

Distribución espacial y conservación de cangrejos de agua dulce (Decapoda: Pseudothelphusidae) en Caldas, Colombia

Spatial distribution and conservation of freshwater crabs (Decapoda: Pseudothelphusidae) in Caldas, Colombia

Juan Mateo Rivera-Pérez  , Camilo Andrés Llano Arias  , Giovany Guevara  

Resumen

Los cangrejos de agua dulce (Decapoda: Pseudothelphusidae) son un grupo de invertebrados clave en los ecosistemas montanos de Colombia; participan en el reciclaje de la materia orgánica, son eslabones intermedios de las cadenas tróficas, y son sensibles a las perturbaciones antropogénicas. Los pocos estudios en el departamento de Caldas se han enfocado en aspectos morfológicos y taxonómicos, mientras que su ecología e historia natural son muy poco conocidas. Actualmente, esta familia está representada en el departamento por seis especies. El objetivo de este estudio fue establecer los patrones de distribución potencial de Pseudothelphusidae y promover áreas de conservación en la región centro-occidental de Colombia. Se consolidaron los registros de la Colección Entomológica de la Universidad de Caldas (CEBUC) e información secundaria (metadatos) de diferentes aspectos bioecológicos de los especímenes. Se compilaron 91 georreferencias y se reportan 37 nuevos georregistros para el departamento. Se generaron mapas de vacíos y modelos de distribución potencial de las especies estudiadas con el algoritmo MaxEnt. Se detectó una distribución amplia en las zonas medias y bajas en los ríos Magdalena y Cauca, y se generaron tres nodos de convergencias para la conservación de las especies de cangrejos de agua dulce en Caldas y Colombia.

Palabras clave. Distribución potencial. Georregistros. Malacostráceos. MaxEnt. Nodos de convergencia.

Abstract

Freshwater crabs (Decapoda: Pseudothelphusidae) are a group of key invertebrates in the montane ecosystems of Colombia; they participate in the recycling of organic matter, are intermediate links in the trophic chains, and are sensitive to anthropogenic disturbances. The few studies in the department of Caldas have focused on morphological and taxonomic aspects, whereas their ecology and natural history are poorly known. Currently, this family is represented in the department by six species. The objective of this study was to establish the patterns of potential distribution of Pseudothelphusidae and promote conservation areas in the western-central region of Colombia. The records from the Entomological Collection of the University of Caldas (CEBUC) and secondary information (metadata) of different bioecological aspects of the voucher specimens were consolidated. 91 georeferences were compiled and 37 new geo-records are reported for the department. Maps on information gaps and potential distribution models of the studied species were generated with the MaxEnt algorithm. A wide distribution was detected in the middle and lower zones in the Magdalena and Cauca rivers, and three convergence nodes were generated for the conservation of the freshwater crab species in Caldas and Colombia.

Key words. Potential distribution. Georecords. Malacostracans. MaxEnt. Convergence nodes.

Introducción

Los cangrejos de agua dulce de la familia Pseudothelphusidae se encuentran representados en Colombia por 94 especies, de las cuales 86 son endémicas (Campos, 2014; Magalhães et al., 2016; Campos & Campos, 2020). Esto convierte al país en el segundo con mayor diversidad de cangrejos de agua dulce, después de China y el mayor en el Neotrópico (Yeo et al., 2008; Cumberlidge et al., 2009; Acevedo & Cumberlidge, 2021). La diversificación de este grupo en Colombia se considera que ocurrió principalmente mediante procesos vicariantes durante la formación de las tres cordilleras (Campos & Rodríguez, 1993; Álvarez et al., 2020), adaptándose a diferentes hábitats, como las quebradas de montaña y a otros cuerpos de agua continentales. A partir de estos eventos geomorfológicos, las zonas montañosas en los Andes han representado un refugio natural para la presencia y establecimiento de varias especies de cangrejos de agua dulce (Rodríguez, 1982; Campos, 2005; Arias-Pineda et al., 2015).

En ecosistemas dulceacuícolas de montaña, los cangrejos son importantes eslabones intermedios de las cadenas tróficas y presentan hábitos omnívoros, carnívoros y carroñeros con tendencia detritívora, herbívora o saprófaga, (Campos & Lasso, 2015). Son los invertebrados macroconsumidores más grandes en muchas quebradas neotropicales y favorecen la degradación de la hojarasca a través de la fragmentación (Yang et al., 2020). Así mismo, son una fuente importante de alimento para muchas especies de aves, anfibios, reptiles, mamíferos y peces, eslabones subsiguientes en la cadena trófica, tanto dulceacuícola como terrestre (Arias-Pineda et al., 2015; Rivera-Pérez et al., 2020). Igualmente, los cangrejos son considerados bioindicadores de calidad de agua, debido a que poseen baja fecundidad, desarrollo directo y son sensibles a impactos antropogénicos, como la deforestación y la contaminación del agua, que provocan pérdida del hábitat y disminución del oxígeno disuelto, respectivamente (Campos & Lasso, 2015; Hudson, 2021). Como consecuencia de lo anterior, existen diferentes especies con algún grado de amenaza, a causa de la disminución en sus poblaciones (Acevedo & Cumberlidge, 2021).

Una de las propuestas para evitar la disminución de las poblaciones de especies naturales son las áreas claves para la conservación (ACC), que sirven para proteger las especies en peligro y especies endémicas con pequeñas poblaciones (Lasso et al., 2017a). Colombia contiene en su territorio el mayor número de endemismos

de especies de cangrejos Pseudothelphusidae (Magalhães et al., 2016; Campos & Campos, 2020). Los endemismos son definidos como la congruencia espacial de las áreas de distribución geográfica de dos o más especies (Platnick, 1991), cuyos espacios representan patrones definidos por límites geográficos claros; sin embargo, las áreas de endemismo pueden estar representadas por extensiones de diverso tamaño (Nogueira-Urbano, 2017).

En el centro-occidente de Colombia, el departamento de Caldas posee varios ecosistemas acuáticos importantes para la presencia y diversificación de cangrejos de agua dulce, convirtiéndolo en un área de interés para el estudio y conservación de este grupo (Campos & Lasso, 2015). Este departamento está ubicado en la zona de confluencia hídrica media de los valles interandinos de los ríos Magdalena y Cauca donde se encuentran las subregiones La Miel y río Cauca, propuestas por Campos & Campos (2020) como áreas de diversidad de los Pseudothelphusidae, y el sector de La Miel como área clave para la conservación de decápodos, centrada en la especie *Strengeriana foresti* Lasso et al., 2017b).

Diferentes estudios sobre la familia Pseudothelphusidae en Caldas han permitido identificar seis especies dentro de los géneros *Hypolobocera*, *Phallangothelphusa* y *Strengeriana* (Campos, 2005), entre las que se encuentran *Hypolobocera bouvieri* y *Phallangothelphusa dispar*, de amplia distribución en el territorio colombiano (Campos, 2005, 2014). Por su parte, *Strengeriana florenciae* y *Strengeriana foresti* son endémicas del departamento de Caldas, *Strengeriana maniformis* es endémica de Caldas y Tolima, y *Strengeriana fuhrmanni* es endémica de Caldas y Antioquia (Campos & Campos, 2020). Por otro lado, diferentes estudios han aportado datos morfológicos y taxonómicos de estas especies (Rodríguez, 1982; Campos & Rodríguez, 1993; Campos, 2001).

