

Caracterización de una charca estacional del norte de Colombia y aspectos biológicos y ecológicos de *Dendrocephalus affinis*

TRABAJOS ORIGINALES

Presentado: 14/01/2019
Aceptado: 11/07/2019
Publicado online: 30/09/2019

Correspondencia:

*Autor de correspondencia

DJS-M: djsernam@hotmail.com

PEE: pemo2002@gmail.com

CET-T: ctamaris@unimagdalena.edu.co

Characterization of a temporary pond of the north of Colombia and biological and ecological aspects of *Dendrocephalus affinis*

Daniel José Serna-Macías, Pedro Eslava Eljaiek y Cesar Enrique Tamaris-Turizo*

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

Otros datos de los autores / biografía:

ORCID DJS-M: 0000-0002-0013-6771

ORCID PEE: 0000-0002-4779-1589

ORCID CET-T: 0000-0001-8625-4981

Citación:

Serna-Macías D.J., P. Eslava Eljaiek y C.E. Tamaris-Turizo. 2019. Caracterización de una charca estacional del norte de Colombia y aspectos biológicos y ecológicos de *Dendrocephalus affinis*. Revista peruana de biología 26(3): 361 - 368 (Septiembre 2019). doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v26i3.15719>

Palabras clave: Artemia; Ciclo de Vida; Charca Temporal; Thamnocephalidae; Colombia.

Keywords: Artemia; Life Cycle; Temporary Pond; Thamnocephalidae; Colombia.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar el cuerpo de agua y los sedimentos de una charca estacional, además de describir el ciclo de vida y proporciones de sexo de *Dendrocephalus affinis* en condiciones de laboratorio. La charca se muestreó desde 2010 hasta 2012, la cual se caracterizó la fisicoquímica del agua y la granulometría y metales pesados del sedimento. Simultáneamente se tomaron muestras de sedimento para recolectar los quistes usados para la descripción del ciclo de vida, la supervivencia y proporción de sexo de *D. affinis* en laboratorio. La charca mostró condiciones mesotróficas en época de lluvia y mayor carga orgánica en época seca. El suelo dominante fue lodoso, lo cual facilitó la retención de agua. Los metales pesados mostraron concentraciones dentro del rango habitual en estos ambientes. Los macroinvertebrados asociados estuvieron conformados por representantes de siete órdenes y 28 géneros, de los cuales los órdenes Hemiptera y Coleoptera fueron los más abundantes con el 39.7 y 31.8 % respectivamente. El ensayo de laboratorio mostró que los nauplios de *D. affinis* vivieron 30 días, y tuvieron una supervivencia del 31.6 %. Este trabajo también contribuyó con una descripción una charca estacional del ciclo de vida de *D. affinis* en condiciones de laboratorio. *Dendrocephalus affinis* mostró ser un organismo con corto ciclo de vida, de crecimiento rápido y alta tasa de supervivencia, lo cual favorece su uso como potencial alimento vivo en la acuicultura.

Abstract

The aim of this work was to evaluate the water system and the sediments of a temporary pond, in addition to describe the life cycle and asses sex proportions of *D. affinis* in laboratory conditions. The pond was sampled during the years 2010 - 2012, the physicochemical of the water, granulometry and heavy metals of the sediment were also evaluated. Simultaneously, we took samples of the sediment to collect the cysts that were used to describe the life cycle, survival and sex proportions at laboratory. During the rainy season, the pond showed mesotrophic conditions and in the dry season high organic load. The muddy soil was dominant and allowed the water retention. The heavy metals values were found in the normal ranges of similar systems. The macroinvertebrates associated to the pond were formed by seven orders and 28 genera, which Hemiptera and Coleoptera orders were the most abundant with 39.7 and 31.8 % respectively. Laboratory essays showed that nauplius of *D. affinis* lived 30 days and had a survival of 31.6%. This work also contributed with a description of a temporary pond and of the life cycle of *D. affinis* in laboratory conditions. *Dendrocephalus affinis* showed be organisms with short life cycle, fast grown and high survival ratio, this favor its use as live food potential in the aquaculture.

Journal home page: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/index>

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Peruana de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial, por favor póngase en contacto con revistaperuana.biologia@unmsm.edu.pe.

Introducción

Las charcas estacionales son cuerpos de aguas naturales que experimentan una fase seca recurrente, por lo general son predecibles en el tiempo de aparición y duración. Este tipo de charcas se han estudiado principalmente en zonas templadas (Sancho & Lacomba 2012), donde se ha documentado que diversas especies adaptadas a una marcada estacionalidad con una variedad de mecanismos de supervivencia, tales como diáspausa y formación de semillas (Williams 2006). Los insectos y crustáceos dominan en este tipo de ecosistemas, tanto por sus abundancias como por su función trófica (Almonacid & Molinero 2012).

