



Primer reporte de *Ramphocorixa rotundocephala* como epibionte de cangrejo rojo de río (*Procambarus clarkii*) en Colombia

Isabella González-Gamboa^{1,*} , Yesid de los Ángeles González-Ruiz^{1,2} , Yimy Herrera-Martínez¹

(1) Grupo de investigación Manejo Integrado de Ecosistemas y Biodiversidad – XIUÁ. Escuela de Biología. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Avenida Central del Norte 39-115, C.P. 150003. Tunja, Boyacá, Colombia.

(2) Maestría en desarrollo rural, Facultad de ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Avenida Central del Norte n° 39-115, C.P. 150003. Tunja, Boyacá, Colombia.

*Autora de correspondencia: I. González [isabella.gonzalez@uptc.edu.co]

> Recibido el 26 de julio de 2021 - Aceptado el 25 de abril de 2022

Como citar: González-Gamboa, I., González-Ruiz, Y. de los Á., Herrera-Martínez, Y. 2022. Primer reporte de *Ramphocorixa rotundocephala* como epibionte de cangrejo rojo de río (*Procambarus clarkii*) en Colombia. *Ecosistemas* 31(2): 2280. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2280>

Primer reporte de *Ramphocorixa rotundocephala* como epibionte de cangrejo rojo de río (*Procambarus clarkii*) en Colombia

Resumen: El objetivo de este estudio fue describir un epibionte cuyos huevos se encontraron en el cangrejo rojo de río (*Procambarus clarkii*), la densidad de huevos y las características fisicoquímicas del cuerpo de agua donde fue encontrado. Para ello, se capturaron individuos de *P. clarkii* en el lago Güitoke (Colombia), se tomaron medidas biométricas, contándose los organismos epibiontes adheridos al caparazón. Además, se tomaron muestras de bentos para hacer determinaciones taxonómicas de los individuos adultos de los hemipteros presentes en el lago. Como resultado, se encontró que la especie epibionte era *Ramphocorixa rotundocephala* de la familia Corixidae. En promedio, los corixidos depositaron 1007 huevos dispersos por el cuerpo del cangrejo rojo de río. El cefalotórax tuvo el mayor número de organismos adheridos, aproximadamente el 70.5% del total, mientras que el resto se distribuía en el abdomen, el telson y los urópodos. Los individuos de menos de 3 cm de longitud no tenían epibiontes. Este es el primer reporte no sólo de la presencia de hemipteros epibiontes, sobre *P. clarkii* en Colombia y, al parecer, en Suramérica; sino también, de *R. rotundocephala* como epibionte de *P. clarkii*. Esto demuestra que el género *Ramphocorixa* es capaz de ovipositar sobre la cutícula del cangrejo rojo de río. La investigación sugiere que *R. rotundocephala* podría ampliar su área de distribución en Colombia utilizando el cangrejo de río rojo como vehículo de dispersión.

Palabras clave: Colombia; Hemiptera; lago; Neotrópico; Suramérica

First report of *Ramphocorixa rotundocephala* as a Red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) epibiont in Colombia

Abstract: The aim of this study was to describe an epibiont whose eggs were found on red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*), the egg density and the physicochemical characteristics of the water body where it was found. For this, individuals of *P. clarkii* were captured in Lake Güitoke (Colombia), biometric measurements were taken, the number of epibionts adhered to the carapace were counted. In addition, samples of bentos were taken to the taxonomic determinations of the adults of the hemipterans present in the lake. As a result, the epibiont species was found to be *Ramphocorixa rotundocephala* of the Corixidae family. On average, the corixids deposited 1007 eggs scattered throughout the body of the red swamp crayfish. The cephalothorax had the highest number of adherent organisms, approximately 70.5% of the total, while the rest was distributed in the abdomen, the telson and the uropods. Crayfish less than 3 cm in length did not have epibionts. This is the first report not only of the presence of epibiont hemipterans on *P. clarkii* in Colombia and, apparently, in South America; but also, of *R. rotundocephala* as an epibiont of *P. clarkii*. This shows that the genus *Ramphocorixa* is capable of ovipositing on the cuticle of the red crayfish. Research suggests that *R. rotundocephala* could expand its range in Colombia using the red crayfish as a dispersal vehicle.

Keywords: Colombia; Hemiptera; lake; Neotropics; South America

Introducción

La introducción de especies exóticas es una amenaza común en todo el mundo. Varios de los organismos que son introducidos en nuevos ecosistemas se adaptan y establecen de manera satisfactoria (Herrera-Martínez et al. 2017). Dentro de los impactos más comunes en ecosistemas acuáticos a causa de la introducción de especies exóticas se encuentran, el declive y/o la extinción de especies autóctonas, deterioro del hábitat, transformación de la estructura y la composición de las comunidades, y aumento en los costos de potabilización del recurso hídrico (UNEP 1994).

Uno de los mayores problemas de la introducción de especies exóticas son las asociaciones con otros organismos. Por ejemplo, los mamíferos originarios de Australia y Europa, influyeron en la co-invasión de especies de pinos de Norte América y hongos en Nueva Zelanda (Wood et al. 2015). En invertebrados como el cangrejo rojo de río (*Procambarus clarkii*), se ha reportado la co-invasión con anélidos branquiobdelidos, el ostrácodo *Ankylocythere sinuosa* y con el hongo *Aphanomyces astaci*, los cuales favorecidos por estas relaciones se han distribuido con éxito a otros países (Vedia et al. 2015; Mestre et al. 2016; Putra et al. 2018). Gracias a esta asociación, se pueden introducir parásitos y enfermedades fo-

ráneas en las áreas invadidas como, por ejemplo, el virus del síndrome de la mancha blanca (WSSV) transportado a Corea por el cangrejo de río rojo (*P. clarkii*); e incrementar el área de distribución de las ya existentes, como el aumento de la diseminación del hongo *Trichosporon jirovecii* en el río Nilo (Abdallah et al. 2018; Lee et al. 2021).

