

***Anacroneturia* (Plecoptera: Perlidae) del río Caldera, Chiriquí, Panamá: nuevos registros de distribución, y comentarios sobre distribución altitudinal y variación estacional**

Kayla N. Castillo Sánchez¹, Yusseff P. Aguirre E.², Tomás A. Ríos González^{2,3}
& Juan A. Bernal Vega^{3*}

1. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá; kaylanicol26@hotmail.com
 2. Programa Centroamericano de Maestría en Entomología, Universidad de Panamá, Panamá; targ23@gmail.com, yusseff1422@gmail.com
 3. Museo de Peces de Agua Dulce e Invertebrados, Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá; juanbern@gmail.com
- * Correspondencia

Recibido 08-VIII-2017. Corregido 30-X-2017. Aceptado 25-XI-2017.

Abstract: *Anacroneturia* (Plecoptera: Perlidae) from Caldera River, Chiriquí, Panamá: new distribution records, and comments on altitudinal distribution and seasonal variation. Plecoptera order is a basal group of aquatic insects, also known as stonefly. In order to contribute to the taxonomic and ecological knowledge of the genus *Anacroneturia*, nymphs were collected in the upper and low parts of the Caldera River, in the Chiriquí province. For this, field trips were carried out once a month, from January to December of 2015. A total of seven stations were sampled, and nymphs were collected on rocks and submerged leaf litter, manually with entomological tweezers, and with a triangular net; nymphs were later transported and reared in aquarium systems in the laboratory, and their growth was followed. A total of 485 nymphs were collected, with the emergence of 138 adults. Five species of *Anacroneturia*: *Anacroneturia annulipalpis*, *A. benedettoi*, *A. planicollis*, *A. quetzali*, *A. marca* and two unknown species were obtained after nymphs rearing. The distribution range of *A. benedettoi* was extended to the Chiriquí province. The first record for *A. quetzali* in Panamá is commented. In addition, data of altitudinal distribution, seasonal variability and environment requirements were mentioned. We recommend to expand studies on Plecoptera nymph associations with adult forms in other areas of Panama and the Neotropics, as well as to increase the knowledge about their biology and ecology. Rev. Biol. Trop. 66(1): 164-177. Epub 2018 March 01.

Key words: *Anacroneturia*; aquatic insects; Central America; Neotropic; new records; nymph rearing; Panamá.

Los plec6pteros son uno de los principales grupos de macroinvertebrados de los ecosistemas dulceacu6colas con gran importancia en estudios biol6gicos, caracteriz6ndose por sus requerimientos ambientales, que los hacen sensibles a cambios en su h6bitat (Ubero, Puig, & Soler, 1998). No todos los organismos acu6ticos pueden ser considerados como bio-indicadores; las adaptaciones evolutivas, las diferentes condiciones ambientales y l6mites de tolerancia a una determinada alteraci6n, les dan las caracter6sticas a ciertos grupos para que

sean considerados como organismos sensibles (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), por no soportar variaciones en la calidad del agua (Rold6n, 1999). Estos organismos son importantes para los ecosistemas acu6ticos, al ser omn6voros en sus primeros estadios de vida, favorecen el rompimiento de la materia org6nica; luego, al pasar a su dieta carn6vora, aumentan el reciclaje de nutrientes y la productividad secundaria en los ecosistemas; al salir del agua los plec6pteros adultos transportan la energ6a desde el sistema acu6tico hacia la

tierra, lo que mantiene la actividad en el flujo de energía dentro y desde el sistema acuático (Gutiérrez-Fonseca, 2009).

A nivel mundial se han registrado aproximadamente 3 500 especies agrupadas en 16 familias (Fochetti & De Figueroa, 2008). En América Central solo se conoce la familia Perlidae con dos géneros *Anacroneuria* Klapálek, 1909 y *Perlesta* Banks, 1906 (Gutiérrez-Fonseca & Springer, 2011). Según Cornejo y Gutiérrez-Fonseca (2015), para Panamá están citadas 21 especies, todas del género *Anacroneuria*. Estos mismos autores confeccionan un listado taxonómico y documentaron que las cuencas hidrográficas 102 (río Chiriquí Viejo) en la provincia de Chiriquí y 156 (río Tuira) en la provincia de Darién, presentan el mayor número de especies registradas hasta la fecha. Para la cuenca hidrográfica del río Chiriquí Viejo se registran nueve especies y para la cuenca del río Tuira, seis especies. En el río Caldera (cuenca 108) sólo está citada *Anacroneuria marca* a una altitud de 1 100 msnm (Stark, 2014).

A pesar de la información disponible sobre este grupo de insectos para Panamá (Flowers, 1991; Cornejo & Boyero, 2008; Águila & García, 2011; Guinard, Ríos, & Bernal-Vega, 2013; Helson & Williams, 2013; Aguirre & Bernal, 2014; Cambra & Barría, 2014; Cornejo & Gutiérrez-Fonseca, 2015; Gutiérrez-Fonseca, 2015), aún hay un gran vacío en el conocimiento de este grupo de insectos con respecto a su taxonomía, ecología, historia de vida, entre otros, para este país (Tamaris-Turizo, Turizo-Correa, & Zúñiga, 2007; Zúñiga, 2010; Castillo, Zúñiga, & Bacca, 2013).

El río Caldera se ubica en un área de actividad agropecuaria y turística, además presenta una constante amenaza por la utilización de sus aguas en proyectos de generación eléctrica, lo que lleva a cuestionar sobre el efecto de estas actividades en la fauna acuática y, por ende, en la calidad de sus aguas (Aguirre & Bernal, 2014). Debido a la importancia comercial de la región y a la vulnerabilidad de los ecosistemas acuáticos por las actividades antropogénicas, es fundamental identificar las especies del

género *Anacroneuria* que habitan en la cuenca del río Caldera, con el propósito de ayudar a los ecólogos, conservacionistas, tomadores de decisiones y otras entidades relacionadas con la conservación y protección del recurso acuático. Este estudio se realizó con la finalidad de contribuir al conocimiento taxonómico y ecológico del género *Anacroneuria* en Panamá y en el Neotrópico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: Este estudio se realizó en el río Caldera ubicado en la vertiente Pacífica de Panamá, específicamente en la cuenca hidrográfica 108 (río Chiriquí) en la provincia de Chiriquí (González & Tejada, 2009). El río Caldera nace dentro del Parque Nacional Volcán Barú (PNVB) a una altura de 3 302 msnm y cuenta con una longitud de 49.4 km. La estación seca o de menor cantidad de precipitación se prolonga desde diciembre hasta abril, mientras que la estación lluviosa inicia en mayo y se extiende hasta finales de noviembre. La precipitación promedio anual es de 3 466 mm y temperaturas promedios entre ± 16.2 °C (septiembre y octubre) y ± 22.2 °C (marzo y abril) (Arosemena, 2010). Se establecieron siete estaciones de muestreo en el río Caldera y se realizaron giras mensuales entre enero y diciembre de 2015 (Fig. 1). Se ubicaron cinco estaciones en la zona alta ($\geq 1\ 001$ msnm) de la siguiente manera: E1 [1 882 \pm 6 msnm, 8°51'08.2" N - 82°29'44.0" W, velocidad de corriente (n= 15): 0.69 \pm 0.12 m/s], E2 [1 493 \pm 29 msnm, 8°51'02.2" N - 82°29'38.4" W, velocidad de corriente (n= 15): 1.09 \pm 0.18 m/s], E3 [1 148 \pm 12 msnm, 8°51'06.9" N - 82°29'37.4" W, velocidad de corriente (n= 15): 1.03 \pm 0.13 m/s], E4 [1 848 \pm 8 msnm, 8°50'58.7" N - 82°29'36.2" W, velocidad de corriente (n= 15): 0.88 \pm 0.10 m/s], dentro de los límites del PNVB y la E5 [1 065 \pm 10 msnm, 8°44'46.97" N - 82°25'8.77" W, velocidad de corriente (n= 15): 0.61 \pm 0.05 m/s] en el corregimiento de Boquete. En la zona baja (≤ 500 msnm) se ubicaron dos estaciones: E6 [370 \pm 7 msnm., 8° 38'49.8" N - 82° 23'52.8" W, velocidad de

