

**Universidad de Costa Rica**  
**Facultad de Ciencias**  
**Escuela de Biología**

**Ecología, reproducción, taxonomía y distribución de *Anacroneuria* spp.  
Klapálek 1909 (Insecta: Plecoptera: Perlidae) en Costa Rica**

**Tesis sometida a consideración de la Comisión de Trabajos Finales de Graduación  
de la Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, para optar por el grado  
académico de Licenciado en Biología con énfasis en Recursos Acuáticos.**

**Pablo E. Gutiérrez Fonseca**

**Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica**

**2009**

## MIEMBROS DEL TRIBUNAL

**M.Sc. Monika Springer** \_\_\_\_\_  
**Directora de tesis**

**Dr. Paul Hanson Snortum** \_\_\_\_\_  
**Integrante del Comité Asesor**

**Dr. Ingo Wehrtmann** \_\_\_\_\_  
**Integrante del Comité Asesor**

**Dra. Virginia Solís Alvarado** \_\_\_\_\_  
**Decana Facultad de Ciencias y Presidenta del Tribunal**

**M.Sc. Gerardo Umaña V.** \_\_\_\_\_  
**Miembro del Tribunal**

**Pablo E. Gutiérrez Fonseca** \_\_\_\_\_  
**Postulante**

## **DEDICATORIA**

Le dedico este trabajo a mi madre, Marielos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a Monika por sus invaluable consejos a lo largo no solo de este trabajo sino de mi carrera profesional, a Paul, Ingo y don Gerardo, por sus comentarios y sugerencias. A Rolier por su ejemplo en el campo. A mis compañeros del laboratorio 170 y a muchos colegas que me acompañaron en el campo. Quiero agradecer a los médicos de Hospital Calderón Guardia (2004).

## INDICE GENERAL

Índice	Página
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
INDICE GENERAL.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	IX
1. ESTADO DEL CONOCIMIENTO.....	1
2. OBJETIVOS.....	6
2.1. Objetivo General.....	6
2.2. Objetivos específicos.....	6
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
3.1. Recolección de plec6pteros.....	7
3.2. Cría de individuos.....	12
3.3. Descripciones taxon6micas.....	13
3.4. Análisis de datos de distribución.....	13
3.5. Análisis de información de datos físico-químicos.....	14
4. RESULTADOS.....	14
4.1. Especies del género <i>Anacroneuria</i> .....	14
4.2. Experiencia en el laboratorio.....	18
4.3. Descripciones taxon6micas y distribución regional de los plec6pteros.....	19
4.3.1. Descripción y distribución de ninfas asociadas.....	20
4.3.2. Descripción de hembra adulta.....	36
4.3.3. Nuevos registros para Costa Rica.....	37
4.4. Reproducción de <i>Anacroneuria</i> en el laboratorio.....	41
4.5. Variables Físico- químicos.....	43
5. DISCUSIÓN.....	45
5.1 Especies del género <i>Anacroneuria</i> .....	45
5.2. Descripciones taxon6micas y datos ecol6gicos.....	45
5.3 Reproducción.....	46
5.4 Género <i>Perlesta</i> Banks.....	47
5.5. Variables ambientales.....	48
6. CONCLUSIÓN GENERAL.....	50
7. LITERATURA CITADA.....	50

ANEXO 1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS RÍOS ESTUDIADOS. ....	57
---	----

## INDICE DE CUADROS

<b>Índice</b>	<b>Página</b>
Cuadro 1. Distribución y estado del conocimiento de las especies de plec6pteros en Mesoam6rica.....	15
Cuadro 2. Cantidad de huevos por masa (puesta) y tiempo de incubaci6n para ocho hembras de <i>A. holzenthali</i> .....	42
Cuadro 3. Cantidad de huevos por masa (puesta) y tiempo de incubaci6n para dos hembras de <i>A. benedettoi</i> .....	43
Cuadro 4. Valores m6nimos y m6ximos de los par6metros f6sico-qu6micos; altitud y preferencia de h6bitat en algunos sitios de recolecta de las ninfas de <i>Anacroneuria</i> . (Detalles en Anexo 1).....	44

## INDICE DE FIGURAS

Índice	Página
Fig. 1. Morfología externa de una ninfa de Plecoptera. ....	2
Fig. 2. Sitios de muestreo de especies de <i>Anacroneuria</i> realizados en este estudio. ....	8
Fig. 3. Distribución de los sitios de muestreo de ninfas de <i>Anacroneuria</i> (Perlidae: Plecoptera) depositados en la colección del Museo de Zoología de la Universidad de Costa Rica. ....	9
Fig. 4. Distribución de los puntos de recolectas de ninfas de <i>Anacroneuria</i> (Perlidae: Plecoptera). ....	10
Fig. 5. Ambientes típicos donde se recolectaron ninfas de <i>Anacroneuria</i> (Perlidae: Plecoptera). ....	11
Fig. 6. Ninfas de plecópteros con los estuches alares desarrollados. ....	12
Fig. 7. Sistema de acuarios del laboratorio del CIMAR, a) vista general de los acuarios, b) detalle de un acuario. ....	13
Fig. 9. Cantidad de especies del género <i>Anacroneuria</i> (Perlidae, Plecoptera), compartidas entre Costa Rica y los demás países de la región Mesoamericana. ....	18
Fig. 10. Vista dorsal de la ninfa de <i>A. lineata</i> , cabeza y pronoto. ....	22
Fig. 11. Distribución de la ninfa de <i>A. lineata</i> en Costa Rica. ....	22
Fig. 12. Vista dorsal de la ninfa de <i>A. varilla</i> , cabeza y pronoto. ....	23
Fig. 13. Distribución de la ninfa de <i>A. varilla</i> en Costa Rica. ....	24
Fig. 14. <i>A. marca</i> ninfa; a) cabeza y pronoto b) primera pata, vista dorsal. ....	26
Fig. 15. Distribución de la ninfa <i>A. marca</i> en Costa Rica. ....	26
Fig. 16. <i>A. benedettoi</i> ninfa; a) cabeza y pronoto, b) primera pata, c) primera coxa vista ventral. ....	29
Fig. 17. Distribución de la ninfa de <i>A. benedettoi</i> en Costa Rica. ....	29
Fig. 18. <i>A. holzenthali</i> ninfa; a) cabeza y pronoto, b) primera pata, c) primera coxa vista ventral. ....	33
Fig. 19. Distribución de la ninfa <i>A. holzenthali</i> en Costa Rica. ....	34
Fig. 20. <i>A. divisa</i> ninfa; cabeza y pronoto, b) primera pata. ....	35
Fig. 21. Distribución de la ninfa <i>A. divisa</i> en Costa Rica. ....	36
Fig. 22. Hembra <i>A. lineta</i> , placa subgenital del esternito ocho. ....	37
Fig. 23. Morfoespecie 1 ninfa; vista lateral del tórax. ....	38
Fig. 24. Distribución de la ninfa morfoespecie 1 en Costa Rica. ....	39
Fig. 25. <i>Perlesta</i> sp ninfa; a) cabeza y pronoto, b) ápice del abdomen. ....	40
Fig. 26. Distribución de la ninfa <i>Perlesta</i> sp en Costa Rica. ....	40
Fig. 27. Distribución altitudinal de siete especies de plecópteros en Costa Rica. ....	44

## RESUMEN

El orden Plecoptera es uno de los grupos de insectos más antiguos y presenta la particularidad de tener el lóbulo anal de las alas muy extenso. En el mundo existen alrededor de 3500 especies de plecópteros, distribuidas en 16 familias. Aproximadamente 1000 especies ocurren en el continente americano, y en Centroamérica se reportan 39 especies. Son pocos los trabajos que se han realizado acerca de la biología o el comportamiento de este grupo en la región, a excepción de algunos estudios en taxonomía e historia natural, realizados a finales del siglo pasado. Los plecópteros son importantes para los ecosistemas acuáticos, por un lado, al ser omnívoros en sus primeros estadios de vida favorecen el rompimiento de la materia orgánica; más adelante pasan a una dieta carnívora lo que aumenta el reciclaje de nutrimentos y la productividad secundaria en los ecosistemas; al salir del agua los plecópteros adultos transportan la energía desde el sistema acuático hacia la tierra, lo que mantiene la actividad en el flujo de energía dentro y desde el sistema acuático. Los beneficios que recibe el ser humano de los plecópteros radica en su sensibilidad a las condiciones de perturbación en los cuerpos de agua, por lo que son utilizados como bioindicadoras de la calidad del agua. El propósito de este estudio es aportar información científica acerca de la distribución, reproducción, ecología y taxonomía de siete especies de plecópteros del género *Anacroneuria* Klapálek 1909 en Costa Rica. En este trabajo se recolectaron ninfas vivas para criarlas (aproximadamente 1346) en el laboratorio de las cuales 547 llegaron al estadio de adulto. Las especies asociadas son *A. benedettoi*, *A. divisa*, *A. holzenthali*, *A. lineata*, *A. marca*, *A. varilla* y una Morfoespecie 1. Se observaron diez cópulas de las cuales dos fueron de *A. benedettoi* que en promedio ovipositaron 441 huevos (246-636) y ocho de *A. holzenthali*, que en promedio ovipositaron 475 huevos (238-1057). La mayoría de especies asociadas en este estudio parecen ser de amplia distribución en nuestro país, con excepción de *A. varilla*, especie de la cual solo se reporta un único registro en la zona norte del país. Generalmente las condiciones ambientales en las que se encontraban las ninfas fueron similares y no se puede confirmar una tendencia por preferir algún tipo de sustrato con excepción de *A. holzenthali* el cual es común encontrarlo entre las rocas en la zona hiporeica. Se informa por primera vez de la presencia de un segundo género en Centroamérica, identificado como *Perlesta* Banks (Perlidae). Además de un posible tercer género aun por confirmar.

## 1. Estado del conocimiento

Uno de los grupos más primitivos de la Clase Insecta es el orden Plecoptera, también conocidos como “Moscas de Piedra”. Los primeros registros fósiles de plecópteros se encontraron en el Pérmico, hace unos 250 millones de años atrás (Ilies 1965, Wooten 1972, Sinistshenkova 1987), y su relación ancestral es probablemente más cercana a Orthoptera y Blattodea. Las familias más antiguas provienen del hemisferio Sur (Ilies 1965) y por procesos de glaciación en el Pleistoceno algunos grupos se radiaron por todo el planeta, excepto en la Antártica (Ilies 1966).

El orden Plecoptera está dividido en dos subórdenes: Antarctoperlaria y Arctoperlaria (Zwick 1980, Hynes 1988, Stewart y Stark 1993). Arctoperlaria se distribuye en el Hemisferio Norte con excepción de las familias Notonemouridae y Perlidae, las cuales están presentes en el Hemisferio Sur, donde se considera se originó Antarctoperlaria. Se estima que existen de 3000 a 3500 especies de plecópteros en el mundo, agrupadas en 16 familias (Baumann 1982), y en América están reportadas 1000 especies (Fochetti y Tierno de Figueroa 2008). La Familia Perlidae está compuesta por 800 especies agrupadas en 51 géneros y dos subfamilias (Acroneuriinae y Anacroneuriinae) y la composición para el neotrópico es de 280 especies repartidas en 10 géneros (Stark 2001a). En América Central se reporta solo el género *Anacroneuria* de la familia Perlidae (Stark 1998), la cual es la segunda familia con mayor cantidad de géneros del grupo Systellognatha, solo después de Perlodidae (Pescador *et al.* 2000). De *Anacroneuria* se conocen alrededor de 280 especies (Baumann y Kondratieff 1996), de las cuales 27 se han reportado para Costa Rica (Stark 1998), aunque la lista puede que este subestimada.

La morfología externa de los plecópteros varía entre los grupos y se puede encontrar casi cualquier variante dentro de la estructura típica del orden. Los adultos se parecen a las ninfas, y poseen cuatro alas membranosas. Al igual que en otros órdenes de insectos, las estructuras genitales de los machos son muy importantes para la taxonomía del orden (Pescador *et al.* 2000), mientras que las hembras poseen muy pocas estructuras reproductivas externas, lo que dificulta su descripción. Las ninfas de *Anacroneuria* (Fig. 1) se caracterizan por tener agallas filamentosas en la parte ventral del tórax y cuando son adultos conservan remanentes de estas (Harper y Stewart 1988),

aunque su respiración la realizan por espiráculos. La cabeza es un tanto aplanada y en forma de disco. Los ojos están colocados posterolateralmente con dos ocelos en su cabeza, aunque otras familias presentan tres ocelos. Las antenas son filiformes y varían en el número de segmentos, debido al desarrollo de la ninfa. La coloración y patrón de manchas en el tórax es variable en individuos de diferentes especies (Harper y Stewart 1988, Pescador *et al.* 2000). Las patas tienen dos uñas apicales y tres tarsómeros. El abdomen posee diez segmentos y es de forma un poco cilíndrica, con dos cercos terminales.

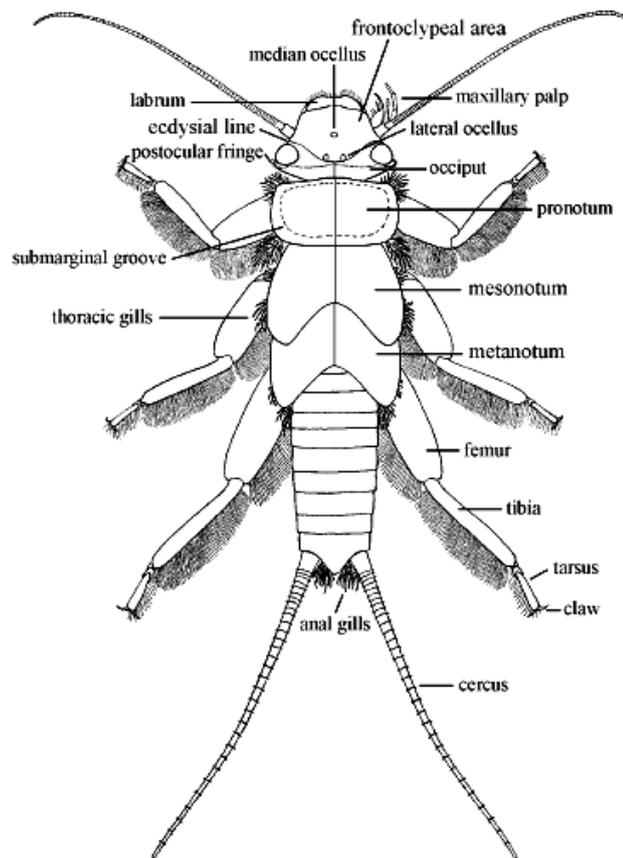


Fig. 1. Morfología externa de una ninfa de Plecoptera (tomado de Pescador *et al.* 2000).

Los plecópteros son hemimetábolos; las ninfas son acuáticas mientras que el adulto es terrestre. Generalmente emergen por la noche o en la madrugada (Hynes 1974). En los primeros estadios las ninfas se alimentan de algas y detritos, y a medida que se da el proceso de desarrollo, se alimentan de organismos acuáticos más pequeños. Sin embargo, no todos cumplen con esta característica y la alimentación es dependiente de la especie, la temperatura y la disponibilidad del alimento (Heiman y Knight 1975). Anteriormente se creía que el adulto terrestre no se alimentaba, verdad que se cumple

solo en cinco familias del grupo de Systellognatha (Pteronarcidae, Pletoperlidae, Perlidae, Chloroperlidae y Perlodidae) que únicamente beben agua (Hynes 1976) y solo cumplen la función de reproducción y dispersión. Adultos de otras familias pueden alimentarse de sustancias azucaradas e inclusive masticar algas epífitas y brotes de hojas del bosque (Hynes 1976, Harper y Stewart 1988).

Desde 1851 se sabe que los machos producen un sonido, conocido como “tamborileo”, para buscar pareja (Sandberg y Stewart 2006). Este sonido lo producen golpeando su abdomen con el sustrato, donde se ubica una estructura especializada en el esternito 8 ó 9 conocida como “martillo” (Harper y Stewart 1988). Las vibraciones producidas no se propagan por el aire y debe haber un medio conductor del sonido, como hojas, piedras y troncos. Las hembras responden al llamado y así comienza el apareamiento; el dialecto es específico para cada especie (Hynes 1976, Harper y Stewart 1988, Sandberg y Stewart 2006). Este tipo de comunicación ya se ha identificado para 121 y 29 especies, de Norte América y Europa, respectivamente (Sandberg y Stewart 2006). El apareamiento se da cuando el macho monta a la hembra y dobla el abdomen buscando la abertura genital. El aedeago está ubicado en el esternito 9 y del epiprocto sale el esperma que será depositado externamente en la hembra que inmediatamente lo aspirará (Stewart y Stark 1977).

Los huevos son depositados de varios modos según el grupo: pueden ser depositados directamente bajo la superficie del agua o, con un vuelo veloz, las hembras pueden pasar tocando el agua, dejándolos caer en una gran masa (Hynes 1974). Según Tierno de Figueroa y Ortega (1999), la cantidad de huevos por hembra varía según las especies y disminuyen progresivamente según el número de puestas por hembra. Las estructuras de fijación al sustrato varían de acuerdo a las dos superfamilias Perloidea y Nemuroidea, estudiadas por estos mismos autores, donde los huevos son ovalados o más esféricos, respectivamente. Algunas hembras pueden portar los huevos de una a varias semanas después del apareamiento (Hynes 1976). El tiempo de desarrollo, que comprende desde el momento de la oviposición hasta el momento de emergencia, depende principalmente de los factores ambientales, tales como: temperatura, cantidad y calidad del alimento, fotoperiodo, además de la genética de cada especie (Sweeney 1984, Jackson y Sweeney 1995). En algunos casos el crecimiento puede tardar de 10 a 11 meses con ciclos de vida anual, mientras que otros pueden tardar de tres hasta seis

años, en condiciones ambientales extremas. Observaciones en el laboratorio por Jackson y Sweeney (1995), sobre tiempos de desarrollo larvales para dos diferentes morfoespecies de *Anacroneuria* en Costa Rica, indicaron duraciones en promedio de 83 y 167 días, muy por debajo de los tiempos reportados para la mayoría de especies de plecópteros en zonas templadas. En los trópicos, ciclos de vida tan rápidos son de gran importancia, debido a que facilitan la circulación de nutrientes y la reincorporación a las cadenas tróficas, además, de favorecer la recuperación de los sistemas ecológicos cuando ocurren disturbios naturales o antropogénicos.

Los adultos de *Anacroneuria* en el Neotrópico se pueden recolectar a lo largo de todo el año, utilizando trampas de luz (Hynes 1988). Esto sugiere que no son estacionales y se reproducen al menos dos veces por año. También a los adultos se les puede encontrar en la vegetación cercana a la orilla del río o quebrada y se pueden capturar con una red entomológica o luz negra. Las ninfas se pueden encontrar casi en cualquier lugar del río, desde troncos sumergidos, paquetes de hojas y hasta debajo de piedras, aunque siempre cerca o dentro de la corriente.

Los plecópteros viven en ambientes acuáticos con aguas de excelente calidad y muy oxigenada (Roldan-Pérez 1996). Su distribución regional depende de factores naturales tales como: temperatura, elevación, tipo de sustrato, caudal, velocidad de corriente, clima y vegetación local (Ward 1992, Morse *et al.* 1993, Malmqvist 1999), además de factores antrópicos, tales como la alteración o contaminación de su hábitat (Miserendino 2006). Por su poca tolerancia a ambientes alterados, los plecópteros son considerados excelentes indicadores de la salud de los ríos y demás cuerpos de agua (Resh *et al.* 1988, Metcalfe 1989, Brittain 1991, Landa *et al.* 1997, Scarsbrook & Halliday 1999, Harding *et al.* 2000, Vera & Camousseight 2006). Sin embargo, la poca información disponible sobre su ciclo de vida y la ausencia de una clave taxonómica de ninfas a nivel de especies, limita el empleo de los plecópteros como posibles bioindicadores de la calidad de las aguas en los países tropicales, debido a que dentro de un mismo género las especies pueden requerir niveles diferentes de oxígeno, tener diferente alimentación y ocupar distintos microhábitat (Tomanova & Tudesco 2007). En Costa Rica tan solo para dos especies los estadios inmaduros están asociados a los adultos: *A. maritza* y *A. uatsi* (Stark 1998). Conociendo las ninfas a nivel de especie, se

podrían realizar otros estudios para mejorar los índices de calidad de las aguas y así complementar con los datos físico-químicos.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo general**

Contribuir al conocimiento taxonómico, ecológico, reproductivo y de distribución del género *Anacroneuria*, en Costa Rica.

### **2.2. Objetivos específicos**

Determinar la distribución regional de siete especies de plecópteros en el país.

Aportar información científica acerca de los requerimientos ecológicos, basados en variables ambientales, tales como: temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad y sustrato, para la distribución de especies.

Realizar descripciones taxonómicas a nivel de especie de las ninfas criadas, basadas en características morfológicas y de coloración.

Generar información científica para el conocimiento de la biología (tiempo de vida, oviposición, desarrollo embrionario y desarrollo larval) de las especies estudiadas.