El cangrejo rojo americano *P. clarkii* (Girard, 1852), es un crustáceo decápodo de la familia Cambaridae, nativo del sur oeste de Estados Unidos y norte de México (Oficialdegui et al. 2019). Esta es una especie acuática exótica de amplia distribución, que se encuentra en todos los continentes, excepto en Australia y la Antártida (Loureiro et al. 2015; Oficialdegui et al. 2020). En Colombia, este cangrejo fue introducido en la década de los ochentas para fines de acuicultura (Álvarez-León y Gutiérrez-Bonilla 2007), siendo algunos individuos posteriormente liberados accidentalmente al medio natural. En la actualidad está distribuido en diferentes zonas del país, desde 1050 hasta 2350 msnm (Campos 2005; Flórez-Brand y Espinosa-Beltrán 2011; Arias-Pineda y Rodríguez 2012; Arias-Pineda y Pedroza-Martínez 2018; Pimiento-Ortega et al. 2021).

El cangrejo rojo es hospedador de una amplia variedad de comensales, parásitos y patógenos, como virus, bacterias, hongos, anélidos y artrópodos (Meyer 1965; Diéguez-Urbeondo y Söderhäll 1993; Longshaw y Stebbing 2016). Varios de estos huéspedes tienen la capacidad de adaptarse a nuevos hábitats, especialmente en las zonas tropicales tales como Kenia y Ecuador, donde no existen estaciones climáticas (Lowery y Mendes 1977; Riascos et al. 2018).

Uno de los huéspedes del cangrejo rojo son las especies del hemíptero del género *Ramphocorixa* sp. Este género es nativo de Norte América y de las Antillas, y ha sido reportado en Cuba, México, Costa Rica, Puerto Rico, Aruba, Bonaire y Venezuela (Hungerford 1948; Nieser 1969), siendo recientemente reportado en Colombia (Pimiento-Ortega et al. 2021). En el caso de la especie *Ramphocorixa acuminata* oviposita exclusivamente sobre la cutícula del cangrejo de río, en ambientes acuáticos con una temperatura entre 20-25°C (Abbott 1912; Hungerford 1927; Kadlec et al. 2010). La temperatura adecuada junto con otras variables fisicoquímicas, pueden afectar el éxito de reproducción, oviposición y eclosión de esta especie; sin embargo, la relación entre el huésped, el hospedador y su ambiente aún no están claras.

Por tanto, el objetivo de este estudio fue identificar y describir la especie epibionte asociada a *P. clarkii*, su densidad y las características fisicoquímicas del cuerpo de agua donde fue encontrado, en Colombia, ya que estas variables pueden determinar el éxito de su oviposición en el hospedador.

Materiales y métodos

Recolecta en campo

Individuos de *P. clarkii* fueron recolectados usando caña de pescar con cebo y plomada, en el lago Güitoke, municipio de Gachantivá, Boyacá - Colombia (05°42'01.4'' N, 73°32'18.5'' W) en una campaña de muestreo en diciembre de 2019 (Fig. 1). Los cangrejos recolectados presentaron huevos de un epibionte sobre su exoesqueleto, por ello, se tomaron muestras de bentos con técnica de dipping con el fin de capturar individuos adultos de los epibiontes. El "dipping" consistió en realizar pasadas con movimientos pendulares dentro del cuerpo de agua, empleando una red de mano de 250 µm, en un transecto de 1 m, por un periodo de 1 minuto (Alba-Tercedor et al. 2005). Simultáneamente, se midieron las siguientes variables físico-químicas en el agua: profundidad máxima con sonda Hondex, temperatura y pH con pHmetro WTW 3210, conductividad con Conductivímetro WTW 3110, transparencia con disco Secchi y saturación de oxígeno con Oxímetro YSI 55. Los individuos de *P. clarkii* fueron transportados en hielo y llevados al laboratorio del grupo de investigación Manejo Integrado de Ecosistemas y Biodiversidad - XIUÁ, para ser sacrificados por des-

censo de actividad metabólica almacenándolos a -20°C en un congelador. El comité de ética de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia brindó su aprobación para el desarrollo de esta investigación.

Fase de laboratorio

En el laboratorio, se midió el largo del abdomen y el ancho y el largo del cefalotórax. La longitud total se midió desde la punta del rostrum hasta el final del telson. El conteo de los huevos adheridos a *P. clarkii* se realizó empleando fotografías del abdomen y del cefalotórax (Vistas laterales y dorsal). Las imágenes se tomaron con una cámara HD integrada a un estereoscopio ZEISS stemi 305, usando la aplicación Labscope. La densidad de huevos del cangrejo rojo se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{Density (eggs} \cdot \text{cm}^{-2}) = \frac{h \cdot 1}{A}$$

donde *h* es el número de huevos de hemíptero y *A* es el área de cada una de las partes analizadas del cangrejo (abdomen y cefalotórax). Posteriormente se realizaron correlaciones por medio de modelos lineales, para hallar la relación entre la densidad de los huevos y tamaño de los cangrejos. Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk y al comprobar que los datos no se ajustaban a una distribución normal, se aplicó la prueba de Mann-Whitney (Mann y Whitney 1947) para establecer si había diferencias significativas de la densidad de huevos entre el cefalotórax y el abdomen.