Dada la importancia de estos cangrejos de agua dulce y su condición de especies endémicas, se pueden utilizar para delimitación áreas prioritarias para la conservación, como especies sombrilla, ya que, al conservarlas, se puede al mismo tiempo conservar otras áreas de interés para la biodiversidad asociada, debido a diversas interacciones y requerimientos (Richardson & Whittaker, 2010; Armendáriz et al., 2016; Escobar, 2020). Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue establecer los patrones de distribución potencial de decápodos en el centro-occidente de Colombia, particularmente para Caldas, y aportar nuevo conocimiento sobre áreas importantes para la conservación de especies claves y

endémicas, vinculadas a ecosistemas dulceacuícolas del departamento.

Materiales y Métodos

Área de Estudio

El presente estudio se realizó en el departamento de Caldas, ubicado al centro-occidente colombiano ($4^{\circ}4'19''\text{N}$ - $75^{\circ}57'1''\text{O}$) en la región andina. Este cuenta con un área aproximada de 7457 km², con altitudes entre 200 y 5350 m s.n.m. El departamento se encuentra en la zona hidrológica media de los valles interandinos del río Magdalena y Cauca, asociando vertientes de las 10 cuencas que conforman el departamento (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1990) (Figura

1). Por su ubicación en la cordillera Central de los Andes, posee una alta variedad de climas, con una precipitación promedio anual de 2800 mm, dos temporadas de lluvias (marzo-junio y septiembre-diciembre) y dos periodos menos lluviosos (enero-febrero y julio-agosto), una temperatura que varía entre 13 y 27° C (Jaramillo-Robledo *et al.*, 2011), y se registran todos los pisos térmicos del país. Por lo tanto, esta particularidad paisajística, refleja hábitats propicios para la proliferación de los crustáceos decápodos (Campos, 2005). Dentro de las actividades productivas del departamento, la agricultura ocupa el 56.26 % del territorio con estacionalidad y permanencia de cultivos, mientras la ganadería el 23.3 % seguido de 19.1 % que se encuentra cubierto por bosques nativos o plantaciones y, finalmente, áreas urbanas con 1.34 % (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006).

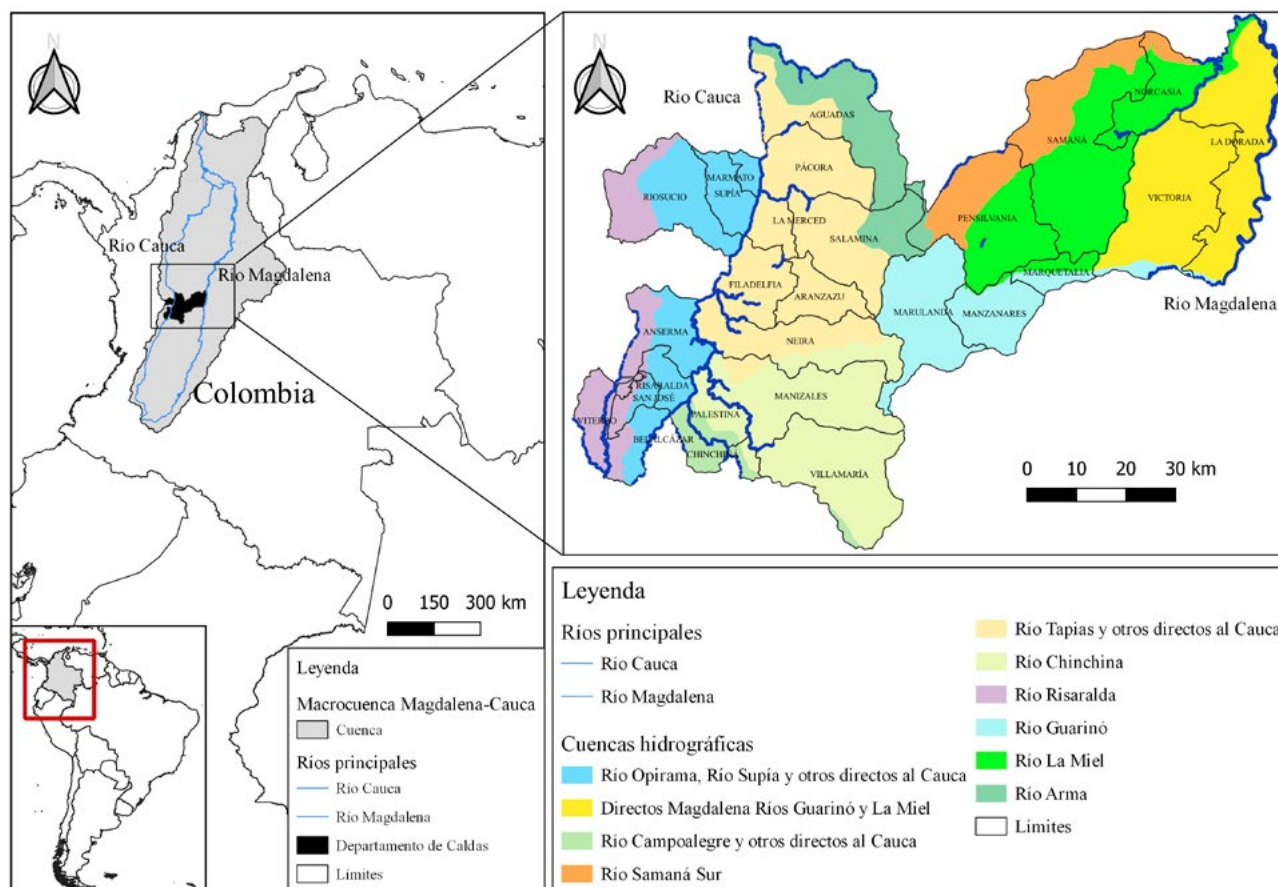


Figura 1. Mapa hidrográfico del departamento de Caldas, Colombia donde se destacan las principales cuencas y sistemas acuáticos que fluyen hacia la macro-cuenca Magdalena-Cauca. Adaptado de CORPOCALDAS (2010).

Figure 1. Hydrographic map of the department of Caldas, Colombia, highlighting the main watersheds and watercourses of the Magdalena-Cauca macrobasin. Adapted from CORPOCALDAS (2010).

Selección de los registros geográficos por especie

Se realizó una búsqueda exhaustiva de registros de las especies de cangrejos de la familia Pseudothelphusidae presentes en el departamento de Caldas: *Hypolobocera bouvieri*, *Strengeriana manifformis*, *Strengeriana fuhrmani*, *Strengeriana florenciae*, *Strengeriana foresti* y *Phallangothelphusa dispar*, utilizando información primaria y secundaria. La información primaria se obtuvo de la revisión de especímenes testigo recolectados en diferentes proyectos y depositados en la colección CEBUC (Colección Entomológica del Programa de Biología de la Universidad de Caldas; Manizales, Colombia), una colección de referencia importante para macroinvertebrados acuáticos en el centro-occidente colombiano (Montaño *et al.*, 2012). Se utilizó la información asociada, como los datos de coordenadas geográficas y los aspectos taxonómicos y bioecológicos. La información secundaria se obtuvo mediante la compilación de información geográfica de diferentes publicaciones, como las de Rodríguez (1982), Campos & Rodríguez (1993), Campos (2001, 2005, 2014), Campos & Lasso (2015) y Campos & Campos (2020). Además, se complementó con registros de metainformación del ICN-MHN (Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia), del Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia) y del Global Biodiversity Information Facility (GBIF). Posteriormente al levantamiento de información geográfica, se eliminaron datos de distribución con las mismas coordenadas con una resolución de 5 km², con base en la dispersión natural promedio de los Pseudothelphusidae (Álvarez *et al.*, 2020) y no se incluyeron las localidades que coincidían con las mismas coordenadas, para evitar sobreestimación de los modelos, debido a la falta de muestreo en algunas aéreas. La especie *Strengeriana foresti* no fue incluida en los análisis de distribución, debido a que solo se cuenta con información de la localidad tipo (Manzanares, Caldas).