Los branquiopodos son un grupo primitivo de crustáceos (Rogers 2013) de origen marino del periodo Cámbrico que colonizó aguas químicamente inestables a lo largo de todo el mundo incluyendo además zonas templadas como la Antártida, estas comunidades están asociadas generalmente a cuerpos de aguas temporales, las cuales son más abundantes en las regiones áridas y semiáridas del planeta, con excepción del género *Artemia*, que habita en salinas litorales y de interior (García-de-Lomas et al. 2015). La clase Branchiopoda esta compuesta por ocho órdenes, dentro de ellos se encuentra Anostraca, representado por 10 familias, 46 géneros y más de 353 especies (Rogers 2013). En Sur América se han registrado cinco familias: Artemiidae, Branchinectidae, Branchiopodiade, Streptocephalidae y Thamnocephalidae (Alonso 1996). La familia Thamnocephalidae esta constituida por los géneros *Thamnocephalus*, *Branchinella* y *Dendrocephalus*. Éste último género incluye 12 especies válidas en Sur América, distribuidas en Argentina, Brasil, Colombia, Paraguay, Ecuador, Venezuela, Costa Rica y Estados Unidos (Calviño & Petraccini 2004, Chaves et al. 2011, Rogers, 2013; Cohen et al. 2014; Barros-Alves et al. 2016).

Los anostracos han desarrollado adaptaciones como la regulación osmótica, hábitos alimenticios diversificados y la producción de huevos císticos, que les ha permitido mantenerse a lo largo de su historia evolutiva (Rogers 2013). La osmorregulación es un mecanismo que les ha permitido colonizar diversos ambientes (Cohen 2006). En las larvas este proceso se realiza con el intercambio de iones entre la hemolinfa y el medio a través del órgano nupal (Cohen 2006). El género *Dendrocephalus* es conocido comúnmente como "artemia de agua dulce", estos organismos habitan en charcas estacionales dulceacuícolas (Cohen 2006, Williams 2006) poseen tamaño variable (longitud total promedio en hembras: 15 mm, promedio en machos: 20 mm), se caracterizan por experimentar uno o más periodos de desecación o congelamiento a lo largo del año, en función de las características de los suelos sobre los que se asientan y de las condiciones hidrológicas de las áreas donde se localizan (Cohen 2006; Pérez-Bote et al. 2005), se alimentan de material en suspensión (como bacterias, algas, protozoarios, metazoarios y restos de materia orgánica) que previamente es retenido por sus apéndices torácicos (Calviño & Petraccini 2004). Es importante realizar estudios en los cuales se

describan detalladamente las condiciones ambientales donde habitan estos organismos para entender de mejor manera aspectos sobre su biología y ecología, además de su potencial como alimento vivo, como fuente primaria de nutrientes durante las primeras etapas de desarrollo de las larvas de peces y crustáceos en acuicultura (Eslava-Eljaiek et al. 2011).

Los ciclos de vida de los branquiópodos que viven en aguas dulces temporales están fuertemente influenciados por las condiciones ambientales que inciden sobre las charcas en las que se desarrollan, por lo cual, sus poblaciones responden al desarrollo de estrategias para la supervivencia (Stross 1987, Silva 2016). Algunos anostráceos tienen importancia económica relevante, en especial *Artemia*, que se comercializa en forma de quistes de resistencia para servir de alimento vivo en acuicultura y acuariofilia (Bengtson et al. 1991). El objeto de este estudio fue caracterizar las condiciones ambientales de una charca estacional en el departamento de La Guajira (norte de Colombia) y describir aspectos biológicos de *Dendrocephalus affinis* Pereira, 1984.

Material y métodos

Sitio de estudio. El trabajo se desarrolló en una charca estacional en el sector del Ebanal, departamento de La Guajira localizado entre los 11°16'25.0"N - 73°07'22.1"W. a 122 de altitud. El espejo de agua durante el periodo de lluvias presentó un área promedio de 756 m². El régimen de precipitación en la zona es bimodal, presenta un periodo de sequía mayor entre diciembre y abril, seguido de lluvias menores de mayo a junio, luego el periodo de sequía menor de julio hasta agosto, finalmente las lluvias mayores inician en septiembre y se extienden hasta noviembre (Orjuela-Rojas et al. 2011). La vegetación de la zona esta dominada por bosques subxerofíticos, constituida por vegetación de pequeño porte con predominio de leguminosas como *Prosopis juliflora* (SW) y *Acacia farnesiana* (L.) Willd (Halfter & Ezcurra 1992).

Diseño de muestreo. Los muestreos se realizaron de mayo a diciembre de los años 2010, de mayo a septiembre de 2011 y de abril a julio de 2012. Durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2011 no se pudo hacer la recolección de muestras porque la charca estaba desbordada y toda la zona se encontraba inundada, toda vez que coincidió con eventos de altas intensidades pluviométricas asociadas al fenómeno de La Niña.

Variables ambientales. Durante las visitas se midieron la temperatura (°C), pH, sólidos suspendidos (mg/L), conductividad (µS/cm) y oxígeno disuelto (mg/L) con un multiparámetro WTW Multi 350i/SET; la intensidad lumínica (Lux) se determinó con un Luxímetro digital MLM- 1010 LNINIPA. Adicionalmente, se colectaron muestras de agua para evaluar en laboratorio nitritos (µg/L), nitratos (µg/L), amonio (µg/L), ortofosfatos (µg/L) y turbiedad (NTU) (APHA 1998). Todas las muestras se refrigeraron durante su traslado al Laboratorio de Calidad de Aguas de la Universidad del Magdalena para su análisis.