La identificación del epibionte se realizó aislando los adultos de Corixidae de las muestras de bentos para su caracterización morfológica. Adicionalmente, se llevó al laboratorio un individuo de *P. clarkii* con presencia de huevos en su caparazón, el cual fue dispuesto en un acuario de 21x15x12cm, a una temperatura de 22°C, con difusor de aire y agua limpia de clorada. Luego, los organismos que eclosionaron de los huevos adheridos, se compararon con las especies de corixidos presentes en las muestras de bentos. La identificación de los adultos y los huevos de hemípteros por medio de características morfológicas, se realizó empleando los trabajos de Hungerford (1927), Hungerford (1948), y Nieser (1969) y se confirmó su presencia con el trabajo de Pimiento-Ortega et al. (2021).

Resultados

En total se capturaron 21 individuos de *P. clarkii*, de los cuales 20 presentaron huevos de epibiontes (Fig. 2). Basado en la identificación de los individuos adultos de las especies de corixidos presentes en la zona de estudio, la morfología de los huevos encontrados y los organismos que eclosionaron de ellos, el epibionte encontrado corresponde al hemíptero *Ramphocorixa rotundocephala*. La cantidad total de huevos de hemíptero sobre la cutícula del cangrejo osciló en un rango entre 1 y 4422 por cangrejo.

La densidad total de huevos promedio por cangrejo fue 22.2±17.1 h*cm⁻². El test de Mann-Whitney indicó que existe diferencias significativas en la densidad de huevos entre el cefalotórax y el abdomen (*z*= 3.2, *p*= 0.01) con 32.3±23.7 y 12.1±17.9 h*cm⁻², respectivamente (Fig. 3).

El cangrejo más grande recolectado (11.4 cm de longitud total) albergó 3443 huevos de corixido (Fig. 4), mientras que el más pequeño (2.4 cm de longitud total) no tenía huevos adheridos. La densidad de los huevos no está relacionada con el tamaño del cangrejo (*R*²= 0.08, *p*= 0.196) (Fig. 5).

El lago donde fue encontrado *R. rotundocephala* sobre *P. clarkii*, es somero (1.6 m profundidad máxima) con poca transparencia (0.29 m), saturación de oxígeno de 71.4%, temperatura de 22.2°C, pH de 7.8 y conductividad de 61.8 µS/cm. Este cuerpo de agua cuenta con un área de 0.25 Ha y la vegetación riparia está compuesta por macrofitas enraizadas como *Juncus* sp., *Cyperus* sp., *Eliocharis* sp. y *Hydrocotyle* sp. Los usos principales del lago son el riego de cultivos circundantes y uso doméstico.

