REVISIÓN DEL ESTADO DE CONOCIMIENTO DE LOS DECÁPODOS *Neostrengeria macropa* Y *Procambarus clarkii* (CRUSTACEA:DECAPODA) EN LA SABANA DE BOGOTÁ

MARLON NICOLAS SOLANO SATOBA
DANIELA HERRERA GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN
PROYECTO CURRICULAR DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA
BOGOTÁ
2022

REVISIÓN DEL ESTADO DE CONOCIMIENTO DE LOS DECÁPODOS *Neostrengeria Macropa* Y *Procambarus clarkii* (CRUSTACEA:DECAPODA) EN LA SABANA DE BOGOTÁ

MARLON NICOLAS SOLANO SATOBA
DANIELA HERRERA GONZÁLEZ

Proyecto de trabajo de grado para optar al título de licenciado en Biología

ALEXANDER GARCÍA GARCÍA
Director
JULIAN YESID ARIAS PINEDA
Co-director

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN
PROYECTO CURRICULAR DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA
BOGOTÁ
2022

Nota de aceptación

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Firma del presidente del jurado

_____

Firma del jurado

_____

Firma del jurado

Bogotá. D.C., _____ de _____ 2022

A la vida por ser tan maravillosa…

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos:

‘’Gracias a la vida, que me ha dado tanto’’, gracias a mi núcleo familiar que ha creído en mí, en medio de sus posibilidades ha sabido acompañarme durante mi proceso académico, aún espera que llegue a ser un gran ser humano además de un gran profesional y que desde ambos lugares pueda aportar algo a una sociedad y a un planeta que tanto lo necesita. Gracias a la circunstancia que me permitió llegar al lugar en el que siempre quise estar, estudiando esta carrera maravillosa que siento profundamente y a está universidad, la Universidad Distrital, *alma mater* que llevaré por siempre conmigo.

Agradezco a mis compañeros de carrera, personas dotadas de grandes talentos e ideas que me animaron a seguir recorriendo este camino y por supuesto a mi compañera de trabajo y de vida que me brindó todo de sí para continuar aprendiendo y culminar mi carrera profesional.

A los profesores que inundaron de conocimiento y de experiencias mi curioso e inquieto ser. Al profesor Alexander García, que más que acompañarme durante el desarrollo de mi trabajo de grado ha sido mi inspiración. Y al profesor Julian Arias quien me apoyó e impulsó en el estudio de esos organismos que tanto ama, los decápodos dulceacuícolas.

Nicolas Solano Satoba

Gracias al universo por posicionarme en este tiempo y espacio, el cual me llevó a elegir está carrera tan maravillosa. A la Universidad Distrital, por haberme abierto las puertas del conocimiento y por permitir que me formara como profesional y ciudadana para esta sociedad. A mis padres, mis abuelos y mis hermanas por su apoyo incondicional, su amor, su esfuerzo, su aliento, su compañía y consejos para ser mejor cada día. A mi compañero de carrera y de vida, el cual estuvo presente a lo largo de estos años para ofrecerme todo su amor y su sapiencia para que juntos llegaramos a este momento. A los docentes maravillosos que me enseñaron todo su conocimiento en estos años, en especial al profesor Alexander García y al profesor Julian Arias que fueron mi inspiración y mi guía en este camino, el cual espero seguir enriqueciendo.