Durante las primeras precipitaciones del año 2012 (abril - junio) se tomaron 1000 g de sedimento con un corazonador (diámetro: 10 cm) y se depositaron en frascos previamente rotulados y esterilizados para realizar un análisis de granulométrico, mediante la técnica de Cribación en set de seis tamices, acoplado a un equipo Prufsieb (ISO 3310 %), para estimar las proporciones de gravas, arcillas y limos. Las muestras para determinar los metales pesados se tomaron directamente del sedimento con cucharas plásticas, posteriormente el material se almacenó en frascos plásticos hasta completar 4000 g. Todas las muestras se refrigeraron a 4 °C para su traslado y análisis en el Laboratorio de Química en el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR). Los metales pesados analizados fueron cromo (Cr), cobre (Cu), plomo (Pb), cadmio (Cd), níquel (Ni) y zinc (Zn), con el método de Digestión Total (EPA 1996) - Espectrometría de absorción atómica con flama directa (*Standard Methods 3500*). Adicionalmente se analizó el pH (sonda electrométrica WTW pH 315), el fósforo total (por digestión ácida, *Standard Methods 4500-P*) y la materia orgánica oxidable (por digestión en frío con dicromato de potasio-Método Walkey y Black).

Proporción de sexos en adultos silvestres.- Para conocer la proporción de sexos y la eficiencia de producción de quistes en los adultos silvestres, en abril de 2012 (12 días después de la primera lluvia del mes) se realizó una colecta, empleando una red de mano (30×40 cm y abertura de malla de 100 µm). Los organismos se fijaron con formalina al 4%. En el laboratorio, se observaron en el estereomicroscopio Leica EZ4 y se registraron las medidas de longitud total (Lt) y número de quistes en cada saco ovífero.

Macroinvertebrados.- Para caracterizar la fauna asociada a la charca, se realizó un muestreo mensual entre abril y junio de 2012, siempre y cuando la charca tuviese agua, para lo cual se utilizó una red tipo D-net (abertura de malla: 100 µm). Durante cada muestreo se realizaron cuatro arrastres en las zonas litoral y limnética de la charca durante 20 minutos para conformar una cuentras compuesta. Los organismos se almacenaron en bolsas herméticas y se preservaron con formol al 4%. La identificación taxonómica se hizo hasta el nivel de género (excepto en algunos coleópteros), utilizando las claves y descripciones de Lopretto (1995), Posada-García y Roldán-Pérez (2003), Domínguez y Fernández (2009) y Merritt et al. (2008). Con los registros se calculó el índice de Dominancia de Simpson mediante la fórmula: $\lambda = \sum p_i^2$ donde p_i es el número de individuos de la especie i sobre el número total de individuos de la muestra (Moreno 2001).

Cultivo y desarrollo de *Dendrocephalus affinis*.- Se recolectaron 50 kg de sedimento seco (lodo petrificado) en 20 puntos aleatorios del ecosistema temporal (cuando estaba completamente seca). Para estimar la eclosión y desarrollo de *Dendrocephalus* sp. en condiciones de laboratorio se siguió la metodología descrita por Brito et al. (2011). Esta metodología consiste en moler el lodo seco en un mortero hasta obtener un sedimento fino; en

cada uno de 90 frascos plástico de un litro se disuelven 50 g de sedimento en 800 mL de agua del grifo. y se incuban por 30 días a la intemperie. Después del tercer día de la siembra, se les proporcionó 100 ml de una solución de la microalga *Chlorella vulgaris* con una concentración de 5×10^6 cel.ml⁻¹ para alimentar y compensar las pérdidas por evaporación.

Cada 24 horas después de la siembra y hasta el día 30, se retiraban de manera aleatoria tres frascos con el propósito de filtrar su contenido utilizando una malla de 100 µm. El material retenido en la malla se removió con agua destilada, se depositó en una caja de Petri y se fijó con formalina al 4 %. Los diferentes estados de desarrollo se observaron en un estereoscopio Leica EZ4. La identificación taxonómica de la especie se confirmó siguiendo la descripción de Cohen et al. (2014).

Resultados

Variables ambientales.- Las precipitaciones anuales fueron de 792 mm en 2010, de 2127 mm en 2011 y de 2200 mm en 2012 (Tabla 1). La precipitación promedio multianual (desde 1958 hasta 2017) fue de 1387 mm, por lo cual se puede considerar que el 2010 fue un año de bajas precipitaciones, mientras que el 2011 y 2012 fueron más altas. El sistema se caracterizó por presentar algunas variables fisicoquímicas estables como la temperatura del agua ($28 \text{ °C} \pm 1.67$), el pH (7.35 ± 0.62), el oxígeno disuelto ($5.23 \text{ mg/L} \pm 1.05$) y la turbiedad ($240\text{-}94 \text{ NTU} \pm 94.14$). Mientras que los nitritos y el amonio no mostraron una tendencia clara, donde los mayores registros se obtuvieron en agosto de 2011 (6.04 µg/L y 4.02 µg/L respectivamente), periodo que correspondió con el inicio de las mayores precipitaciones del año. Los nitritos presentaron el mayor registro en agosto de 2010 (1.78 µg/L), aunque los demás registros de ésta variables no superaron los 0.90 µg/L . Los ortofostatos mostraron los mayores registros en octubre de 2010 (3.33 µg/L) y abril de 2012 (4.00 µg/L), meses que coincidieron con los inicios de las lluvias en estos años (Anexo 1). El sedimento del sistema se puede definir como un lodo arenoso ligeramente gravoso, con un 77.7 % de material clasificado como limos y arcillas, y un tamaño promedio de grano de 29.86 µm . Los suelos con este tipo de composición tienen un alto grado de retención de agua por impermeabilidad conservando de esta manera un hidropereodo más prolongado. Los metales con mayor concentración en este estudio fueron el Zn, Cu y Ni con 46.15 , 19.97 y 6.45 µg/g , respectivamente (Tabla 1).