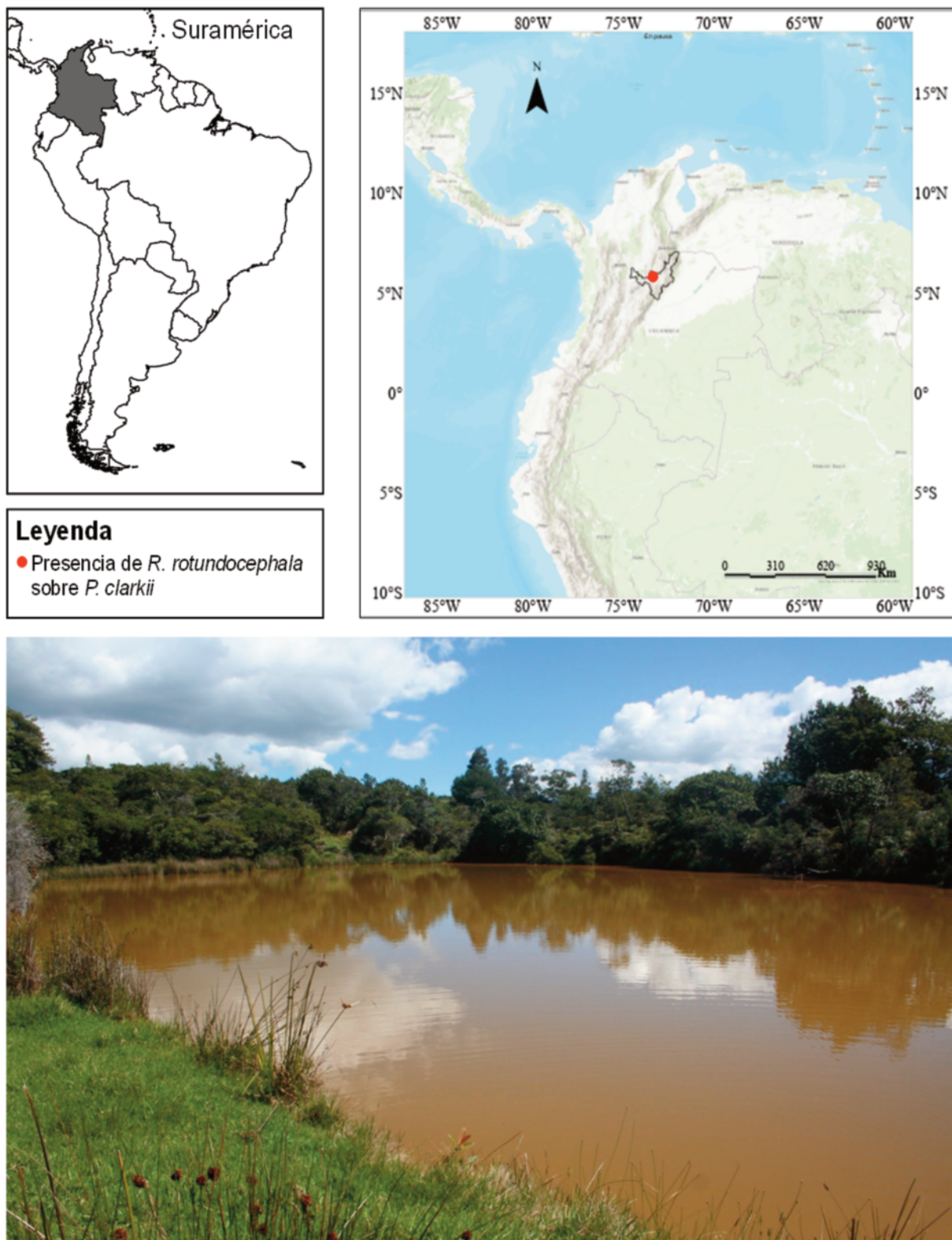


Figura 1. Mapa que muestra el registro de *R. rotundocephala* en el cangrejo rojo de río y fotografía del lago de estudio.
Figure 1. Map showing the record of *R. rotundocephala* on Red Swamp Crayfish and photography of the study lake.

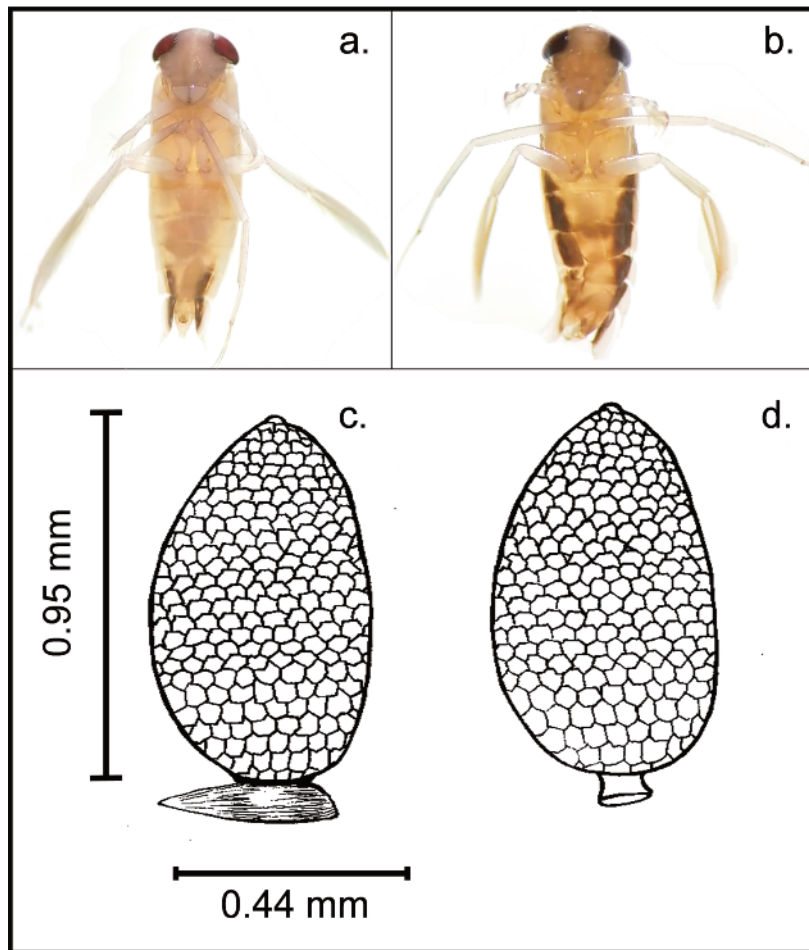


Figura 2. *R. rotundocephala* y la representación de su huevo ovipositado en el caparazón del cangrejo rojo de río. a, hembra adulta. b, macho adulto. c, dibujo de un huevo con cutícula de cangrejo rojo de río en la parte basal. d, dibujo de un huevo con estructura de fijación de cangrejo rojo de río en la parte basal.

Figure 2. *R. rotundocephala* and the representation of its egg oviposited on Red Swamp Crayfish carapace. a, adult female. b, adult male. c, egg with crayfish cuticle at basal part. d, egg with crayfish attachment structure at basal part.

