobsen, D., Cressa, C., Mathooko, J., y Dudgeon, D. (2008). Macroinvertebrates: Composition, Life Histories and Production. In D. Dudgeon (Ed.), *Tropical Stream Ecology* (3rd ed., pp. 65-105). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-012088449-0.50006-6>
- López-Rodríguez, M. J., Tierno de Figueroa, J. M., y Alba-Tercedor, J. (2009). Life history, feeding and secondary production of two Nemouroidea species (Plecoptera, Insecta) in a temporary stream of the Southern Iberian Peninsula. *Fundamental and Applied Limnology*, 175(2), 161-170. <https://doi.org/10.1127/1863-9135/2009/0175-0161>
- Molina, C. I. y Puliafico, K. P. (2016). Life cycles of dominant mayflies (Ephemeroptera) on a torrent of the high Bolivian Andes. *Revista de Biología Tropical*, 64(1), 291-303. <https://doi.org/10.15517/rbt.v64i1.16946>

- O'hop, J., Wallace, J. B., y Haefner, J. (1984). Production of a stream shredder, *Peltoperla maria* (Plecoptera: Peltoperlidae) in disturbed and undisturbed hardwood catchments. *Freshwater Biology*, 14(1), 13–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1984.tb00018.x>
- Oliveros-Villanueva, J., Tamaris-Turizo, C. y Serna-Macias, D. (2020). Trichoptera larvae in an altitudinal gradient in a Neotropical river. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales*, 44(171), 493-506. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1148>
- Ramirez, A. y Pringle, C. (1998). Structure and Production of a Benthic Insect Assemblage in a Neotropical Stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 17(4), 443-463. <https://doi.org/10.2307/1468365>
- Rios-Touma, B., Encalada, A. C. y Prat, N. (2022). Life history and secondary production of *Anomalocosmoecus illiesi* Marlier, 1962 (Trichoptera, Limnephilidae) in a small stream in the northern Ecuadorian Paramo. *ZooKeys*, 1111, 381-388. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1111.85576>
- Shinitshenkova, N. (1997). Paleontology of stoneflies. En P. Landolt y M. Sartori (Eds.), *Ephemeroptera and Plecoptera: biology, ecology, systematics* (pp. 561-565). MtL Friburgo.
- Sierra-Labastidas, T. K., y Reyes, S. A. (2005). *Aproximación a la producción secundaria de Anacroneuria (Plecoptera:Perlidae), en la parte media del río Gaira (Hacienda la Victoria)* [Tesis de Pregrado, Universidad del Magdalena]. <http://repositorio.unimagdalena.edu.co/handle/123456789/897>
- Sierra-Labastidas, T. K., Tamaris-Turizo, C. E., Reyes Picón, S. A., y Rueda-Delgado, G. (2017). Densidad, biomasa y hábitos alimentarios de *Anacroneuria* Klapálek 1909 (Plecoptera: Perlidae) en un río tropical. *Actualidades Biológicas*, 39(107), 66–74. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v39n107a08>
- Stark, B. P. (1995). New species and records of *Anacroneuria* (Klapálek) from Venezuela (Insecta, Plecoptera, Perlidae). *Spixiana*, 18, 211–249. <https://www.biodiversitylibrary.org/part/66107>
- Stewart, K. W., y Stark, B. P. (2002). *Nymphs of North American Stonefly Genera (Plecoptera)* (2nd ed.). The caddis Press.
- Takeda, A. M., y Grzybkowska, M. (1997). Seasonal dynamics and production of *Campsurus violaceus* nymphs (Ephemeroptera, Polymitarcyidae) in the Baía River, upper Paraná River floodplain, Brazil. *Hydrobiologia*, 356, 149–155. <https://doi.org/10.1023/a:1003107814225>
- Tamaris-Turizo, C. E. (2018). Relaciones tróficas de macroinvertebrados acuáticos en un río tropical de la Sierra Nevada de Santa Marta. [Tesis de Doctorado, Universidad del Magdalena].