### **3. Materiales y métodos**

Para realizar este trabajo se utilizó material existente en la colección de Entomología Acuática del Museo de Zoología de la Universidad de Costa Rica, además de material que se recolectó en diferentes zonas del país. Cuando fue posible contar con algún equipo de medición multipárametros, se tomaron en el campo medidas físico-químicas básicas tales como: oxígeno disuelto, temperatura, pH, conductividad y se caracterizó el tipo de sustrato (hojarasca o piedra). Los parámetros ambientales fueron utilizados con el fin de caracterizar el hábitat dónde se encontraron las ninfas de plecópteros. Asimismo, se tomaron datos de altitud y coordenadas con un GPS, para el análisis de distribución.

#### **3.1. Recolecta de plecópteros**

Se realizaron 136 visitas al campo, a 64 sitios de estudio de 54 ríos (Fig. 2), procurando realizar una amplia distribución por el país. La distribución de los puntos se dio principalmente en lugares con una buena densidad de drenaje, en la zona de San Carlos, Guápiles, partes altas del Valle Central; además se incluyeron sitios con ciertas facilidades estratégicas, como por ejemplo transporte o accesibilidad, reflejando una amplia gama de rangos de alturas, vertientes, zonas de vida y tipo de ambiente.

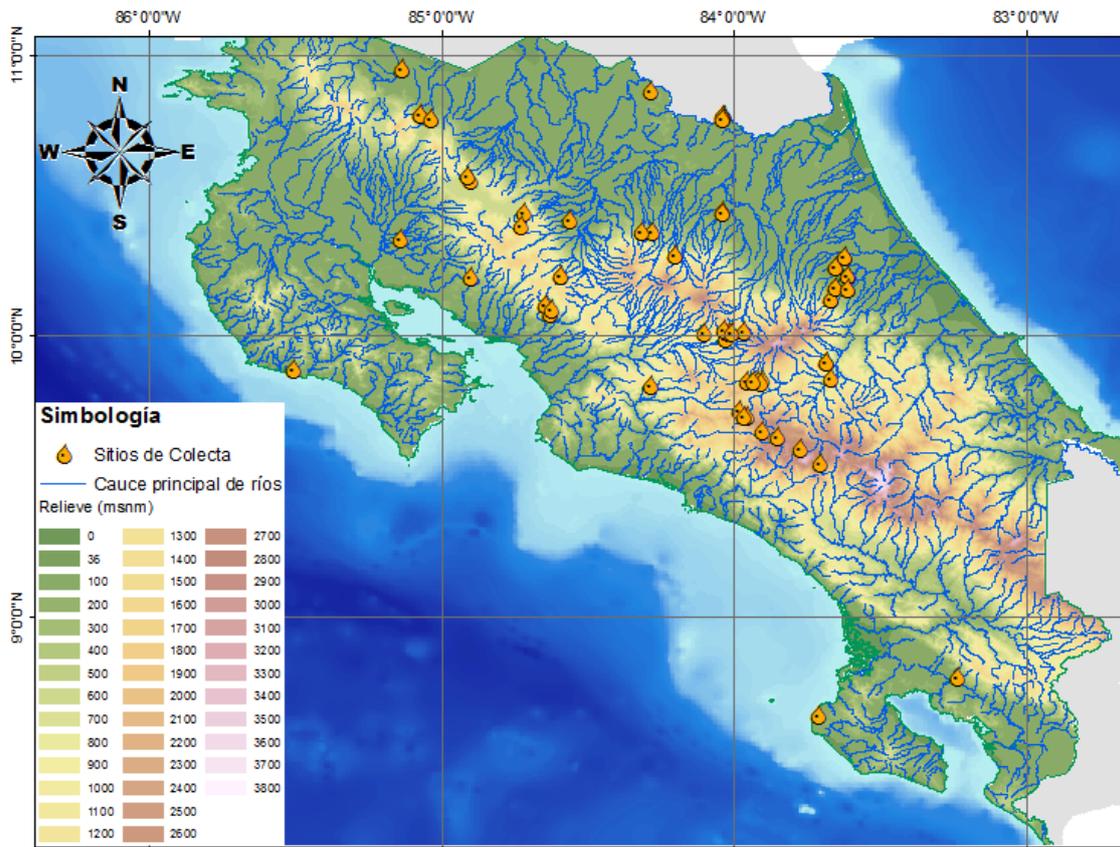


Fig. 2. Sitios de muestreo de especies de *Anacronuria* realizados en este estudio.

Complementario a los sitios estudiados en este trabajo, se determinó la distribución de acuerdo a los registros de plecópteros depositados en la colección taxonómica de entomología acuática del Museo de Zoología de la Universidad de Costa Rica (Fig. 3). Ambos juegos de datos fueron complementarios, y cubrieron casi todas las cuencas más importantes del país, con excepción de algunos lugares en la partes altas de Talamanca, la zona Norte donde la mayoría de ríos son grandes, caudalosos y con arrastre de muchos sedimentos, además de la zona de Guanacaste (Fig. 4).

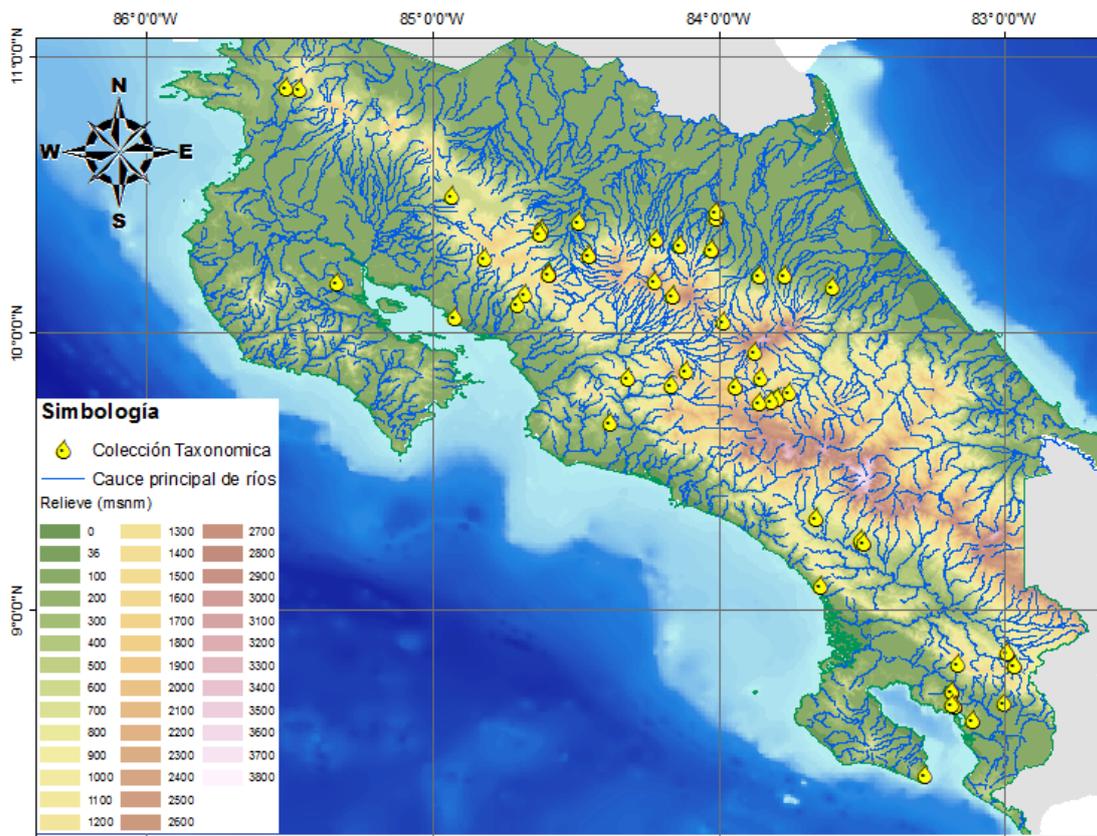


Fig. 3. Distribución de los sitios de muestreo de ninfas de *Anacroneuria* (Perlidae: Plecoptera) depositados en la colección del Museo de Zoología de la Universidad de Costa Rica.

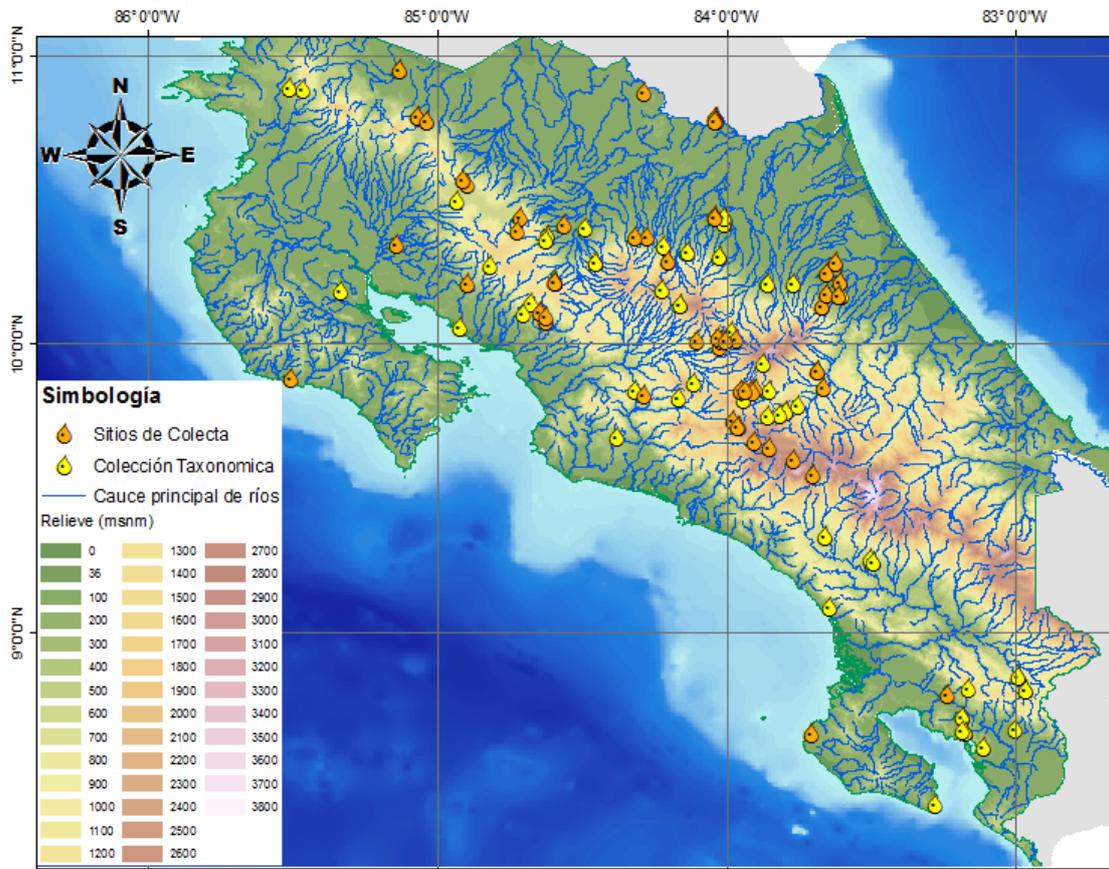


Fig. 4. Distribución de los puntos de recolectas de ninfas de *Anacroneuria* (Perlidae; Plecoptera).

Para recolectar las ninfas de plecópteros se examinaron sitios donde de acuerdo a la experiencia se sabía que podrían ser encontrados; las zonas examinadas fueron principalmente de alta corriente donde el oxígeno disuelto iba a ser de mayor saturación. En varios casos los sitios de muestreo se ubicaban en medio de cultivos de café o en bananeras (Fig. 5), este tipo de ambiente parece no haber sido una limitante en la distribución de ciertas especies de *Anacroneuria*.



Fig. 5. Ambientes típicos donde se recolectaron ninfas de *Anacroneuria* (Perlidae: Plecoptera).

Para el estudio se recolectaron aproximadamente 60 individuos por sitio; cuando esta cantidad no pudo ser alcanzada, se tomaron los individuos de 1 hora de muestreo, con el fin de estandarizar al máximo posible las muestras. Tomando en cuenta solo las ninfas maduras, es decir, las que presentaron los estuches alares bien desarrollados (Fig. 6). Para la recolección de las ninfas se utilizó una red de mano y pinzas entomológicas suaves; luego las ninfas fueron depositadas cuidadosamente en frascos de rosca llenos de agua y con hojas para darle un sustrato donde sujetarse. Las muestras fueron transportadas al Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) en la Universidad de Costa Rica, San José, al Laboratorio de Acuarios, el cual cuenta con un sistema de fotoperiodo de 12:12 hrs simulando las condiciones naturales.



Fig. 6. Ninfas de plec6pteros con los estuches alares desarrollados.

### 3.2. Cría de individuos

En el laboratorio, las ninfas de los plec6pteros fueron colocadas en frascos con agua desclorada (Fig. 7a) a una temperatura de  $21 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . En cada frasco, se colocaron un m6ximo de cuatro individuos en diferentes estadios de desarrollo, para evitar la emergencia simult6nea y as6 una posible confusi6n de las mudas correspondientes. En el recipiente se coloc6 una piedra de aireaci6n, con el fin de que el microh6bitat presentara un m6ximo de ox6geno saturado, y una piedra que sobresale el nivel del agua donde los plec6pteros se apoyaron para emerger (Fig. 7b). Las ninfas fueron alimentadas principalmente con oligoquetos y larvas de quiron6midos. Una vez que se obtuvieron los adultos, estos fueron puestos en frascos de pl6stico con unas gotas de miel y la muda fue colocada en un tubo de ensayo, debidamente rotulado, con tapa y etanol al 70%. Algunas parejas de adultos fueron colocados en frascos para poder observar la c6pula, posteriormente se obtuvieron datos de cantidad de huevos, n6mero de puestas y tiempo de eclosi6n de los huevos fertilizados. Para esto, se coloc6 en el frasco una caja de petri con agua para que la hembra ovipositar. Una vez que se obtuvieron los huevos, se

tomaron fotografías de las masas de huevos cada dos días. Para realizar los conteos de huevos se utilizó el programa Image Tool<sup>®</sup>, el cual cuenta con una herramienta para realizar los conteos.

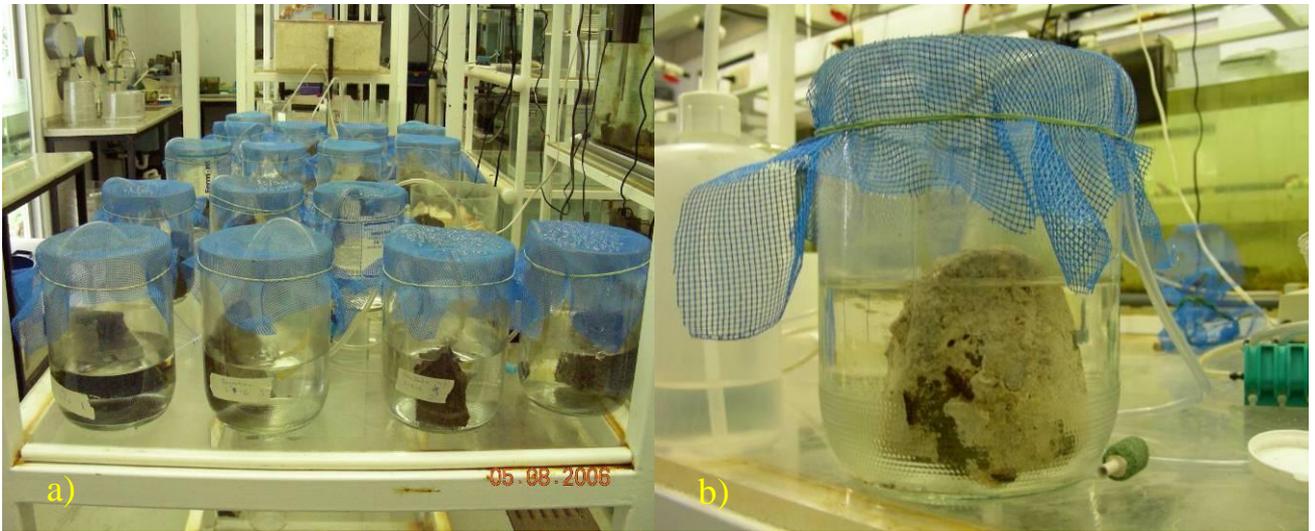


Fig. 7. Sistema de acuarios del laboratorio del CIMAR, a) vista general de los acuarios, b) detalle de un acuario, nótese ninfas de *Anacroneuria* sujetas a la roca que funciona de sustrato.

### 3.3. Descripciones taxonómicas

Los adultos fueron identificados a nivel de especie, siguiendo el procedimiento y las claves taxonómicas según Stark (1998). Se procedió a describir las ninfas según sus características morfológicas y de coloración, únicas de cada especie. Además, se tomaron fotografías digitales con una cámara Nikon S4 de 6 megapíxeles. De cada especie se realizaron dibujos de las partes más características (cabeza, tórax y patas).

### 3.4. Análisis de datos de distribución

Con la ubicación de los sitios de muestreo, se realizaron mapas de distribución de las especies reportadas en este trabajo, utilizando algunos programas de sistemas de información geográfica (ArcMap). Además se examinó la colección húmeda de plecópteros del Museo de Zoología y del material recolectado.

### **3.5. Análisis de información de datos físico-químicos**

La información recopilada de los datos físico-químicos se utilizó para determinar los rangos de tolerancia de las diferentes especies reportadas; de esta manera se aportó información acerca de los requerimientos ecológicos de estos organismos y su posible uso como bioindicadores al nivel taxonómico de especie.

## **4. Resultados**

### **4.1. Especies del género *Anacroneuria***

Las especies del género *Anacroneuria* reportadas para Costa Rica, fueron recientemente estudiadas y en algunos casos redescritas (Stark 1998). De las 39 especies que se encuentran reportadas para la región (que incluye, desde el sur de los Estados Unidos hasta Panamá), 27 especies se reportan para nuestro país. Un caso particular es la especie *A. starki* la cual no se reporta para Costa Rica, únicamente para los países vecinos de Nicaragua y Honduras; debido a la cercanía con estos países no se descarta la posibilidad de que en un futuro y con un mayor esfuerzo de muestreo esta especie también sea reportada para la fauna del país.

En Costa Rica se registran al menos 27 especies de plecópteros con nombres validos; México es el país que más especies del género presenta con 30. Debido a que la revisión realizada en Costa Rica por Stark (1998) incluía material de Panamá, este país también tiene un número muy similar de especies descritas, aunque son un poco menos.

A continuación se presenta un resumen de las especies registradas para el país, que incluye países donde se han reportado y autores que tratan de manera taxonómica la especie. Además de información del estado del conocimiento de las ninfas.

Cuadro 1. Distribución y estado del conocimiento de las especies de plec6pteros en Mesoam6rica.

<b>Especie</b>	<b>Localidad</b>	<b>Ninfa</b>	<b>Autor</b>
<i>A. acutipennis</i> Klapálek, 1923	CR, GU, PA	No Descrita	Stark & Kondratieff 2004
<i>A. alajuela</i> Stark, 1998	CR	No Descrita	Stark 1998
<i>A. annulipalpis</i> Klapálek, 1922	CR, PA	No Descrita	Stark 1998
<i>A. benedettoi</i> Stark, 1998	CR, HO, PA	No Descrita	Stark 1998, Stark & Kondratieff 2004
<i>A. blanda</i> Needham & Broughton, 1927	CR, PA	No Descrita	Stark 1998
<i>A. costana</i> (Navás, 1924)	CR, MX	No Descrita	Stark 1998, Stark & Kondratieff 2004
<i>A. curiosa</i> Stark, 1998	CO, CR, NI, PA	No Descrita	Stark 1998, Fenoglio 2007, Zuñiga <i>et al.</i> 2007
<i>A. divisa</i> (Navás, 1924)	CR, NI	No Descrita	Stark 1998, Fenoglio 2007
<i>A. exquisita</i> Stark, 1998	CR	No Descrita	Stark 1998
<i>A. hacha</i> Stark, 1998	CR	No Descrita	Stark 1998
<i>A. harperi</i> Stark, 1998	CO, CR	No Descrita	Stark 1998, Zuñiga <i>et al.</i> 2007
<i>A. holzenthali</i> Stark, 1998	CR, HO, NI	No Descrita	Stark 1998, Stark & Kondratieff 2004, Fenoglio 2007
<i>A. lineata</i> (Navás, 1924)	BE, CR, GU, HO, MX	No Descrita	Stark 1998, Stark & Kondratieff 2004, Fenoglio 2007
<i>A. magnirufa</i> Jewett, 1958	CR, PA	No Descrita	Stark 1998
<i>A. marca</i> Stark, 1998	CR	No Descrita	Stark 1998
<i>A. marginata</i> Stark, 1998	CR	No Descrita	Stark 1998
<i>A. maritza</i> Stark, 1998	CR	Descrita	Stark 1998
<i>A. perpleja</i> Stark, 1998	BE, CR, GU, HO, MX	No Descrita	Stark 1998, Stark & Kondratieff 2004

<b>Especie</b>	<b>Localidad</b>	<b>Ninfa</b>	<b>Autor</b>
<i>A. planicollis</i> Klapálek, 1923	BE, CR, GU, MX, NI, PA	No Descrita	Stark 1998, Stark & Kondratieff 2004, Fenoglio 2007
<i>A. plutonis</i> (Banks, 1914)	CR	No Descrita	Stark 1998
<i>A. starki</i> Fenoglio & Morisi, 2000	HO, NI	No Descrita	Fenoglio 2001, Stark & Kondratieff 2004, Fenoglio 2007
<i>A. talamanca</i> Stark, 1998	CR, NI, PA	Descrita	Stark 1998, Stark & Kondratieff 2004, Fenoglio 2007
<i>A. tornada</i> Stark, 1998	CR	No Descrita	Stark 1998
<i>A. uatsi</i> Stark, 1998	CR, HO	Descrita	Stark 1998, Stark & Kondratieff 2004
<i>A. varilla</i> Stark, 1998	CR	No Descrita	Stark 1998
<i>A. ventana</i> Stark, 1998	CR	No Descrita	Stark 1998
<i>A. zapata</i> Stark, 1998	CR	No Descrita	Stark 1998
<i>A. zarpa</i> Stark, 1998	CR	No Descrita	Stark 1998

BE= Belice, CO= Colombia, CR= Costa Rica, GU= Guatemala, HO= Honduras, MX= México, NI= Nicaragua, PA= Panamá

Según los datos reportados, Costa Rica presenta un alto grado de endemismo de especies de plecópteros. De las 27 especies reportadas para nuestro país, 12 se reportan únicamente en Costa Rica, siete se han reportado para Costa Rica más otro país, el cual puede ser tan al sur como Colombia o tan al norte como México. Costa Rica comparte distribución de cuatro especies con al menos dos países. Además de una especie común en al menos tres países, dos especies en cuatro países y por ultimo una especie (*A. planicollis*) con la mayor distribución, en al menos cinco países (Fig. 8).