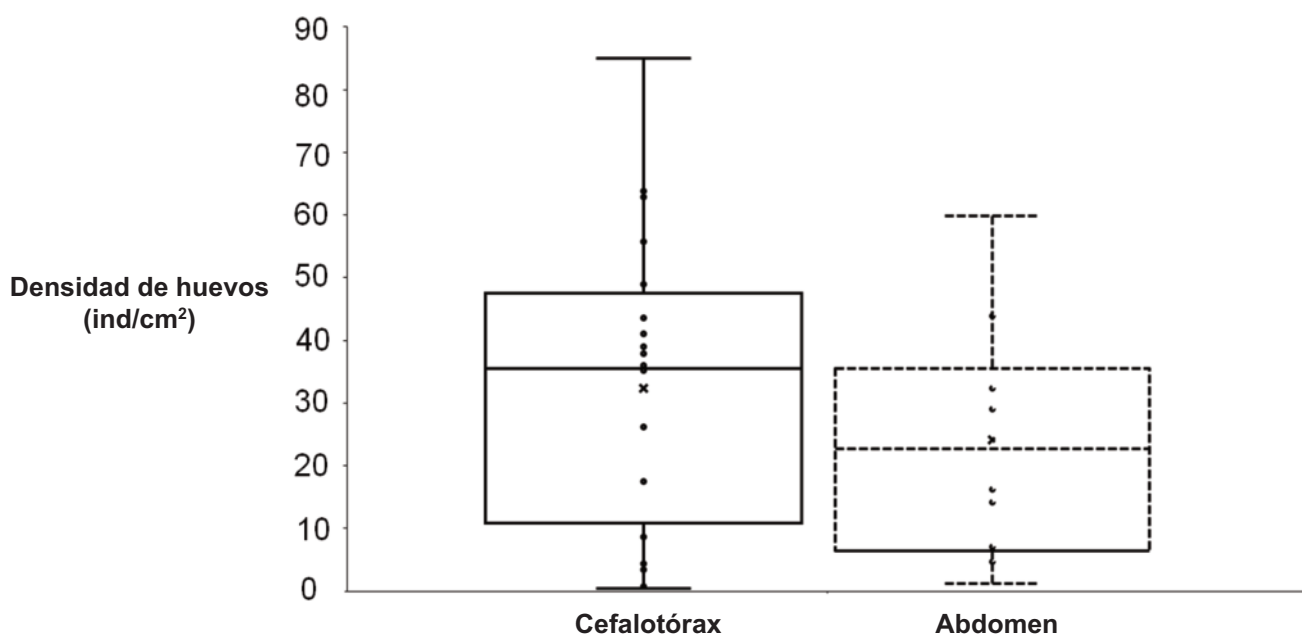


Figura 3. Densidad de huevos del epibionte *R. rotundocephala* en el cefalotórax y el abdomen del cangrejo rojo de río.

Figure 3. Egg density of the epibiont *R. rotundocephala* found on the cephalothorax and abdomen of red swamp crayfish.



Figura 4. Vista superior del cefalotórax de un cangrejo rojo de río con presencia de huevos de *R. rotundocephala*.

Figure 4. Top view of red swamp crayfish cephalothorax with presence of *R. rotundocephala* eggs.

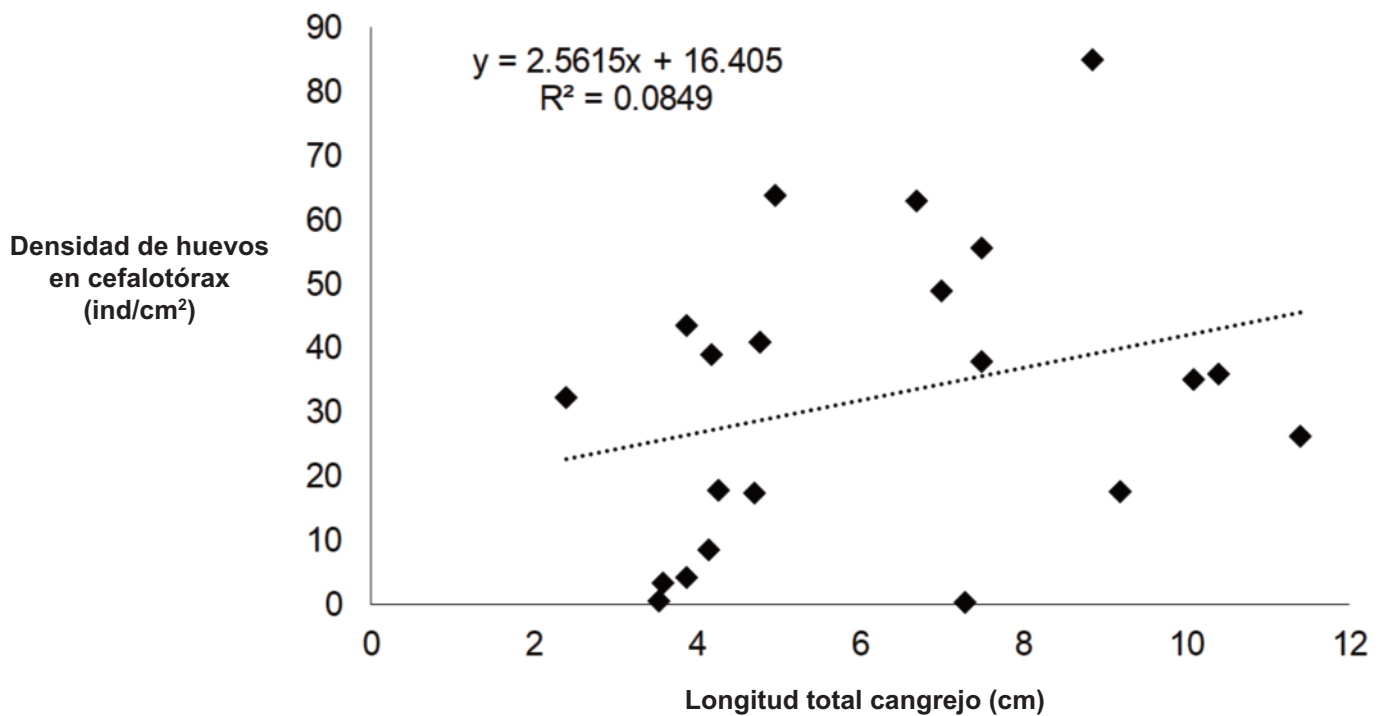


Figura 5. Densidad de huevos de *R. rotundocephala* en el cefalotórax del cangrejo rojo de río. Relación entre la longitud total del cangrejo y la densidad de huevos en el cefalotórax por 1 cm².