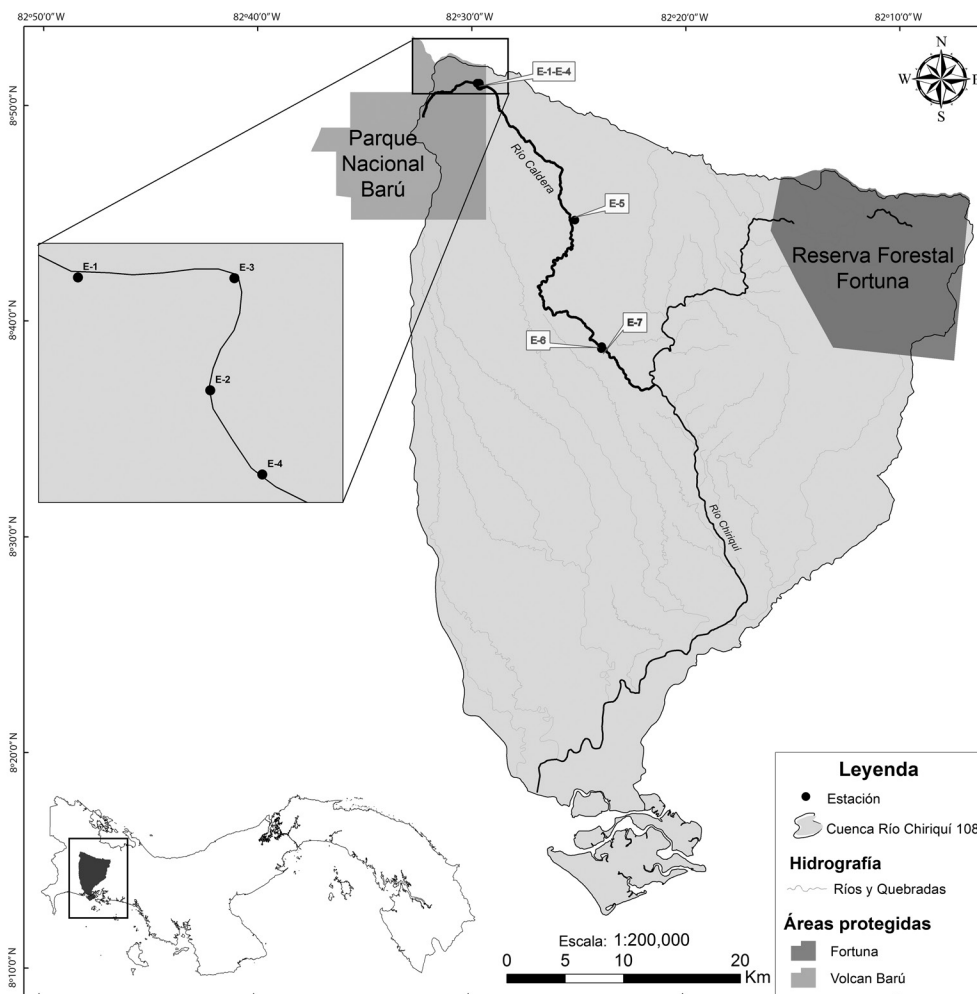


Fig. 1. Estaciones de muestreo en el río Caldera (Cuenca 108) para la recolecta de especies de *Anacroneuria*, provincia de Chiriquí, república de Panamá.

Fig. 1. Sampling stations in the Caldera River (watershed 108) for the collect of species of *Anacroneuria*, province of Chiriquí, republic of Panama.

corriente (n= 15): 0.76 ± 0.14 m/s] y E7 [360 ± 13 msnm, $8^{\circ}38'55.0''$ N - $82^{\circ}23'52.1''$ W, velocidad de corriente (n= 15): 0.82 ± 0.19 m/s]. No se ubicaron estaciones de muestreo en la zona media debido a su inaccesibilidad.

Recolecta y procesamiento de las muestras: De enero a diciembre de 2015 se recolectaron en total 485 ninfas del género *Anacroneuria*. Las recolectas se realizaron una vez al mes, con una red triangular con tamaño de malla de 500 μ m y de forma manual, en un

transecto lineal de aproximadamente 100 m en sentido de la corriente, tomando en consideración los sustratos con rocas y hojarasca. El esfuerzo de muestreo en cada estación fue de dos horas. Individuos que presentaban pterotecas desarrolladas con coloración oscura eran seleccionados, debido a que estaban próximos a emerger (Turizo-Correa, Tamaris-Turizo, & Rueda, 2006). En cada estación se evaluaron los parámetros físicos y químicos *in situ* [temperatura ($^{\circ}$ C), conductividad (μ S/cm), oxígeno disuelto (OD) (mg/L) y pH] con

un multiparámetro (marca: HACH, modelo: HQ40d). Los individuos recolectados fueron colocados en envases de vidrio de 2 L con agua del río, hojarasca y aireación constante con bombas portátiles (marca PENN PLAX®, modelo B10), debido a que después de dos horas sin oxigenación, aumenta el riesgo de muerte de las ninfas. Cada frasco fue debidamente rotulado y cubierto con una malla elástica de 0.1 mm sujetas con ligas para evitar mezcla de las muestras. Para su traslado al laboratorio los frascos fueron colocados cuidadosamente en cajas plásticas. Las ninfas fueron criadas en el laboratorio del Museo de Peces de Agua Dulce e Invertebrados (MUPADI) de la Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá (UNACHI).

Cría de especímenes: El período de cría de las ninfas fue de enero a diciembre de 2015. Éstas fueron colocadas en frascos de vidrio debidamente rotulados con cobertores de malla elástica de 0.1 mm sujetas con ligas, con 500 mL de agua de río a una temperatura de $21 \pm 2^\circ\text{C}$ y piedras sobresaliendo del agua, donde los individuos se pudieran apoyar para emerger. El período de espera desde la recolecta de las ninfas hasta la emergencia de los adultos osciló entre 2 - 49 días, dependiendo de la especie. En cada frasco, se mantuvo un medio de aireación constante con bombas (Air Pumps de 20 galones y RS Electrical de 20 galones), se colocaron individualmente los especímenes de las diferentes estaciones de muestreo, para evitar confusión con los adultos emergidos.