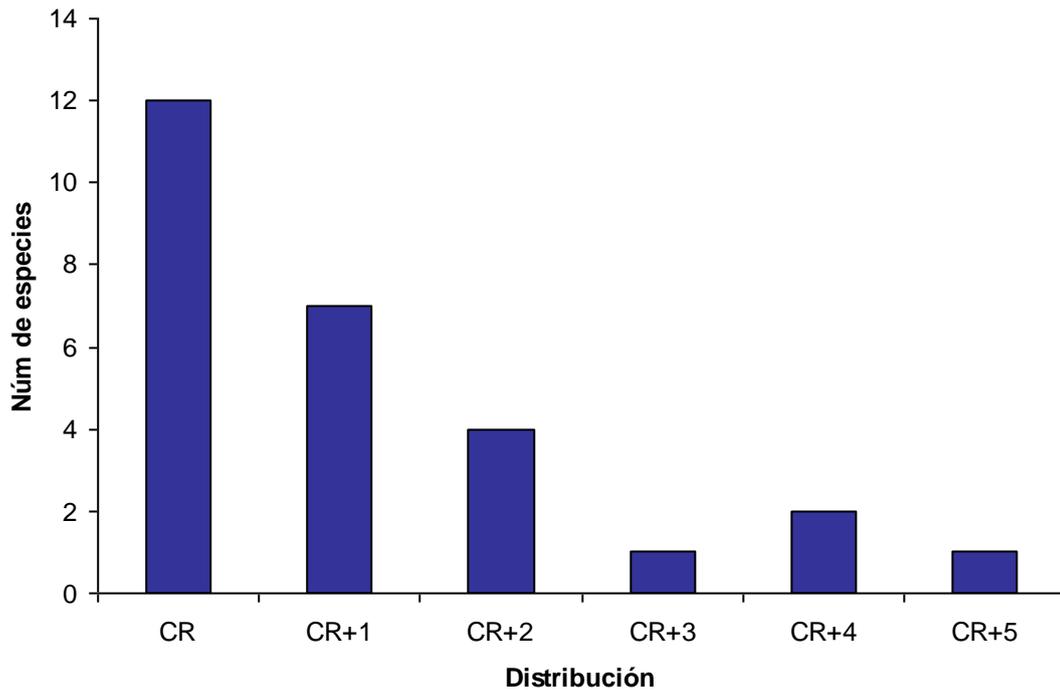


Fig. 8. Cantidad de especies de *Anacroneuria* (Perlidae, Plecoptera) reportadas para Costa Rica y su distribución según la cantidad de países.

Los inventarios de biodiversidad en los países centroamericanos nos ayudan a conocer la distribución de las especies de plecópteros en la región. Por ejemplo el país con el cual Costa Rica comparte más especies es Panamá, seguido de Nicaragua, Honduras, Guatemala, México, Belice y Colombia (Fig. 9). Es importante resaltar el vacío de información en El Salvador, del cual no se conocen datos acerca de las especies de plecópteros de ese país.

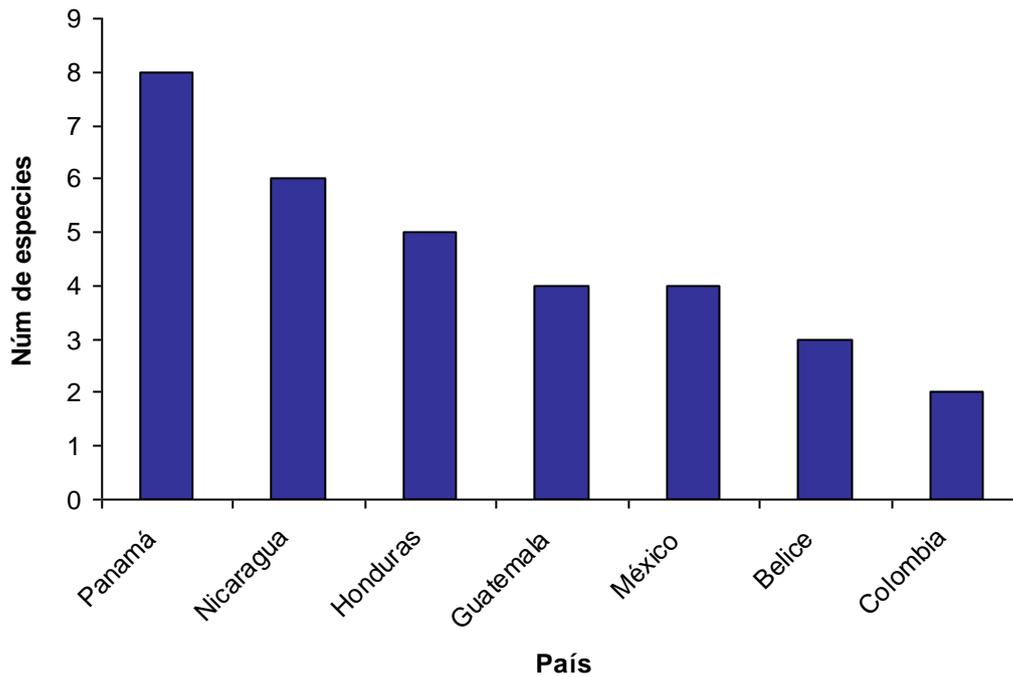


Fig. 9. Cantidad de especies del género *Anacroneuria* (Perlidae, Plecoptera), compartidas entre Costa Rica y los demás países de la región Mesoamericana.

#### 4.2. Experiencia en el laboratorio

En total se transportaron al laboratorio 1346 ninfas de plec6pteros, de las cuales 547 llegaron al estado adulto. En el campo, los plec6pteros fueron ubicados en casi todos los microh6bitats de los sistemas acu6ticos estudiados, desde troncos, paquetes de hojas, debajo de las rocas medianas, entre piedras peque1as, entre otros. Al inicio del estudio la mortalidad de plec6pteros en el proceso de transportar las ninfas desde el r6o hasta el laboratorio fue de hasta el 65 por ciento (var6o dependiendo de la distancia de los sitios de muestreo al laboratorio). A lo largo del desarrollo de la investigaci6n se logr6 acumular experiencia con lo cual se obtuvo una disminuci6n en la mortalidad hasta llegar a tan solo el 12 por ciento. Las principales causas de mortalidad fueron debidas al estr6s provocado por factores tales como el aumento en la temperatura del agua en el contenedor donde fueron transportados, lo que se logr6 corregir transportando los individuos en contenedores dentro de una hielera que los aisla de los cambios bruscos de temperatura; tambi6n el estr6s causado por transportar muchos individuos en un mismo contenedor, este factor de mortalidad lo cual se evit6 colocando un m6ximo de cuatro ninfas por frasco.

Una vez en el laboratorio, se colocaron hasta seis ninfas de plec6pteros en acuarios separados y con una bomba de aireaci6n cada uno. La temperatura fue de  $21 \pm 2^{\circ}\text{C}$  en cada acuario. Se identificaron algunos problemas relacionados con la mortalidad a causa de la depredaci6n entre individuos, la cual ocurri6 principalmente en el momento en el que el depredado estaba en proceso de muda y el cuerpo aun estaba suave, momento en que los plec6pteros (y la mayorfa de insectos) son muy vulnerables. Otra causa de muerte identificada en el laboratorio, fue debido a que algunos individuos que pasaban varias semanas en los acuarios, al momento de ocurrir la emergencia no tuvieron la suficiente fuerza para romper la exuvia y salir de la misma, por lo que morfan en el proceso. Esto ocurria posiblemente debido a que la dieta a base de *Tubifex* (Annelida: Tubificidae) es deficiente en nutrientes, en comparaci6n con la dieta en estado natural. En otros casos se observ6 individuos que no desplegaron sus alas de forma adecuada debido a que no podfan bombear hemolinfa a las venas de sus alas, muy posiblemente debido a este mismo fen6meno.

En los ensayos realizados con los adultos obtenidos de las especies *A. holzenthali*, *A. lineta* y *A. benedettoi*, al inicio la mayorfa de individuos no fueron alimentados y estos vivieron tres dfa en promedio. Posteriormente, los individuos fueron alimentados con miel de abeja y asf vivieron hasta seis dfa en promedio.

En algunos casos, cuando emergfa un adulto macho y un adulto hembra, se colocaron juntos en un contenedor, dentro del cual tambi6n se colocaba una caja de petri con agua hasta la mitad. En la actividad previa al apareamiento no se observ6 el comportamiento de “drumming” que si ha sido conocido para muchas otras especies de plec6pteros.

### **4.3. Descripciones taxon6micas y distribuci6n regional de los plec6pteros**

A continuaci6n se presentan las descripciones de los estadios ninfales de siete especies del g6nero *Anacroneturia*. Cada descripci6n incluye caracterfsticas morfol6gicas de la especie, lo m6s detallado posible, adem6s de un comentario que refiere a alguna especie similar en su morfologfa con la descrita. Los par6ntesis cuadrados se refieren a la cantidad de individuos disectados para su identificaci6n. Se reportan en orden de aparici6n segun las caracterfsticas morfol6gicas similares.

#### 4.3.1. Descripción y distribución de ninfas asociadas

*Anacroneuria lineata* (Navás 1924)

##### NINFA

**Distribución global.** Belice, Costa Rica, Guatemala, Honduras, México.

**Localidad del tipo (adulto):** Costa Rica.

**Descripción (Fig. 10).** Longitud del cuerpo de 6 a 10 mm. Cuerpo robusto, color café claro, fémur con espinas fuertes dejando ver un parche libre de estas justo en la parte más próxima, pronoto con una línea central de color amarillo y dos laterales del mismo color, disminuyendo las líneas a los costados. Mesonoto y metanoto con patrón de figuras las cuales se tornan negras aproximadamente dos días antes de emerger el adulto. Cabeza con una figura en forma de M, presenta un color café en la parte posterior y entre los ocelos, en la anterior un color amarillo. Fémur y tibia de la primera, segunda y tercera pata con una línea de pelos en el margen posterior.

**Diagnosis.** Manchas en pronoto, fémur con más de 7 espinas fuertes.

**Material recolectado.** **Alajuela,** Río Niño, Upala, 9 nov 2008, 3 ♂. Afluente Río Pizote, Quebrada sin nombre, 24 ago 2008, 1 ♂ [1 ♂]. Quebrada Catarata, Los Chiles Crusitas, 2 mar 2007, 1 [1 ♂]. Río San Lorencito, San Ramón, Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, 22 feb 2008, 1 ♂. **Limón,** Guápiles, Río Dos Novillos varias fechas (2006), 18 ♂ [8 ♂], 21 ♀. **Puntarenas:** Esparza, Quebrada Beneficio, 17 ene 2007, 1 ♀. Río Barranca, 17 ene 2007, 2 ♂ [1 ♂], 3 ♀.

**Material del Museo Zoología.** **San José:** Finca El Rodeo, 4 nov 2000, D. Vásquez, 1 ♂, 1 ♀. **Alajuela:** Río Peñas Blancas, San Carlos, 260 m, 8 dic 1998, M. Springer y P. Paaby, 1 ♂. Río San Lorencito, San Ramón, Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, 860 m, 15 oct 2005, J. Ortiz, 1 ♀. Río San Lorencito, San Ramón, Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, 860 m, 10 oct 1998, Curso Ecología UCR, 1 ♂. Río San Lorencito, San Ramón, Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, 860 m, 1 abr 1998, Curso UCR, 1 ♂. Río San Lorencito, San Ramón, Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, 850 m, 2 mar 2002, R. Acosta, 1 ♀. **Cartago:** Tres Ríos, Quebrada La Chirracá, Cerros de la Carpintera, Istaru, 1550 m, 6 sep 1999, S. Johanes, 2 ♂, 1 ♀. **Heredia:** San Isidro, M. Bermúdez, 1800 m, 10 nov 1998, 2 ♀. Estación Biológica La Selva, 50 m, jun 1998, Curso OET, 1 ♂. Los Cartagos, Río Chorreras, 1800 m, 3 dic 2000, L. López

1 ♀. Reserva Rara Avis "El Plástico", Quebrada El Tigre, 560 m, ene 1999, Curso OET, 2 ♂, 3 ♀. Parque Nacional Braulio Carrillo, Río Yerba Buena, 1350 m, abr 1995, C Flores, 1 ♂. **Limón:** Río Santa Clara, Guápiles, 550 m, 5 set 1998, L. Fernández, 1 ♂, 1 ♀. Río Santa Clara, Guápiles, 550 m, 28 nov 1998, L. Fernández, 1 ♂, 1 ♀. **Guanacaste:** Quebrada La Cascada, Parque Nacional Barra Honda, 180 m, 8 ene 2005, F. Ruiz, 1 ♀. Río La Caña, Parque Nacional Barra Honda, 225 m, 15 ene 2005, F. Ruiz, 4 ♂, 4 ♀. **Puntarenas:** Río Jaba, debajo de presa, San Vito, abr 1997, 1070 m, N. Powell, 1 ♂. Río Jaba, debajo de matadero, San Vito, abr 1997, 1070 m, N. Powell, 1 ♂. Río Naranjal bajo la Catarata, Golfito, may- abr 1999, J. Hansen, 30 ♂, 21 ♀. Quebrada Naranjal, Golfito, 10 m, 21 ene 2000, M. Springer, Curso UCR, 5 ♂, 11 ♀. Río Jaba Finca Gamboa, San Vito, mar 1997, N. Powell, 1 ♀. Río Cañaza, Golfito, may 1999, T. Hermanson J. Steffen, 1 ♂. Río La Gamba parte de arriba, Golfito, 75 m, may 1999, J. Hansen, 2 ♂, 1 ♀. Finca Loma Bonita, Quebrada, San Vito Coto Brus, 6 ago 1999, M. Springer, 1 ♀. Quebrada Junco, Pérez Zeledón, 590 m, 7 oct 2005, 1 ♀. Río Lagarto, Chomes, 4 nov 2000, A. Loría, 1 ♀. Río Caracol, Interamericana, 50 m, 19 jul 1996, G. Umaña, 2 ♀. Río Esquinas pared de la catarata, Finca la Esperanza, 100 m, 9 jun 1995, L. Vik, 1 ♂.

**Especies similares.** *A varilla*. Esta especie presenta más de siete espinas en el parche de la primera pata.

**Hábitat:** En el río se puede ubicar en varios microhabitat. Se ha encontrado en ríos que pasan por bananeras (Fig. 11), lo que indica que pueden tolerar algún nivel de contaminación.

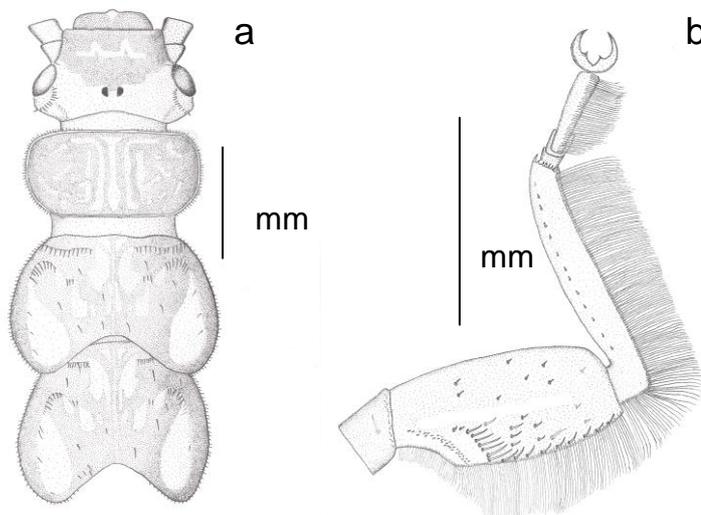


Fig. 10. Vista dorsal de la ninfa de *A. lineata*, cabeza y pronoto.

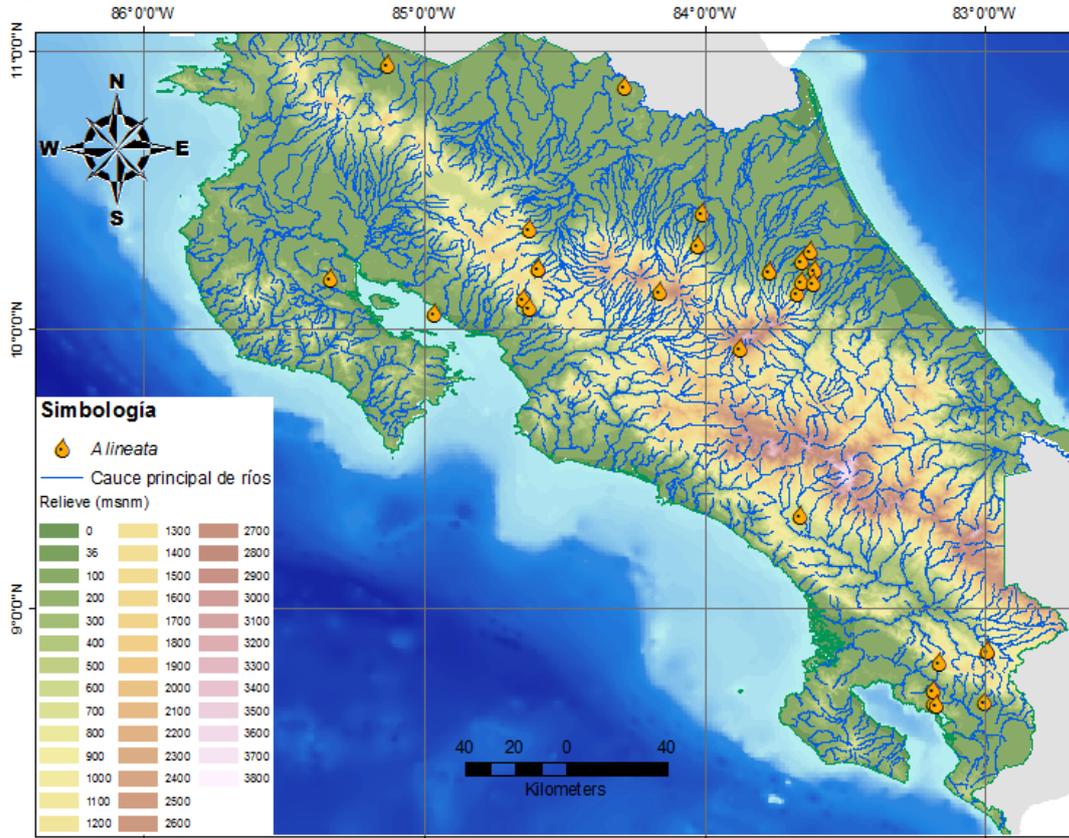


Fig. 11. Distribución de la ninfa de *A. lineata* en Costa Rica.

*Anacroneturia varilla* Stark 1998

## NINFA

**Distribución global.** Costa Rica.

**Localidad del tipo (adulto):** Costa Rica.

**Descripción (Fig. 12).** Longitud del cuerpo de aproximadamente 10 mm. Cuerpo robusto, color café claro, fémur con espinas fuertes dejando ver un parche libre de ellas justo en la parte más próxima, pronoto con una línea central de color amarillo y dos laterales del mismo color, disminuyendo las líneas a los costados. Mesonoto y metanoto con patrón de figuras las cuales se tornan negras aproximadamente dos días antes de emerger el adulto. Cabeza con una figura en forma de M, presenta un color café en la parte posterior y entre los ocelos, en la parte anterior un color amarillo. Fémur y tibia de la primera, segunda y tercera pata con una línea de pelos en el margen anterior.