- Tamaris-Turizo, C., Arrieta, K., y Pinilla-A, G. (2020). Preferencias alimentarias de *Phylloicus* sp. (Trichoptera: Calamoceratidae) en un río Neotropical de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 68, 79–91. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68iS2.44340>
- Tamaris-Turizo, C., Pinilla-A, G., Guzmán-Soto, C. J., y Granados Martínez, C. (2020). Assigning functional feeding groups to aquatic arthropods in a Neotropical mountain river. *Aquatic Biology*, 29, 45–57. <https://doi.org/10.3354/ab00724>
- Tamaris-Turizo, C., Rodríguez, J., y Ospina-Torres, R. (2013). Deriva de macroinvertebrados acuáticos a lo largo del río Gaira, vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Caldasia*, 35(1), 149–163.
- Tamaris-Turizo, C., Turizo-Correa, R., y Zúñiga, M. D. C. (2007). Spatial-temporal distribution and feeding in nymphs of *Anacroneuria* (Insecta: Plecoptera: Perlidae) in the Gaira river (Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia). *Caldasia*, 29(2), 375–385. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-52322007000200013&nrm=iso
- Tamaris-Turizo, C. y Turizo, R. (2004). *Evaluación del hábitat y el tipo de alimentación de los plecópteros de la parte alta del Río Gaira, departamento del Magdalena, Colombia* [Tesis de Pregrado, Universidad del Magdalena]. <http://repositorio.unimagdalena.edu.co/handle/123456789/841>
- Tierno de Figueroa, J. M., Luzón-Ortega, J. M. y López-Rodríguez, M. J. (2003). Los plecópteros (Insecta, Plecoptera) de la provincia de Granada (España): diversidad y estado de conservación. *Acta Granatense*, 2, 111-123.
- Turcotte, P., y Harper, P. (1982). The macroinvertebrate fauna of a small Andean Stream. *Freshwater Biology*, 12(5), 411–419. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1982.tb00635.x>
- Váquiro-Capera, C., Reinoso-Flórez, G. y Guevara, G. (2020). Estadios ninfales de *Anacroneuria* spp. (Plecoptera: Perlidae) y su relación con variables fisicoquímicas en tres microcuencas del río Combeima, Ibagué, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales*, 44(171), 458–470. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.951>
- Vera, A., y Camousseight, A. (2006). Estado de conocimiento de los Plecopteros de Chile. *Gayana*, 70(1), 57–64. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382006000100010>
- Vinçon, G., El Alami, M., y Errochdi, S. (2014). Contribution To the Knowledge of the Moroccan High and Middle Atlas Stoneflies (Plecoptera , Insecta). *Illiesia*, 10(3), 17–31.
- Waters, T. F. (1987). The effect of growth and survival patterns upon the cohort P/̄R ratio. *Journal of the North American Benthological Society*, 6(4), 223-229. <https://doi.org/10.2307/1467309>
- Zúñiga, M. D. C. (2010). Diversidad, distribución y ecología del orden Plecoptera (Insecta) en Colombia, con énfasis en *Anacroneuria* (Perlidae). *Momentos de Ciencia*, 7(2), 101–112.
- Zúñiga, M. D. C., Ballesteros, Y., y Grisales, M. (6-8 de junio de 2003). Nocturnal emergence patterns of four species of *Anacroneuria* (Plecoptera: Perlidae) in a tropical interandean stream (Colombia, South America) [Resumen de presentación de la conferencia]. *Seventh North American Plecoptera Symposium*, Gunnison, Estados Unidos.
- Zúñiga, M. D. C., Stark, B., Cardona, W., Tamaris-Turizo, C., y Ortega, O. (2007). Additions to the Colombian *Anacroneuria* fauna (Plecoptera: Perlidae) with descriptions of seven new species. *Illiesia*, 3(13), 127–149.
- Zúñiga, M. D. C., y Stark, B. P. (2002). New species and records of Colombian *Anacroneuria* (Insecta, Plecoptera, Perlidae). *Spixiana*, 25(3), 209–224.