Daniela Herrera González

Resumen

El presente trabajo es una recopilación de la información existente sobre los decápodos que habitan la sabana de Bogotá. *Neostrengeria macropa* y *Procambarus clarkii*, son dos especies de hábitos muy diferentes; son de variada morfología, distribución, ciclo de reproducción, biología, dieta, y ocupan un rol diferente en el ecosistema. *Neostrengeria macropa* es una especie endémica de cangrejo que habita en una altitud que va desde los 2.200 a los 2.900 m sobre el nivel del mar y es habitante común de cuerpos de agua de montañas, con temperaturas bajas y gran cantidad de oxígeno. Su importancia radica en función de procesos de destrucción de materia orgánica y descompactación del suelo de las quebradas. Por otra parte, *Procambarus clarkii* es un cangrejo de río, nativo del sureste de Estados Unidos, pero que se puede encontrar en otros continentes, donde a menudo es una especie invasora. Ha sido introducido deliberadamente fuera de su zona de origen como en países de Asia, África, Europa y otros sitios del continente americano. En Colombia, esta especie fue introducida por primera vez en la década de 1980 en la zona del Valle del Cauca y su presencia se registró para la sabana de Bogotá en el año 2004. Debido a su potencial colonizador y constituir una amenaza grave para las especies nativas, los hábitats o los ecosistemas, se requiere mayor profundización y datos disponibles para realizar una estimación más concluyente acerca del impacto que puede llegar a tener en el cangrejo de la sabana debido a que esta especie está catalogada como especie en peligro y su desaparición podría generar un problema ecológico por su importante rol en los ecosistemas dulceacuícolas. Los datos se recolectaron a partir de la búsqueda en bases de datos, obteniendo 126 documentos de tipo libros, artículos científicos, notas científicas, tesis de pregrado y postgrado, páginas web, planes de manejo y conservación. y publicaciones periodísticas no científicas que incluyeron, 65 de *Procambarus clarkii*, 42 de *Neostrengeria macropa,* 6 de la sabana de Bogotá y 5 documentos de los decápodos de la sabana de Bogotá. Los resultados obtenidos se dividieron en categorías respecto a las temáticas tratadas en cada fuente de información, infiriendo que las investigaciones de los decápodos de la sabana de Bogotá aún son escasas, para establecer planes de conservación para *Neostrengeria macropa* y planes de manejo para *Procambarus clarkii*, sin embargo las revisiones de literatura científica nos permiten tener un conocimiento concreto y actualizado sobre la situación de las especies.

Palabras clave: Decapoda, decapodos dulceacuícolas, *Neostrengeria*, *Neostrengeria macropa*, *Procambarus clarkii*, Pseudotelphusidae, Sabana de Bogotá

Abstract

The present work is a compilation of the existing information on the decapods that inhabit the savannah of Bogotá. *Neostrengeria macropa* and *Procambarus clarkii* are two species with very different habits; they are of varied morphology, distribution, reproductive cycle, biology, diet, and occupy a different role in the ecosystem. *Neostrengeria macropa* is an endemic species of crab that lives at an altitude ranging from 2,200 to 2,900 m above sea level and is a common inhabitant of mountain water bodies, with low temperatures and a large amount of oxygen. Its importance lies in terms of processes of destruction of organic matter and loosening of the soil in the streams. On the other hand, *Procambarus clarkii* is a crayfish, native to the southeastern United States, but can be found on other continents, where it is often an invasive species. It has been deliberately introduced outside of its area of origin, such as in countries in Asia, Africa, Europe and other parts of the American continent. In Colombia, this species was introduced for the first time in the 1980s in the Valle del Cauca area and its presence was recorded in the Bogotá savannah in 2004. Due to its colonizing potential and constituting a serious threat to the native species, habitats or ecosystems, greater depth and available data are required to make a more conclusive estimate about the impact it may have on the savannah crab due to the fact that this species is classified as an endangered species and its disappearance could generate an ecological problem due to its important role in freshwater ecosystems. The data was collected from the database search, obtaining 126 documents such as books, scientific articles, scientific notes, undergraduate and postgraduate theses, web pages, management and conservation plans. and non-scientific journalistic publications that include, 65 of *Procambarus clarkii*, 42 of *Neostrengeria macropa*, 6 of the savannah of Bogotá and 5 documents of the decapods of the savannah of Bogotá. The results obtained were divided into categories regarding the topics covered in each source of information, inferring that research on the decapods of the Bogotá savanna is still scarce, to establish conservation plans for *Neostrengeria macropa* and management plans for *Procambarus clarkii*. However, reviews of the scientific literature allow us to have up-to-date knowledge about the status of the species.