Modelos de distribución potencial de las cinco especies

Una vez estandarizados los datos, se utilizó el programa QGIS 3.16.3 (Development Team, 2016) para la elaboración del mapa de distribución real con puntos y polígonos de las diferentes especies de Pseudothelphusidae. Seguidamente, se generó un mapa de análisis de vacíos, con una cuadrícula de 1:800 000 y un tamaño de 50 km², generando un total de 157 cuadrículas, con base en los datos de dispersión de la tribu Strengeriani (Pseudothelphusidae) propuestos por Rodríguez & Campos (1989) y Álvarez *et al.* (2020). Adicionalmente,

se indicó la concentración de registros y de especies, de menor a mayor, con el fin de determinar las áreas de distribución compartida del grupo (Richardson & Whittaker, 2010) en el departamento de Caldas.

Finalmente, con el algoritmo MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006) y las variables bioclimáticas obtenidas de WorldClim y de altitud, se realizaron modelaciones espaciales de la distribución potencial de cada una de las cinco especies, con el objeto de obtener una aproximación empírica del modelo, identificando las variables más importantes de WorldClim para las especies en el departamento. Se seleccionaron las variables más relacionadas para cangrejos de agua dulce y artrópodos en la región neotropical, según la literatura (Arias-Pineda *et al.*, 2015; Varela *et al.*, 2015; Hudson *et al.*, 2021). Los modelos se evaluaron utilizando la métrica del AUC (*area under the curve*), que compara aquellos obtenidos con expectativas nulas, utilizando una medida independiente del umbral, donde valores más cercanos a uno representan modelos confiables. Igualmente, se realizaron curvas de respuesta y un estimador de Jackknife para identificar la importancia de las variables y su adecuación a los modelos (Phillips *et al.*, 2006; Hudson *et al.*, 2021).

Áreas claves para la conservación de Pseudothelphusidae en el departamento de Caldas

A partir del mejor modelo obtenido, se realizó una comparación de los mapas de distribución potencial y nodos de distribución de las especies de decápodos con el análisis de vacíos y se agregaron variables complementarias, como la propuesta de ecorregiones de Olson *et al.* (2001). Finalmente, se señalaron áreas claves para la conservación y de importancia biológica de este grupo en el departamento de Caldas y se contrastaron con los resultados de Lasso *et al.* (2017b).

Resultados

Se revisaron 264 individuos distribuidos de la siguiente manera: 84 de *Hypolobocera bouvieri*, 34 de *Phallangothelphusa dispar*, 26 de *Strengeriana florenciae*, 82 de *Strengeriana manifformis* y 38 de *Strengeriana fuhrmani*. Se compilaron 91 registros georreferenciados para el departamento de Caldas, aportando 37 nuevas localidades (o georregistros) para estas especies. Las especies halladas están distribuidos en 12 municipios del departamento: Manizales, Villamaría, San José de Risaralda, Salamina, Riosucio, Neira, Samaná, Victoria,

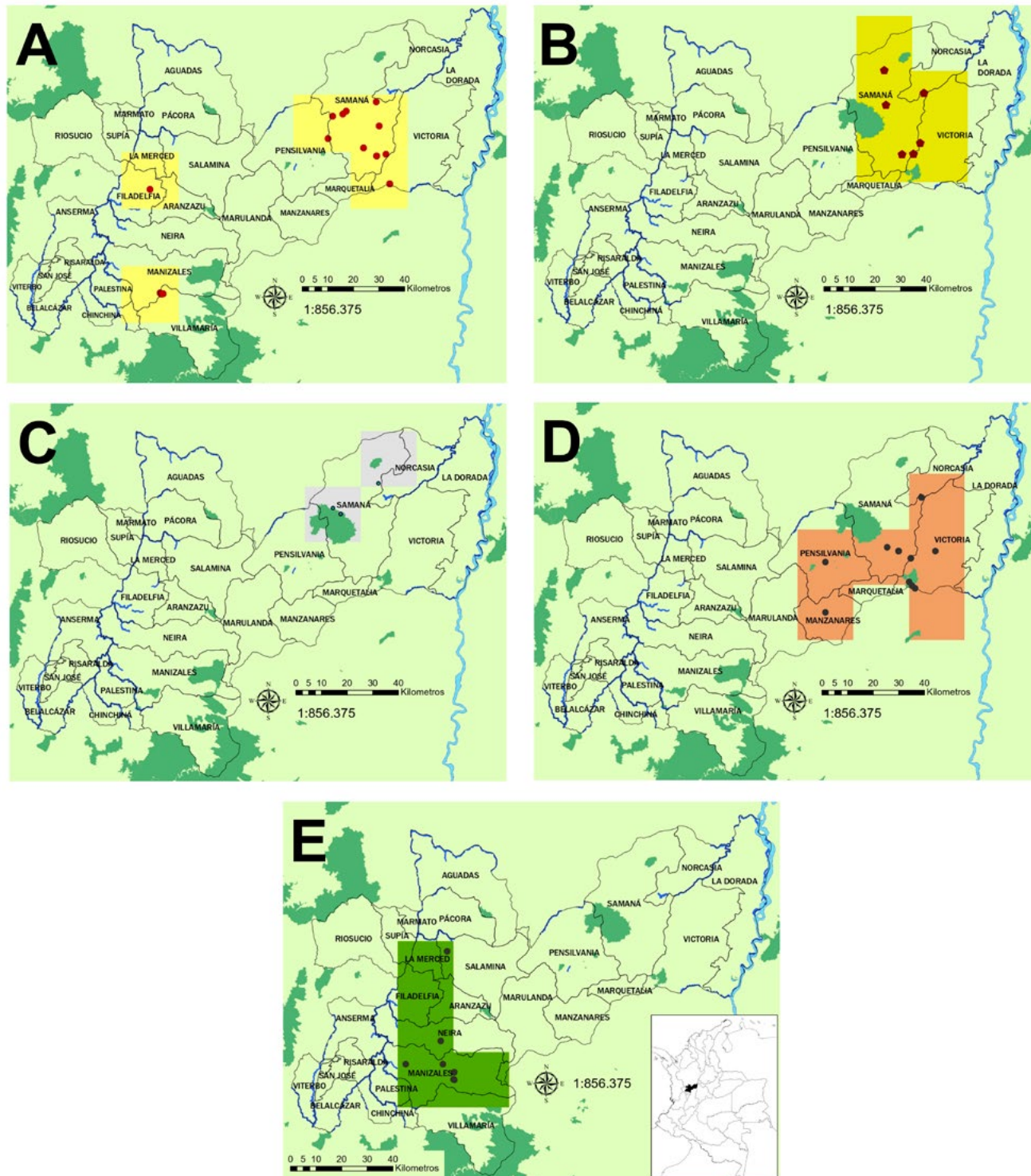


Figura 2. Mapa de distribución de cinco especies de cangrejos de agua dulce (Decapoda: Pseudothelphusidae) registradas en el departamento de Caldas, Colombia, y su área de influencia (o distancia del buffer). A, *Hypolobocera bouvieri*; B, *Phallangothelphusa dispar*; C, *Strengeriana florenciae*; D, *Strengeriana maniformis*; E, *Strengeriana fuhrmanni*.

Figure 2. Distribution map of five species of freshwater crabs (Decapoda: Pseudothelphusidae) recorded in the department of Caldas, Colombia, and its area of influence (or buffer area). A, *Hypolobocera bouvieri*; B, *Phallangothelphusa dispar*; C, *Strengeriana florenciae*; D, *Strengeriana maniformis*; E, *Strengeriana fuhrmanni*.