Proporción de sexos en adultos silvestres de *Dendrocephalus*.- A partir de los organismos recolectados durante los muestreos del 2010 y 2011, se observó una proporción de sexos 1:1. Las tallas en los machos estuvieron entre 11.2 y 20.1 mm (promedio: $16.9 \pm 2.39 \text{ mm}$) y en las hembras entre 11.0 y 17.6 mm (promedio: $16.9 \pm 2.39 \text{ mm}$). El número de quistes por hembra varió entre 1 y 183 (promedio: 99.7 ± 47.6); no obstante, el 24.7 % de las hembras no tenían quistes en el saco ovífero.

Macroinvertebrados.- Se recolectaron 2309 individuos representados en siete ordenes, 19 familias y 28

géneros. Hemiptera y Coleoptera fueron los grupos más abundantes con el 39.7 y 31.8% respectivamente y con 13 y nueve géneros. Los taxones más abundantes fueron *Macrobrachium* (Decapoda), *Buenoa* (Hemiptera) y *Biomphalaria* (Basommatophora) con 183, 141 y 113 organismos respectivamente. En contraste los géneros de menor proporción fueron *Lethocerus*, *Brachymetra* y *Neotrephes* (con 49.51 y 55 individuos respectivamente) (Tabla 2). La dominancia fue alta ($\lambda = 7.39$), efecto que estuvo influenciado por las altas abundancias de *Macrobrachium* (Domínguez & Fernández 2009).

Cultivo y desarrollo de *Dendrocephalus affinis*. El ciclo de vida de *D. affinis* fue de 30 días. Las principales características de las fases de desarrollo se describen en la Tabla 3. De 120 individuos sembrados al inicio del ensayo sobrevivieron 38 (31.6%). La supervivencia de las hembras fue de 53% y en los machos el 10% (n= 60). El porcentaje de supervivencia de hembras y machos en la primera semana fue del 93.3%, y la menor fue en la cuarta semana (40.6%). Al comparar la mortalidad entre los sexos por cada semana se observaron diferencias

durante las semanas dos y tres ($p < 0.05$), con mayores mortalidades en machos. Durante la semana cuatro el promedio de la mortalidad entre machos y hembras fue la misma (2.2 individuos). Las hembras ovarón desde el día ocho de incubación.

Discusión

Los valores en los nutrientes del agua podrían estar relacionado con los aportes derivados de la fertilización de los suelos en zonas agrícolas y ganaderas cercanas al sitio de muestreo, que usualmente son arrastrados por el lavado de los suelos durante las primeras precipitaciones anuales (López 2014). Así mismo, la declinación de los valores de nutrientes durante el periodo de sequía puede deberse al consumo de las comunidades fitoplanctónicas (Marín 2009). Por otro lado, las altas precipitaciones registradas en el mes de octubre podría generar una dilución de la concentración de los nutrientes (Wedler 1998), mientras que durante los periodos de bajas precipitaciones se pudo favorecer el aumento de las concentraciones de amonio, debido a que hay mayor acumulación de materia orgánica. La composición del

Tabla 1. Caracterización ambiental del cuerpo de agua y los sedimentos de la charca estacional de el Ebanal (norte de Colombia). En paréntesis se presentan los datos de la desviación estándar. Número de muestras= 16.

| Variables ambientales | 2010 | 2011 | 2012 |
|------------------------------------|--------------|--------------|---------------|
| Precipitación (mm) | 792 | 2127 | 2200 |
| Caracterización del cuerpo de agua | | | |
| Nitrito ($\mu\text{g/L}$) | 0.52 (0.7) | 0.48 (0.2) | 0.17 (0.1) |
| Nitrito ($\mu\text{g/L}$) | 0.72 (1.1) | 2.09 (2.3) | 0.33 (0.1) |
| Amonio ($\mu\text{g/L}$) | 0.30 (0.3) | 2.07 (1.4) | 0.37 (0.1) |
| Ortofosfatos ($\mu\text{g/L}$) | 1.54 (1.3) | 1.48 (1.2) | 1.44 (2.2) |
| Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) | 27.80 (0.7) | 30.17 (1.9) | 27.9 (0.1) |
| pH (Unidades) | 7.12 (0.7) | 7.83 (0.3) | 7.12 (0.4) |
| Conductividad ($\mu\text{S/cm}$) | 104.4 (40.7) | 82.8 (33.4) | 122.7 (37.4) |
| Oxígeno disuelto (mg/L) | 5.0 (0.9) | 5.0 (0.9) | 7.0 (1.8) |
| Turbiedad (NTU) | 172.4 (71.1) | 338.8 (29.4) | 227.3 (101.2) |
| Caracterización del sedimento | | | |
| Cromo ($\mu\text{g/g}$) | | | <0.8 |
| Cobre ($\mu\text{g/g}$) | | | 19.9 |
| Plomo ($\mu\text{g/g}$) | | | <0.8 |
| Cadmio ($\mu\text{g/g}$) | | | <0.2 |
| Níquel ($\mu\text{g/g}$) | | | 6.4 |
| Zinc ($\mu\text{g/g}$) | | | 46.1 |
| pH (Unidades) | | | 6.8 |
| Materia orgánica oxidable (mg/g) | | | 53.0 |
| Fósforo total ($\mu\text{g/g}$) | | | 115.1 |
| Granulometría (%) | | | |
| Gravas (%): | | | 4.4 |
| Arenas (%): | | | 17.9 |
| Limos (%): | | | 77.7 |