Keywords: Decapoda, freshwater decapods, *Neostrengeria*, *Neostrengeria macropa, Procambarus clarkii*, Pseudotelphusidae, Savannah of Bogota

Lista de Figuras

Figura	**1.**	Vista dorsal de un cangrejo braquiurano generalizado	24
Figura	**2.**	Apéndices birrámeos	25
Figura	**3.**	Gonópodo izquierdo de *Neostrengeria macropa*	30
Figura	**4.**	Cangrejo sabanero *Neostrengeria macropa*	32
Figura	**5.**	*Procambarus clarkii*	33
Figura	**6.**	Documentos recolectados por tipo de publicación	38
Figura	**7.**	Documentos organizados por temáticas	38
Figura	**8.**	Distribución de Pseudothelphusidae en América del Sur	40
Figura	**9.**	Morfología externa del cangrejo *Neostrengeria Macropa* en vista dorsal y ventral	45
Figura	**10.**	*Neostrengeria macropa* macho, primer gonópodo izquierdo	46
Figura	**11.**	Hembra de *Neostrengeria* macropa ovada	47
Figura	**12.**	*Temnocephala* sp Montaje con tinción reportado en *Neostrengeria macropa*	49
Figura	**13.**	*Paragonimus spp*. identificado en *Neostrengeria macropa* usando estereomicroscopia	50
Figura	**14.**	Policromía de *Neostrengeria macropa* en individuos de Suesca, Cundinamarca	51
Figura	**15.**	Árbol con estimaciones de divergencia para los nodos de los principales grupos de Pseudothelphusoidea	55
Figura	**16.**	Árbol de relaciones filogenéticas obtenido por análisis bayesiano para 32 géneros de la superfamilia Pseudothelphusoidea	56

Figura	**17.**	Áreas de distribución de Pseudothelphusoidea, por familias y subfamilias, en el continente americano	57
Figura	**18.**	Individuos de *Neostrengeria macropa* utilizados en ‘’El Berraquillo’’	62
Figura	**19.**	El amor de José y Edelmira en la cuenca del Río Funza	64
Figura	**20.**	Distribución del género *Neostrengeria* en la cordillera oriental	66
Figura	**21.**	Mapa de la distribución actual de *Neostrengeria macropa*	68
Figura	**22.**	Mapa de distribución de *Neostrengeria macropa* dentro del territorio CAR	69
Figura	**23.**	*Procambarus clarkii*, macho, vista total dorsal	73
Figura	**24.**	*Procambarus clarkii* caparazón, primer pereiópodo, primer gonópodo	74
Figura	**25.**	Hembra de *Procambarus clarkii* ovada	77
Figura	**26.**	Hembra con sacos ovígeros entre sus pleópodos.	77
Figura	**27.**	Crecimiento de *Procambarus clarkii*	78
Figura	**28.**	Alimentos contenidos en el intestino de *Procambarus clarkii* en Europa	79
Figura	**29.**	Ejemplares de *Procambarus clarkii* colectados en el canal Vista Alegre (Lima- Perú)	82
Figura	**30.**	Diferenciación morfológica entre individuos juveniles y maduros de *Procambarus clarkii* en laguna de Fúquene.	82
Figura	**31.**	Las rutas de invasión global del cangrejo de río *Procambarus clarkii*	86
Figura	**32.**	Madrigueras de *Procambarus clarkii*	88
Figura	**33.**	Métodos de captura de individuos de *Procambarus clarkii*	94
Figura	**34.**	Distribución mundial de *Procambarus clarkii*	96

Figura 35. Mapa de distribución de la especie invasora *Procambarus* clarkii en la sabana de Bogotá 97

Figura 36. Distribución geográfica de *Procambarus clarkii* en Colombia 98

Figura 37. Presencia del cangrejo de río *Procambarus clarkii* en la jurisdicción CAR 99