**Diagnosis.** Línea de menos de siete espinas en el profémur. Característica tentativa.

**Material examinado:** Quebrada sin nombre, afluente río Pizote, 250 m, 3 dic 2006, 1♂.

**Especies similares.** *A. lineata*, sin embargo, *A. varilla* presenta alrededor de siete espinas fuertes en el parche de la primera pata. *A. lineata* presenta más de siete espinas.

**Comentario.** Se puede encontrar entre la hojarasca. Restringido, en este trabajo, a un solo río en la Zona Norte (Fig. 13).

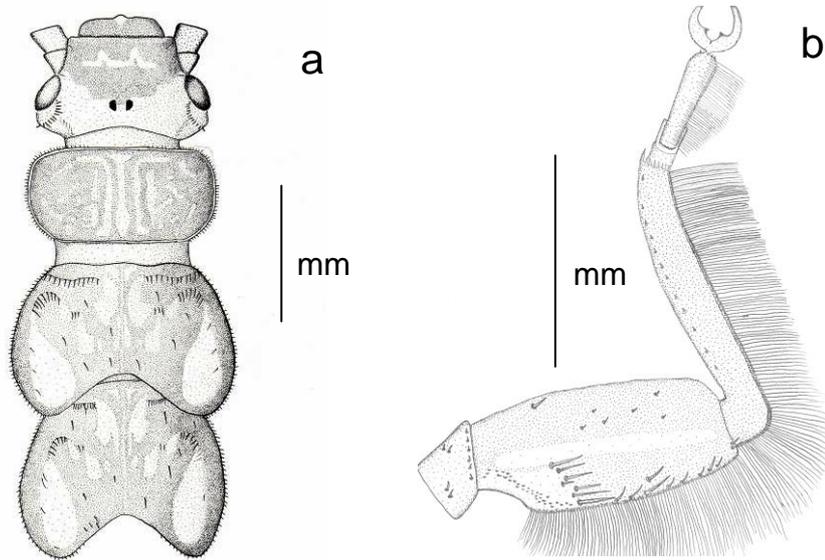


Fig. 12. Vista dorsal de la ninfa de *A. varilla*, cabeza y pronoto.

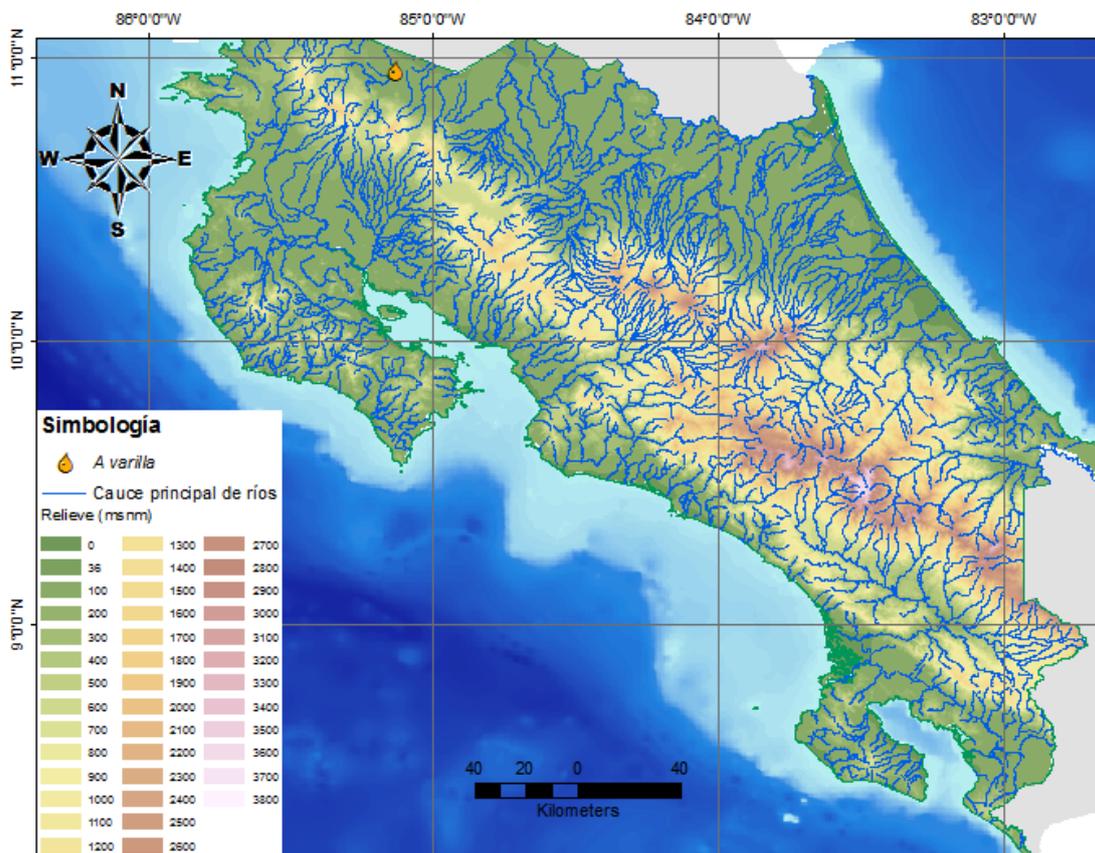


Fig. 13. Distribución de la ninfa de *A. varilla* en Costa Rica.

*Anacroneuria marca* Stark 1998

## NINFA

**Distribución global.** Costa Rica.

**Localidad del tipo (adulto).** Costa Rica.

**Descripción (Fig. 14).** Longitud del cuerpo de 12 a 14 mm. Cuerpo delgado estilizado, alargado, tórax color café oscuro, abdomen y patas color café claro. Fémur y tibia de la primera, segunda y tercera pata cubiertos de pelos finos dejando ver una línea longitudinal. Pronoto con una línea central de color amarillo y dos laterales del mismo color, disminuyendo las líneas a los costados. Mesonoto y metanoto con patrón de figuras las cuales se tornan negras aproximadamente dos días antes de emerger el adulto. Cabeza con una impresión en forma de M. Cabeza con la parte posterior de color café dejando un espacio de color amarillo en la parte anterior.

**Diagnosis.** Fémur delantero sin ningún parche de espinas. Cuerpo delgado y alargado.

**Material recolectado: San José:** Río Savegre, San Gerardo de Dota, 2700 m, 1 ♀. Quebrada sin nombre, Cerro de la Muerte Santa María de Dota, 1 ♂, [1 ♂]. Quebrada Cascada Bromelia, Cerro de la Muerte, Paraíso de los Quetzales, 2700 m, 22 dic 2008, 3 ♂. **Alajuela:** Río Niño, Upala, 9 nov 2008, 1 ♂, 1 ♀. Quebrada Rugama, Nuevo Arenal, Tilarán, 20 sep 2008, 1 ♂. Río La Vieja, PH Chocosuela arriba, 50 m, San Carlos, 730 m, 9 mar 2001, 8 ♂, 3 ♀. Río San Lorencito, Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, San Ramón, 860 m, oct 2008, 4 ♀. **Heredia:** Río Sarapiquí, Reserva Biológica La Tirimbina, 180 m, 11 jul 2008, 3 ♂. **Limón:** Guápiles, Río Dos Novillos varias fechas (2006), 24 ♂ [10 ♂], 25 ♀. Alguna Localización 1 ♂. Quebrada sin nombre, Santa María de Dota, 1 ♂. **Puntarenas:** Río Barranca, 17 ene 2007, 3 ♂ [1 ♂], 2 ♀.

**Material del Museo Zoología. San José:** Quebrada Cascajal, bosque primario, Coronado, 28 set 2003, 3 ♂, 4 ♀. Bajo la Hondura, 30 mar 1990, W. Flowers, 3 ♀.

**Alajuela:** Río San Lorencito, San Ramón, Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, 850 m, 18 oct 2003, F. Ruiz, 1 ♂. Río San Lorencito, San Ramón, Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, 850 m, 15 oct 2005, M.J. Quesada, 1 ♀. Río San Lorencito, San Ramón, Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, 850 m, 10 oct 1998, Curso Ecología UCR, 1 ♀. Río San Lorencito, San Ramón, Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, 850 m, 24 set 2005, M. Alfaro, 3 ♀. Río San Lorencito, San Ramón, Reserva

Biológica Alberto Manuel Brenes, 850 m, 30 dic 2000, PennState Univ, 1 ♂. Río San Lorencito, San Ramón, Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, 850 m, 11 mar 1990, W. Flowers, 2 ♂, 1 ♀. Río Chachagua, San Carlos, 200 m, 19 set 2003, R. Lara, 1 ♂. Río Peñas Blancas, San Carlos, 260 m, 8 dic 1998, M. Springer y P. Paaby, 4 ♂, 10 ♀. Río La Vieja, PH Chocosuela, San Carlos, 730 m, 4 dic 2001, 4 ♂, 4 ♀. Río La Vieja, PH Chocosuela, San Carlos, 725 m, 15 jun 2002, R. Acosta, 1 ♂, 1 ♀. Río La Vieja, PH Chocosuela, San Carlos, 725 m, 9 nov 2002, M. Springer, 2 ♂, 7 ♀. Río La Vieja, PH Chocosuela, San Carlos, 325 m, 4 ago 2001, M. Springer, 1 ♀. Río La Vieja, PH Chocosuela, San Carlos, 730 m, 15 jun 2002, R. Acosta, 1 ♀. **Cartago:** Río Grande de Orosí, Paraíso, 1200 m, 28 ago 2005, A.M. Glavas, 1 ♀. Río Tausito, Antes Trapiche, Pejibaye, Jiménez, 18 set 2005, C. Lizano, 1 ♀. Río Purisil, Paraíso, 1200 m, 28 ago 2005, A.M. Glavas, 1 ♂. **Heredia:** Río Sarapiquí, Sarapiquí, 200 m, mar 1998, P. Paaby, 2 ♂. Río Sarapiquí, Sarapiquí, 275 m, mar 1998, 1 ♂, 2 ♀. **Limón:** Río Dos Novillos, Los Manantiales, 500 m, 20 ago 2005, M. Montero-Guzman, 3 ♂, 2 ♀. Río Costa Rica, Estación INBIO, Sarapiquí, 5 nov 2002, A.Y. Jiménez, 1 ♂, 2 ♀. Río Poza Azul, Sarapiquí, 275 m, mar 1998, P. Paaby, 1 ♂. Río Sarapiquí, Sarapiquí, 275 m, mar 1998, P. Paaby, 4 ♀, 2 ♂. **Puntarenas:** Río Convento, bosque secundario cafetal, Buenos Aires, 950 m, 23 jul 1998, A. Nunn, 1 ♂. Río Convento, Longo Mai, bosque secundario, cafetal, 950 m, 23 may 1998, A. Nunn, 2 ♂, 5 ♀. Río Naranjal, bajo la catarata, Golfito, abril-mayo 2009, 5 ♂, 5 ♀. Río Sonador, Longo Mai, Bosque Secundario Cafetal, Buenos Aires, 1050 m, 24 set 1998, 3 ♂. Río Cañaza, Golfito, T. Hermanson J. Steffen, may 1999, 1 ♂. Río San Luis, zona abierta, San Luis Monteverde, 23 jun 1995, Curso OET, 1 ♀. Quebrada La Alondra, San Luis Monteverde, 23 jun 1995, 1200 m, 3 ♂. Quebrada Naranjal, Golfito, 10 m, 21 ene 2000, Curso UCR, 2 ♂, 1 ♀.

**Comentario.** Ampliamente distribuido en Costa Rica (Fig. 15). En el río se puede ubicar en varios microhábitat. Se han encontrado ninfas con morfología similar. Sin embargo, estas otras ninfas aun no han sido asociadas, y se pueden diferenciar porque tienen branquias cerca de la parte superior de las coxas de la segunda y tercera pata.

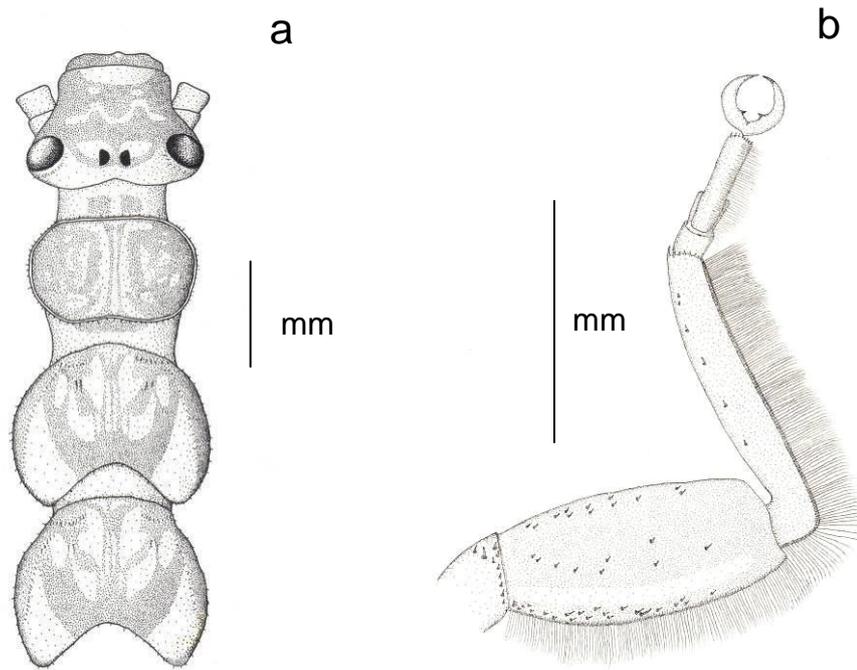


Fig. 14. *A. marca* ninfa; a) cabeza y pronoto b) primera pata, vista dorsal.

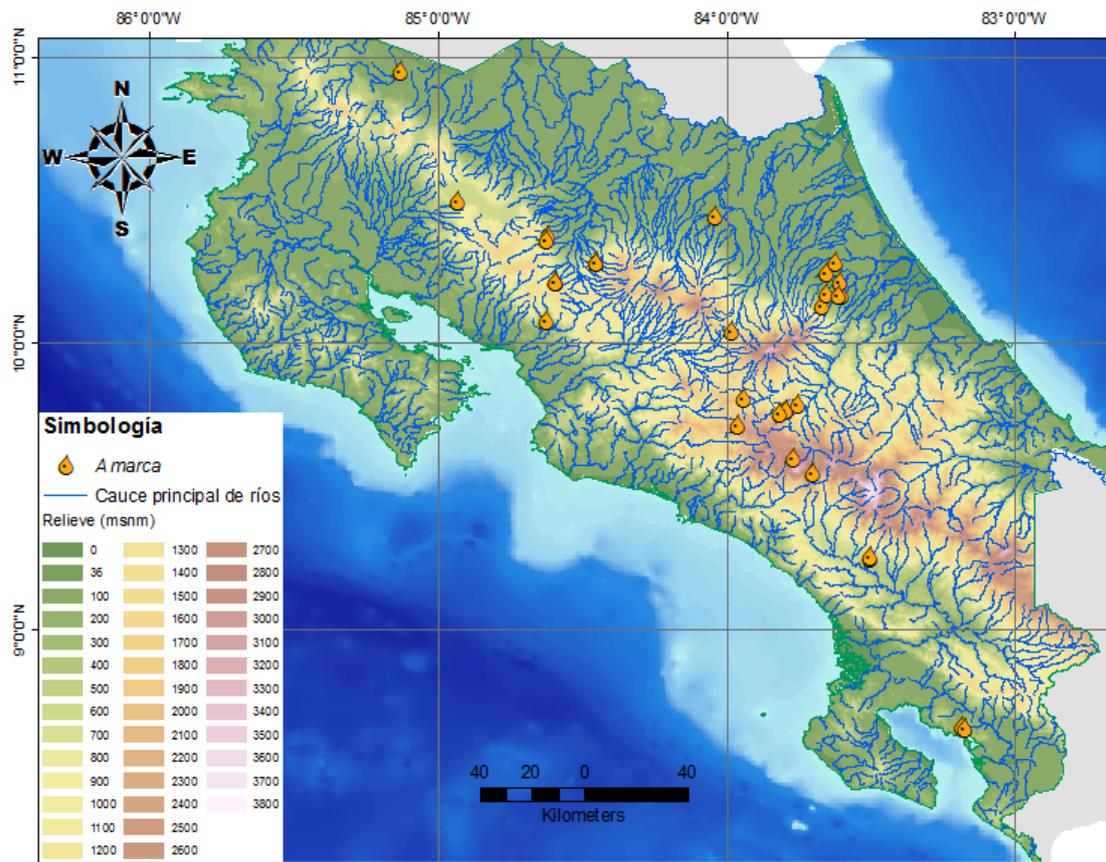


Fig. 15. Distribución de la ninfa *A. marca* en Costa Rica.

*Anacroneuria benedettoi* Stark 1998

## NINFA

**Distribución global.** Costa Rica, Honduras, Panamá.

**Localidad del tipo (adulto).** Costa Rica.

**Descripción (Fig. 16).** Longitud del cuerpo de 8 a 10 mm. Cuerpo robusto, cuerpo generalmente de color café oscuro. Fémur con espinas fuertes dejando ver un parche libre de estas. Fémur y tibia de la primera, segunda y tercera pata con una línea de pelos en el borde posterior. Pronoto con pocas manchas claras; mesonoto y metanoto con figuras normales del género. Cabeza de color café en la parte posterior, y entre los ocelos, en la parte más anterior de color amarillo.

**Diagnosis.** Espinas en la parte posterior de la primera coxa en una línea regular.

**Material examinado: Alajuela:** Afluente del Río Pizote, Upala, 3 dic 2006, 2 ♂ [1 ♂], 4 ♀. Quebrada Rugama, Nuevo Arenal, 20 set 2008, 1 ♂. Alguna localización 1 ♂. Río Chachagua, San Carlos, 200 m, 30 ago 2008, 1 ♂, 1 ♀. Quebrada Rugama, Nuevo Arenal, Tilarán, 20 sep 2008, 2 ♂, 1 ♀. Quebrada Gata afluente del Río Peñas Blancas, San Carlos, 8 jun 2008, 1 ♀. Quebrada sin nombre, El Angel, camino a la Laguna Hule, Dic 2006, 1 ♀. **Heredia:** Río Sarapiquí, Reserva Biológica La Tirimbina, 180 m, 11 jul 2008, 3 ♀. Afluente al Río Sarapiquí, Reserva Biológica La Tirimbina, 180 m, 11 jul 2008, 4 ♂. **Limón:** Río Dos Novillos, Guápiles, varios meses 2006, 34 ♂, 86 ♀ [9 ♂]. **Guanacaste:** Río Higuerón, cerca de Finca Taboga, marzo 2008, 4 ♂. **Puntarenas:** Río Barranca, Esparza, 30 agosto 2008, 2 ♂ [2 ♂], 2 ♀. Quebrada Beneficio, Esparza, 500 m, jun 2008, 1 ♀. Alguna Localidad, Alguna Fecha 1 ♂ [1 ♂].