Figure 5. Egg density of *R. rotundocephala* on red swamp crayfish cephalothorax. Relationship between the total length of the crayfish and the density of eggs in the cephalothorax per 1 cm².

Discusión

Este documento es el primer registro de la ovoposición de la especie *R. rotundocephala* sobre el exoesqueleto de *P. clarkii*. Con estos resultados, se amplía el conocimiento de esta conducta a un hábito de todo el género *Ramphocorixa*. Esto refuta la afirmación de Abbot (1912) y Hungerford (1948), donde describen que *R. acuminata* era el único de la familia Corixidae que deposita sus huevos sobre el exoesqueleto del cangrejo rojo de río.

Se ha observado que otros hemípteros buscan depositar sus huevos sobre organismos que favorecen el éxito de su descendencia. Por ejemplo, en la familia Belostomatidae las hembras ubican sus huevos sobre los machos (Ohba et al. 2018). También se ha identificado la localización de los huevos de Corixidae sobre organismos como tortugas (*Mauremys leprosa* y *Emys orbicularis*) y otros cangrejos de río (*Faxonius immunis*) (Díaz-Paniagua et al. 2019). Sin embargo, para el caso de las tortugas, la ovoposición sobre el caparazón, estuvo condicionada por la falta de lugares para depositar sus huevos durante la época de sequía (Díaz-Paniagua et al. 2019).

A partir de nuestros resultados y de la literatura, creemos que las especies de hemípteros epibiontes estudiadas *R. rotundocephala* y *R. acuminata* (Hungerford 1948), colonizan hospedadores vivos con estructuras rígidas y quitinizadas. Sin embargo, si no hay hospedadores y existen sustratos inertes, elegirán elementos rígidos como troncos, tablas y latas en el agua (Hungerford 1917). Estas estructuras o sustratos pueden brindar un mayor soporte y fijación de los discos de adhesión de los huevos (parte basal) y, por tanto, asegurar el éxito de eclosión de los mismos.

El cefalotórax fue la parte del cangrejo con mayor densidad de huevos de corixido. Esto puede ser debido a que, esta parte presenta menor movilidad, comparado con patas, abdomen, telson y urópodos; estructuras que, al ser móviles, dificultan la puesta de los huevos y/o, si estos logran ser depositados, se pueden desprender con los movimientos del animal. La puesta de huevos de invertebrados sobre las estructuras menos móviles de otras especies también ha sido reportada sobre langostas marinas y tortugas (Tsudy y Feldmann 1988; Díaz-Paniagua et al. 2019).

No se encontró relación entre la densidad de huevos depositados por *R. rotundocephala* y el estado de desarrollo de los cangrejos rojos. No es claro si la deposición de huevos por *R. rotundocephala* sobre cangrejos es indiscriminada en individuos de todas las edades y tampoco, de qué manera, la muda del cangrejo rojo influye sobre la densidad. Por ello, se cree que la ausencia de huevos del hemíptero en los individuos más pequeños se debe probablemente a una mayor frecuencia de muda (entre 3 y 6 veces al mes), en comparación con individuos adultos (dos a tres veces al año) (Huner y Barr 1991); lo que permite posiblemente a juveniles, liberarse con más facilidad de la puesta huevos en su exoesqueleto.

Otra posible razón por la cual se encontró huevos de hemíptero en la mayoría de los tamaños del cangrejo rojo, es debido a que, *R. rotundocephala* se está reproduciendo durante todo el año en el cuerpo de agua de estudio, y es probable que, cada vez que un cangrejo realiza la muda, las hembras de hemípteros ovipositan de nuevo sobre él. Se ha reportado que varias especies de hemípteros pueden cambiar su comportamiento reproductivo de univoltino o bivoltino de su lugar de origen (zona templada) a multivoltino en la zona tropical (Griffith 1945; Fernando 1959; Saulich y Musolin 2007; Céspedes 2019).

Es probable que *R. rotundocephala* esté ampliando su área de distribución en Suramérica favorecido por su posible reproducción multivoltina, presencia de lagos con temperaturas aptas para su reproducción y el uso de *P. clarkii* como mecanismo de dispersión.

El género *Ramphocorixa*, y sus dos únicas especies *R. acuminata* y *R. rotundocephala*, son originarias de Norteamérica, al igual que el cangrejo rojo de río (Nieser 1969; Oficialdegui et al. 2019). La presencia de *R. rotundocephala* en Suramérica está asociada, posiblemente, a la dispersión del cangrejo rojo, que actúa como ve-

hículo al transportarlo a nuevos cuerpos de agua; sin embargo, se desconocen otros medios de introducción por los cuales pudo llegar (Álvarez-León y Gutiérrez-Bonilla 2007; Yue et al. 2009).

Los resultados muestran la necesidad de realizar evaluaciones integrales de la biología de las especies antes de ser introducidas en nuevos ecosistemas, ya que en Colombia y en otros países, solo tiempo después de la llegada de especies foráneas se han evaluado sus impactos ambientales (Martín-Torrijos et al. 2021). Por ello, es necesario realizar futuros estudios sobre el hábitat y ciclo de vida de *R. rotundocephala*, con ellos se podrá complementar este estudio y comprender el potencial de colonización de este hemíptero y sus posibles impactos.

Conclusiones

Este estudio es el primer registro de la especie *R. rotundocephala* como epibionte de *P. clarkii* y de la relación entre el cangrejo rojo y el hemíptero en Sudamérica, ampliando este comportamiento de oviposición a todo el género *Ramphocorixa*. Los resultados demuestran que el cangrejo rojo de río es un hospedador que actúa como vehículo de transporte de otras especies alóctonas y probablemente facilitan su dispersión.