Figura 38. Mapa de distribución de *Neostrengeria macropa* y *Procambarus clarkii* 100

Lista de Tablas

Tabla 1. Pseudothelphusidos reportados como huéspedes de duelas *Paragonimus* 26

Tabla 2. Subcategorías de información para la especie *Neostrengeria macropa* 36

Tabla 3. Subcategorías de información para la especie *Procambarus clarkii* 40

Tabla 4. Número total de géneros y especies de la familia Pseudothelphusidae en varias áreas del Neotrópico hasta 2004 41

Tabla 5. Análisis de los contenidos alimenticios de P. clarkii en Zanjón de Palmira, Valle 80

Contenido

1. Introducción **16**

2. Planteamiento del problema **19**

3. Justificación **20**

4. Objetivos **22**

5. Marco Conceptual **23**

5.1 Generalidades de los decápodos **23**

5.2 Cangrejos de agua dulce en Colombia **25**

5.3 Género *Neostrengeria* (Pretzmann, 1965) **28**

5.3.1 *Neostrengeria Macropa* (H. Milne Edwars, 1853) **30**

5.4 *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) **32**

6. Metodología **34**

6.1 Tipo de estudio **34**

6.2 Recolección de datos **34**

6.3 Análisis de datos **34**

7. Resultados y discusión **38**

7.1 Documentos recolectados **38**

7.2 Sabana de Bogotá **39**

7.3 Estado de conocimiento del género *Neostrengeria* y la especie *Neostrengeria macropa* **39**

7.3.1 Generalidades **39**

7.3.2 Sistemática **41**

7.3.3 Morfología externa **43**

7.3.4 Aspectos biológicos **46**

7.3.4.1 Reproducción y desarrollo **47**

7.3.4.2 Dieta **48**

7.3.4.3 Comportamiento **48**

7.3.4.4 Relaciones simbióticas **48**

7.3.4.5 Colorimetría **50**

7.3.5 Aspectos ecológicos **51**

7.3.5.1 Hábitat y nicho ecológico **52**

7.3.5.2 Temperatura y respuesta conductual **52**

7.3.6 Aspectos evolutivos **53**

7.3.7 Aspectos biogeográficos **56**

7.3.8 Factores de Riesgo **58**

7.3.9 Planes y estrategias de conservación **60**

7.3.10 Endemismo de los cangrejos dulceacuícolas de Colombia **61**

7.3.11 Usos **61**

7.3.12 Aspecto socio-cultural **62**

7.3.13 Distribución del género *Neostrengeria* **64**

7.3.13.1 Distribución de *Neostrengeria macropa* **66**

7.4 Estado de conocimiento de *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) **70**

7.4.1 Generalidades **70**

7.4.2 Sistemática **71**

7.4.3 Morfología externa **72**

7.4.4 Aspectos biológicos **75**

7.4.4.1 Reproducción y desarrollo **75**

7.4.4.2 Dieta **78**

7.4.4.3 Comportamiento **80**

7.4.4.4 Relaciones simbióticas **81**

7.3.4.5 Colorimetría **81**

7.4.5 Aspectos ecológicos **83**

7.4.5.1 Hábitat y nicho ecológico **83**

7.3.5.2 Predadores **85**

7.4.6 Aspectos biogeográficos **85**

7.4.7 Éxito invasivo e impacto en los seres humanos 87

7.4.8 Usos 89

7.4.9 Situación de *Procambarus clarkii* en Bogotá 90

7.4.10 Planes de manejo 91

7.4.11 Distribución de *Procambarus clarkii* 95

7.5 Mapa de distribución de *Neostrengeria macropa* y *Procambarus clarkii* en la Sabana de Bogotá 100

8. Conclusiones 101

9. Recomendaciones 103

10. Referencias bibliográficas 104

1. Introducción