**Material del Museo Zoología: San José:** Quebrada Cascajal, bosque primario, Coronado, 1750 m, 28 set 2003, S. Amador, 1 ♂. **Alajuela:** Río Chachagua, San Carlos, 200 m, 19 set 2003, R. Lara, 3 ♂. Río San Lorencito, San Ramón, Estación Biológica Alberto Manuel Brenes, 860 m, 19 set 2003, 2 ♂, 1 ♀. Río San Lorencito, San Ramón, Estación Biológica Alberto Manuel Brenes, 860 m, 24 set 2005, M. Alfaro, 7 ♂. Río San Lorencito, San Ramón, Estación Biológica Alberto Manuel Brenes, 850 m, 4 oct 2005, P. Gutiérrez, 2 ♂. Río San Lorencito, San Ramón, Estación Biológica Alberto Manuel Brenes, 850 m, 18 set 2001, M. Springer ULM, 2 ♀. Río Cuarto de Grecia, M. Peinado, 1 ♀. Río Póas, Bosque secundario, Póas, 1700 m, 21 ago 2005, M. Arias, 1 ♂. **Heredia:** Quebrada El Tigre, Rara Avis, Estación Biológica El Plástico, 560 m, 27 ene 1998, 4 ♂. Quebrada El Tigre, Rara Avis, Estación Biológica El Plástico, 560 m, ene

1999, Curso OET, 5 ♂, 3 ♀. Río Pozo Azul, La Virgen de Sarapiquí, 250 m, mar 1998, P. Paaby, 2 ♂, 4 ♀. Tributario Río Sarapiquí, Sarapiquí, 250 m, mar 1998, 1 ♀. Quebrada El Salto, Estación Biológica La Selva, 50 m, jun 1998, Curso OET, 5 ♂, 2 ♀. Quebrada El Salto, Estación Biológica La Selva, 50 m, 27 jun 1997, Curso OET, 1 ♀. Quebrada Sura, Sustrato artificial sendero arboretum, Puerto Viejo, Sarapiquí, 50 m, 22 may 1996, 1 ♀. **Limón:** Río Costa Rica, Guápiles, 200 m, 14 nov 2005, P. Calderón, 1 ♂. **Guanacaste:** Río Gongora, Cerro Cacao, 900 m, 5 oct 1998, 1 ♂, 3 ♀. **Puntarenas:** Río Purruja, Golfito, 10 m, may 1999, T. Hermanson J. Steffen, 3 ♂, 2 ♀. Río Naranjal, bajo la catarata, Golfito, abril-mayo 1999, A. Nunn, 11 ♂, 15 ♀. Quebrada Naranjal, Golfito, 10 m, 21 ene 2000, Curso UCR, 2 ♂, 2 ♀. Río Sonador, bosque secundario, cafetal, Buenos Aires, 1050 m, 23 may 1998, 3 ♂. Río Ciruelas, Montes de Oro, Miramar, 6 nov 2005, 1 ♀. Río Sonador Bosque secundario Cafetal, Buenos Aires Longo Mai, 550 m, 23 may 1998, A. Nunn, 2 ♂. Río La Gamba, parte de arriba, Golfito, 75 m, may 1999, J. Hansen, 11 ♂, 13 ♀. Quebrada La Cañaza, Golfito, 50 m, 15 ene 1999, M Springer, 1 ♂, 4 ♀. Río Canaza arriba, Golfito, 50 m, may 1999, 1 ♀. Río Carbonero, Península de Osa “Lapa Ríos”, 25 dic 1996, M. Springer, 2 ♀.

**Comentario.** Ampliamente distribuida en Costa Rica (Fig. 17). En el río se puede ubicar en varios microhábitat. Se puede confundir con *Anacroneuria holzenthali* y *A. divisa*. Estas especies se pueden diferenciar debido a que en la parte posterior de la coxa anterior presenta de 6 a 9 espinas distribuidas de forma regular. El submentón de forma avalado.

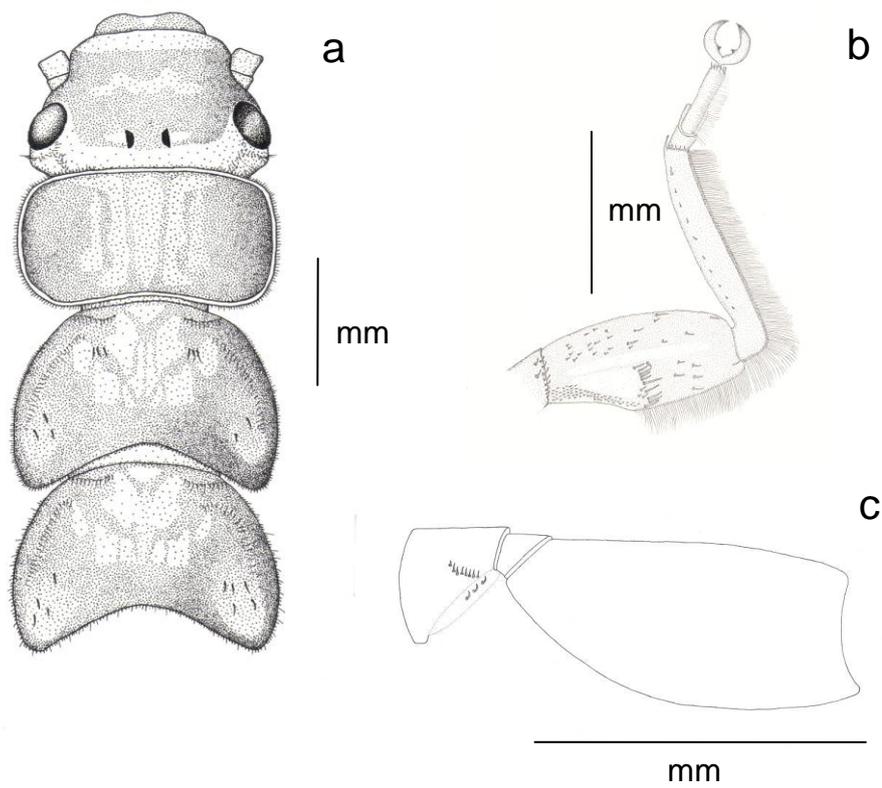


Fig. 16. *A. benedettoi* ninfa; a) cabeza y pronoto, b) primera pata, c) primera coxa vista ventral.

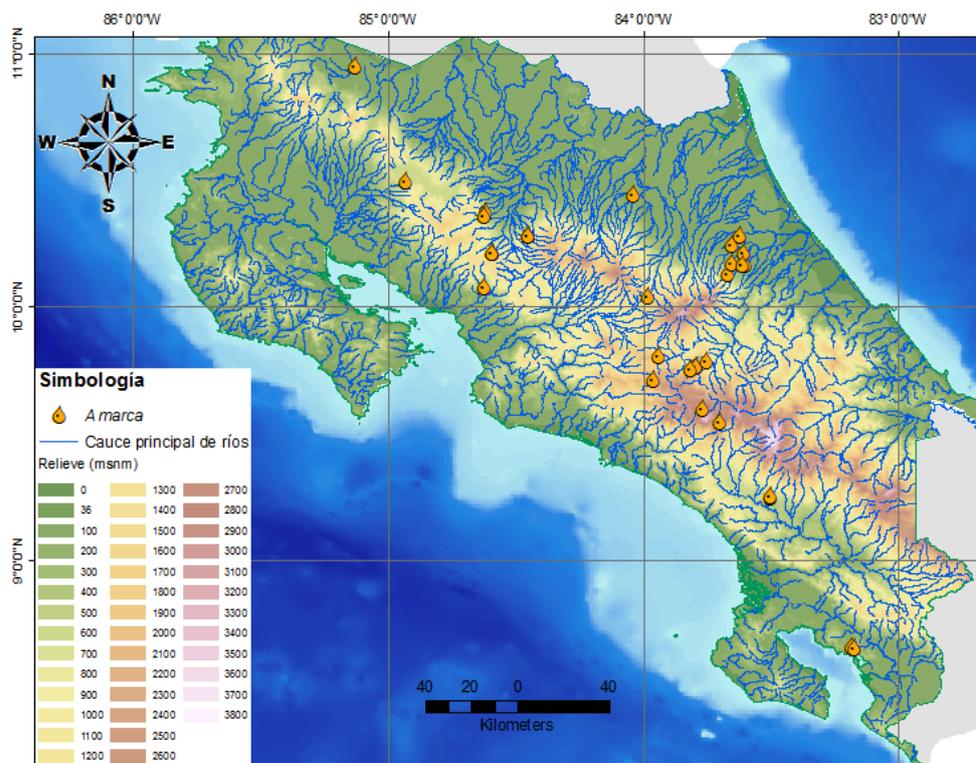


Fig. 17. Distribución de la ninfa de *A. benedettoi* en Costa Rica.

*Anacroneuria holzenthali* Stark 1998

## NINFA

**Distribución global.** Costa Rica, Honduras, Nicaragua.

**Localidad del tipo (adulto).** Costa Rica

**Descripción (Fig. 18).** Longitud del cuerpo de 9 a 13 mm. Cuerpo robusto, color café amarillo, fémur con espinas fuertes dejando ver un parche libre de estas, Fémur y tibia de la primera, segunda y tercera pata con una línea de pelos en el borde posterior. Pronoto con pocas manchas claras, mesonoto y metanoto con figuras normales del género. Cabeza de color café en la parte posterior y entre los ocelos, y en la parte anterior de color amarillo.

**Diagnosis.** Espinas en la parte posterior de la coxa en líneas irregular.

**Material examinado: San José:** Quebrada sin nombre, San Jerónimo por puente de la lechería, Moravia, feb 2008, 3 ♂. **Alajuela:** Quebrada sin nombre afluente río Zapote, Upala, Alajuela, 24 de ago 2008. 2 ♂, [2 ♂]. Quebrada sin nombre, afluente río Pizote, Upala, 323 m, 24 ago 2008. 2 ♂. Afluente Río Oro, Upala 233 m, 24 ago 2008, 3 ♀. Río Grande del Gallo, Venecia, ago 2008, 2 ♀. Río Los Negritos, Venecia, ago 2008, 3 ♀. Río Celeste, Venecia, ago 2008, 2 ♀. Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, San Ramón, set 2008, 1 ♂, [1 ♂]. Quebrada sin nombre, El Ángel, cerca de la Laguna Hule, 1 ♂. **Cartago:** Río San Pedro, El Poró, Turrialba, 900 m, varias fechas (2007-2008) 27 ♂ [5 ♂], 29 ♀. Quebrada sin nombre Turrialba, 900 m, varias fechas 2008, 3 [1 ♂], 6 ♀. Río Javillos, cerca unión con Río Reventazón, Turrialba, 470 m, ago 2007. **Heredia:** Río Chirripó, Sarapiquí, 2 ♀. **Puntarenas:** Quebrada Beneficio, Barranca, Puntarenas. 500 m, varias fechas (2007- 2008) 1 ♂, 15 ♀. Río Piedras Blancas, Piedras Blancas, San Vito, marzo 2008, 1 ♂, 1 ♀.

**Material del Museo Zoología: San José:** Quebrada Grande, Matatal, Puriscal, 28 may 2005, R. Chaves, 2 ♀. Cataratas Chirracá, San Ignacio de Acosta, 1100 m, 9 oct 2005, E. Arroyo, 1 ♀. Quebrada La Dicha Reserva Biológica El Comelio, Acosta, 1200 m, 15 nov 2005, P. Calderón, 2 ♀. Quebrada La Dicha, Aguas Buenas, Reserva El Comelio Acosta, 1200 m, 17 set 2005, P. Calderón, 1 ♀. Quebrada Chikita, Estación Biológica Cuericí, Cerro de La Muerte, 2600 m, 27 feb 1997, WordClass, 1 ♂, 5 ♀. Quebrada por Colegio Agropecuario, Santiago de Puriscal, Barrio San Isidro, 1100 m, 12 oct 1990, E. Quesada, 1 ♂, 1 ♀. Río Agres, San Antonio de Escazú, 1500 m, abr 1995, C. Flores, 1

♂. Río Poás, Desamparados, 27 jul 1995, M. Peinador, 1 ♀. **Alajuela:** Río San Lorencito, San Ramón, Estación Biológica Alberto Manuel Brenes, 850 m, Curso Ecología UCR, oct 1998, 1 ♂. Río San Lorencito, San Ramón, Estación Biológica Alberto Manuel Brenes, 850 m, 8 dic 2003, J. Ortiz, 1 ♂. Río San Lorencito, San Ramón, Estación Biológica Alberto Manuel Brenes, 800 m, G. Chaverri, 3 ♂, 2 ♀. Río San Lorencito, San Ramón, Estación Biológica Alberto Manuel Brenes, 950 m, 25 set 2005, 8 ♂, 1 ♀. Río San Lorencito, San Ramón, Estación Biológica Alberto Manuel Brenes, 850 m, 10 oct 1998, Curso Ecología UCR, 4 ♂, 2 ♀. Río San Lorencito, San Ramón, Estación Biológica Alberto Manuel Brenes, 850 m, 17 oct 2002, J. Ortiz, 2 ♂. Río San Lorencito, San Ramón, Estación Biológica Alberto Manuel Brenes, 850 m, 30 dic 1998, PennState Univ, 10 ♂, 10 ♀. Río San Lorencito, San Ramón, Estación Biológica Alberto Manuel Brenes, 860 m, 13 set 1996, N. Franz, 2 ♀. Río San Lorencito, San Ramón, Estación Biológica Alberto Manuel Brenes, 860 m, 30 dic 2000, PennState Univ, 14 ♂, 2 ♀. Río Las Musas, San Ramón 900 m, 4 oct 2003, 1 ♀. Río San Lorencito, San Ramón, Estación Biológica Alberto Manuel Brenes, 850 m, 23 nov 1996, M. Springer, 2 ♂, 3 ♀. Río San Lorencito, San Ramón, Estación Biológica Alberto Manuel Brenes, 850 m, mar 1995, R. Rodríguez, 1 ♂. Río San Lorencito, San Ramón, Estación Biológica Alberto Manuel Brenes, 860 m, 2 mar 2002, R. Acosta, 2 ♂, 4 ♀. Río San Lorencito, San Ramón, Estación Biológica Alberto Manuel Brenes, 860 m, 18 set 2001, M. Springer and ULM, 4 ♂, 4 ♀. Río San Lorencito, San Ramón, Estación Biológica Alberto Manuel Brenes, 850 m, 2 mar 2002, R. Acosta, 3 ♀. Río Las Musas, San Ramón, 850 m, 31 ago 2003, 3 ♂, 6 ♀. Río Ciruelas, parte alta, bosque primario, 900 m, 2 oct 1998, 3 ♂, 1 ♀. Río La Vieja, PH Chocosuela, 50 m arriba, San Carlos, 730 m, 9 mar 2001, 1 ♂. Río La Vieja, PH Chocosuela, 50 m arriba, San Carlos, 730 m, 4 dic 2001, 1 ♂. Río Purgatorio, Santo Domingo, San Carlos, 300 m, jul 2006, E. Martínez, Y. Astorga, 1 ♀. **Heredia:** Curso de agua junto a Río Sarapiquí, Sarapiquí, 900 m, 25 ago 2005, B. Pacheco, 6 ♂, 1 ♀. Quebrada El Salto, Estación Biológica la Selva, Puerto Viejo de Sarapiquí, 50 m, jun 1997, Curso OET, 4 ♂, 8 ♀. Quebrada El Salto, Estación Biológica La Selva, 50 m, 28 jun 1996, Curso OET, 1 ♀. Río Chorreras, Los Cartagos, 1800 m, 3 dic 2000, 1 ♂. **Cartago:** Río Tiribi, La Unión, 1780 m, 20 ago 1998, R. Mora, 1 ♀. Afluente Río Colorado, El Poró Turrialba, 850 m, 9 dic 2003, P. Gutiérrez, 2 ♀. Quebrada sin nombre posa bajo catarata, Reserva Biológica Copal, Pejibaye Jiménez, 1200 m, 18 set 2005, C. Lizano, 1 ♀. Río Paéz, Orosí, Paraíso, 1250 m, 15 nov 1998, C. Guillen, 1 ♀. **Limón:** Río Costa Rica, Pococí, Guápiles, 230 m, 14

nov 2005, E. Arroyo, 1 ♀. **Guanacaste:** Quebrada en la entrada, Reserva Cacao, Área de Conservación Guanacaste, 1200 m, 4 oct 1998, M. Springer, 1 ♂, 2 ♀. **Puntarenas:** Río Jaba, debajo de la represa, San Vito, 1070 m, abril 1997, N. Powell, 1 ♂. Río Jaba, Finca Gamboa, Bosque secundario, San Vito, mar 1997, N. Powell, 2 ♂, 1 ♀. Río Jaba, Las Cruces, 1200 m, 10 oct 1999, M. Springer, 3 ♂. Río Cañaza, Golfito, 10 m, may 1999, T. Hermanson J. Steffen, 2 ♂. Río Jaba, bajo del Beneficio La Meseta, San Vito, 1070 m, abr 1997, 1 ♀. Río Sonador, Longo Mai, Buenos Aires, 550 m, 23 jul 1998, A. Nunn, 2 ♂. Quebrada Junco, Pérez Zeledón, 590 m, 7 oct 2005, 1 ♂. Río Guacimal, Monteverde, 1400 m, abril 2001, 2 ♀. Río La Gamba, parte arriba, Golfito, 75 m, may 1999, J. Hansen, 1 ♂, 1 ♀. Quebrada La Cañaza, Golfito, 50 m, 15 ene 1999, M. Springer, 1 ♂, 3 ♀. Río Cañaza, arriba, Golfito, 50 m, may 1999, J. Hansen, 1 ♀. Río Bellavista, Estación Biológica Las Alturas, San Vito, 1500 m, 11 nov 1992, 1 ♂.

**Sustrato.** En el río se puede ubicar en paquetes de hojarasca abundantes en corrientes fuertes y bajo rocas de mediano tamaño.

**Comentario.** Es la especie según este trabajo con mayor distribución en Costa Rica (Fig. 19). Se puede confundir con *Anacroneuria benedettoi* y *A. divisa*. La diferencia con *A. divisa* esta en el parche de espinas de la primera pata, *A. holzenthali* tiene más de 8 espinas fuertes. *A. holzenthali* se diferencia de *A. benedettoi* en la línea de espinas ubicada en la parte posterior-lateral de la coxa de la primera pata la cual tiene de 6 a 9 espinas de forma regular en *A. benedettoi* y en *A. holzenthali* tiene de 9 a 12 espinas de forma irregular.

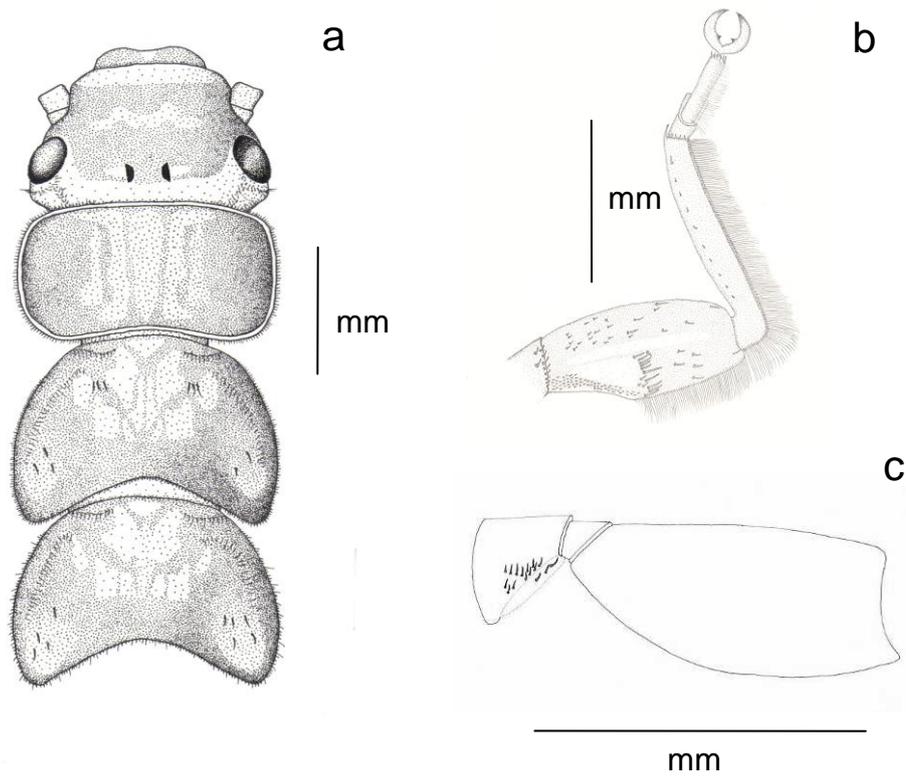


Fig. 18. *A. holzenthali* ninfa; a) cabeza y pronoto, b) primera pata, c) primera coxa vista ventral.

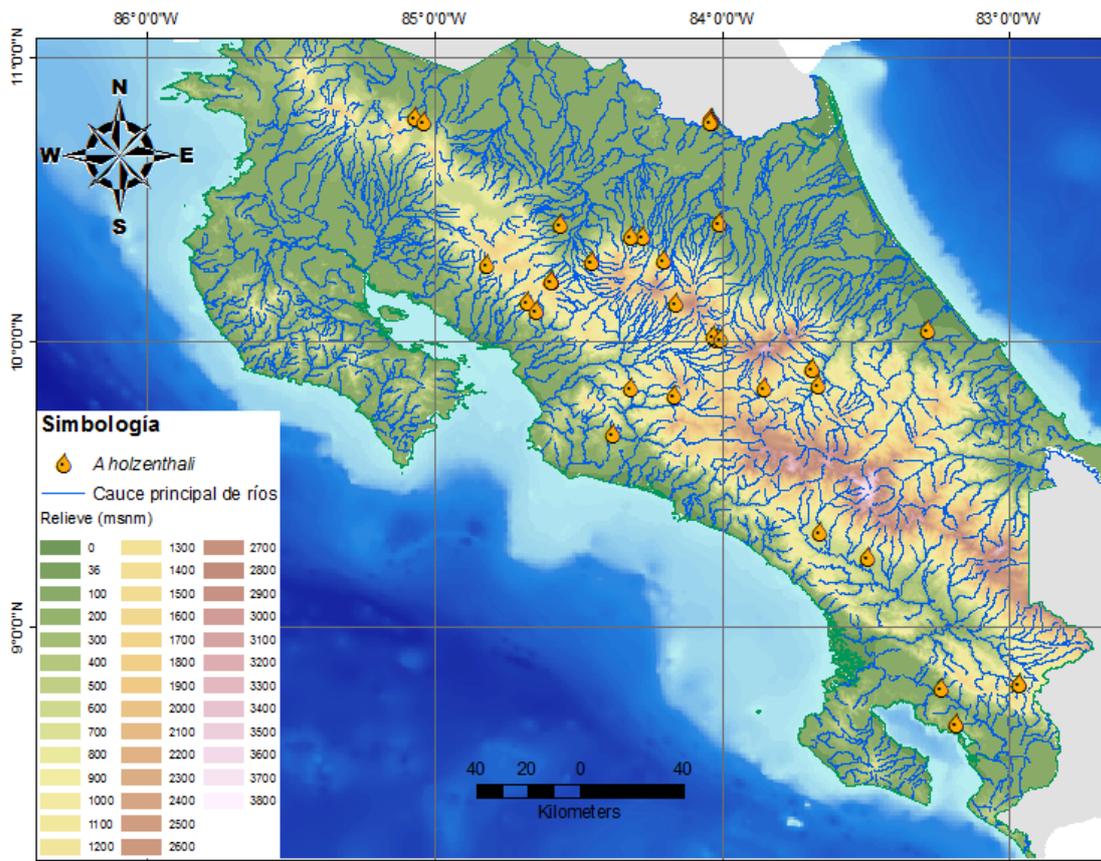


Fig. 19. Distribución de la ninfa *A. holzenthali* en Costa Rica.