Contribución de los autores

Isabella González-Gamboa: análisis formal, conceptualización, obtención de los datos, investigación, metodología, redacción – borrador original. Yesid González-Ruiz: Conceptualización, metodología, redacción – borrador original, visualización. Yimy Herrera-Martínez: Gestión de proyectos, adquisición de fondos, redacción - corrección y edición, supervisión, validación.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Gobernación del departamento de Boyacá, MINCIENCIAS y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), por el apoyo en el proyecto “Evaluación de un biosuplemento en la pigmentación de la fase de engorde de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), a partir del cangrejo rojo invasor (*Procambarus clarkii*) como fuente de astaxantina”, código 75367; financiado a través de la “Convocatoria 865-2019 - Convocatoria para el cierre de brechas sector agropecuario Boyacá”. Este proyecto fue apoyado por la Fundación Neotropical, ITALCOL S.A y Universidad Nacional de Colombia.

También agradecemos a M. Pimiento, C. Romero, S. Fernández, C. Sarmiento, F. Silva, F. Galán, K. Tellez and L. Reyes, miembros del grupo de investigación “Manejo Integrado de Ecosistemas y Biodiversidad – XIUÁ” de la UPTC, quienes soportaron las actividades de campo.

Referencias

- Abbott, J.F. 1912. An Unusual Symbiotic Relation between a Water Bug and a Crayfish. *The American Naturalist* 46: 553–556.
- Abdallah, E.S.H., Mahmoud, M.M., Abdel-Rahim, I. R. 2018. *Trichosporon jirovecii* infection of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *Journal of Fish Diseases* 41(11): 1719–1732.
- Alba-Tercedor, J., Pardo, I., Prat, N., Pujante, A. 2005. Protocolos de Muestreo y Análisis para Invertebrados Bentónicos. En: de Jesús de la Fuente, A.M. (eds). *Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua en la confederación hidrográfica del Ebro*. pp. 131–175. Ministerio del Medio ambiente. Madrid, España.
- Álvarez-León, R., Gutiérrez-Bonilla, F. 2007. Situación de los invertebrados acuáticos introducidos y transplantados en Colombia antecedentes, efectos y perspectivas. *Revista de la Academia Colombiana de ciencias exactas, físicas y Naturales* 31(121): 557–574.
- Arias-Pineda, J., Rodríguez, W. 2012. First record of the invasive species *Procambarus* (*Scapulicambarus*) *clarkii* (Girard 1852) (Crustacea, Decapoda, Cambaridae) from the Colombian Eastern Cordillera. *Boletín la Sociedad Entomológica Aragonesa* (51): 313–315.