Tabla 2. Composición, abundancia y porcentaje de la fauna acompañante recolectada en el estudio. N.D.: no determinado

| Orden | Familia | Taxón | N° Ind. | % | |
|-------------------|----------------|----------------------|--------------------|------------|------|
| Basommatophora | Planorbidae | <i>Biomphalaria</i> | 113 | 4.89 | |
| | Dryopidae | N.D. | 105 | 4.55 | |
| Coleoptera | Dytiscidae | <i>Laccophilus</i> | 59 | 2.56 | |
| | | <i>Thermonectus</i> | 85 | 3.68 | |
| | Elmidae | N.D. | 84 | 3.64 | |
| | | N.D. | 100 | 4.33 | |
| | Hydrophilidae | <i>Hydrophilus</i> | 83 | 3.59 | |
| | | N.D. | 70 | 3.03 | |
| | | <i>Hydrochus</i> | 83 | 3.59 | |
| | | <i>Berosus</i> | 80 | 3.46 | |
| Decapoda | Palaemonidae | <i>Macrobrachium</i> | 183 | 7.93 | |
| Diptera | Culixidae | <i>Culex</i> | 98 | 4.24 | |
| Ephemeroptera | Baetidae | <i>Guajirulus</i> | 68 | 2.94 | |
| | Belostomatidae | <i>Belostoma</i> | 89 | 3.85 | |
| | | <i>Lethocerus</i> | 49 | 2.12 | |
| | Corixidae | <i>Tenagobia</i> | 70 | 3.03 | |
| | | <i>Brachymetra</i> | 51 | 2.21 | |
| | | <i>Rheumatobates</i> | 68 | 2.94 | |
| | Gerriadae | <i>Trepobates</i> | 61 | 2.64 | |
| | | <i>Rheumatobates</i> | 68 | 2.94 | |
| | Hemiptera | Hebridae | <i>Hebrus</i> | 62 | 2.69 |
| | | Helotrephidae | <i>Neotrepes</i> | 55 | 2.38 |
| | | Hydrometridae | <i>Hydrometra</i> | 59 | 2.56 |
| | | Noteridae | <i>Hydrocantus</i> | 63 | 2.73 |
| | | Notonectidae | <i>Buenoa</i> | 141 | 6.11 |
| | | | <i>Steniovelia</i> | 65 | 2.82 |
| | | Velidae | <i>Microvelia</i> | 68 | 2.94 |
| <i>Microvelia</i> | | | 68 | 2.94 | |
| Odonata | Calopterygidae | <i>Hetaerina</i> | 83 | 3.59 | |
| | Gomphidae | <i>Progomphus</i> | 114 | 4.94 | |
| TOTAL | | | 2309 | 100 | |

Tabla 3. Descripción morfológica del ciclo de vida de *Dendrocephalus affinis* en condiciones de laboratorio, de quiste hasta pre-adulto. Machos (M) y no determinados (ND). Lt: longitud total.

| Estado de desarrollo | Horas de desarrollo/hidratación | Sexo | Lt (mm) | Descripción morfológica |
|----------------------|---------------------------------|------|---------|--|
| Quiste | 6 | ND | | Forma poliédrica, con una cubierta externa gruesa, color salmón. Diámetro promedio: 197±16 µm. |
| Nauplio | 24 | ND | 0.4 | Se distingue la cabeza y el tronco, presenta ojo naupliar central, se observa un par de antenas cefálicas. |
| Nauplio | 48 | ND | 0.5 | Inicia la desaparición del ojo naupliar. |
| Metanauplio | 72 | ND | 1.7 | Ojos compuestos definidos, se observan las maxilas. |
| Metanauplio | 96 | ND | 2.4 | Se observan los segmentos torácicos bien definidos. |
| Metanauplio | 120 | ND | 4.9 | Se empiezan a diferenciar estructuras en las hembras (antenas bien formadas). |
| Juvenil | 144 | M | 7.3 | Inicia la diferenciación sexual: se observa en las hembras la formación del saco ovigero. |
| Juvenil | 168 | M | 8.0 | Se distinguen los apéndices sexuales en los primeros segmentos del abdomen. |
| Juvenil | 192 | M | 9.5 | Se observan hembras ovadas y machos con antenas desarrolladas. |
| Pre-adulto | 7200 | M | 10.5 | Dimorfismo sexual definido en tamaño y órganos reproductores. |

suelo en términos de la granulometría y la composición mineral son característicos de este tipo de ecosistemas (Sancho & Lacomba 2010, Almonacid & Molinero 2012), dicha composición podría favorecer el afloramiento de aguas subterráneas que alimenten el sistema. Los valores de metales pesados observados en el estudio se encuentran dentro de los rangos óptimos según la OIEA, lo cual también concuerda con estudios donde se evaluaron las concentraciones de estos metales en la naturaleza y algunos ecosistemas (López 2014), por tanto se puede considerar que tienen origen geogénicos, y en menor proporción antropogénicos producto de las actividades agropecuarias que se desarrollan cerca a la charca.