Las ninfas recolectadas en hábitats con temperaturas menores a 17°C , fueron criadas en un sistema controlado. Para ello, se colocaron los frascos dentro de una tina de hielo seco con agua, colocándosele hielo cada tres horas para mantener la temperatura entre 15 y 17°C . El reemplazo del agua fue realizado cada dos días, con agua de río del sitio de recolecta. Las ninfas fueron alimentadas con alimento para peces (TetraFin) una vez al día, cada dos días. Luego de emergidos los adultos, se colocaron por unas horas en frascos de plástico rotulados, para terminar el proceso de queratinización y

extensión de sus alas. Posteriormente, se procedió a colocarlos en alcohol al 70 % con su exuvia correspondiente para la identificación. Los adultos de *Anacroneturia* se identificaron mediante disección de la genitalia al estereoscopio, utilizando los procedimientos y claves taxonómicas de Stark (1998), Gutiérrez-Fonseca y Springer (2011). Todos los especímenes fueron depositados en la colección de referencia (catálogo: MUPADI-PLEC-01-001-234) del MUPADI de la UNACHI.

Con los datos de las estaciones de muestreo se realizó un análisis de la distribución altitudinal de las especies. Asimismo, los parámetros físicos y químicos fueron utilizados en un análisis de componentes principales (ACP) para observar la variabilidad ambiental entre las estaciones de muestreo. Las asociaciones entre las especies de *Anacroneturia* y los parámetros físicos y químicos, se determinaron mediante un análisis de correspondencia canónica (ACC). Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa Past (versión 3.10, Hammer, Harper, & Ryan 2001).

RESULTADOS

Crianza y abundancia de muestra: De las 485 ninfas recolectadas en el río Caldera, se pudieron criar en el laboratorio 138 adultos (28.4 %) y murieron 347 ninfas (71.6 %). Las mayores cantidades de ninfas se recolectaron en las estaciones de muestreo: E7 (26.4 %), seguida de E6 (22.9 %), E5 (19.0 %), E4 (18.1 %) y E1 (10.5 %). Las menores cantidades de ninfas se recolectaron en las estaciones E3 (2.7 %) y E2 (0.4 %) (Cuadro 1). Los especímenes adultos criados fueron 55 machos (39.9 %) y 83 hembras (60.1 %). De éstos, *A. benedettoi* fue la más abundante (50.7 %), seguida de *Anacroneturia* sp. 1 (16.0 %), *A. planicollis* (12.3 %), *A. marca* (10.0 %), *A. quetzali* (8.7 %), *A. annulipalpis* (1.5 %) y *Anacroneturia* sp. 2 (0.7 %) (Cuadro 2). Por otro lado, la emergencia de las ninfas a adultos se presentó en horas nocturnas, con una duración del proceso entre

CUADRO 1
Número de ninfas del género *Anacroneuria* recolectadas por estación de muestreo en el río Caldera.
Enero a diciembre 2015

TABLE 1
Nymphs number of the genus *Anacroneuria* collected by sampling station in the Caldera River. January to December 2015

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	%
E1	4	4	8	7	3	1	2	2	4	4	1	11	51	10.5
E2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0.4
E3	0	0	4	4	3	0	1	1	0	0	0	0	13	2.7
E4	0	1	8	12	18	5	9	10	7	6	11	1	88	18.1
E5	0	13	8	5	4	8	14	33	6	1	*	0	92	19.0
E6	0	31	9	22	*	0	9	27	*	*	*	13	111	22.9
E7	0	31	16	18	*	12	15	28	*	*	*	8	128	26.4
Total	4	80	53	69	29	26	50	101	17	11	12	33	485	100.0

*Muestreos no realizados por crecientes del río.

CUADRO 2
Número de adultos de especies de *Anacroneuria* emergidos en condiciones de laboratorio, a partir de recolectas
en el río Caldera, provincia de Chiriquí, república de Panamá

TABLE 2
Adults number of *Anacroneuria* species emerged in laboratory conditions, from collects in the Caldera River,
province of Chiriquí, republic of Panama

Taxa	Machos	Hembras	Total (%)
<i>Anacroneuria annulipalpis</i>	2	0	2 (1.5)
<i>Anacroneuria benedettoi</i>	25	45	70 (50.8)
<i>Anacroneuria marca</i>	7	7	14 (10.0)
<i>Anacroneuria planicollis</i>	3	14	17 (12.3)
<i>Anacroneuria quetzali</i>	5	7	12 (8.7)
<i>Anacroneuria</i> sp. 1	13	9	22 (16.0)
<i>Anacroneuria</i> sp. 2	0	1	1 (0.7)
Total (%)	55 (39.9)	83 (60.1)	138 (100.0)

10 a 20 minutos, entre los 2 a 49 días después de la recolecta.

Distribución altitudinal: Las especies identificadas presentaron una distribución espacial diferenciada en dos zonas altitudinales en el río Caldera. En la zona alta: *A. annulipalpis* (1 848 - 1 882 msnm), *A. quetzali* (1 148 - 1 882 msnm), *A. marca* (1 848 msnm), *A. benedettoi*, *A. planicollis* y *Anacroneuria* sp. 2 (1 065 msnm) y en la zona baja: *A. benedettoi* y *Anacroneuria* sp. 1 (360 - 370 msnm) (Fig. 2).

Variabilidad estacional: Con base en los muestreos mensuales realizados en las distintas estaciones del río Caldera durante el 2015, *A. benedettoi*, *A. quetzali*, *A. planicollis* y *Anacroneuria* sp. 1 presentaron un aumento gradual en el número de individuos durante la época seca en febrero y abril, de la misma manera en agosto (época lluviosa). Seguido por un descenso gradual desde mayo hasta diciembre (finales de la época lluviosa). La mayor abundancia de *A. marca* se dio durante la época lluviosa en octubre y mantuvo un número bajo de individuos

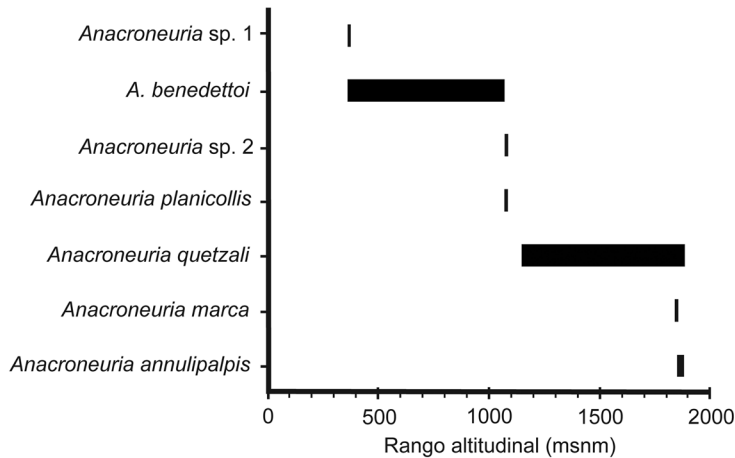


Fig. 2. Distribución altitudinal de las especies del género *Anacroneuria* en el río Caldera.
 Fig. 2. Altitudinal distribution of species of the genus *Anacroneuria* in the Caldera River.

durante la mayor parte de los meses del año. *A. annulipalpis* solo se recolectó en mayo (época seca) y en noviembre (época lluviosa). *Anacroneuria sp. 2* solo fue recolectada en marzo (Fig. 3).