Norcasia, Filadelfia, Manzanares y Pensilvania. Samaná contó con el mayor número de registros, representando el 48 %, seguido por Victoria, con 17 %, Villamaría con 14 %, Manizales con 7 % y Norcasia con 6 %; los otros municipios tuvieron una representación menor al 1 % (Figura 2).

Hypolobocera bouvieri está registrada en ambas cuencas hidrográficas (Magdalena, Cauca; Figura 2A);

Phallangothelphusa dispar, *Strengeriana florenciae*, *Strengeriana maniformis* se encuentran en la cuenca del río Magdalena, asociadas al río La Miel (Figura 2B-D), y *Strengeriana fuhrmanni* habita principalmente en las zonas bajas y medias de la cuenca hidrográfica del río Cauca (Figura 2E). Las especies se encuentran principalmente asociadas con los orobiomas medios y bajos de los Andes, y en los Zonobiomas se encuentran las especies *Hypolobocera bouvieri* y *Phallangothelphusa dispar* (Figura 3).

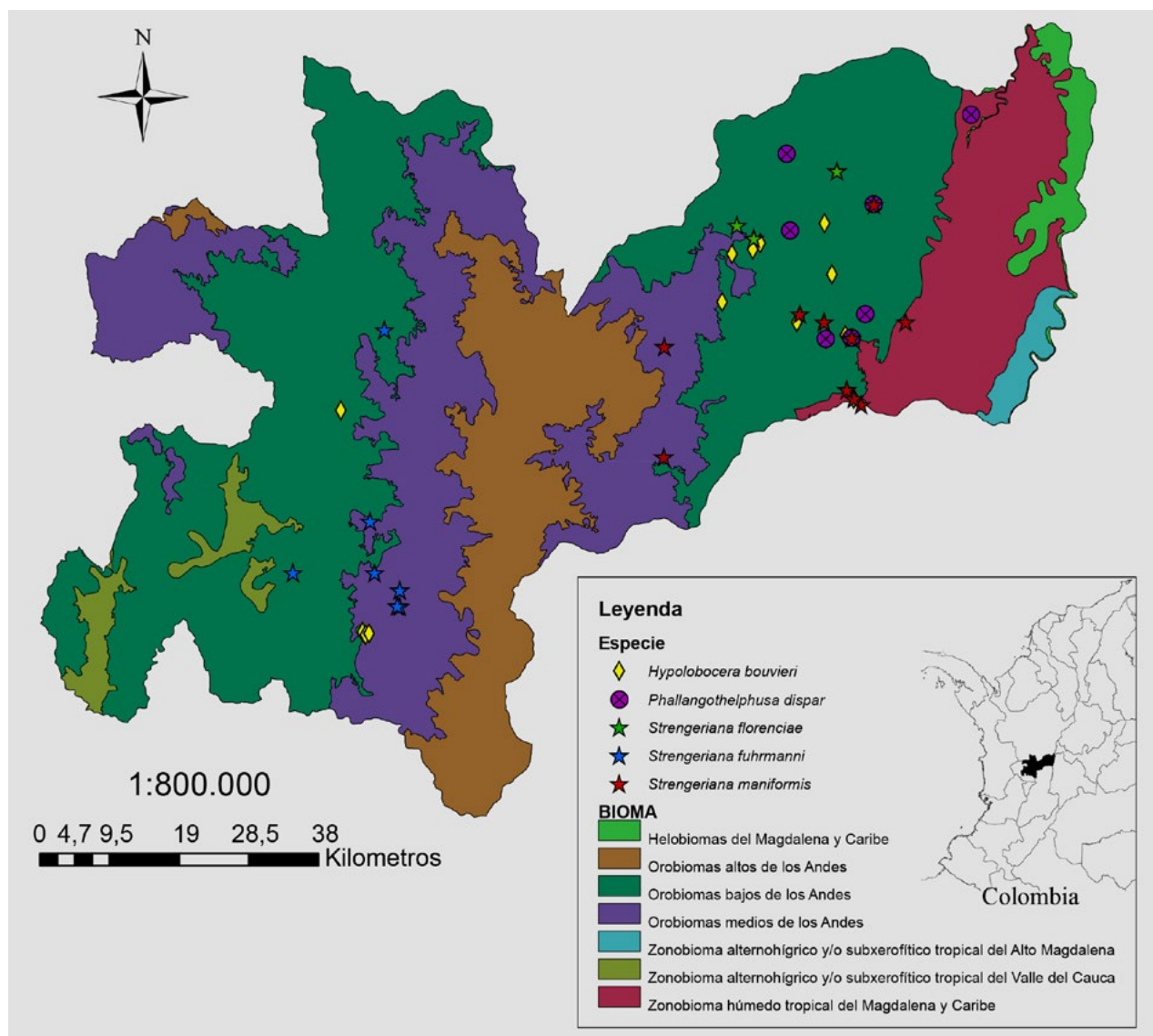


Figura 3. Mapa de los biomas del departamento de Caldas, Colombia, con la distribución de los georegistros de cangrejos de agua dulce (Decapoda: Pseudothelphusidae).

Figure 3. Map of the biomes of the department of Caldas, Colombia, with the distribution of the geo-records of freshwater crabs (Decapoda: Pseudothelphusidae).

El mapa de vacíos a partir de los registros (Figura 4A), muestra que existe muy poca información sobre las áreas y nodos de distribución de estas especies en el departamento de Caldas. En cuanto a las áreas donde se presentaron más registros de las especies (cuadros amarillos y rojos), se denota que existen tres puntos focales de riqueza, conformados por los sectores Neira-Manizales-Villamaría con dos especies, Selva de Florencia con dos especies y Samaná-Victoria con tres especies; esta última se resalta, como un área importante, ya que habitan

tres de las cinco especies del presente estudio. Por otro lado, el mapa de vacíos a partir de los modelos (Figura 4B), sugiere una mayor riqueza de especies en los nodos encontrados anteriormente y al mismo tiempo, la falta de registros de las diferentes especies en el centro-occidente de Colombia, pues las tres áreas focales reflejan una gran distribución potencial de esta familia, con Neira-Manizales-Villamaría representada por dos especies en una mayor área, Selva de Florencia un área con cuatro especies, y Samaná-Victoria con tres especies.

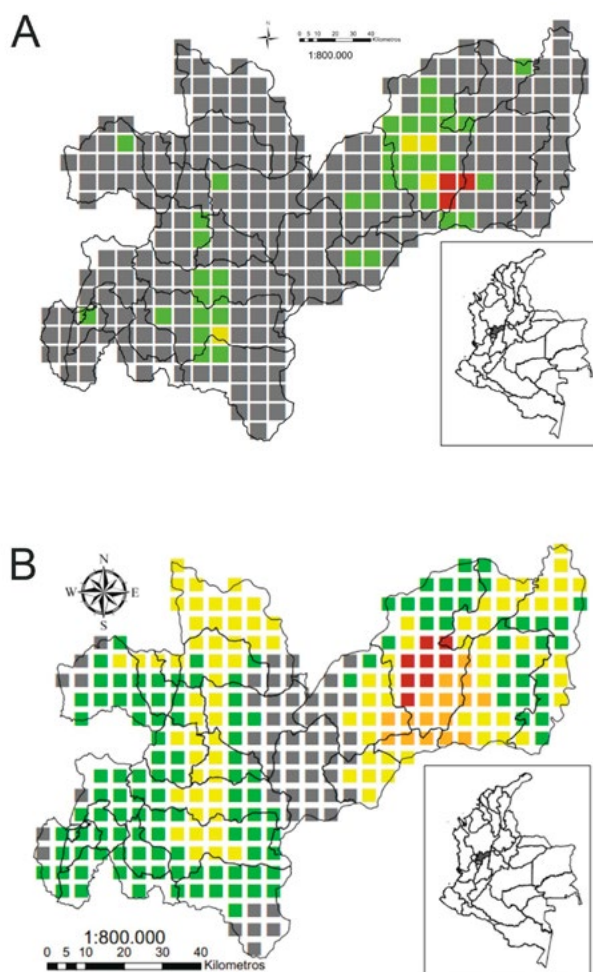


Figura 4. Mapa de vacíos de información para las especies de cangrejos de agua dulce en el departamento de Caldas, Colombia. Gris, ninguna especie; verde, una especie; amarillo, dos especies; naranja, tres especies; rojo, cuatro especies. A, Con base en los datos de distribución obtenidos a partir de los registros; B, Con base en los datos de los modelos de distribución potencial.