Los macroinvertebrados que estuvieron presentes en la charca temporal brindan una aproximación sobre la estructura de la comunidad que coexisten con *D. affinis* en los periodos en que el sistema tiene agua (Begon et al. 2006, Morin 2011). Dentro de los taxones que habitan la charca, los odonatos, los hemípteros y los coleópteros pueden ser considerados como los principales depredadores de estos ambientes y controladores de las poblaciones de *D. affinis* y demás organismos presentes en sistema durante las lluvias. Estos resultados coinciden con los estudio de García (1997) en Venezuela y por Sancho y Lacomba (2012) en España, quienes encontraron que los Hemiptera, los Coleoptera, los Odonata y los Diptera son los grupos dominantes en charcas estacionales de Venezuela donde habita *Dendrocephalus geayi* Daday 1908. La presencia de los órdenes Basomatophora y Ephemeroptera, podrían estar relacionadas con los pulsos de inundación del río Tapias, que en época de lluvias fuertes puede inundar sectores de la parte baja del río.

La duración del levante de *D. affinis* en laboratorio fue similar al registrado en *D. geayi* (Mai et al. 2008, Rabet & Thiéry 1998) en estanques de tierra en pesquerías de Talarico (São Paulo) que estuvo entre los ocho y los 30 días. Sin embargo, en estudios realizados en estanques para esta misma especie, el ciclo duró entre 70 y 80 días (Freita et al. 2017). Los porcentajes de supervivencia en hembras en este estudio fueron casi el doble de los registrados por Brito et al. (2011) en ensayos de cría de *D. spartaenova* Margalef 1961, con supervivencia del 30% al final del ensayo. No obstante, la supervivencia de los machos en nuestro caso fue mucho menor que el *D. spartaenova*. El tiempo de ovación de las hembras *D. spartaenova* fue similar a los registrados en charcas estacionales del estado de Guárico en Venezuela (Brito 2007). Aunque este mismo autor observó hembras maduras entre nueve y 12 días en *D. spartaenova*, en ensayos con diferentes densidades poblacionales.

La variación temporal de las poblaciones naturales de *D. affinis* esta relacionada con el pulso de las lluvias, toda vez que durante los periodos de bajas precipitaciones se ha registrado menor tasa de eclosión (Cohen 2006). Los resultados de este trabajo sugieren que la baja proporción de eclosión de quistes observadas en los meses de junio y julio de 2011 y 2012, podría deberse a una estrategia de reproducción relacionada con el periodo de lluvias que no son suficientemente prolongadas para

garantizar la supervivencia y la permanencia de la población (Cohen 2006). Esto es coherente con lo expuesto por (Silva 2016) quien afirma que algunas poblaciones de anostracoas de agua dulce que viven en cuerpos de aguas temporales pasan por periodos de sequía y deshidratación, de igual manera Stross (1987) encontró que la eclosion de quistes debe pasar por un estado de refractancia previo a la eclosion, es decir los quistes requieren de un tiempo en inercia en el cuerpo de agua antes de pasar por la deshidratación (día-pausa).

El corto ciclo de vida y la alta tasa de supervivencia son atributos ecológicos que generan pautas para realizar otros trabajos dirigidos estudiar aspectos nutricionales, para valorar de manera integral su potencial como alimento vivo de uso en la acuicultura; toda vez, que el principal anacostraco utilizado en esta actividad es *Artemia* sp. Además, su ciclo de vida y su abundancia en los ambientes naturales, los convierte en organismos atractivos como bioindicadores de la calidad ambiental de las charcas estacionales, así como en experimentos de bioacumulación de metales pesados u otro tipo de sustancias químicas.

Literatura citada

- Almonacid I. & A. Molinero. 2012. Limnología de las aguas temporales. Revista de Divulgación en Ciencias Naturales 1(1) 3-17.
- Alonso M. 1996. Crustacea, Branchiopoda. En M.A. Ramos, J. Alba, X. Bellés, J. Gonsálbes, A. Guerra, E. Macpherson, ... J. Templado (eds), Fauna Ibérica, Madrid, España: Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC. Vol. 7, pp. 1-486.
- APHA (American Public Health Association). 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington DC, EE.UU.: American Public Health Asso.
- Barros-Alves S., D. Alves, Jr. Bolla, et al. 2016. Morphological review of the freshwater fairy shrimp *Dendrocephalus brasiliensis* Pesta, 1921 (Anostraca: Thamnocephalidae). Nauplius 24. doi: <https://doi.org/10.1590/2358-2936e2016008>
- Begon M., C.R. Townsend & J.L. Harper. 2006. Ecology from individuals to ecosystems. 4th Edition. Oxford, Inglaterra: Blackwell Publishing. 750pp
- Bengtson D.A., P. Léger & P. Sorgeloos. 1991. Use of *Artemia* as a food source for aquaculture, in R.A. Browne, P. Sorgeloos & C.N.A. Trotman (Eds). *Artemia Biology*, CRC Press, Florida, pp 256-285.
- Brito D. 2007. Evaluación de aspectos productivos y reproductivos de *Dendrocephalus spartaenova* (crustacea: Anostraca: Thamnocephalidae) en cultivo de laboratorio. Tesis doctoral. Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Brito D., R. Brito & G. Pereira. 2011. Supervivencia de *Dendrocephalus spartaenovae* (Crustacea: Anostraca: Thamnocephalidae) alimentado con un cultivo mixto de microalgas. Zootecnia Tropical 29(1): 61-68.
- Calviño P.A. & R. Petraccini. 2004. *Artemia* de agua dulce, mito o realidad?. BIBKA Suplemento, (2). Edición especial.
- Chaves T.P., S. Lacau & N. Rabet. 2011. Illustrated key to the Brazilian *Dendrocephalus* (Crustacea: Anostraca: Thamnocephalidae). Nauplius 19(1): 1-5. doi: <https://doi.org/10.1590/S0104-64972011000100001>