Análisis de datos físicos y químicos: Los parámetros físicos y químicos en las cuatro estaciones (E1-E4), donde fueron recolectadas las ninfas de *A. annulipalpis*, *A. quetzali* y *A.*

marca presentaron valores mínimos y máximos de OD (7.31 - 7.95 mg/L) y temperatura (14.3 - 18.8 °C) muy similares, mientras que la conductividad (37.4 - 73.3 μ S/cm) fue más variada. Debe mencionarse que estos especímenes se recolectaron solo en sustratos rocosos (Cuadro 3). Sin embargo, en las estaciones E5-E7 se obtuvieron valores más bajos de OD (6.21 - 8.33 mg/L), y más elevados de conductividad (36.8 - 114.4 μ S/cm) y temperatura

CUADRO 3
 Caracterización física y química de las estaciones de muestreo y preferencias de hábitats por *Anacroneuria* en el río Caldera

TABLE 3
 Physical and chemical characterization in the sampling stations and habitats preference by *Anacroneuria* in the Caldera River

		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Conductividad (μ S/cm)	n	8	7	7	8	7	7	7
	Media \pm DS	59.70 \pm 4.20	40.97 \pm 4.50	43.91 \pm 4.31	70.20 \pm 3.71	76.1 \pm 9.54	80.08 \pm 26.91	84.48 \pm 27.08
	Mín-Máx	52.80-63.40	30.70-46.60	37.40-50.50	63.20-73.30	65.40-88.00	36.80-113.90	36.80-114.40
Oxígeno disuelto (mg/l)	n	12	11	11	12	10	9	9
	Media \pm DS	7.63 \pm 0.07	7.76 \pm 0.14	7.78 \pm 0.17	7.69 \pm 0.12	7.13 \pm 0.58	7.99 \pm 0.17	7.92 \pm 0.24
	Mín-Máx	7.50-7.76	7.43-7.95	7.31-7.92	7.44-7.91	6.21-7.84	7.78-8.29	7.63-8.33
Temperatura (°C)	n	12	11	11	12	10	9	9
	Media \pm DS	15.27 \pm 1.16	15.54 \pm 0.51	15.31 \pm 0.54	15.57 \pm 0.46	22.12 \pm 0.54	23.9 \pm 1.43	23.7 \pm 1.13
	Mín-Máx	14.30-18.80	15.10-16.90	15.10-17.00	15.00-16.80	21.40-23.20	21.00-25.60	21.00-24.80
Sustrato		Roca	Roca	Roca	Roca	Roca, Hojarasca	Roca, Hojarasca	Roca, Hojarasca

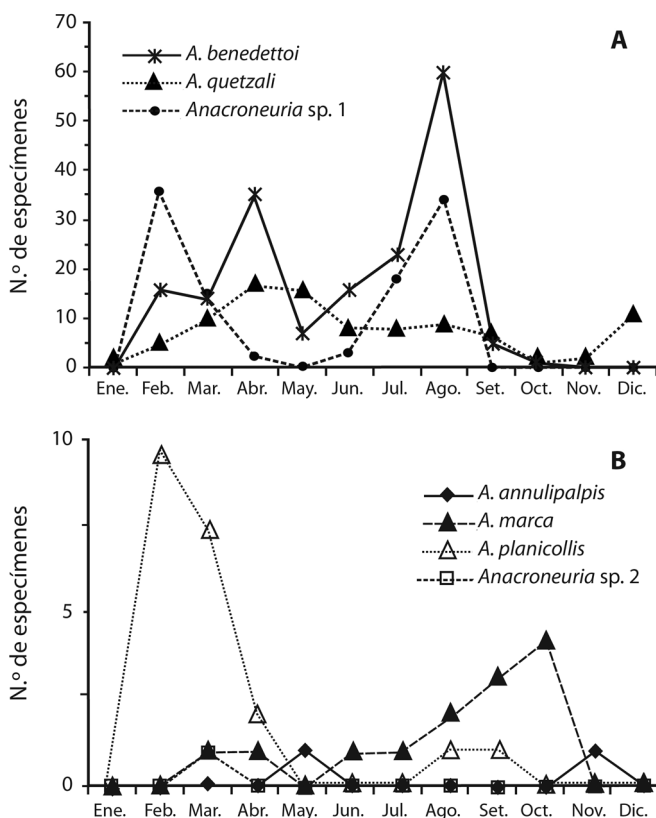


Fig. 3. Variabilidad estacional de especies de *Anacroneuria* en el río Caldera. A. Especies más abundantes, B. Especies menos abundantes.

Fig. 3. Seasonal variability of *Anacroneuria* species in the Caldera River. A. More abundant species, B. Less abundant species.

(21.0 - 25.6°C) a diferencia de las estaciones E1-E4. En las estaciones E5-E7 se recolectaron ninfas de *A. benedettoi*, *A. planicollis*, *Anacroneuria* sp. 1 y *Anacroneuria* sp. 2 en sustratos de hojarasca y rocas.

El ACP indica que la relación entre las variables ambientales puede ser explicada por los dos primeros ejes en un 93 %. El eje 1 presentó una correlación positiva con las tres variables (temperatura: 0.71, conductividad: 0.70 y OD: 0.03). El eje 2, se correlacionó positivamente con OD (0.99) y TEMP (0.02). Negativamente, se correlacionó con COND (-0.07) (Fig. 4). La variabilidad por estación se correlacionó negativamente en el eje 1 para las estaciones E1, E2, E3 y E4. Positivamente, se correlacionó con las estaciones E5, E6 y E7. En

el eje 2 se correlacionó positivamente con las estaciones E2, E3, E6 y E7, mientras que, las estaciones E1, E4 y E5 fueron correlacionadas negativamente. Por otro lado, el ACC indica que la correlación entre las variables físicas, químicas y biológicas puede ser explicada por los dos primeros ejes en un 68 % (Fig. 5). Las variables de conductividad y temperatura estuvieron relacionadas positivamente con las especies *A. benedettoi*, *A. planicollis*, *Anacroneuria* sp. 1 y *Anacroneuria* sp. 2. Mientras que el OD estuvo relacionado negativamente con *A. quetzali*.

Nuevos registros: En este estudio se identificaron cinco especies de *Anacroneuria*; *Anacroneuria annulipalpis* Klapálek, 1922,