Los decápodos de agua dulce del neotrópico (Infraorden Brachyura) son un grupo de crustáceos de gran relevancia pues además de ser conocidos sistemáticamente, presentan abundancia en cantidad de especies y amplias áreas de distribución (Campos, 1985). En Colombia están representados por dos familias, los Trichodactylidae denominados comúnmente como cangrejos de tierras bajas y los cangrejos montanos pertenecientes a la familia Pseudothelphusidae (Rodriguez, 1982). Los cangrejos de la familia Pseudothelphusidae han sido estudiados en el campo de la medicina y son de gran interés pues son vectores de *Paragonimus,* un trematodo parasitario que es causante de una enfermedad pulmonar denominada Paragonimosis y otras especies han sido estudiadas debido a que son componentes económicos para algunos pescadores, pues hacen parte de la dieta de algunas poblaciones humanas. Los organismos pertenecientes a esta familia se caracterizan por tener adaptaciones para la respiración aérea como la presencia de un pseudo pulmón, localizado en la cámara branquial. Esta propiedad predomina en su ecología y comportamiento nocturno, además de presentar un desarrollo directo (Campos, 1994). Esto añadido a un rango de adaptación bastante amplio han permitido que habiten desde una altitud de 300 a 3000 m de altitud. En el neotrópico tienen áreas de distribución muy pequeñas, mostrando un acelerado proceso de especiación que sólo se manifiesta en la morfología de los genitales masculinos denominados gonopodos (Campos, 2005a). Se ha descrito que los cangrejos dulceacuícolas son detritívoros lo que los hace fundamentales en el ciclo de nutrientes de los ecosistemas de agua dulce, además de que algunos hacen parte fundamental de la dieta de algunos predadores, sin embargo se sugiere que es necesario realizar más estudios ecológicos sobre el verdadero papel que tienen los cangrejos de las familias Pseudothelphusidae en los ecosistemas (Rodriguez & Magalhaes, 2005).

Ubicado en la zona Neotropical encontramos a Colombia, un país con altos niveles de endemismo debido a la complejidad de su biogeografía, por esta razón tiene los "hotspots"más importantes del planeta (Campos & Lasso, 2015). En cuanto a los decápodos dulceacuícolas es el país con mayor nivel de endemismos (81%) y respecto a la familia Pseudothelphusidae también es el país con mayor endemismo contando con 86 especies endémicas de 94 registradas (91,5%) (Campos, M & Campos, D, 2020) sustentados por la riqueza de ecosistemas acuáticos continentales (Campos & Lasso, 2015).

Dentro de la familia Pseudothelphusidae, el género *Neostrengeria* Pretzmann, 1965 es uno de los géneros de braquiuros endémicos de Colombia y comprende un grupo de especies que habitan en la alta montaña y se encuentran restringidos a la Cordillera Oriental colombiana, en las cuencas del Magdalena, Orinoco y Catatumbo (Campos, 1992, 1994; Campos & Rodríguez, 1985). Allí se ubica el cangrejo de la sabana *Neostrengeria macropa,* especie endémica de la sabana de Bogotá, habitante

común de cuerpos de agua de montañas, con temperaturas bajas y gran cantidad de oxígeno, a una altura que varía entre los 2200 a los 2900 m.s.n.m. (Ortiz et al., 1981; Campos, 2005a; Arias-Pineda 2013). La Sabana de Bogotá es una zona ubicada en el centro geográfico de Colombia, sobre la Cordillera Oriental, en la parte sur del altiplano cundiboyacense, la altiplanicie más extensa de los Andes colombianos (Campos, 1994, 2005a). Presenta una temperatura anual que varía entre 12 y 18 ºC y la precipitación anual varía entre 500 y 1500 mm (van der Hammen & Correal, 1992) con dos temporadas marcadas de lluvia (IGAC,1992).