- Cohen R.G. 2006. Los Anostracos, ejemplo de una estrategia de supervivencia. *Revista Digital Universitaria* 7(11): 2-10.
- Cohen R.G., D. Serna-Macías & P. Eslava-Eljaiek. 2014. Redescription of *Dendrocephalus affinis* (Anostraca, Thamnocephalidae): first record of the species from Colombia and additional morphological observations useful in taxonomy. *Journal of Crustacean Biology* 34(1): 82-89. doi: <https://doi.org/10.1163/1937240X-00002205>.
- Domínguez E. & H.R. Fernández. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. *Sistemática y biología*. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo. 282pp.
- EPA -Environmental Protection Authority-. 1996. Environmental guidelines: solid waste landfills. Nueva Gales del Sur, Australia: Environmental Protection Authority (EPA). 91pp.
- Eslava-Eljaiek P., E. Wedler. & D. Serna-Macías 2011. Caracterización y criterios de eclosión de quistes de *Artemia* sp. en la salina de Pozos Colorados Santa Marta, Colombia. *Intropica*. 2(6):101-108.
- Freita F.R., I. C. Lucena, D.R. Alencar et al. 2017. Occurrence of *Dendrocephalus brasiliensis* Pesta, 1921 (Crustacea, Anostraca) in the Caras river, southern Ceara, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 89(2): 1047-1049. doi: 10.1590/0001-3765201720160481.
- García, J. 1997. Aspectos del cultivo y producción de biomasa en la especie *Dendrocephalus geayi* (Anostraca, Thamnocephalidae). Tesis de Maestría. Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. 129pp.
- García-de-Lomas J., J. Sala C.M. García & M. Alonso. 2015. Orden Anostraca. *Revista IDE@-SEA*, 68:1-11.
- Halffter G. & E. Ezcurra. 1992. La diversidad biológica de Iberoamérica. México: Acta Zoológica Mexicana. 204pp.
- López J. 2014. Estudio geoquímico de elementos traza en suelos de la Región de Murcia y detección de anomalías/contaminación. Tesis doctoral. Universidad de Murcia, España.
- Lopretto E. 1995. Ecosistema de aguas continentales: Metodologías para su estudio. Tomo 2. La Plata, Argentina: Ediciones Sur. 1401pp.
- Mai M.G. T. Silva V. Almeida & R. Serafin. 2008. First record of the invasion of *Dendrocephalus brasiliensis* Pesta, 1921 (Crustacea: Anostraca: Thamnocephalidae) in Sao Paulo, Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Science* 3(3): 269-274.
- Marín G. 2009. Manual de química del agua teoría y práctica. Santa Marta, Colombia, Editorial Unimagdalena. 220pp.
- Merritt R.M., K.W. Cummins & M.B. Berg. 2008. An introduction to the aquatic invertebrates of North America. Dubuque, EE. UU.: Kendall Hunt Publishing. 861pp.
- Moreno C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza, España: MT Manuales y Tesis Sociedad Entomológica aragonesa (SEA). 82pp.
- Morin P.J. 2011. Competition: mechanisms, models, and niches. In: *Community Ecology*. John Wiley & Sons, Ltd. p. 24-57. doi: <https://doi.org/10.1002 / 9781444341966.ch2>
- Orjuela-Rojas A.M., C.A. Villamil & A. Sanjuan-Muñoz. 2011. Cobertura y estructura de los bosques de mangle en la baja Guajira, Caribe Colombiano. *Boletín de investigaciones marinas y costeras* 40(2): 381-399. doi: 10.25268/bimc.invemar.2011.40.2.117.
- Pérez-Bote J.L., A. Muñoz E. Méndez et al. 2005. Grandes branquiópodos: importancia ecológica y conservación. *Revista Ecosistemas* 14(2): 168-176. doi <https://doi.org/10.7818/re.2014.14-2.00>
- Posada-García J. & G. Roldán-Pérez. 2003. Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el nor-occidente de Colombia. *Caldasia* 25(1): 169-192.
- Rabet N. & A. Thiéry. 1998. Branchiopoda. Anostraca and Spinicaudata, in: P. Young (ed.), *Catalogue of Crustacea of Brazil*, Rio de Janeiro: Museu Nacional. pp. 3-10
- Rogers D.C. 2013. Anostraca Catalogus (Crustacea: Branchiopoda). *The Raffles Bulletin of Zoology* 61(2): 525-546.
- Sancho V. & I. Lacomba. 2012. Conservación y Restauración de Puntos de Agua para la Biodiversidad. Valencia, España: Fundación de la Comunidad Valenciana para el Medio Ambiente. 165pp.
- Silva R.A. 2016. Cultivo de *Dendrocephalus brasiliensis* (Pesta, 1921) visando à aplicação em aquicultura. Tesis doctoral. Universidade Federal de São Carlos, Brasil. <http://lattes.cnpq.br/8019751585385627>.
- Stross R.G. 1987. Photoperiodism and phased growth in *Daphnia* populations: Coactions in perspective. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 45: 413-437.
- Wedler E. 1998. Introducción en la Acuicultura: con énfasis en los neotrópicos. Santa Marta, Colombia: CORPAMAG, Pro-Ciénaga-GTZ : Universidad del Magdalena : Granja Piscícola "La Katia" ; Barranquilla, Colombia : Universidad del Atlántico.
- Williams D. 2006. The biology of temporary waters. New York, EE.UU.:Oxford University Press. 348pp.