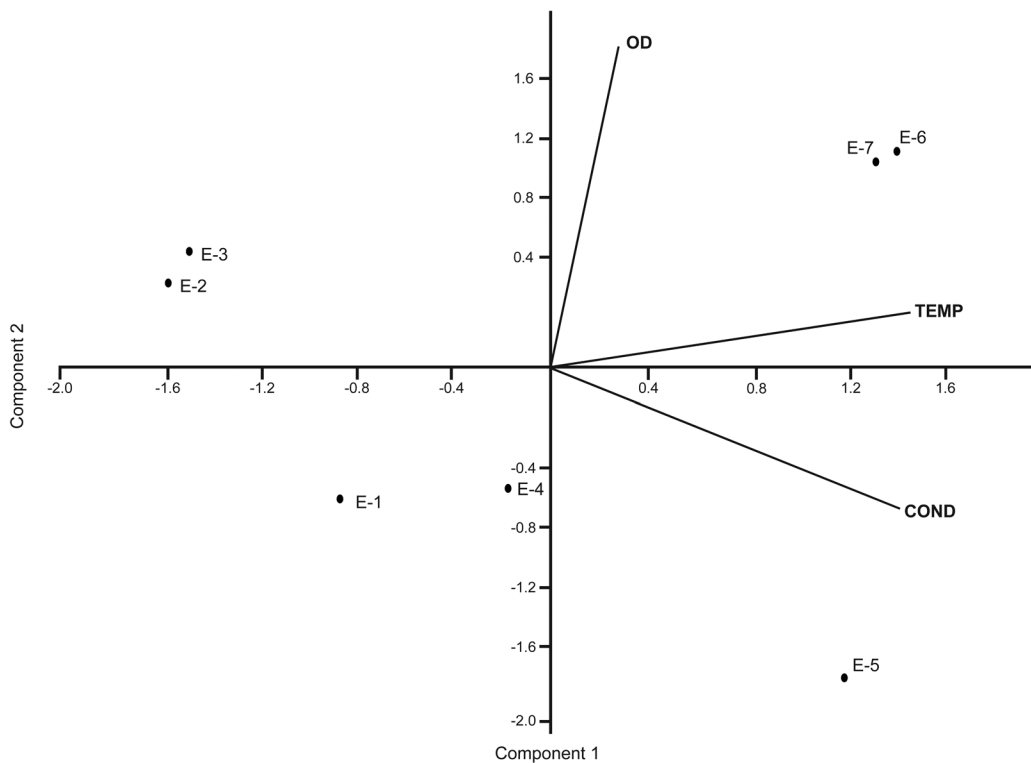


Fig. 4. Ordenamiento de las estaciones de muestreo en el río Caldera según el ACP, con los parámetros físicos y químicos: oxígeno disuelto (OD), conductividad (COND) y temperatura (TEMP).

Fig. 4. Ordering of sampling stations in the Caldera River according to the ACP, with the physical and chemical parameters: dissolved oxygen (DO), conductivity (COND) and temperature (TEMP).

A. benedettoi Stark, 1998, *A. planicollis* Klápálek, 1923, *A. quetzali* Gutiérrez-Fonseca & Springer, 2015, *A. marca* Stark, 1998 y dos no pudieron ser identificadas. Para *Anacroneuria* sp. 1, su identificación no fue posible, ya que no hubo coincidencia de caracteres determinantes de la morfología del aedeago, con la literatura disponible actualmente; mientras que para *Anacroneuria* sp. 2, solo se recolectó un espécimen hembra (Cuadro 2), y la identificación de especies de género se realiza a partir de caracteres morfológicos del macho. Las tres primeras especies son nuevos registros para el río Caldera, mientras que *A. marca*, ya había sido registrada por Stark (2014). Además, se amplía el rango de distribución de *A. benedettoi* para la provincia de Chiriquí, la cual solo había sido registrada para las provincias de Bocas

del Toro y Herrera (Stark, 1998; Froehlich, 2010; Cornejo & Gutiérrez-Fonseca, 2015). Por otro lado, se reporta por primera vez para Panamá, la presencia de *A. quetzali*, la cual fue recientemente descrita en Costa Rica en estudios realizados por Gutiérrez-Fonseca y Springer (2015).

DISCUSIÓN

En estudios similares con base en sistemas de acuarios para la cría de ninfas de plecópteros realizados por Turizo-Correa et al. (2006), se criaron un total de 46 ninfas del género *Anacroneuria*, y se logró la obtención de 13 adultos (28.3 %). En otros estudios realizados por Gutiérrez-Fonseca (2009), se crió 1 346 ninfas, de las cuales 547 (40.6 %) llegaron al estado

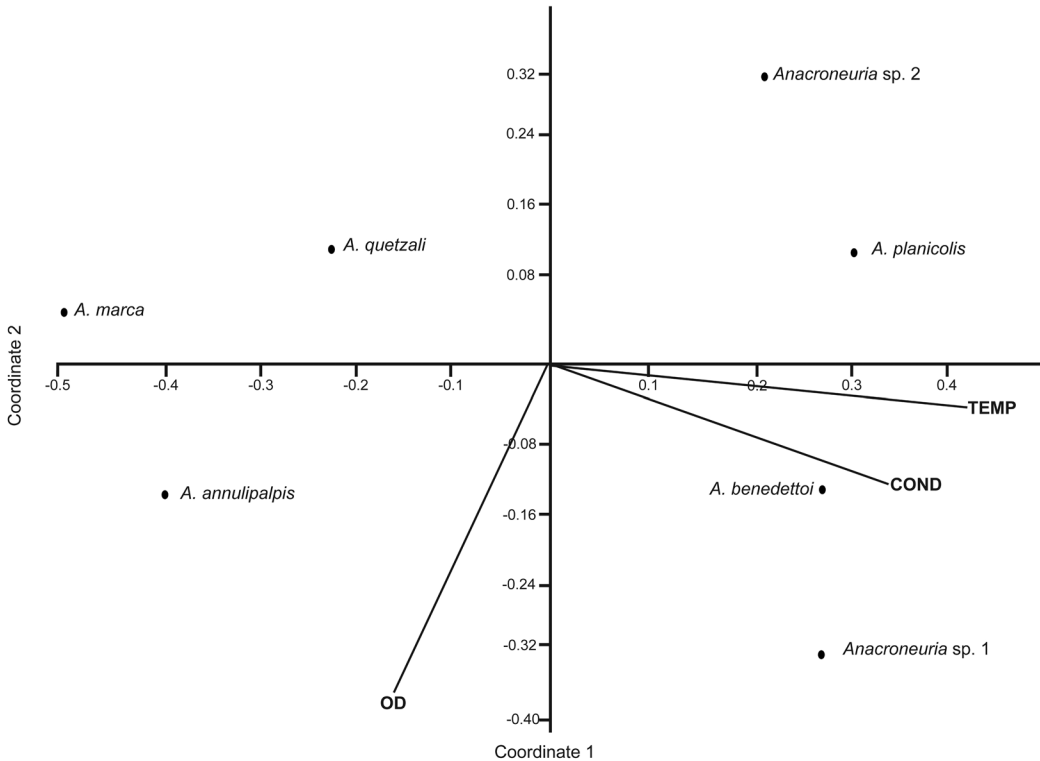


Fig. 5. Análisis de correspondencia canónica de las especies del género *Anacroneuria* con los parámetros físicos y químicos: oxígeno disuelto (OD), conductividad (COND) y temperatura (TEMP).

Fig. 5. Analysis of canonical correspondence of species of the genus *Anacroneuria* with the physical and chemical parameters: dissolved oxygen (DO), conductivity (COND) and temperature (TEMP).

adulto; por su parte, Capistrano Da Silva, Silva y De Almeida (2015) recolectaron 134 ninfas y obtuvieron solo ocho adultos (6.0 %), en comparación con este estudio en donde a partir de 485 ninfas, se lograron criar 138 adultos (28.4 %). Los datos sugieren que a mayor cantidad de ninfas recolectadas, se incrementa la posibilidad de obtención de adultos en el laboratorio. Sin embargo, aunque no se pueden descartar con seguridad otros factores, parece haber una fuerte influencia de la etapa de desarrollo en la cual se encuentran las ninfas al momento de la recolecta, y de la similitud de las condiciones de temperatura y aireación de los acuarios de cría, con la de los sitios de recolecta de las ninfas.