Figure 4. Maps of information gaps for freshwater crab species in the department of Caldas, Colombia. Gray, no species; green, one species; yellow, two species; orange, three species; red, four species. A, based on the distribution data obtained from the records; B, based on the data from the potential distribution models.

En cuanto a la distribución potencial, todas las especies reflejaron un modelo confiable y bien ajustado ($AUC > 0.8$). *Hypolobocera bouvieri* (Figura 5A) presentó un AUC de 0.896, en la cual las variables bioclimáticas que más contribuyeron fueron la precipitación anual, con 53 %, precipitación del cuatrimestre más lluvioso, con 19 % y precipitación del periodo más lluvioso, con un 13 %. *Phallangothelphusa dispar* (Figura 5B), registró un AUC de 0.884, y las variables bioclimáticas con mayor aporte fueron la precipitación del cuatrimestre más lluvioso, con 36 %, la temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso, con 33 %, y la precipitación anual, con 12 %. Entre las especies del género *Strengeriana*, *S. florenciae* (Figura 5C) presentó un AUC de 0.995, y las variables bioclimáticas con mayor contribución fueron la precipitación del periodo más seco, con 49 %, la precipitación del cuatrimestre más cálido, con 21 %, y la isothermalidad, con 20 %. Para *S. manifoldis* (Figura 5D) se presentó un AUC de 0.890, y las variables bioclimáticas de mayor contribución fueron la precipitación del cuatrimestre más lluvioso, con 44 %, la precipitación anual, con 37 %, y la precipitación del cuatrimestre más frío, con 9 %. En *S. fuhrmanni* (Figura 5E) se presentó un AUC de 0.850, y las variables bioclimáticas de mayor contribución al modelo fueron la precipitación del cuatrimestre más lluvioso, con 50 %, la isothermalidad, con 32 %, y la estacionalidad de la temperatura, con 18 %.

Discusión

Las áreas del departamento de Caldas con registros de especies de Pseudothelphusidae se caracterizan por presentar abundantes cuerpos de agua como ríos y quebradas de diferente orden y caudal, y zonas montañosas y rocosas que favorecen la proliferación de estas especies. *Strengeriana fuhrmanni*, *S. manifoldis* y *S. florenciae* se encuentran principalmente asociadas con bosques ribereños y abundante humedad, ambientes que les permiten alejarse del cauce de las quebradas y ríos en busca de alimento (Campos & Lasso, 2015). Caso contrario ocurre con *Hypolobocera bouvieri* y *Phallangothelphusa dispar*, que se han registrado en hábitats intervenidos y en zonas más bajas (Arias-Pineda et al., 2015). Nuestros resultados de las distribuciones están acordes con lo planteado por Campos & Campos (2020), quienes proponen subregiones de distribución de Pseudothelphusidae en Colombia. Por otro lado, las distribuciones obtenidas en el presente estudio muestran vacíos de información sobre el hábitat natural de estas especies al centro-occidente de Colombia, y confirman la importancia de las colecciones biológicas como fuente de información.

La distribución según los biomas mostró que los orobios del departamento de Caldas, al configurar zonas montañosas, forman fajas de vegetación ribereña diferencial de acuerdo con la variación de la altitud, lo cual, a su vez, influye sobre el régimen hídrico (Olson et al., 2001), el caudal y desplazamiento de la hojarasca (Gutiérrez-López et al., 2016). Esas características generan ambientes propicios para el desarrollo y supervivencia de algunas especies de Pseudothelphusidae, tales como microhábitats para refugio, selección sexual y alimento, gracias a la materia orgánica de los árboles que crecen sobre los bordes de las quebradas y ríos (Campos & Lasso, 2015). Las especies *Hypolobocera bouvieri* y *Phallangothelphusa dispar* se registraron en zonobios con presencia de paisajes de poca pendiente y mayor estabilidad para el transporte de agua y material orgánico (Olson et al., 2001). Estas especies, al parecer, presentan un nivel mayor de tolerancia a los ambientes abiertos con poca vegetación ribereña, de acuerdo con lo que se registró en sus modelos de distribución potencial. Además, estas especies presentan hábitos cavernícolas (Lasso et al., 2018), por lo que pueden tener refugios alternativos en los zonobios evaluados.

Hypolobocera bouvieri es una especie de mayor tamaño, con pseudopulmones de mayor superficie (Rodríguez, 1982; Campos, 2014); esto favorece su dispersión fuera de zonas ribereñas, permitiendo desplazarse en ambientes húmedos y de alta precipitación (Campos & Lasso, 2015), lo que se puede asociar con la amplia distribución y la importancia de las variables de precipitación destacadas por el modelo de su distribución potencial. Hudson et al. (2021) modelaron la distribución de esta especie bajo escenarios de cambio climático con un aumento en la temperatura, y reportan que su distribución puede aumentar hacia el 2070, ya que áreas de mayor altitud pueden ser apropiadas para esta especie. Por su parte, *Phallangothelphusa dispar* es una especie más tolerante a los cambios ambientales, pues se observó que la precipitación y la humedad no condicionan su distribución y, probablemente, las barreras de la especie están más asociadas con las características físicas y condición de (micro)hábitats típicos de quebradas con fondos arenosos de fuerte corriente o fondos limo-arcillosos con abundantes rocas (Campos & Lasso, 2015; Acevedo & Cumberlidge, 2021).

Con los nodos de distribución y convergencia del género *Strengeriana* se obtuvieron diferentes escenarios para cada una de las especies. Para *Strengeriana florenciae*, Campos & Lasso (2015) proponen que es una especie con menor nicho ecológico y mayores requerimientos