Anexo 1. Variables ambientales documentadas durante los 16 muestreos realizados.

| Año | Mes | Nitrito | Nitrato | Amonio | Fosfatos | Temperatura | PH | Conductividad | Oxígeno | Turbiedad |
|------|------------|---------|---------|--------|----------|-------------|------|---------------|---------|-----------|
| 2010 | Mayo | 0.3 | 0.40 | 0.20 | 3.08 | 28.1 | 7.80 | 150.00 | 6.80 | 300.00 |
| | Junio | 0.18 | 0.39 | 0.14 | 0.06 | 27.30 | 7.00 | 85.20 | 4.50 | 132.00 |
| | Julio | 0.18 | 0.20 | 0.13 | 0.02 | 28.00 | 6.80 | 64.00 | 4.30 | 130.00 |
| | Agosto | 1.78 | 3.40 | 0.40 | 2.44 | 28.00 | 7.63 | 147.00 | 5.30 | 280.00 |
| | Septiembre | 0.90 | 1.00 | 0.34 | 1.43 | 27.00 | 7.63 | 97.00 | 6.50 | 180.00 |
| | Octubre | 0,05 | 0.15 | 0.07 | 3.33 | 28.73 | 6.47 | 150.00 | 5.20 | 180.00 |
| | Noviembre | 0.04 | 0.12 | 0.08 | 2.41 | 28.27 | 7.60 | 97.00 | 6.10 | 177.00 |
| | Diciembre | 0.01 | 0.10 | 1.08 | 1.10 | 27.00 | 6.00 | 45.00 | 5.00 | 100.00 |
| 2011 | Mayo | 0.21 | 0.30 | 0.14 | 1.40 | 32.60 | 8.43 | 120.00 | 5.20 | 360.00 |
| | Junio | 0.33 | 1.17 | 2.27 | 0.35 | 29.43 | 7.64 | 102.00 | 4.10 | 321.00 |
| | Julio | 0.50 | 1.69 | 0.76 | 0.32 | 29.00 | 7.60 | 97.00 | 4.10 | 317.00 |
| | Agosto | 0.53 | 6.04 | 4.02 | 2.85 | 31.80 | 7.70 | 50.00 | 5.30 | 316.00 |
| | Septiembre | 0.81 | 1.25 | 1.23 | 2.47 | 28.00 | 7.77 | 45.00 | 6.30 | 380.00 |
| 2012 | Abril | 0.15 | 0.45 | 0.29 | 4.00 | 27.80 | 7.32 | 150.00 | 7.00 | 321.00 |
| | Mayo | 0.17 | 0.24 | 0.32 | 0.11 | 28.00 | 6.83 | 138.00 | 4.10 | 241.00 |
| | Junio | 0.18 | 0.31 | 0.50 | 0.21 | 27.9 | 7.41 | 80.00 | 3.80 | 120.00 |

Agradecimientos:

Al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación –COLCIENCIAS- por cofinanciar el proyecto “Evaluación del potencial de cultivo de *Dendrocephalus* sp. (Crustacea: Tamnocephalidae) con fines de producción como alimento vivo en el Caribe colombiano”. A Juan Fuentes Reines, por sus aportes al manuscrito. A Alex Baez y al Instituto de investigaciones marinas y costeras INVEMAR por el apoyo en los análisis de metales pesados y granulometría. Al grupo DAABON (Finca Santa Teresa), por todos los aportes realizados a esta investigación. Isaac Romero por el apoyo en los análisis de nutrientes. A Eberhard Wedler, por los aportes al documento y a Wensy Vergara y Vianis Agudelo por el apoyo en las salidas de campo.

Información sobre los autores:

DJSM y PEE: Diseñaron el experimento, toma de muestras en campo y escritura del manuscrito, CETT: Realizó los análisis estadísticos y demás datos, apoyó en la organización y escritura del manuscrito.

Conflicto de intereses:

Los autores no incurren en conflictos de intereses.

Fuentes de financiamiento:

Departamento Administrativo de Ciencias, Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS) y por la Universidad del Magdalena.

Aspectos éticos / legales:

El material biológico y el proceso de investigación no requirieron permisos específicos.