Aguirre y Bernal (2014) realizaron estudios que incluían las E6 y E7, entre diciembre de 2011 y abril 2012, donde se recolectaron

alrededor de 132 ninfas entre ambos puntos. Estos resultados coinciden con este estudio en cuanto a la mayor abundancia de ninfas en estas estaciones. Este hecho puede deberse a la cobertura boscosa y estructura de la sub-cuenca, ya que presentan un lecho rocoso con rápidos, vegetación y hojarasca en sus orillas. Según Tomanova y Tedesco (2007), la mayor abundancia de ninfas del género *Anacroneuria* están concentradas en zonas de rápidos y microhábitats con hojarasca, gravilla en el lecho de la corriente y piedras, mientras que éstos pueden estar ausentes en sedimentos de arena y limo. Por otro lado, Vidal y Membiola (1993) en estudios realizados en las Sierras Segundera, Cabrera y Teleno en la Península Ibérica, informaron que los cursos pequeños de agua están constituidos mayoritariamente por plecópteros. Esta característica coincide con lo

observado en este estudio en las E1, E4 y E5, que son cuerpos de agua con poca corriente y profundidad, donde se recolectó cerca de la mitad de las ninfas.

En las E2 y E3 se encontraron las menores cantidades de ninfas, lo cual fue observado también por Aguirre y Bernal (2014), que solo recolectaron 46 ninfas entre ambas estaciones. Posiblemente, la velocidad de la corriente sea uno de los factores más determinantes, ya que las zonas muestreadas presentaron pendientes pronunciadas y rápidas. Vidal y Membiela (1993) y Zúñiga (2010) indican que factores como la velocidad de la corriente, la naturaleza del sustrato y el grado de exposición a la luz, son factores importantes que pueden influir en la distribución de los plecópteros entre las estaciones o en una misma estación.

Datos obtenidos por Turizo-Correa et al. (2006) y Zúñiga (2010), indican que el tiempo de emergencia de ninfas a adultos en condiciones de laboratorio, se presentan entre 1 a 30 días. Al compararlo con este estudio, se observó un periodo más extenso (2-49 días) desde la recolecta a la emergencia del adulto. Como se mencionó anteriormente, tanto el nivel de desarrollo al momento de la recolecta de las ninfas, como sugieren Gamboa (2008) y Turizo-Correa et al. (2006), como el mantenimiento de las condiciones ambientales similares al sitio de recolecta, juegan un papel importante en la duración del período de pre-emergencia.

Por otro lado, debe mencionarse que la cría de ninfas en el laboratorio es un método de bajo costo y fácil mantenimiento, el cual finalmente permite asociar de manera confiable las ninfas con el adulto emergido, si es manipulado rigurosa y correctamente (Ramírez, 2010; Carneiro, Da Conceição, & Higuti, 2012). Con estos estudios se puede obtener información de su ciclo de vida muy poco estudiado en el Neotrópico, en donde un bajo porcentaje (10 - 15 %) de las especies conocidas, están asociadas con su correspondiente ninfa. Con las ninfas asociadas, se tiene un trabajo interesante aún por realizar, mediante la descripción de las formas inmaduras de las especies registradas para el río Caldera y para el Neotrópico. Sin lugar

a dudas, será un trabajo valioso que permitirá la identificación específica de los *Anacroneuria* desde su fase inmadura, lo cual facilita mejorar la resolución taxonómica en estudios ecológicos y de calidad de agua para un grupo, cuyas ninfas son de amplia utilización en este tipo de estudios.

El estudio sobre la distribución altitudinal representa el conocimiento clásico del comportamiento biológico y ecológico de los plecópteros (Membiela, 1990). Las especies del género *Anacroneuria* han sido registradas en ríos desde los 10 hasta los 3 500 msnm (Tomanova & Tedesco, 2007; Zúñiga, Giraldo, Calero, Ramírez, & Chará, 2014), lo cual corresponde con el ámbito observado en las especies recolectadas en este trabajo. Tomanova y Tedesco (2007) reportaron a *A. annulipalpis* en altitudes que la sitúan entre los 980 - 1 650 msnm. En este caso, *A. Annulipalpis* fue encontrado en sitios de mayor altitud a los que la literatura documenta. Por otro lado, Gutiérrez-Fonseca y Springer (2015) documentaron en Costa Rica a *A. quetzali* a una altitud de 2 600 msnm. Con los datos de este estudio, se amplía el ámbito de distribución altitudinal para esta especie. En estudios en Costa Rica, Gutiérrez-Fonseca (2009) documentó la distribución altitudinal para *A. marca* (10 - 2 292 msnm) y *A. benedettoi* (10 - 1 750 msnm). Los ámbitos de distribución observados para estas especies en este estudio se encuentran incluidos con los documentados en Costa Rica. Tomanova y Tedesco (2007) informaron para *A. planicollis* una altitud de 1 400 msnm; pero en este estudio, se observó esta especie a altitudes menores a lo documentado por estos autores. La altitud parece ser uno de los factores decisivos en la distribución de las especies de este género, ya que al variar ésta, se produce un cambio en el régimen térmico de las aguas (Vidal & Membiela, 1993).

La abundancia de las especies del género *Anacroneuria* durante el período de muestreo se vio disminuida durante la época de lluvias. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Tamaris-Turizo et al. (2007), donde la abundancia de las ninfas se encontró relacionada a los cambios pluviométricos. Estos

organismos pueden presentar una disminución de individuos en las épocas de cambios drásticos de precipitación y recuperarse en los periodos de estabilidad pluviométrica, mientras que otros, pueden presentar abundancias bajas y estables durante la mayoría de los meses. Igualmente, Tierno De Figueroa, Luzón-Ortega y Sánchez-Ortega (2001) hacen mención a que las precipitaciones pueden afectar el momento de la emergencia, siendo esto más notorio en las especies de zonas tropicales. Aunque no se pueden descartar otros factores tales como el viento, la temperatura del aire, temperatura del agua, la humedad relativa y disponibilidad de alimento, los factores antes mencionados parecen ser de mucha influencia.

Los plecópteros están sujetos a las perturbaciones naturales, cambios en la temperatura, la elevación, el tipo de sustrato, la alimentación, la velocidad de la corriente, el clima, la vegetación de una región particular y la química del agua (Vidal & Membiela, 1993; Gamboa, 2010; Gutiérrez-Fonseca, 2010). Posiblemente estas variaciones en OD, conductividad, sustrato y las diferencias en temperatura entre las estaciones muestreadas, son factores importantes que podrían propiciar esta distribución específica diferenciada. Las especies del género *Anacroneuria* pueden variar ampliamente en los valores de tolerancia frente a las condiciones ambientales. Se encuentran en ríos con niveles bajos y/o sobresaturados de oxígeno (5.2-12 o 64-139 mg/L de saturación), con pH desde ácidos a básicos (pH: 4 - 8.76), conductividad desde 11 a 795 $\mu\text{s}/\text{cm}$, son organismos euritermos y soportan temperaturas desde 15 hasta 33°C (Tomanova & Tedesco, 2007; Gamboa, 2008; Roldán-Pérez & Ramírez-Restrepo, 2008; Guzmán & Tamaris-Turizo, 2014). Gutiérrez-Fonseca (2009) registró la recolecta de *A. benedettoi* y *A. marca* en sustratos de hojarasca en sitios con valores mínimos y máximos de OD de 7.75 - 9.08 mg/L, y para *A. marca* a temperaturas de 15 - 27.7°C. Algunas especies de plecópteros se encuentran a veces sólo en un sistema de corriente en particular y restringidas a un microhábitat específico, lo que resulta en

la necesidad de una especial consideración y estudio de los parámetros ambientales. Por ello, es de suma importancia los registros de los parámetros físicos y químicos de los cuerpos de agua en los cuales se encuentren estas ninfas (Gamboa, 2010).