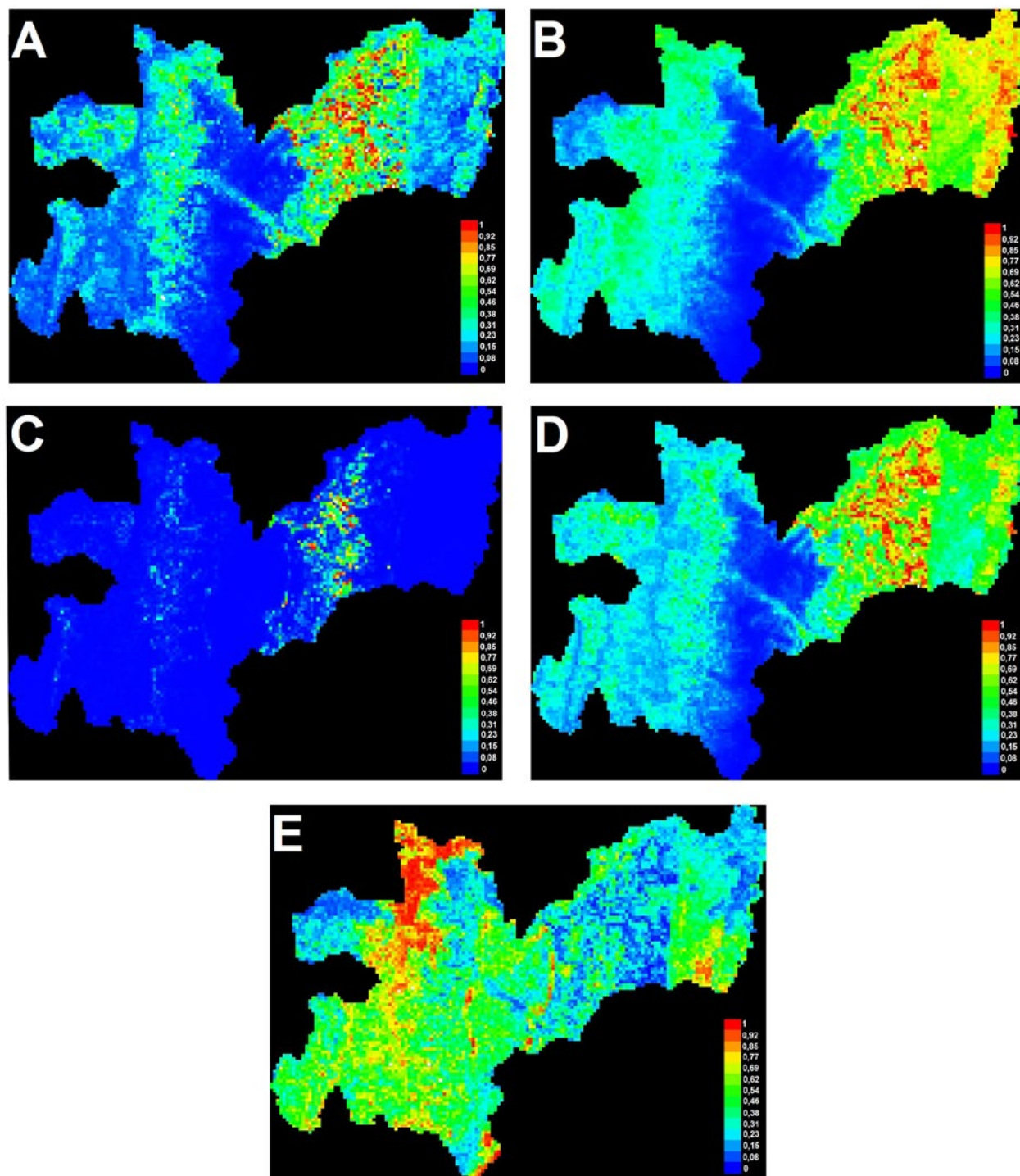


Figura 5. Modelos de distribución potencial de los cangrejos de agua dulce (Decapoda: Pseudothelphusidae) del departamento de Caldas, Colombia. A) *Hypolobocera bouvieri*, B) *Phallangothelphusa dispar*, C) *Strengeriana florenciae*, D) *Strengeriana maniformis*, y E) *Strengeriana fuhrmanni*.

Figure 5. Potential distribution models of freshwater crabs (Decapoda: Pseudothelphusidae) from the department of Caldas, Colombia. A) *Hypolobocera bouvieri*, B) *Phallangothelphusa dispar*, C) *Strengeriana florenciae*, D) *Strengeriana maniformis*, and E) *Strengeriana fuhrmanni*.

ecológicos, lo cual se evidenció con su limitada distribución potencial en el departamento (Figura 5C), reafirmando la necesidad de conocer más el estado actual de sus poblaciones, con el fin de tomar medidas adecuadas para su conservación (Lasso et al., 2017b). Para *Strengeriana maniformis*, el modelo obtenido (Figura 5D) reflejó una amplia distribución potencial al oriente del departamento, siendo esta la especie del género con mayor distribución en Caldas, por lo que se amplía su posible distribución natural según el área registrada (Campos, 2014) y calculada (Campos & Campos, 2020). Para *Strengeriana fuhrmanni*, su distribución potencial se proyecta principalmente en las zonas baja y media de la cuenca del río Cauca (Figura 5E), mostrando cómo la zona norte del departamento de Caldas y sur de Antioquia, son áreas idóneas para la presencia de esta especie, para la cual es importante la precipitación (Campos, 2014). Finalmente, *Strengeriana foresti*, al encontrarse únicamente en su localidad tipo, refleja la necesidad de realizar mayores esfuerzos de muestreo. La falta de registros puede deberse a que se trata de una especie rara, de pequeño porte y poco tolerante a los cambios del uso de la tierra (Acevedo & Cumberlidge, 2021). Lasso et al. (2017b) indican un área de dispersión potencial de *S. foresti* de 12 584 ha alrededor del río La Miel, que son abarcados los nodos Selva de Florencia y Samaná-Victoria.

Por otro lado, el nodo Neira-Manizales-Villamaría alberga bosques conservados y varias quebradas con vegetación ribereña, que pueden convertirse en áreas claves para la persistencia de la especie a largo plazo, ya que gran parte de su distribución histórica se ve altamente transformada por la explotación agrícola (Campos & Campos, 2020). En quebradas del municipio de Manizales se ha observado que los impactos agrícolas, ganaderos y mineros influyen sobre la riqueza, densidad y diversidad de macroinvertebrados acuáticos (Meza-Salazar et al., 2020). Asimismo, el efecto antropogénico por variaciones en uso del suelo, también se ha resaltado como un agente de cambio en las comunidades de invertebrados bentónicos en quebradas altoandinas contrastantes (Ramírez et al., 2018), por lo que las poblaciones de las especies de cangrejos de agua dulce, también se puede ver afectadas por estas presiones humanas.

Las áreas identificadas en este estudio como claves, de acuerdo con la distribución potencial, sugieren y reafirman su importancia para la conservación de crustáceos decápodos, ya que poseen gran parte de los requerimientos ambientales de las especies analizadas,

ofreciendo un nicho ambiental óptimo (Hudson et al., 2021). Los modelos obtenidos en la presente investigación representan insumos fundamentales para una adecuada planificación de estrategias para la conservación de cangrejos de agua dulce en el departamento de Caldas, al tratarse de especies con altos requerimientos ambientales relacionados con hidrología, temperatura y presencia de vegetación ribereña (Campos & Lasso, 2015; Hudson, 2021).

Consideraciones para la conservación de decápodos

Los esfuerzos en conservación para los invertebrados en Colombia se han visto limitados por la falta de conocimiento sobre su biología, ecología, demografía, biogeografía y sus patrones de diversidad (Amat-García et al., 2007). A pesar de esto, se han generado diferentes acciones y estrategias, como los libros rojos de invertebrados terrestres y de decápodos dulceacuícolas de Colombia (Campos & Lasso, 2015).

La Resolución N° 2245 del 2017 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017b) exige que las quebradas y cuerpos de agua de Colombia posean una franja paralela o perimetral de cobertura vegetal (zona ribereña) de hasta 30 m de ancho, la cual representa un factor fundamental para la dispersión y forrajeo de los cangrejos de agua dulce de la familia Pseudothelphusidae (Campos & Lasso, 2015; Hudson et al., 2021). En el departamento de Caldas la fragmentación de los bosques ha venido afectando negativamente la comunidad de estos cangrejos (Campos & Lasso, 2015; Acevedo & Cumberlidge, 2021); por lo tanto, la implementación de esa resolución es determinante para la conservación de estos crustáceos. En el caso de las especies del presente estudio, se observa una gran cantidad de sitios fragmentados y pocas áreas protegidas para su protección (Tabla 1).