*Anacroneria divisa* (Navás 1924)

## NINFA

**Distribución global.** Costa Rica.

**Localidad del tipo (adulto).** Costa Rica.

**Descripción (Fig. 20).** Longitud del cuerpo de 9 a 13 mm. Cuerpo robusto, color café amarillo, fémur con espinas fuertes dejando ver un parche libre de ellas, pronoto con pocas manchas claras. Mesonoto y metanoto con figuras normales del género. Cabeza con la parte anterior de color café oscuro, solo hasta la parte más posterior color amarillo.

**Diagnosis.** Parche de espinas en el fémur de la primera pata con menos de cinco espinas.

**Material examinado: Alajuela:** Afluente del Río Pizote Upala, 24 ago 2008, 3 ♂ [3 ♂]. Quebrada Rugama, Nuevo Arenal, Tilarán, 20 set 2008, 2 ♂.

**Material del Museo de Zoología: Alajuela:** Río Las Musas, San Ramón, 1100 m, 25 oct 2003, A.Y. Jiménez, 1 ♂. Quebrada Tigre, Estación Biológica El Plástico, 560 m, 27

ene 1998, Curso OET, 9 ♂, 13 ♀. Río Peñas Blancas, San Carlos, 260 m, 8 dic 1998, M. Springer, Y. Astorga, 2 ♂. **Heredia:** Quebrada El Salto, Estación Biológica la Selva, 50 m, jun 1998, 1 ♂. Afluente Río Puerto Viejo, La Selva, Sarapiquí, 50 m, 17 set 2005, M. Losilla, 2 ♂, 1 ♀. Quebrada sin nombre, Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, 50 m, 19 jun 1996, E. Martínez, 1 ♀. Quebrada El Tigre, Reserva Rara Avis El Plástico, Curso OET, 560 m, ene 1999, 3 ♂, 5 ♀. **Guanacaste:** Río Sanjosecito Estación Cacao, Volcán Cacao, 700 m, 22 mar 1990, W. Flowers, 2 ♀. **Puntarenas:** Río Ojochal, Ojochal, Osa, 0 m, 15 set 2005, T. Cotta, 1 ♀. Quebrada Naranjal, Golfito, 10 m, 21 ene 2000, Curso UCR, 1 ♀. Quebrada Cañaza, bajo la catarata, Golfito, 10 m, ene 1997, A. Villalobos, 6 ♂, 4 ♀.

**Sustrato.** En el río se puede ubicar en paquetes de hojarasca abundantes sobre corriente fuertes.

**Comentario.** Restringido a ríos de mediana y baja altitud (Fig. 21). Se puede confundir con *A. benedettoi* y *A. holzenthali*. Esta especie posee un menor número de espinas en el fémur delantero, aproximadamente 7-9.

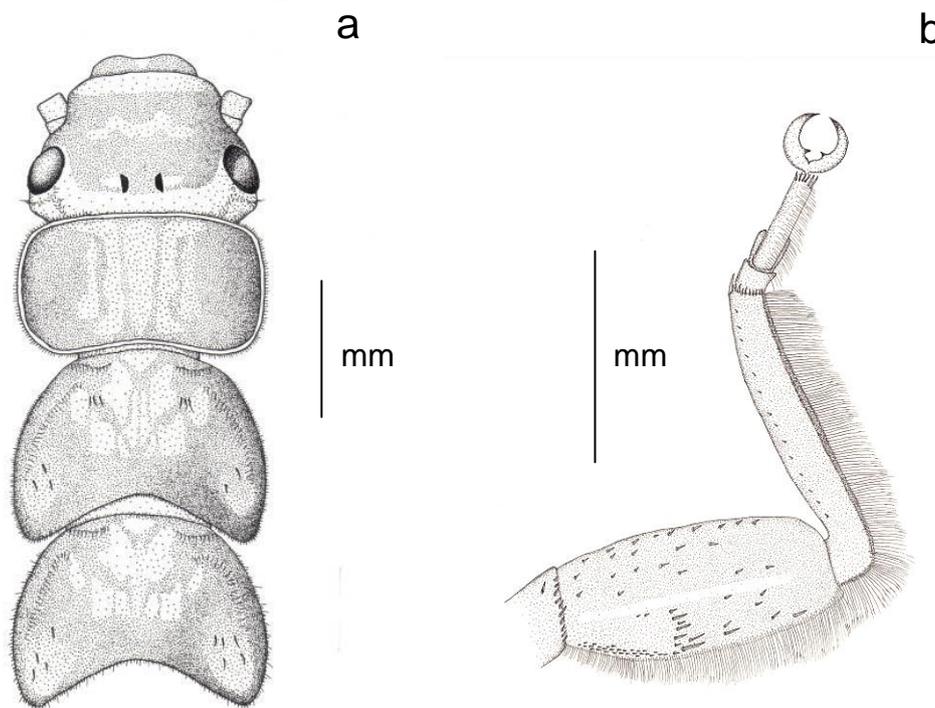


Fig. 20. *A. divisa* ninfa; cabeza y pronoto, b) primera pata.

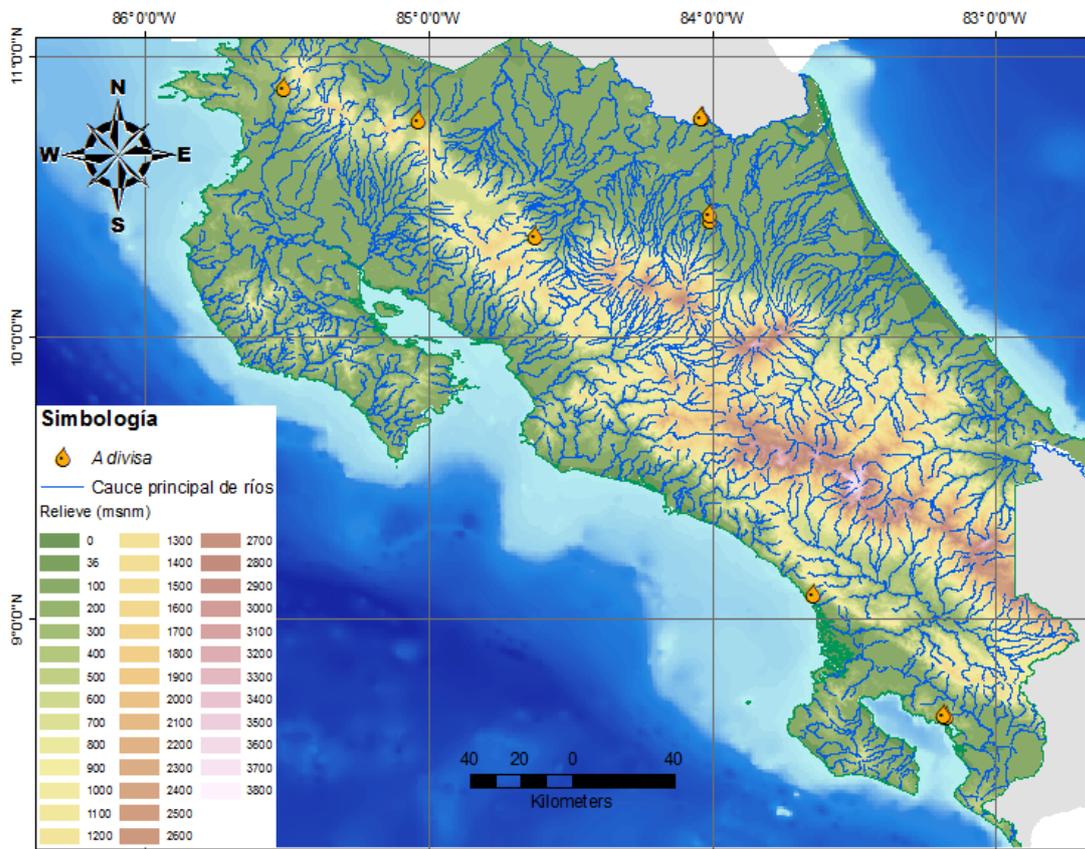


Fig. 21. Distribución de la ninfa *A. divisa* en Costa Rica.

#### 4.3.2. Descripción de hembra adulta.

*Anacroneturia lineata* (Navas 1924)

##### Hembra

**Distribución global.** Belice Costa Rica, Guatemala, Honduras, México.

**Descripción (Fig. 22).** Longitud del cuerpo de aproximadamente de 9 a 11 mm. Longitud del ala anterior 13-16 mm (n=19). Cabeza con pigmentación café entre los ocelos. Línea del pronoto de color café. Placa subgenital del segmento abdominal ocho, con cuatro lóbulos. Segmento abdominal nueve con una impresión en forma de V.

**Material examinado: Limón:** Río Dos Novillos, varios sitios, varias fechas (2006), Guápiles, 21 ♀.

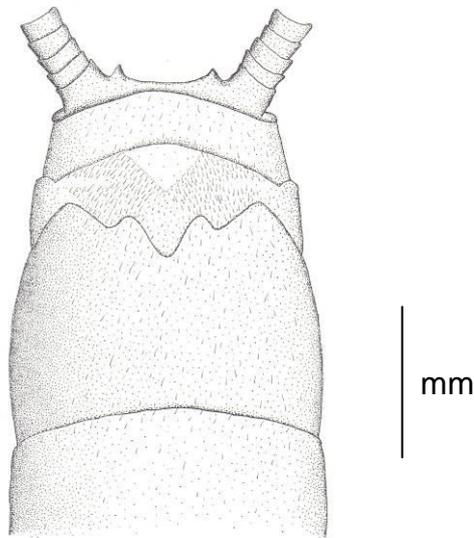


Fig. 22. Hembra *A. lineta*, placa subgenital del esternito ocho.

#### 4.3.3. Nuevos registros para Costa Rica.

##### Morfoespecie 1

##### NINFA

**Descripción.** Longitud del cuerpo de 15 a 20 mm. Cuerpo robusto, color café oscuro. Cabeza de color café oscura. Branquias en la parte superior de las coxas de la segunda y tercer par de patas.

**Diagnosis (Fig. 23).** Branquias en la parte superior de las coxas medias y posteriores.

**Material examinado: San José:** Quebrada Bromelia por catarata, Cerro de la Muerte (Los Quetzales), 2700 m, 22-28 dic 2008, 25 ♂, 35 ♀. Quebrada sin nombre, San Jerónimo por puente de la lechería, Moravia, feb 2008, 1 ♀. Río Agrias, San Antonio de Escazú, 1400 m, may 2009, 4 ♀. **Alajuela:** Quebrada sin nombre, El Ángel, Laguna Hule, 2 ♂ [2 ♂]. **Cartago:** Río San Pedro, El Poró, Turrialba, 900 m, varias fechas (2007-2008) 6 ♂. Quebrada sin nombre Turrialba, 900 m, varias fechas (2007-2008), estadio temprano.

**Material del Museo Zoología: San José:** Quebrada Colegio Agropecuario, Barrio San Isidro, Santiago de Puriscal, 12 oct 1990, 2 ♀. **Alajuela:** Río San Lorencito, Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, San Ramón, 850 m, oct 1998, Curso Ecología UCR,

1 ♂. Río San Lorencito, Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, San Ramón, 850 m, 2 mar 2002, R. Acosta, 1 ♂. Río Peje, San Carlos, 1500 m, 25 set 2005, P. Benavides, 3 ♂. **Cartago:** Río Macho, Orosí Paraíso, 1200 m, 28 ago 2005, A.M. Glavas, 1 ♀. **Heredia:** Río Angel, Sarapiquí, 1400 m, 4 oct 1998, F. Mora, 1 ♂. Quebrada Tigre, Rara Avis Estación Biológica, El Plástico, 560 m, 27 ene 1998, Curso OET, 2 ♂, 3 ♀. Río Chorreras, Los Cartagos, 1800 m, 3 dic 2000, L. López, 2 ♂, 1 ♀. **Puntarenas:** Quebrada La Gamba, Osa, 10 m, 30 ago 2005, M. Alfaro, 1 ♀. Río Cañaza arriba, Golfito, 50 m, may 1999, J. Hansen, 2 ♀.

**Sustrato.** En el río se puede ubicar bajo las rocas, en la parte con mayor corriente del sistema, en zonas con alta exposición a la radiación solar.

**Comentario.** Se distribuye en ríos de zonas de alta y mediana altitud (Fig. 24). No se reportan especies similares.

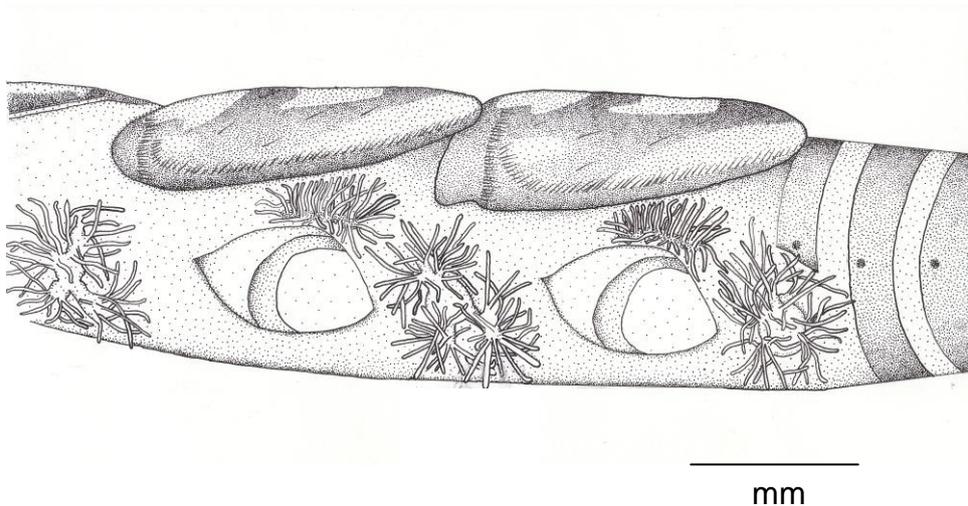


Fig. 23. Morfoespecie 1 ninfa; vista lateral del tórax.

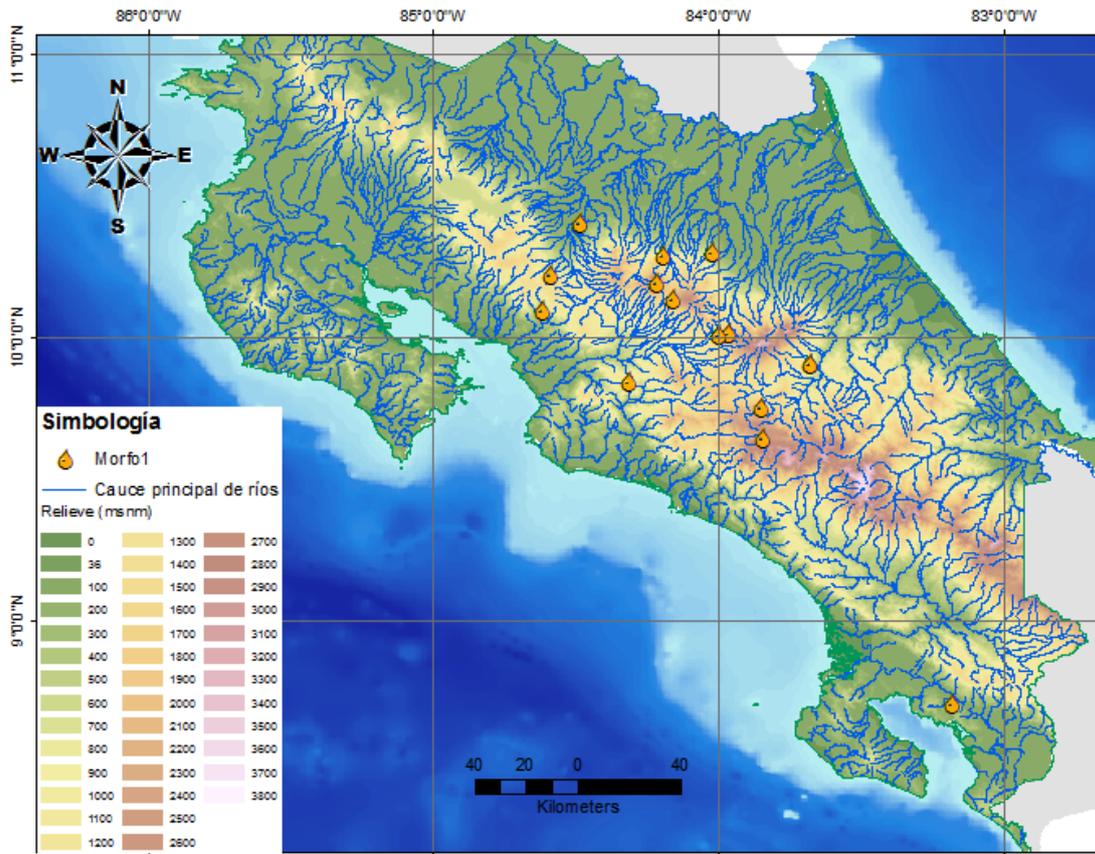


Fig. 24. Distribución de la ninfa morfoespecie 1 en Costa Rica.

*Perlesta* sp. Banks

## NINFA

**Distribución global (género).** Estados Unidos de América.

**Descripción (Fig. 25).** Longitud del cuerpo de 10 a 11 mm. Color del cuerpo amarillo claro. Cuerpo delgado y estilizado. Patas con una franja de pelos en la parte posterior. Muchas zonas del cuerpo con pequeñas espinas.

**Diagnosis.** Tres ocelos. Branquias en el ápice del abdomen, entre los cercos. Fila de espinas occipitales sinuada e irregular.

**Material examinado: San José:** Quebrada sin nombre, Moravia, 14 mar 1992, S. Ramírez, 2 ♀.

**Comentario:** Distribución restringida a un solo ríos en el valle central (Fig. 26).

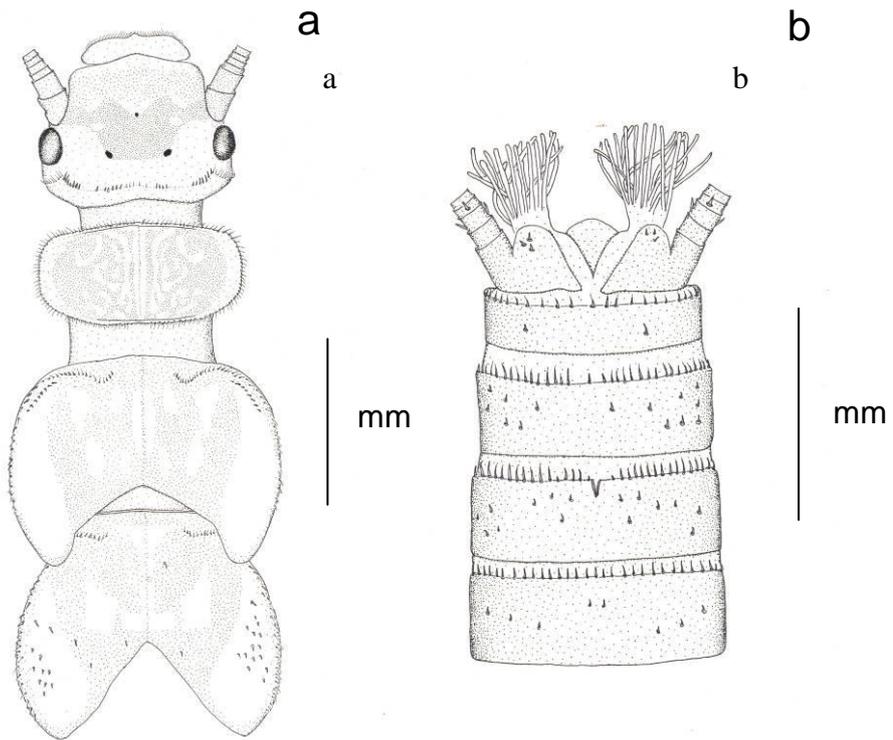


Fig. 25. *Perlesta* sp ninfa; a) cabeza y pronoto, b) ápice del abdomen.