Los especímenes recolectados en este estudio se encontraron generalmente en rocas y hojarasca, lo que ha sido documentado también por otros autores. En estudios realizados en *Anacroneuria debilis* Pictet, 1841, en Río de Janeiro, Brasil, se recolectó un total de 86.7 % de ninfas en los sustratos de hojarasca y 10.4 % en rocas, lo que demuestra la presencia constante de estas ninfas en estos tipos de sustratos (Capistrano Da Silva et al., 2015; Vidal & Membiela, 1993). La preferencia de las ninfas del género *Anacroneuria* por sustratos rocosos se atribuye a que es un sustrato estable, el cual ofrece refugio y disponibilidad de alimento, ya que éstas presentan una biopelícula adecuada para la alimentación de diferentes tipos de insectos acuáticos (Herrera, 2005; Zúñiga, 2010).

En este estudio se identificaron cinco especies de *Anacroneuria* (*A. annulipalpis*, *A. benedettoi*, *A. planicollis*, *A. quetzali* y *A. marca*) y dos más fueron recolectadas pero no identificadas. Las cuatro primeras especies fueron nuevos registros para el río Caldera, mientras que la última, ya había sido registrada por Stark (2014). También se amplía el ámbito de distribución de *A. benedettoi* para la provincia de Chiriquí, la cual solo había sido registrada para las provincias de Bocas del Toro y Herrera (Stark, 1998; Froehlich, 2010; Cornejo & Gutiérrez-Fonseca, 2015). Por otro lado, se informa por primera vez para Panamá la presencia de *A. quetzali* en el PNVB. Esta especie fue recientemente descrita en Costa Rica en estudios realizados por Gutiérrez-Fonseca y Springer (2015).

Con los resultados de este estudio se logró la identificación de cinco especies del género *Anacroneuria* para el río Caldera: *A. annulipalpis*, *A. benedettoi*, *A. planicollis*, *A. quetzali*, las cuales constituyeron nuevos reportes para esta región y *A. marca*. Además, se tienen dos

morfoespecies sin determinar. Se amplía el ámbito de distribución de *A. benedettoi* para la provincia de Chiriquí, y se informa por primera vez la presencia de *A. quetzali* en Panamá.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Senacyt) por otorgar, a través del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), los fondos para esta investigación. A Pablo Gutiérrez Fonseca por su colaboración en la revisión de *Anacroneturia quetzali* y sus aportes al manuscrito, al igual que los revisores anónimos, quienes hicieron aportes para mejorar el manuscrito. A Angélica Rodríguez, Géminis Vargas, Claudina Sánchez y Eric Castillo por su apoyo para el desarrollo de esta investigación. Al Programa Académico de Becas para Postgrados Nacionales financiado por Senacyt. A J. A. González Quiel por la elaboración del mapa de los sitios de muestreo.

RESUMEN

Plecoptera es un grupo basal de insectos acuáticos, también conocidos como “moscas de piedra”. Con el objetivo de contribuir al conocimiento taxonómico y ecológico del género *Anacroneturia*, se realizaron recolectas de ninfas en la parte alta y media del río Caldera, en la provincia de Chiriquí. Para esto se hicieron giras de campo una vez al mes de enero a diciembre de 2015. En siete estaciones de muestreo, se recolectaron ninfas en rocas y hojarasca sumergida, de forma manual con pinzas entomológicas y con red triangular, para su posterior cría en sistemas de acuarios en el laboratorio. Se recolectaron 485 ninfas, con la emergencia de 138 adultos. Cinco especies de *Anacroneturia*: *Anacroneturia annulipalpis*, *A. benedettoi*, *A. planicollis*, *A. quetzali*, *A. marca* y dos especies no identificadas fueron determinadas a través de la crianza de ninfas en laboratorio. El rango de distribución de *A. benedettoi* fue extendido a la provincia de Chiriquí. El primer registro de *A. quetzali* para Panamá es comentado. Se aporta datos de distribución altitudinal, variabilidad estacional y requerimientos ambientales. Se recomienda ampliar los estudios sobre las asociaciones de ninfas con las formas adultas en otras áreas de Panamá y del Neotrópico, así como incrementar el conocimiento sobre la biología y ecología de este grupo.

Palabras clave: *Anacroneturia*; insectos acuáticos; América Central; Neotrópico; nuevos registros; crianza de ninfas; Panamá.

REFERENCIAS

- Águila, Y., & García A. N. (2011). Utilización de asociaciones de macroinvertebrados potencialmente indicadores (API's) para discriminar aguas de diferente calidad. *Tecnociencia*, 13(2), 109-120.
- Aguirre, Y., & Bernal, J. (2014). Distribución y diversidad de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta, media y baja del río Caldera, Chiriquí, Panamá. *Scientia*, 24(2), 37-55.
- Arosemena, J. T. (2010). *Gestión del recurso hídrico en la cuenca alta del río Caldera, Panamá* (tesis de Maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Turrialba, Costa Rica. Recuperado de: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A6272e/A6272e.pdf>
- Banks, N. (1906). Notes on the classification of the Perlidae. *The Canadian Entomologist*, 38(7), 221-224. doi:10.4039/Ent38221-7
- Cambra, R., & Barría, L. (2014). Insectos acuáticos como indicadores de la calidad del agua del río Perresénico, Parque Nacional Darién, República de Panamá. *Scientia* (Panamá), 24(2), 57-70.
- Castillo, C., Zúñiga, M., & Bacca, T. (2013). El orden Plecoptera (Insecta) del departamento de Nariño, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 39(2), 229-236.
- Capistrano Da Silva, F., Silva, L., & De Almeida, G. L. (2015). Notes on rearing of *Anacroneturia debilis* (Pictet, 1841) (Plecoptera: Perlidae) from Río de Janeiro, Brazil. *Ciência Atual*, 6(2), 2-7.
- Carneiro, M., Da Conceição, P., & Higuti, J. (2012). A description of the nymph of *Anacroneturia ofaye* Froehlich (Plecoptera: Perlidae) and an apparatus for rearing Neotropical stonefly species. *Zootaxa*, 3547, 71-77.
- Cornejo, A., & Boyero, L. (2008). Macroinvertebrados acuáticos. En: E. Lasso, O. Sanjur & E. Bermingham (Eds.), *Inventario de flora y fauna en la Cuenca del río Changuinola (Bosque Protector de Palo Seco, Bocas del Toro, República de Panamá)* (pp. 423-493) Panamá: Smithsonian Tropical Research Institute.
- Cornejo, A., & Gutiérrez-Fonseca, P. (2015). Orden Plecoptera (Insecta) en Panamá: listado, distribución de especies, comparación con la riqueza taxonómica regional. *Revista Puente Biológico*, 7, 109-129.