Agradecimientos

A la profesora Lucimar Gomes Días de la Colección Entomológica del Programa de Biología de la Universidad de Caldas (CEBUC) y al Grupo de Investigación en Biodiversidad y Manejo de Recursos Naturales (BIONAT) por acceso a los especímenes y todo el soporte para llevar a cabo la elaboración del presente manuscrito. A los biólogos Luis Fernando Salazar, Israel Navarro Quintero y Juan Guillermo Orrego por el apoyo en la edición y digitación de las imágenes. A la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Caldas por el apoyo financiero para la socialización de este proyecto.

Tabla 1. Categorías de amenaza (criterios de la lista roja de la UICN) para las especies de cangrejos de agua dulce (Decapoda: Pseudothelphusidae) y áreas protegidas con presencia en el departamento de Caldas, Colombia. Información con base en Campos (2014), Campos & Lasso (2015), Campos & Campos (2020), y Acevedo & Cumberlidge (2021).

Table 1. Categories of threatened species (IUCN Red List Criteria) for freshwater crabs (Decapoda: Pseudothelphusidae) and protected areas with presence of in the department of Caldas, Colombia. Information based on Campos (2014), Campos & Lasso (2015), Campos & Campos (2020), and Acevedo & Cumberlidge (2021).

Especie	UICN	Amenazas	Área de conservación	Distribución
<i>Hypolobocera bouvieri</i>	LC	Amplia distribución en el país, pocas amenazas por ser una especie abundante en los principales sistemas fluviales del país (Campos, 2014).	PNN Selva de Florencia	Cuencas Río Cauca y Magdalena
<i>Strengeriana fuhrmanni</i>	DD	No evaluados. Posibles: Deforestación, contaminación de los cuerpos de agua y desarrollo urbano (Campos & Lasso, 2015).	No	Cuenca del Río Cauca (Caldas, Antioquia)
<i>Strengeriana maniformis</i>	DD	No evaluados. Posibles: Deforestación, contaminación de los cuerpos de agua, desarrollo urbano y regulación de régimen del caudal (Campos & Lasso, 2015).	No	Cuenca media del Río Magdalena (Caldas, Tolima)
<i>Strengeriana florenciae</i>	NT	Deforestación de la cuenca; contaminación por vertimientos derivados de agricultura y minería (Campos & Lasso, 2015).	PNN Selva de Florencia	Endémica de la Selva de Florencia (Caldas)
<i>Strengeriana foresti</i> *	EN	Deforestación de la cuenca, contaminación por vertimientos, desarrollo urbano y regulación de régimen del caudal (Campos & Lasso, 2015)	No	Endémica de Manzanares (Caldas)
<i>Phallangothelphusa dispar</i>	LC	Amplia distribución en la cuenca del Magdalena, pocas amenazas recientes por ser una especie abundante (Campos, 2014)	No	Cuenca Media y Alta del Río Magdalena (Tolima, Boyacá, Caldas y Cundinamarca)

DD: Datos Insuficientes; **LC:** Preocupación Menor; **NT:** Casi Amenazada; **EN:** En Peligro.

*La especie *Strengeriana foresti* no fue evaluada en el presente estudio debido a que solo se cuenta con información de la localidad tipo (Manzanares, Caldas).

Referencias

- Acevedo-Alonso, A. & Cumberlidge, N. (2021). Updated extinction risk assessment of the Colombian freshwater crabs (Brachyura: Pseudothelphusidae, Trichodactylidae) reveals an increased number of threatened species. En Kawai, T. & Rogers, D. C. (Eds.). *Recent advances in freshwater crustacean biodiversity and conservation (Advances in Crustacean Research Book 22)*. (Pp: 405-422). Taylor & Francis Group, LLC.
<https://doi.org/10.1201/9781003139560>
- Álvarez, F., Ojeda, J. C., Souza-Carvalho, E., Villalobos, J. L., Magalhães, C., Wehrtmann, I. S. & Mantelatto, F. L. (2020). Revision of the higher taxonomy of Neotropical freshwater crabs of the family Pseudothelphusidae, based on multigene and morphological analyses. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 162, 1-29.
<https://doi.org/10.1093/zoolinnean/zlaa162>
- Amat-García, G., Amat-García, E., Andrade-C., M. G. & Rodríguez-Mahecha, J. V. (2007). *Libro rojo de los invertebrados terrestres de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales- Universidad Nacional de Colombia, Conservación Internacional Colombia Instituto Alexander von Humboldt, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Crédito Territorial.
<http://www.bio-nica.info/Biblioteca/Amat-Garcia2007LibroRojoInvertebrados.pdf>
- Arias-Pineda, J. Y., García, A. G. & Campos, M. R. (2015). Ensamblaje de los cangrejos montanos (Decapoda: Pseudothelphusidae) en un bosque nublado en Tolima, Colombia. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, 51(1), 293-303.
- Armendáriz, G., Quiroz-Martínez, B. & Álvarez, F. (2016). Risk assessment for the Mexican freshwater crayfish: the roles of diversity, endemism and conservation status. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 27(1), 78-89.
<https://doi.org/10.1002/aqc.2671>
- Campos, M. R. (2001). A new genus and species of freshwater crab from Colombia (Crustacea: Decapoda: Pseudothelphusidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 114(4), 938-943.
- Campos, M. R. (2005). *Freshwater crabs from Colombia: A taxonomic and distributional study*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Colección Jorge Álvarez Lleras No 24.
- Campos, M. R. (2014). *Crustáceos decápodos de agua dulce de Colombia*. Biblioteca José Jerónimo Triana No. 27. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales.
- Campos, M. R. & Campos, D. (2020). Distribution and species diversity of freshwater crabs of the family Pseudothelphusidae in Colombia (Crustacea: Decapoda: Brachyura). *Nauplius*, 28(1), 1-26.
<https://doi.org/10.1590/2358-2936e2020036>
- Campos, M. R. & Lasso, C. A. (2015). *Libro Rojo de cangrejos dulceacuícolas de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia.
- Campos, M. R. & Rodríguez, G. (1993). Three new species of *Strengeriana* from Colombia (Crustacea: Decapoda: Pseudothelphusidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 106, 508.
- CORPOCALDAS (2010). Ordenación de Cuencas (09/12/2010).
http://www.corpocaldas.gov.co/dynamic_page.aspx?p=586
- Cumberlidge, N., Ng, P. K., Yeo, D. C., Magalhães, C., Campos, M. R., Alvarez, F. & Clotilde-Ba, F. L. (2009). Freshwater crabs and the biodiversity crisis: importance, threats, status, and conservation challenges. *Biological Conservation*, 142(8), 1665-1673.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.038>
- Escobar, L. E. (2020). Ecological Niche Modeling: An Introduction for Veterinarians and Epidemiologists. *Frontiers in Veterinary Science*, 7(1), 1-15.
<https://doi.org/10.3389/fvets.2020.519059>
- Gutiérrez-López A., Meza-Salazar A. M. & Guevara G. (2016). Descomposición de hojas y colonización de macroinvertebrados acuáticos en dos microcuencas tropicales (Manizales, Colombia). *Hidrobiológica*, 26(3), 347-357.
<https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2016v26n3/Guevara>
- Hudson, D. M. (2021). Metabolic response to temperature stress in the Colombian freshwater crab *Neostrengeria macropa* (H. Milne Edwards, 1853) (Decapoda: Brachyura: Pseudothelphusidae). *Journal of Crustacean Biology*, 41(1), 1-7.
<https://doi.org/10.1093/jcbiol/ruab002>
- Hudson, D. M., Phillips, G., Lasso, C. A. & Campos, M. R. (2021). Threats to endemic Colombian freshwater crabs (Decapoda: Pseudothelphusidae, Trichodactylidae) associated with climate change and human-mediated activities. En Kawai, T. & Rogers, D. C. (Eds.). *Recent advances in freshwater crustacean biodiversity and conservation (Advances in Crustacean Research Book 22)*. (Pp: 405-422). Taylor & Francis Group, LLC.
<https://doi.org/10.1201/9781003139560>