- Arias-Pineda, J.Y., Pedroza-Martínez, D. 2018. Presencia del cangrejo rojo *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) en la sabana de Bogotá, Colombia. *Boletín la Sociedad Entomológica Aragonesa* (62): 283–286.
- Campos, M.R. 2005. *Procambarus* (Scapulicambarus) *clarkii* (Girard, 1852), (Crustacea: Decapoda: Cambaridae). Una langostilla no nativa en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 29(111): 295–302.
- Céspedes, V. 2019. *Importance of invasive species and ectoparasites in Corixidae communities in south-west Spain*. Tesis de Doctorado, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.
- Díaz-Paniagua, C., Céspedes, V., Andreu, A. C., Lozano-Terol, M., Keller, C. 2019. Egg masses on the move: corixid oviposition on terrapin shells. *Aquatic Insects* 40(1): 19–29.
- Diéguez-Urbeondo, J., Söderhäll, K. 1993. *Procambarus clarkii* Girard as a vector for the crayfish plague fungus, *Aphanomyces astaci* Schikora. *Aquaculture Research* 24(6): 761–765.
- Fernando, C.H. 1959. The colonization of small freshwater habitats by aquatic insects. 2. Hemiptera (The water bugs). *Ceylon Journal of Science* 2: 5–32.
- Flórez-Brand, P.E., Espinosa-Beltrán, J.O. 2011. Presencia y dispersión del cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii* Girard, 1852) (Decapoda: Cambaridae) en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana* 12(2): 57–62.
- Griffith, M. E. 1945. The environment, life history and structure of the water boatmen *Ramphocorixa acuminata* (Uhler) (Hemiptera Corixidae). *The University of Kansas science bulletin* 30: 241–365.
- Herrera-Martínez, Y., Paggi, J.C., García, C.B. 2017. Cascading effect of exotic fish fry on plankton community in a tropical Andean high mountain lake: a mesocosm experiment. *Journal of Limnology* 76(2): 397–408.
- Huner, J.V., Barr, J.E. 1991. *Red swamp crawfish: Biology and Exploitation*. Louisiana Sea Grant College Program. Baton Rouge, Louisiana, Estados Unidos.
- Hungerford, H. G. 1917. Life History of a Boatman. *Journal of the New York Entomological Society* 25(2), 112–122.
- Hungerford, H.B. 1927. A new *Ramphocorixa* from Haiti (Hemiptera-Corixidae). *American Museum Novitates* 278.
- Hungerford, H.B. 1948. The Corixidae of the Western Hemisphere (Hemiptera). *The University of Kansas Science Bulletin* 32: 5-827 pp.
- Kadlec, R. H., Cuvellier, C., Stober, T. 2010. Performance of the Columbia, Missouri, treatment wetland. *Ecological Engineering* 36(5): 672-684.
- Lee, C., Kim, J.H., Choi, S.-K., Jeon, H.J., Lee, S.H., Kim, B.K., Kim, Y.K., et al. 2021. Detection of infectious white spot syndrome virus in red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) and red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) imported into Korea. *Aquaculture* 544: 737117.
- Longshaw, M., Stebbing, P. 2016. *Biology and ecology of crayfish*. Taylor and Francis Group. CRC press., Boca Raton, FL, Estados Unidos.
- Loureiro, T.G., Anastácio, P.M., Araujo, P.B., Souty-Grosset, C., Almerão, M.P. 2015. Red swamp crayfish: biology, ecology and invasion - an overview. *Nauplius* 23: 1–19.
- Lowery, R.S., Mendes, A. J. 1977. *Procambarus clarkii* in Lake Naivasha, Kenya, and its effects on established and potential fisheries. *Aquaculture* 11(2): 111–121.
- Mann, H.B., Whitney, D.R. 1947. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *The Annals of Mathematical Statistics* 18: 50–60.
- Martín-Torrijos, L., Correa-Villalona, A.J., Pradillo, A., Diéguez-Urbeondo, J. 2021. Coexistence of Two Invasive Species, *Procambarus clarkii* and *Aphanomyces astaci*, in Brackish Waters of a Mediterranean Coastal Lagoon. *Frontiers in Ecology and Evolution* 8: 622434.
- Mestre, A., Butlin, R.K., Kelso, W.E., Romaine, R., Bonvillain, C P., Monrós, J.S., Mesquita-Joanes, F. 2016. Contrasting patterns of genetic diversity and spatial structure in an invasive symbiont-host association. *Biological Invasions* 18(11): 3175-3191.
- Meyer, F.P. 1965. A Pseudoparasitic Infestation of Crayfish. *The Progressive Fish-Culturist* 27: 19.
- Nieser, N. 1969. The Heteroptera of the Netherlands Antilles – VII Corixidae. *Studies on the fauna of Curaçao and other Caribbean Islands* 28: 135–164.
- Ohba, S., Matsuo, S., Huynh, T.T.T., Kudo, S. 2018. Female mate preference for egg-caring males in the giant water bug *Diplonychus rusticus* (Heteroptera Belostomatidae). *Ethology Ecology and Evolution* 30(5): 477–484.
- Oficialdegui, F.J., Clavero, M., Sánchez, M.I., Green, A.J., Boyero, L., Michot, T.C., et al. 2019. Unravelling the global invasion routes of a world-wide invader, the red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *Freshwater Biology* 64(8): 1382–1400.
- Oficialdegui, F.J., Sánchez, M.I., Clavero, M. 2020. One century away from home: how the red swamp crayfish took over the world. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 30(1):121-135.
- Pimiento-Ortega, M.G., González-Gamboa, I., Herrera-Martínez, Y. 2021. First record of *Ramphocorixa rotundocephala* Hungerford, 1927 (Hemiptera, Corixidae) for Colombia. *Check List* 17(2): 111–1112. <https://doi.org/10.15560/17.2.000>
- Putra, M.D., Bláha, M., Wardiatno, Y., Krisanti, M., Jerikho, Y.R., Kamal, M.M., et al. 2018. *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) and crayfish plague as new threats for biodiversity in Indonesia. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 28(6): 1434–1440.
- Riascos, L., Geerts, A.N., Oña, T., Goethals, P., Cevallos-Cevallos, J., Vanden, W., et al. 2018. DNA-based monitoring of the alien invasive North American crayfish *Procambarus clarkii* in Andean lakes (Ecuador). *Limnologia* 70: 20–25.
- Saulich, A.H. Musolin, D.L. 2007. *Seasonal Development of Aquatic and Semiaquatic True Bugs (Heteroptera)*. St. Petersburg University Press., San Petersburgo, Rusia.
- Tshudy, D.M., Feldmann, R.M. 1988. Macruran decapods, and their epibionts, from the López Bertodano Formation (Upper Cretaceous), Seymour Island, Antarctica. En: Feldmann, R.M., Woodburne, M.O. (eds). *Geology and Paleontology of Seymour Island Antarctic Peninsula. GSA Memoirs, Volume 169*, pp. 291-301. Geological Society of America, Boulder, CO, Estados Unidos. <https://doi.org/10.1130/MEM169-p291>
- UNEP/CBD. 1994. *Convention on Biological Diversity*. Text and Annexes. The Interim Secretariat for the Convention on Biological Diversity. Ginebra, Suiza.
- Vedia, I., Oscoz, J., Rueda, J., Miranda, R., García-Roger, E.M., Baquero, E., Gelder, S.R. 2015. An alien ectosymbiotic branchiobdellidan (Annelida: Clitellata) adopting exotic crayfish: a biological co-invasion with unpredictable consequences. *Inland Waters* 5(1): 89 - 92.
- Wood, J.R., Dickie, I.A., Moeller, H.V., Peltzer, D.A., Bonner, K.I., Rattray, G., Wilmshurst, J.M. 2015. Novel interactions between non-native mammals and fungi facilitate establishment of invasive pines. *Journal of Ecology* 103: 121-129.
- Yue, C.F., Wang, T.-T., Wang, Y.-F., Peng, Y. 2009. Effect of combined photoperiod, water calcium concentration and pH on survival, growth, and moulting of juvenile crayfish (*Procambarus clarkii*) cultured under laboratory conditions. *Aquaculture Research* 40(11): 1243–1250.