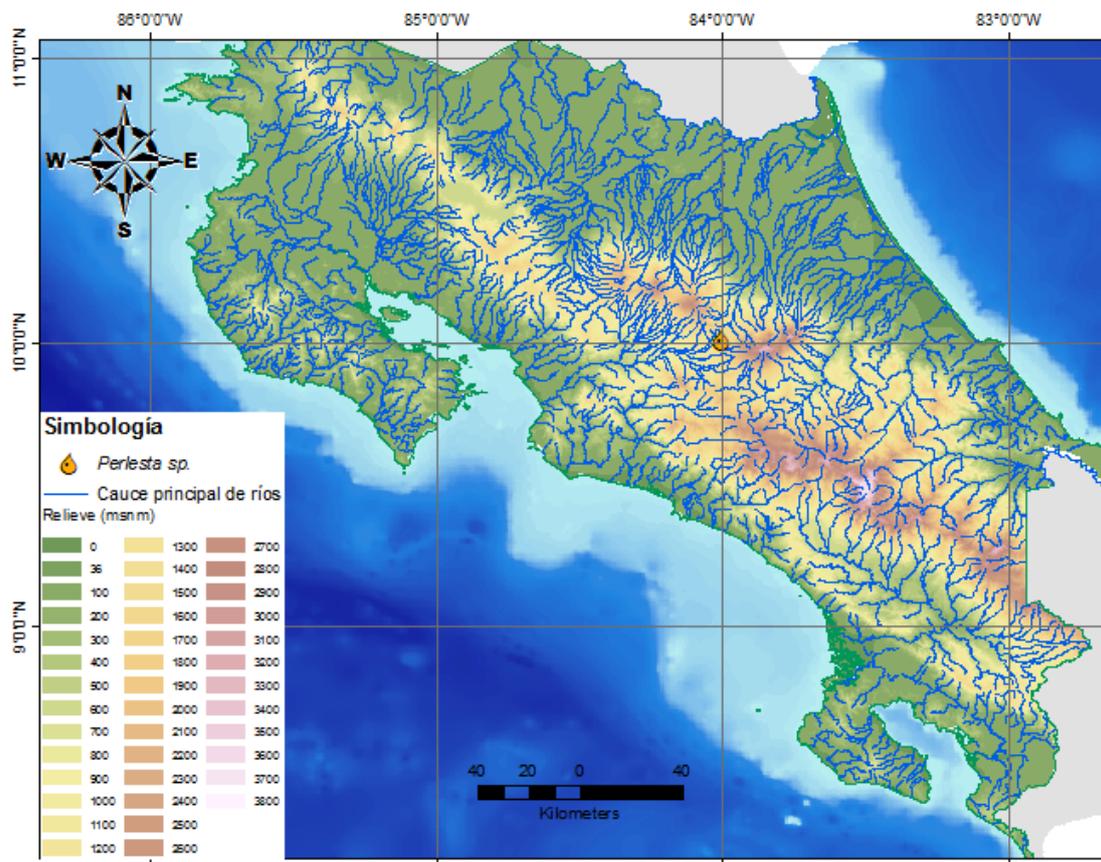


Fig. 26. Distribución de la ninfa *Perlesta* sp en Costa Rica.

#### **4.4. Reproducción de *Anacroneuria* en el laboratorio**

En condiciones de laboratorio se logró la reproducción de ocho parejas de *A. holzenthali* y dos parejas de *A. benedettoi*. El número de puestas presentó diferencias de acuerdo a las parejas, y va desde dos masas de huevos hasta cinco en *A. holzenthali* y cuatro en *A. benedettoi*. El tiempo de incubación fue muy similar en las cinco puestas en *A. holzenthali* de  $28 \pm 2$  días, mientras que para *A. benedettoi* fue de  $26 \pm 5$  días.

En algunos casos la eclosión de algunas ninfas de plecópteros se dio hasta diez días después de la eclosión de la primera ninfa. Por ejemplo, en el caso de la puesta de la hembra número siete de *A. holzenthali*, el tiempo de incubación tardó desde el 4 de septiembre del 2008 hasta el 9 de octubre del 2008, día en el que se encontraron las primeras ninfas y hasta el día 20 de octubre se reportó eclosión de ninfas.

Cuadro 2. Cantidad de huevos por masa (puesta) y tiempo de incubación para ocho hembras de *A. holzenthali*.

Número de puestas	Hembras							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	180	192	172	426	183	273	285	178
2	162	123	116	275	101	173	178	60
3	101		109	176		41		
4			121	99				
5				81				
<b>Total</b>	<b>443</b>	<b>315</b>	<b>518</b>	<b>1057</b>	<b>284</b>	<b>487</b>	<b>463</b>	<b>238</b>
<b># Puestas</b>	3	2	4	5	2	3	2	2
<b>Tiempo de eclosión (días)</b>	29	27	28	29	28	27	26	31

Cuadro 3. Cantidad de huevos por masa (puesta) y tiempo de incubación para dos hembras de *A. benedettoi*.

Numero de puestas	Hembras	
	1	2
1	373	165
2	133	70
3	72	5
4	58	7
<b>Total</b>	<b>636</b>	<b>246</b>
<b># Puestas</b>	4	4
<b>Tiempo de eclosión (días)</b>	21	31

#### 4.5. Variables físico- químicas

Es probable que la distribución de los plecópteros este fuertemente influenciada por las condiciones físico-químicas del medio ambiente donde habitan. Debido a la falta de equipo, no se logró tomar una muestra estadísticamente representativa de los parámetros ambientales que ayuden a caracterizar los ambientes más adecuados para las especies de plecópteros reportados. Sin embargo, en algunos casos fue posible obtener datos de varias medidas físico-químicas, tales como oxígeno disuelto, conductividad y temperatura.

Dentro de las medidas tomadas en los sitios de estudio; el oxígeno disuelto presentó valores de entre 7.75 y 9.08 mg/l. La temperatura en las cuales se recolectaron plecópteros fue entre 15°C y 27.7°C. La conductividad fue de 8 a 90  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , el pH fue medido en un río solo una vez con presencia de la Morfoespecie 1, indicando un valor medio de 7.7. El cuadro 4 resume las condiciones ambientales en las que algunos individuos fueron recolectados. En el cuadro se reporta el valor máximo y mínimo del rango para los parámetros físico-químicos analizados. En el anexo 1 se encuentra el detalle de las variables ambientales según los sitios estudiados.

Cuadro 4. Valores mínimos y máximos de los parámetros físico-químicos; altitud y preferencia de hábitat en algunos sitios de recolecta de las ninfas de *Anacroneuria*. (Detalles en Anexo 1).

Parámetros	Especies													
	A. holzenthali		A. benedettoi		A. divisa		Morfo		A. marca		A. lineata		A. varilla	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Oxígeno disuelto (mg/l)			7.75	9.08					7.75	9.08	7.75	9.08		
Temperatura (°C)	25	27					15	15	15	27.7	21.1	27.7		
pH							7.7	7.7						
Conductividad (mS/cm)	8	90					10	10	61	61	74	90		
Altura (msnm)	10	2600	10	1750	0	1100	10	2700	10	2292	10	1800	300	300
Sustrato	Hojarasca y Rocas		Hojarasca		Hojarasca		Hojarasca		Hojarasca		Hojarasca		Hojarasca	

Los plecópteros en Costa Rica muestran una amplia distribución altitudinal (Fig. 26) se pueden recolectar desde los cero metros de altitud hasta los 2700 metros sobre el nivel del mar (cerca del Cerro de la Muerte). La especie Morfoespecie 1 presenta una de las más amplias distribuciones altitudinales, siendo la especie de plecóptero que se distribuye a mayor altitud (a unos 2700 msnm). En algunos casos como *A. varilla*, solo se presenta un registro.

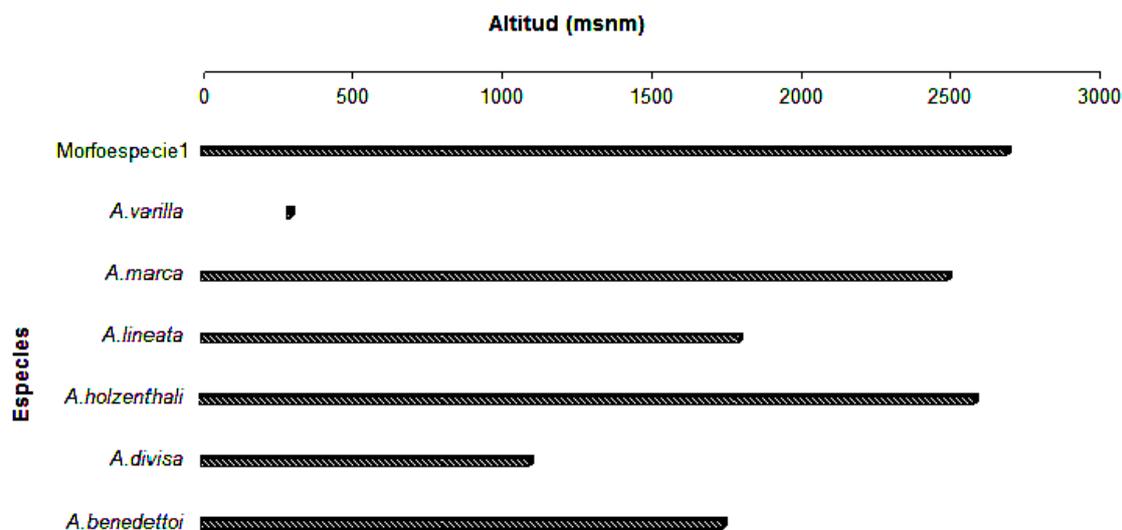


Fig. 27. Distribución altitudinal de siete especies de plecópteros en Costa Rica.

## 5. Discusión

### 5.1 Especies del género *Anacroneuria*

El género *Anacroneuria* es el único género del orden Plecoptera que hasta el momento se ha reportado para la región Centroamericana (Stark 1998, Fenoglio & Morisi 2001, Fenoglio 2007, Springer 2009). Algunas revisiones a inicios del siglo pasado fueron realizadas por Banks (1914), Klapálek (1909, 1921, 1923), Navás (1924, 1936) y James *et al.* (1927). Sin embargo, no fue sino hasta el trabajo hecho por Stark (1998) donde se realizó un trabajo exhaustivo de las especies de Costa Rica y Panamá. En ese trabajo el autor desarrolló una clave taxonómica para adultos de las 27 especies reportadas para el país, de las cuales 18 especies fueron nuevas para la ciencia. En ese trabajo también se describe el estadio inmaduro de dos especies (*A. maritza* y *A. uatsi*), y más adelante Fenoglio (2007) describen la ninfa de una especie más de Nicaragua la cual también está presente en Costa Rica (*A. talamanca*).

De las 27 especies reportadas para Costa Rica (más *A. starki*, reportada para Nicaragua y probablemente en nuestro país), 12 están informadas únicamente para Costa Rica; *A. alajucla*, *A. exquisita*, *A. hacha*, *A. marca*, *A. marginata*, *A. maritza*, *A. plutonis*, *A. tornada*, *A. varilla*, *A. ventana*, *A. zapata*, *A. zarpa*. Es posible que el aparente alto porcentaje de endemismo (aproximadamente del 43%) se deba al poco esfuerzo de muestreo realizado en otros países centroamericanos; así por ejemplo, para El Salvador no se tienen reportes de especies de plecópteros. Sin embargo, a pesar de que existe esta posibilidad, es valioso destacar que nuestro país es un importante núcleo en diversidad de plecópteros centroamericanos. De ahí se destaca el valor de realizar estudios con estos grupos a nivel de especie, más aun cuando la ninfa acuática es la más probable de recolectar.

### 5.2. Descripciones taxonómicas y datos ecológicos

De las especies de plecópteros reportadas para Costa Rica, únicamente a tres se les ha descrito su estadio inmaduro, estas descripciones fueron realizadas por Stark (1998) (*A. marca* y *A. uatsi*) y Fenoglio (2007) (*A. talamanca*). Sin embargo, debido a que estos autores no contaban con más individuos para comparar y así obtener buenas descripciones, las descripciones de estas especies son en algunos casos difíciles de

interpretar y fácilmente confundibles con ninfas de otras especies. En este trabajo para *A. lineata*, *A. holzenthali*, *A. benedettoi*, *A. marca*, para cada una se cuenta con más de 50 individuos en promedio con los cuales se pueden observar variaciones entre la misma especie. Para *A. divisa* son tres los individuos, *A. varilla* un individuo y para la Morfoespecie 1 dos individuos.

En las zonas de baja y mediana altitud (aproximadamente 0 a 1500 mns) se da la mayor distribución de las especies de *Anacroneuria* reportadas en este trabajo. A medida que incrementa la altitud se aprecia una disminución en la riqueza de especies (Fig. 27), esto concuerda con lo reportado por Tamanova & Tedesco (2007). Además, estos autores encontraron que a mayor altitud mayor es la longitud del cuerpo, de esta manera la Morfoespecie 1 que parece ser la que se distribuye a mayor altitud es la que presenta la mayor longitud corporal. La temperatura, la cual tiene efecto sobre el metabolismo de los organismos, el alto porcentaje de saturación de oxígeno y la disponibilidad de hábitat podrían favorecer especies grandes a altitudes mayores y a especies más pequeñas en altitudes menores.

### 5.3 Reproducción

En general, los plec6pteros pueden tener tiempos de incubaci6n de huevos que van desde los dos meses como por ejemplo *Protonemura intricada*, hasta cerca de un a1o como en *Dinocras cephalotes* (Marten and Zwick 1989; Marten 1991). Sin embargo, esto es relativo y depende tanto de especie como de factores ambientales, principalmente de la temperatura del agua. Muchos plec6pteros en zonas templadas presentan una marcada estacionalidad. En *Anacroneuria* se han realizado pocos trabajos de reproducci6n. Las ninfas de *Anacroneuria* se pueden encontrar en todos los estadios a lo largo del a1o en nuestro pa1s, lo que supone que la mayor1a de especies de este g6nero se reproducen en Costa Rica a lo largo del a1o y no presentan estacionalidad (P. Guti6rrez obs. pers.).

El tiempo de eclosi6n de las masas de huevos de *Anacroneuria* fue estimada en  $29 \pm 2$  d1as para *A. holzenthali* y de  $26 \pm 5$  d1as para *A. benedettoi*. Jackson & Sweeney (1995) reportan tiempos de eclosi6n de dos especies de plec6pteros de 38 d1as para una morfoespecie (*Anacroenuria* sp CR13) y 26 d1as para otra morfoespecie (*Anacronueria*

sp CR5V2). Esto sustenta el postulado de que los plec6pteros en Costa Rica, completan dos o m1s ciclos de vida en un a1o.

Dentro de las observaciones m1s importantes de las c6pulas obtenidas en este trabajo, los machos no mostraron ning6n comportamiento aparente de “tamborileo”, sino m1s bien, cuando se le presentaba una hembra ambos individuos se tocaban con sus antenas y a continuaci6n el macho se posaba sobre la hembra y doblaba el abdomen uniendo ambas aberturas genitales; en esta posici6n tardaban alrededor de 40 minutos, hasta que el macho bajaba de la hembra. Moreira (1993) report6 que algunos machos de Perlidae necesitan hasta 6 d1as para perfeccionar sus llamados e inclusive observ6 copulas satisfactorias de machos de un d1a de edad, sin necesidad de tamborilear.

Seg6n se observ6 en el laboratorio, la oviposici6n se realiza por la noche, depositando una o dos masas de huevos por noche. Sandberg & Stewart (2005) estudiaron *Isogenoides zionensis* (Perlodidae) y observaron la oviposici6n de hasta tres masas de huevos. Ellos reportaron que de la primera masa a la tercera decreci6 la cantidad de huevos por masa. El tiempo de incubaci6n para otros miembros de la familia Perlidae ha sido reportada entre 42 d1as para *Dinocras cephalotes* y 48 d1as para *Perla marginata* a 20°C de temperatura (Gillooly *et al.* 2000), muy cercano a los tiempos reportados en este estudio para *Anacroneuria*.

#### **5.4 G6nero *Perlesta* Banks**

La distribuci6n geogr1fica del g6nero *Pelesta* est1 restringida principalmente a Norteam6rica, y hasta el momento no se conocen informes de este g6nero en la regi6n centroamericana. El g6nero cuenta actualmente con 27 especies descritas y con nombres validos (Stark *et al.* 2008). La taxonom1a es dif1cil y en muchos casos confusa, recientemente Grubbs & DeWalt (2008), realizaron estudios en varias especies del g6nero. Estos autores recomiendan sustentar las descripciones, con varios estadios de vida, 6rganos reproductores de machos, hembras y adem1s de fotograf1as al microscopio electr6nico de los huevos. Por lo anterior no fue posible la identificaci6n a nivel de especie de las dos ninfas que se encuentran en este trabajo.

Algunas de las características más importantes para diferenciar entre el género *Anacroneuria* y *Perlesta* son: *Perlesta* presenta tres ocelos, línea occipital con espinas distribuidas de forma irregular, un par de branquias en el último segmento del abdomen, entre los cercos, línea de setas largas en el borde del pronoto. Por otro lado, *Anacroneuria* tiene dos ocelos, la línea occipital no tiene espinas y es de forma regular, en el último segmento del abdomen no presenta branquias, únicamente las que tiene en el tórax, estas branquias también las tiene *Perlesta*. Una de las características internas más importantes del adulto de *Perlesta* es que posee un órgano copulatorio telescópico, con espinas y escleritos. El adulto de *Perlesta* no tiene una estructura en el noveno esternito conocida como “martillo”, estructura que sí posee *Anacroneuria*. Pescador *et al.* (2000), recalcan una alta variación en coloración en las ninfas de muchas especies en este género. La cantidad de individuos recolectados en Costa Rica hasta el momento son únicamente dos ninfas hembras, de ahí la dificultad para la identificación a nivel de especie. La biología de *Perlesta* es desconocida, aunque algunos autores han estudiado la estacionalidad del género en Estados Unidos, y han reportado emergencias en los meses de Abril a Agosto (Stark & Gaufin 1979).

El registro del género *Perlesta* en Costa Rica, podría cambiar la manera en que se interpreta la biogeografía del orden Plecoptera. Es común encontrar en muchos trabajos a *Anacroneuria* como único género en la región (Stark 1998, Fenoglio y Morisi 2000, Fenoglio 2004). Con el hallazgo de *Perlesta* en Moravia (Costa Rica) estas ideas deben ser redescritas. Es difícil tener la certeza de cómo llegó este género a nuestro país y cómo no había sido reportado anteriormente en la región, únicamente se pueden hacer conjeturas; se podría suponer que en el pasado este taxon se distribuyó desde Norteamérica hasta Costa Rica (o inclusive más al sur), y la pérdida de hábitat podría ser la razón del por qué no se había registrado en Centroamérica, es decir un efecto vicariante en la población de *Perlesta*. Otro factor que favorece el desconocimiento de la distribución de *Perlesta* es la falta de estudios en los países de la región, este es un problema no solo en plecópteros sino es muchos otros grupos.

## **5.5. Variables ambientales**

Las condiciones ambientales del agua (física y química) generalmente están relacionadas directamente a la altitud y la pendiente donde los ríos se ubican (Bussing

1998). Sin embargo, también puede estar relacionada directamente a cambios debido a disturbios antropogénicos, tales como deforestación, agricultura, paisajes urbanísticos, entre otros (Buss *et al.* 2002).

Los datos de este estudio revelan que las ninfas del género *Anacroneuria* difieren ampliamente en los niveles de tolerancia a las condiciones biológicas y físico-químicas de los ríos donde se recolectan. Esto ya ha sido demostrado en Tomanova y Tedesco (2007), el género tiene casi 300 especies, con esta diversidad es de suponer que se encuentren diferencias en la sensibilidad. Por ejemplo, la conductividad en la que se reportan plecópteros (de 8 a 90  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) concuerda a los reportados en Tomanova y Tedesco (2007), en los que encontraron ninfas de *Anacroneuria* en ríos con conductividad de 11 a 795  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

El orden Plecoptera es conocido como el grupo indicador de condiciones ambientales buenas; este adjetivo se le da debido a su poca tolerancia a ambientes contaminados. El oxígeno disuelto es una de las variables físico-químicas que más se ve afectada por la contaminación. La contaminación por materia orgánica puede aumentar la respiración bacteriana disminuyendo el oxígeno, en otros casos la contaminación por plaguicidas puede afectar a los organismos fotosintéticos que inyectan oxígeno al sistema, por ello los lugares donde se encuentran los plecópteros deben cumplir con ciertas condiciones ambientales mínimas. El oxígeno disuelto reportado en nuestro estudio tiene rangos que van desde 7.75 a 9.08 mg/l, y fue consistente a los rangos de Tomanova y Tedesco (2007), que reportan rangos de 5.2 a 12 mg/l.