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1990). *Caldas aspectos geográficos*. Imprenta IGAC.
- Jaramillo-Robledo, A., Ramírez-Builes, V.H. & Arcila-Pulgarín, J. (2011). Patrones de distribución de la lluvia en la zona cafetera. Programa de Investigación Científica Fondo Nacional del Café. *Cenicafé, Chinchiná*, 480(1), 1-12.
- Lasso, C. A., Campos, M. R. & Fernández, A. J. (2018). Cangrejos cavernícolas de Colombia. Libro de memorias. I Congreso Colombiano de Espeleología y VIII Congreso Espeleológico de América Latina y El Caribe.
- Lasso, C. A., Córdoba, D. & Morales-Betancourt, M. A. (2017a). XVI: *Áreas clave para la conservación de la biodiversidad dulceacuícola amenazada en Colombia: Moluscos, Cangrejos, Peces, Tortugas, Crocodílidos, Aves y Mamíferos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Lasso, C. A., Córdoba, D. & Campos, M. R. (2017b). Cangrejos. En: Lasso, C. A., D. Córdoba y M. A. Morales-Betancourt (Eds.). XVI. *Áreas claves para la conservación de la biodiversidad dulceacuícola amenazada en Colombia: moluscos, cangrejos, peces, tortugas, crocodílidos, aves y mamíferos*. (Pp 71-121.). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y pesqueros continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Magalhães, C., Campos, M. R., Collins, P. A. & Mantelatto, F. L. (2016). Diversity, distribution and conservation of freshwater crabs and shrimps in South America. En: A Global Overview of the Conservation of Freshwater Decapod Crustaceans. (Pp: 322). Springer, Cham.
- Meza-Salazar A. M., Guevara G, Gomes-Dias L., Cultid-Medina C. A. (2020). Density and diversity of macroinvertebrates in Colombian Andean streams impacted by mining, agriculture and cattle production. *PeerJ*, 8, e9619 1-26, <https://doi.org/10.7717/peerj.9619>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-MADR. (2006). *Plan Frutícola Nacional, desarrollo de la fruticultura en Caldas*. Gobernación de Caldas, Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola-FNFH, Asociación Hortifrutícola de Colombia-Asohofrucol y Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Valle del Cauca SAG.
- Montaño, M., Meza, A. & Dias, L. G. (2012). La colección entomológica CEBUC y su potencial como colección de referencia de insectos acuáticos. *Boletín Científico Museo de Historia Natural*, 16(2), 173-184.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (15 de septiembre de 2017). Listado de especies silvestres amenazadas de la biodiversidad biológica colombiana continentales y marino costero que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones. [Resolución N° 1912].
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (29 de diciembre de 2017). Acotamiento de rondas hídricas. Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiental y Desarrollo Sostenible. [Resolución N° 2245]
- Noguera-Urbano, E. A. (2017). El endemismo: diferenciación del término, métodos y aplicaciones. *Acta Zoológica Mexicana*, 33(1), 89-107.
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V., Underwood, E. C. & Loucks, C. J. (2001). Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. A new global map of terrestrial ecoregions provides an innovative tool for conserving biodiversity. *BioScience*, 51(11), 933-938. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0933:TEOTWA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0933:TEOTWA]2.0.CO;2)
- Phillips S.J., Anderson, R.P. & Schapire, R.E. (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190, 231-259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Platnick, N. (1991). On areas of endemism, 4(1), xi-xii [Commentary]. En: Ladiges, C. J. Humphries and L. W. Martinelli. *Australian Systematic Botany*.
- QGIS Development Team (2016). QGIS Geographic Information System (version 2.18.13). Software. <https://www.qgis.org/en/site/forusers/download.html>.
- Ramírez, Y. P., Giraldo, L. P., Zúñiga, M., Ramos B. & Chara J., (2018). Influencia de la ganadería en los macroinvertebrados acuáticos en microcuencas de los Andes centrales de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 66(3), 1244-1257. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i3.30316>
- Richardson, D. M. & Whittaker, R. J. (2010). Conservation biogeography - foundations, concepts and challenges. *Diversity and Distributions*, 16(3), 313-320. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00660.x>
- Rivera-Pérez, J. M., Orrego-Meza, J. G., Escobar-Lasso, S., Zuluaga-Isaza, J. C., Londoño-Quiceno, C. & Caicedo-Martínez, L. S. (2020). Unexpected case of cannivory in a lotic tropical ecosystem: First record of predation of *Strengeriana manifoldis* by the frog *Rheobates palmatus*. *Food Webs*, 25(1), e00163. <https://doi.org/10.1016/j.fooweb.2020.e00163>
- Rodríguez, G. (1982). *Les crabes d'eau douce d'Amérique: famille des Pseudothelphusidae*. IRD Editions.

- Rodríguez, G. & Campos, M. R. (1989). Cladistic relationships of fresh-water crabs of the tribe Strengerianini (Decapoda: Pseudothelphusidae) from the northern Andes, with comments on their biogeography and descriptions of new species. *Journal of Crustacean Biology*, 9(1), 141-156.
<https://doi.org/10.1163/193724089X00287>
- Varela, S., Terribile, L. C., de Oliveira, G., Diniz-Filho, J. A. F., González-Hernández, J. & Lima-Ribeiro, M. S. (2015). ecoClimate vs. Worldclim: variables climáticas SIG para trabajar en biogeografía. *Revista Ecosistemas*, 24(3), 88-92.
- <https://doi.org/10.7818/ECOS.2015.24-3.11>
- Yang, C., Wenger, S. J., Rugenski, A. T., Wehrtmann, I. S., Connelly, S. & Freeman, M. C. (2020). Freshwater crabs (Decapoda: Pseudothelphusidae) increase rates of leaf breakdown in a neotropical headwater stream. *Freshwater Biology*, 65(10), 1673-1684.
<https://doi.org/10.1111/fwb.13524>
- Yeo, D. C., Ng, P. K., Cumberlidge, N., Magalhaes, C., Daniels, S. R. & Campos, M. R. (2008). Global diversity of crabs (Crustacea: Decapoda: Brachyura) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595(1), 275-286.
<https://doi.org/10.1007/s10750-007-9023-3>



Juan Mateo Rivera-Pérez

Universidad de Caldas.
Manizales, Colombia.
Universidade Federal do Pará/EMBRAPA.
Belém, Pará, Brasil.
jumaripe123@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3515-7297>

Camilo Andrés Llano Arias

Universidad de Caldas.
Manizales, Colombia.
Universidad del Tolima.
Ibagué, Colombia.
camiloandresllanoarias@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5812-7360>

Giovany Guevara

Universidad del Tolima.
Ibagué, Colombia.
gguevara@ut.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-2373-1805>

Distribución espacial y conservación de cangrejos de agua dulce (Decapoda: Pseudothelphusidae) en Caldas, Colombia

Citación del artículo: Rivera-Pérez, J. M., Llanos-Arias, C. A. y Guevara, G. (2022). Distribución espacial y conservación de cangrejos de agua dulce (Decapoda: Pseudothelphusidae) en Caldas, Colombia. *Biota Colombiana*, 23(2), e982.

<https://doi.org/10.21068/2539200X.982>

Recibido: 27 de mayo 2021

Aceptado: 19 de enero 2022