- Flowers, R. W. (1991). Diversity of stream-living insects in northwestern Panamá. *Journal of the North American Benthological Society*, 10(3), 322-334.
- Fochetti, R., & De Figueroa, J. M. T. (2008). Global diversity of stoneflies (Plecoptera; Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595(1), 365-377.
- Froehlich, C. G. (2010). Catalogue of Neotropical Plecoptera. *Illiesia*, 6(12), 118-205.
- Gamboa, M. (2008). *Validación taxonómica de cuatro especies simpátricas del género Anacroneuria (Plecoptera: Perlidae)* (Tesis doctoral). Universidad de Simón Bolívar. Venezuela. Recuperado de: <http://159.90.80.55/tesis/000144265>
- Gamboa, M. (2010). Estado poblacional del orden Plecoptera (Insecta) en el Parque Nacional Sierra Nevada en Venezuela y sus implicaciones para planes de conservación. *Revista Biología Tropical*, 58(4), 1299-1310.
- González, M., & Tejada, G. (2009). *Informe de Monitoreo de la Calidad del Agua en las Cuenclas Hidrográficas de Panamá Compendio de Resultados, Años 2002-2008*. Autoridad Nacional del Ambiente, Panamá. Recuperado de: http://www.miambiente.gob.pa/images/stories/documentos_pdf/Compendio_2002_2008_junio_new.pdf
- Guinard, J., Ríos, T., & Bernal-Vega, J. A. (2013). Diversidad, abundancia de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de la cuenca alta y baja del río Gariché, provincia de Chiriquí, Panamá. *Gestión y Ambiente*, 16(2), 61-70.
- Gutiérrez-Fonseca, P. (2009). *Ecología, reproducción, taxonomía y distribución de Anacroneuria spp. Klapálek 1909 (Insecta: Plecoptera: Perlidae) en Costa Rica* (Tesis de licenciatura). Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica. Recuperado de: <http://www.biologia.ucr.ac.cr/TesisLic/PabloGutierrez.pdf>
- Gutiérrez-Fonseca, P. (2010). Capítulo 6: Plecoptera. En: M. Springer, A. Ramírez & P. Hanson (Eds.). *Macroinvertebrados de Agua Dulce de Costa Rica I*. *Revista Biología Tropical*, 58(4), 139-148.
- Gutiérrez-Fonseca, P. E. (2015). Three new species of *Anacroneuria* Klapálek (Plecoptera: Perlidae) from Panama. *Zootaxa*, 3957(3), 069-076.
- Gutiérrez-Fonseca, P., & Springer, M. (2011). Description of the final instar nymphs of seven species from *Anacroneuria* Klapálek (Plecoptera: Perlidae) in Costa Rica, and first record for an additional genus in Central America. *Zootaxa*, 2965, 16-38.
- Gutiérrez-Fonseca, P., & Springer, M. (2015). A new species of *Anacroneuria* Klapálek 1909 (Plecoptera: Perlidae) and notes on the altitudinal of the genus in Costa Rica. *Zootaxa*, 4058(4), 595-600.
- Guzmán, C., & Tamaris-Turizo, C. (2014). Hábitos alimentarios de individuos inmaduros de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera en la parte media de un río tropical de montaña. *Revista Biología Tropical*, 62(2), 169-178.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4 (1), 9. Recuperado de: http://palaeoelectronica.org/2001_1/past/issue1_01.html
- Helson, J. E., & Williams, D. D. (2013). Development of a macroinvertebrate multimetric index for the assessment of low-land streams in the neotropics. *Ecological Indicator*, 29, 167-178.
- Herrera, M. (2005). *Guía para evaluaciones ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano Talamanca-Costa Rica*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Klapálek, F. (1909). Vorläufige Bericht über exotische Plecopteren. *Wiener Entomologische Zeitung*, 28, 215-232.
- Klapálek, F. (1922). Plécoptères nouveaux. Quatrième partie. *Annales de la Société Entomologique de Belgique*, 62, 89-95.
- Klapálek, F. (1923). Plécoptères nouveaux. Cinquième partie. *Annales de la Société Entomologique de Belgique*, 63, 21-29.
- Membiela, P. (1990). Los plecópteros de Galicia (España): distribución altitudinal y periodos de vuelo. *Limnetica*, 6, 131-136.
- Pictet, F.J. (1841). *Histoire naturelle générale et particulière des insectes Névroptères. Famille des Perlides*. I partie. Paris: Kessman.
- Ramírez, A. (2010). Capítulo 2: Métodos de Recolección. En: M. Springer, A. Ramírez & P. Hanson (Eds.). *Macroinvertebrados de Agua Dulce de Costa Rica I*. *Revista Biología Tropical*, 58(4), 41-50.
- Roldán, G. (1999). *Los Macroinvertebrados y su Valor como Indicadores de la Calidad de Agua*. Departamento de Biología. Medellín-Colombia: Universidad de Antioquia.
- Roldán-Pérez, G., & Ramírez-Restrepo, J. J. (2008). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Medellín-Colombia: Universidad de Antioquia.
- Stark, B. P. (1998). The *Anacroneuria* of Costa Rica and Panama (Insecta: Plecoptera: Perlidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 11, 551-603.
- Stark, B. P. (2014). Records of Mesoamerican *Anacroneuria* (Plecoptera: Perlidae), with descriptions of four new species. *Illiesia*, 10(2), 6-16.

- Tamaris-Turizo, C. E., Turizo-Correa, R. R., & Zúñiga, M. C. (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.
- Tierno De Figueroa, J., Luzón-Ortega, J., & Sánchez-Ortega, A. (2001). Fenología de los plecópteros (Insecta, Plecoptera) de Sierra Nevada (Granada, España). *Revista Zoológica Baetica*, 12, 49-70.
- Tomanova, S., & Tedesco, P. (2007). Tamaño corporal, tolerancia ecológica y potencial de bioindicación de la calidad del agua de *Anacroneuria* spp. (Plecoptera: Perlidae) en América del Sur. *Revista Biología Tropical*, 55(1), 67-81.
- Turizo-Correa, R., Tamaris-Turizo, C., & Rueda, G. (2006). Sistema de acuarios para la cría de plecópteros (Insecta: Perlidae). *Revista Intrópica*, 3, 109-112.
- Ubero, N., Puig, M., & Soler, A. (1998). Los plecópteros (Insecta, Plecoptera) de la cuenca del río Segura (s.e. de España): 1. Estudio faunístico. *Graellsia*, 54, 9-17.
- Vidal, M., & Membiela, P. (1993). Algunos factores abióticos de distribución de los efemerópteros y plecópteros (Insecta) en las Sierras Segundera, Cabrera y Teleno (NW Península Ibérica). *Limnética*, 9, 99-106.
- 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.
- Zúñiga, M. del C., Giraldo L., Calero, H., Ramírez, Y., & Chará, J. (2014). *Anacroneuria caraca* Stark y *A. jewetti* Stark (Insecta: Plecoptera: Perlidae): Primeros registros para los andes orientales y el pie de monte de la Orinoquía Colombiana. *Boletín Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 15(1), 12-19.