La temperatura es un parámetro relacionado inversamente a la concentración de oxígeno en el agua; este factor ambiental es muy importante en el metabolismo de los organismos. Los ríos estudiados presentaron un rango que va desde los 15°C (ríos en zonas de mayor altitud) a los 27.7°C (ríos en zonas de medio a baja altitud), esto es consistente a los rangos de Moya *et al.* (2003) y Baptista *et al.* (2001), los cuales reportan individuos del género *Anacroneuria* en rangos que van desde los 14.67°C a los 33°C. Como dato importante, en este trabajo se estudiaron algunas quebradas en el Cerro de la Muerte con temperaturas de hasta 10°C, en los cuales no se recolectaron plecópteros.

Las variables ambientales, físicas y químicas del agua, pueden influenciar la distribución de los plecópteros. Sin embargo, debido a la poca cantidad de datos recolectados en este trabajo, no se pueden hacer afirmaciones concretas de la distribución de ellos en nuestro país.

La hojarasca parece ser el microhábitat preferido por las especies de plecópteros aquí estudiados. Tamaris y Turizo (2007) reportaron un número importante de ninfas de plecópteros en este microhábitat, sin embargo, para los meses de junio en adelante reportan mayor abundancia en gravilla en corriente rápida. Según los autores este sustrato es más estable en épocas de fuerte precipitación. En el presente trabajo las especies de plecópteros fueron más comunes en la hojarasca, *A. holzenthali* fue igual de común bajo rocas.

## **6. Conclusión general**

En Costa Rica, al igual que en la mayoría de los demás países neotropicales, la taxonomía a nivel de especie de muchos insectos acuáticos es casi totalmente desconocida. Este es uno de los primeros esfuerzos por conocer la biología y taxonomía de las especies del género *Anacroneuria* en Costa Rica, y en Mesoamérica debido a su distribución. Se logró la asociación ninfa-adulto de siete especies de *Anacroneuria*. En la mayoría de casos las diferencias a nivel de especie son evidentes, sin embargo para otras especies las diferencias morfológicas podrían no ser tan claras. Además, se aportó información científica acerca de la distribución y reproducción de estos organismos. También se suponen nuevos registros de géneros para Centroamérica. Aún falta mucho por hacer: tal como trabajar con las demás ninfas que restan por asociar, la importancia de tratar de entender la biología de los plecópteros en estado natural; además de continuar con trabajos de este tipo no solo en nuestro país sino en toda Centroamérica.

## **7. Literatura citada**

Banks, N. 1914. New neuropteroid insects, native and exotic. Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia 66: 608-632.

- Baptista, D.F., L.F.M. Dorville, D.F. Buss & J.L. Nessimian. 2001. Spatial and temporal organization of aquatic insect assemblages in the longitudinal gradient of a tropical river. *Rev. Brasil. Biol.* 61: 295-304.
- Baumann, R. W. 1982. Plecoptera, p. 389- 393. *En* S. P. Parker (ed.). *Synopsis and classification of living organisms*. McGraw- Hill Book Company, New York, USA.
- Baumann, R. W. & B. C. Kondratieff. 1996. Plecoptera, p. 501- 511. *En* J. Llorente, A. N. García & E. González (eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México*. D. R. Universidad Autónoma de México.
- Brittain, J. 1991. Life history characteristics as a determinant of the response of mayflies and stoneflies to man-made environmental disturbance (Ephemeroptera and Plecoptera). *En* J. Alba-Tercedor & A. Sanchez Ortega (eds). *Overview and Strategies of Ephemeroptera and Plecoptera*. Sandhill Crane Press. Gainesville, Florida, USA.
- Buss, D.F., Baptista, D.F., Silveira, M.P., Nessimian, J.L. & L.F. Dorvillé. 2002. Influence of water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrate assemblages in a river basin in south-east Brazil. *Hydrobiologia* 481: 125-136.
- Fenoglio, S. & A. Morisi. 2000. *Anacroneuria starki*, a new species from Nicaragua (Plecoptera: Perlidae). *Aquat. Insect.* 23: 311-314.
- Fenoglio, S. 2004. Perle tropicali: note ecologiche sui Plecotteri del Centro e Sud America. *En*: Casagrandi, R. & Melià, P. (Eds.) *Ecologia. Atti del XIII Congresso Nazionale della Società Italiana di Ecologia (Como, 8-10 settembre 2003)*. Aracne, Roma, Italia.
- Fenoglio, S. 2007. Stoneflies (Plecoptera: Perlidae) of Nicaragua. *Carib. J. Sci.* 43: 220-255.
- Fochetti, R., & J.M. Tierno de Figueroa. 2008. Global diversity of stoneflies (Plecoptera; Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 365-377.
- Froehlich, C.G. 2001. *Anacroneuria* mainly from southern Brazil and northeastern Argentina (Plecoptera: Perlidae). *Proc. Biol. Soc. Wash.* 115: 75-107.

- Gillooly, J. F. & D. I. Stanley. 2000. The relationship of egg size and incubation temperature to embryonic development time in univoltine and multivoltine aquatic insects. *Fresh. Biol.* 44: 595-604.
- Grubbs S.A., & R. DeWalt (2008). Taxonomic and distributional notes on *Perlesta teaysia*, *P. golconda*, and *P. shawnee* (Plecoptera: Perlidae). *Illiesia* 4: 143-149.
- Hamada, N. & S. R. Marques. 2003. An illustrated key to nymphs of Perlidae (Insecta, Plecoptera) genera in central Amazonia, Brazil. *Rev. Bras. Entomol.* 47: 477-480.
- Harding, J. S., J. M. Quinn & C. W. Hickey. 2000. Effects of mining and production forestry, p. 230–259. *En* K. J. Collier & M. J. Winterbourn (eds). *New Zealand Stream Invertebrates: Ecology and Implications for Management*. New Zealand Limnological Society, Christchurch.
- Harper, P. 1992. Stoneflies of Panama, p. 114- 119. *En* D. Quintero & A. Aiello (eds). *Insects of Panama and Mesoamerica*. Oxford Univ Press.
- Harper, P. & K. Stewart. 1988. Plecoptera, p. 722-230. *En* R.W. Merritt & K. W. Cummins (eds.). *An Introduction to the Aquatic Insects*. Kendall/Hunt Publishing Company. Iowa, USA.
- Heiman, D. & A. Knight. 1975. The influence of temperature on the bioenergetics of the carnivorous stonefly nymph, *Acroneturia californica* Banks (Plecoptera: Perlidae). *Ecology* 56: 105-116.
- Hynes, H. 1974. Observations on the adults and eggs of Australian Plecoptera. *Aust. J. Zool. Suppl.* 29: 37-52.
- Hynes, H. B. 1976. Biology of Plecoptera. *Ann. Rev. Entomol.* 21: 135-153.
- Hynes, H. B. 1988. Biogeography and origins of the North American stoneflies (Plecoptera). *Mem. Entomol. Soc. Can.* 144: 31–37.
- Ilies, J. 1965. Phylogeny and zoogeography of the Plecoptera. *Annu. Rev. Entomol.* 10: 117-40.
- Ilies, J. 1966. Katalog der rezenten Plecoptera. *Das Tierreich* 81 (I-IXXX): 1-632.
- Jackson, J. & B. Sweeney. 1995. Egg and larval development times for 35 species of tropical stream insects from Costa Rica. *Am. Benthol. Soc.* 14: 115-130.

- Klapálek, F. 1909. Vorläufiger Bericht über exotische Plecopteren. W. Entomol. Zeit. 28: 215-232.
- Klapálek, F. 1921. Plécoptères nouveaux. Annales. Soc. Entomol. Belgique. 61: 57-67
- Klapálek, F. 1923. Plécoptères nouveaux. Annales. Soc. Entomol. Belgique. 63: 21-29.
- Landa, V. J., J. Helesic, T. Soldan & S. Zahradkova. 1997. Stoneflies (Plecoptera) of the river Vltava, Czech Republic: A century of Extinction, p. 288–295. *En* P. Landolt & M. Sartori (eds). Ephemeroptera & Plecoptera. Biology Ecology Systematics. Friburgo, Suiza.
- Maes, M. 1998. Catálogo de los Ephemeroptera y Plecoptera de Nicaragua. Rev. Nica. Entomol. 2: 49-50.
- Maldonado, V., B. P. Stark & C. Cressa. 2002. Descriptions and records of *Anacroneuria* from Venezuela (Plecoptera: Perlidae). Aquat. Insect. 24: 219-236.
- Malmqvist, B. 1999. Lotic stoneflies (Plecoptera) in northern Sweden: patterns in species richness and assemblage structure, p. 63–72. *En* C. Friberg & J. D. Carl (eds). Biodiversity in Benthic Ecology. NERI Technical Report No. 266. Denmark.
- Metcalfe, J. L. 1989. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: History present status in Europe. Environ. Pollut. 60: 101–139.
- Miserendino, L. 2006. Seasonal and spatial distribution of stoneflies in the Chubut River (Patagonia, Argentina). Hydrobiologia 568: 263–274.
- Moreira, G.R.P. 1993. Reproductive biology of the stream-dwelling stonefly *Agnatina capitata* (Pictet) (Plecoptera: Perlidae). Doctoral dissertation, Cornell University, Ithaca, New York.
- Morse, J. C., B. P. Stark & W. P. McCarthy. 1993. Southern Appalachian stream at risk: implications for mayflies, stoneflies, caddisflies, and other aquatic biota. Aquat. Conserv. 3: 293–303.
- Moya, N., E. Goitia & M. Siles. 2003. Tipología de ríos de la región del Piedemonte Andino en Cochabamba. Rev. Bol. Ecol. 13: 95-115.

- Navas, L. 1924. Plecópteros. Insectos de la América Central Brotérica Série Zoológica. 21: 71-75
- Navas, L. 1936. Plecópteros. Insectos de Brasil. Rev. M. Paul. 20: 726-732.
- Orce, M. 2003. A new species of *Anacroneuria* from northwestern Argentina (Plecoptera: Perlidae), p. 225-228. *En* E. Gaino (ed.). Research Update on Ephemeroptera and Plecoptera. University of Perugia, Perugia, Italia.
- Pescador, M., A. K. Rasmussen & B. A. Richard. 2000. A guide to the stoneflies (Plecoptera) of Florida. Florida, USA. 170 p.
- Resh V. H., A. V. Brown, A. P. Covich, M. E. Gurtz, H. W. Li, G. W. Minshall, S. R. Reice, A. L. Sheldon, J. B. Wallace & R. C. Wissmar. 1988. The role of disturbance in stream ecology. *J. North. Am. Benthol. Soc.*7: 433–455.
- Ribeiro Ferreira, A. C. & C. G. Froehlich. 2001. *Anacroneuria* Klapálek, 1909 from Amazonas state, north Brazil (Plecoptera, Perlidae, Acroneuriinae). *Aquat. Insect.* 23: 187-192.
- Roldán Pérez, G. 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. FEN Colombia, Conciencias, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. 217 p.
- Sandberg, J. & K. Stewart. 2005. Life history of the stonefly *Isogenoides zionensis* (Plecoptera: Perlodidae) from the San Miguel river, Colorado. *Illiesia* 1: 21-32
- Sandberg, J. & K. Stewart. 2006. Continued studies of vibrational communication (drumming) of North American Plecoptera. *Illiesia* 2: 1-14.
- Scarsbrook, M. R. & J. Halliday. 1999. Transition from pasture to native forest land-use along stream continua: effects on stream ecosystems and implications for restoration. *New Zealand. J. Mar. Freshw. Res.* 33: 293–310.
- Sinistshenkova, N. D. 1987. Historical development of Plecoptera. *Trudy Palaeontol. Inst.* 221: 1-144.
- Stark, B. P. 1994. *Anacroneuria* of Trinidad and Tobago (Plecoptera: Perlidae). *Aquat. Insect.* 16: 171-175.
- Stark, B. P. 1995. New species and records of *Anacroneuria* (Klapálek 1909) from Venezuela. *Spixiana* 18: 211-249.

- Stark, B. P. 1998. The *Anacroneuria* of Costa Rica and Panama (Insecta: Plecoptera: Perlidae). Proc. Biol. Soc. Wash. 111: 551-603.
- Stark, B. P. 1999. *Anacroneuria* from northeastern South America (Insecta: Plecoptera: Perlidae). Proc. Biol. Soc. Wash. 112: 70-93.
- Stark, B. P. 2000. Notes on the *Anacroneuria* (Plecoptera: Perlidae) of Guyana with the description of a new species. Aquat. Insect. 22: 305-310.
- Stark, B. P. 2001a. Records and descriptions of *Anacroneuria* from Ecuador (Plecoptera: Perlidae). Scopolia 46: 1-42.
- Stark, B. P. 2001b. A synopsis of neotropical Perlidae (Plecoptera), p. 405-422. *En* E. Domínguez (ed.). Trends in Research in Ephemeroptera and Plecoptera. Kluwer Academic/Plenum, Nueva York, Nueva York, EEUU.
- Stark, B. P. 2004. New species and records of Andean *Anacroneuria* (Insecta: Plecoptera: Perlidae). Spixiana 27: 67-81.
- Stark B. P. & B. Kondratieff. 2004. *Anacroneuria* from Mexico and upper Mesoamerica (Plecoptera: Perlidae). Monographs of the Western North American Naturalist. 1-64 p.
- Stark, B.P., R.W. Baumann & R.E. DeWalt. 2008. Valid stonefly names for North America. Updated 28 January 2008. HTML address, <http://plsa.inhs.uiuc.edu/plecoptera/validnames.aspx>.
- Stewart, K. W. & B. P. Stark. 1977. Reproductive system and mating of *Hydroperla crosbyi*: a newly discovered method of sperm transfer in Insecta. Oikos 28: 84-89.
- Stewart, K. W. & B. P. Stark. 1993. Nymphs of North American Stonefly Genera (Plecoptera). Lanham, Entomological Society of America, The Thomas Say Foundation. Texas, United States of North American. 460 p.
- Sweeney, B. 1984. Factors influencing life-history patterns of aquatic insects, p. 56-100. *En* V. H. Resh & D. M. Rosenberg (eds.). The Ecology of Aquatic Insects. Praeger, New York, USA.

- Tamaris Turizo, C. & R. Turizo-Correa. 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: 375-385.
- Tierno de Figueroa, J. & A. Ortega. 1999. Huevos y puestas de algunas especies de plec6pteros (Insecta, Plecoptera) de Sierra Nevada, (Granada, Espa1a). *Zool. Baetica*. 10: 161-184.
- Tomanova, S. & P. Tudesco. 2007. Tama1o corporal, tolerancia ecol6gica y potencial de bioindicaci6n de la calidad del agua de *Anacroneuria* spp. (Plecoptera: Perlidae) en America del Sur. *Rev. Biol. Trop.* 55: 67-81.
- Vera, A. & A. Camousseight. 2006. Estado del conocimiento de los plec6pteros en Chile. *Rev. Biol. Trop.* 70: 57-64.
- Ward, J. V. 1992. *Aquatic Insect Ecology*. Wiley, New York- London, 438 p.
- Wooten, R. 1972. The evolution of insects in freshwater ecosystems, p. 69-82. *En* R.B. Clark & R. J. Wooten (eds.). *Essays in Hydrobiology*.
- Zu1iga, M. C., B. P. Stark, J. J. V1sconez, F. Bersosa & L. D. Dimos. 2006. Colombian and Ecuadorian *Anancroneuria* (Plecoptera: Perlidae): seven new species, records and stage. *Stud. Neotrop. Fauna Environ.* 41: 45-47.
- Zwick, P. 1980. Plecoptera (Steinfliegen), p. 1 – 115. *En* Walter de Gruyter (ed). *Handbuch der Zoologie* 26. Berlin, Aleman

## ANEXO 1. Características físico-químicas de los ríos estudiados.

Localidad	Oxíg Disuel (mg/l)	Temperatura (°C)	pH	Conductividad (μS/cm)	Altitud	Coordenadas
Río Savegre		12				
Queb sin Nombre, Cerro de la muerte (atrás de la Georgina)		17				
Queb sin nombre, Cerro de la muerte (cerca de Santa María de Dota)		15				
Queb sin nombre Santa María de Dota		15			2292	N 09, 71739 W 83, 96142
Queb sin nombre Santa María de Dota		15			1787	N 09, 73888° W 83,98446°
Queb sin nombre Santa María de Dota		15			2237	N 09,71478° W 083,96893°
Queb Cascada Bromelia Cerro de la Muerte (Los Quetzales)		15		10	2700	
Queb. sin nombre (El Poró, Turrialba) en Cafetal		25-27		8.0- 70	650	
Queb. sin nombre (El Poró, Turrialba) Por el Bosque						
Río Javillos, En Turrialba, cerca de la desembocadura con Río Reventazón						
Río Dos Novillos (Don Eladio)					441	N° 10, 07'09.7'' W°83°39'15.2''
Río Dos Novillos (La Argentina)					187	N 10°09'14.3 W 83°37'24.7''
Río Dos Novillos (Hamaca)					51	N 10°13'00.9'' W 83°35'18.4''
Río Dos Novillos (Q. Mercedes)					45	N10°12'52.5'' W 83°35'26.5''
Río Dos Novillos (Desembocadura)					40	N 10°14'08.0'' W 83°34'56.0''

**Continuación anexo 1.**

Localidad	Oxígen Disuelto (mg/l)	Temperatura (°C)	pH	Conductividad (μS/cm)	Altitud	Coordenadas
Río Dos Novillos (Chikitin)					90	N10°10'40.8'' W 83°36'10.6''
Quebrada Beneficio (Jabonal, Afluente del Barranca)				74		
Barranca (abajo)				90		
Sarapiquí (La Tirimbina)						
Afluente Río Sarapiquí (La Tirimbina)	8.7	21.4	7.1			
Queb sin Nombre, El Angel (Vara Blanca, Cerca de laguna Hule)	8.8	18.8	7.7			
Río Higuerón (por la finca Taboga)						
Río Pizote					323	N 10°46'14'' W 85°02'25.2''
Afluente Río Zapote, Upala		26			233	N 10° 47.036'' W 84° 02.428''
Afluente Río Oro, Upala		26			265	N 10° 47.122'' W 84° 02.68''
Queb sin nombre, afluente al embalse		26			301	N 10° 46.426'' W 84° 02.571''
Queb sin nombre, afluente al embalse		24.5			325	N 10° 46.467'' W 84° 02.700''
Que sin nombre, afluente Río Zapote					279	N 10° 46.476'' W 85°02.504''
Río Niño						
Río Grande del Gallo, Venecia		24			338	N 10° 22, 515'' W 84° 16, 955''
Río Negritos		24			446	N 10° 22,381'' W 84° 19,270''
Río Celeste						
Río Chirripó (Guápiles, por el Puente hacia Sarapiquí)		24			241	N 10° 12.597'' W 84° 54.241''

**Continuación anexo 1**

Localidad	Oxíg Disuel (mg/l)	Temperatura (°C)	pH	Conductividad (μS/cm)	Altitud	Coordenadas
Río Chachagua						
Río San Lorencito						
Queb Rugama						
Quebrada 1 (san jeronimo de moravia)						
Quebrada 2 (san jeronimo por puente de lecheria)						
Quebrada Catarata (Crusitas)						
Quebrada sin nombre, Estación Campanario, Corcovado					10	
Quebrada Gata Afluente de Río Peñas Blancas						N 10°21'55.6 W 84°39'43
Río Peñas Blancas					462	N 10°20'37.4 W 84°39'49.6
Río Cañas Quepos					56	N 09°49'48.3 W 84°17'39.2
Río Purires						N 9°50.495' W 83°57.556'
Río Toyogres						N 9°50'941"N W 83°54.370'
Quebrada Molino						N 9° 50.643' W 83°55.293'
Río Aguacaliente						N 9°50.084' W 83°54.850'
Río Reventado						N 9°50.474' W 83°56.495'
Purires arriba						N 9° 49.407' W84° 00.073
Purires En medio						N 9° 50.054' W 84° 00.234

**Continuación anexo 1**

Localidad	Oxíg Disuel (mg/l)	Temperatura (°C)	pH	Conductividad (μS/cm)	Altitud	Coordenadas
Afluente al Purires						N 9°50.613´ W 83°59.123´
Purires cuatro						N 9°50.337´ W 83°58.177´
Purires cerca del puente						N 9°50.8444´ W 83°57.666´
Purires seis						N 9°50.500´ W 83° 57.559´
Afluente desconocido al Purires						N 9°49.655´ W 83°56.785´
Afluente al este Afluente del Purires						N 9°50.307´ W 83°56.455´
Río por San Jerónimo de Moravia						
Río por San Jerónimo de Moravia cerca de los tanques de agua de Moravia						
Río Pará cerca de la Presa					1257	N° 09 59,661´ W° 84 01. 975
Río Pará por las Juntas					1341	N° 10 00.823 W° 84 01.462
Río Pará Santa Elena					1418	N° 10 01.610 W° 84 00.665
Río Mala Noche, Cerca de Samara, Guanacaste					10	
Río Piedras Blancas, Piedras Blancas, San Vito						
Río Agrias, Escazú						