Actualmente los registros distribucionales de la especie indican que *Neostrengeria macropa* se encuentra en los municipios de Tabio, Sopó, Gachancipá, Zipaquirá, Guatavita, Cogua, Sesquilé, Suesca, Chocontá, Villapinzón, Tausa, Cogua, todos estos ubicados en los altiplanos de Ubaté y Bogotá, irrigados por las cuentas del río Checua, Bogotá y Ubaté (Ortiz et al., 1981; Campos & Rodríguez 1985; Campos 1992, 1994). Sin embargo se ha ampliado la distribución de *Neostrengeria macropa* en lugares del sur de la sabana de Bogotá, como lo son Sibate, vereda San Miguel, cercanías a las riveras del río Muña ,al occidente de la Sabana de Bogotá en Facatativá y Usme (Arias-Pineda, 2013; Arias-Pineda & Realpe, 2014).

La especie habita en galerías asociadas a las márgenes de los cuerpos de agua e incluso se ha registrado que soporta condiciones de aguas contaminadas como las presentes en la subcuenca del río Bogotá (Hernández-Barrero et al., 2007). Es solitaria y solo se agrupa para el apareamiento (Ortiz et al., 1981). Presenta dimorfismo sexual pues se ha descrito que las hembras son más pequeñas que los machos (Hernández-Barrero et al., 2007). *Neostrengeria macropa* tiene un valor comercial ya que es utilizada como pesca de subsistencia y artesanal, en lagunas, en ríos y quebradas desde hace más de 30 años (Campos & Lasso, 2015). También es aprovechada comúnmente como parte de bebidas afrodisíacas conocidas como “Berraquillo” (Arias-Pineda & Realpe, 2014), pero sobre todo cumplen un rol ecológico muy importante debido a que contribuyen en los procesos de descomposición de la materia orgánica en el suelo de las quebradas y sitios aledaños a las mismas, (Amad et al .,2007; Campos, 2007; Arias-Pineda & Rodríguez 2012; Arias-Pineda, 2013; Arias-Pineda & Realpe, 2014; Arias-Pineda et al., 2014) por lo que son parte fundamental de los ecosistemas dulceacuícolas.

Sin embargo el panorama no es muy alentador para el cangrejo de la sabana ya que ha sido catalogada como una especie en la categoría de Vulnerable y en el libro rojo de cangrejos dulceacuícolas de Colombia se propuso clasificar la especie en la categoría en peligro (Campos & Lasso, 2015). En concordancia el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de acuerdo a la Resolución MADS 1912 de 2017 la catalogó como EN (En Peligro) (CAR, 2020) principalmente por el hecho de tener una distribución tan restringida, pero los factores que amenazan esta especie van más allá y son muy diversos, tales como la deforestación en cuencas hídricas, la contaminación por

vertimientos, la minería, el desarrollo urbano y la densidad poblacional, además de la desecación de humedales, fragmentación de hábitats por represas, transformación del caudal de los rìos e introducción de especies exóticas como el cangrejo rojo americano *Procambarus clarkii* (Campos & Lasso, 2015). Estas amenazas persisten en la actualidad y de hecho son cada vez mayores y aceleradas, denotando una disminución continua en su rango de distribución e incluso ha desaparecido de muchos sitios en La Sabana de Bogotá (Campos & Lasso, 2015).

Se ha descrito que los principales factores de riesgo que afectan al cangrejo de la sabana son el impacto antropogénico relacionado con el uso del suelo en la Sabana de Bogotá y la competencia con especies invasoras (Hudson et al., 2021). Una de estás especies es la langostilla roja *Procambarus clarkii* un crustáceo decápodo, que habita en ambientes de agua dulce tanto lóticos como lénticos. También es comúnmente conocido como cangrejo de río o acocil rojo (Franco-Sustaita, 2014). Su área de distribución original es la costa del Golfo de México de Estados Unidos desde el noreste de México hasta la Florida y también de los estados de Texas, Alabama, Louisiana, Mississippi, Arkansas, Tennessee, Missouri, Illinois, Nuevo México y Oklahoma localizados al sur de los Estados Unidos (FAO 2009). La especie ha sido introducida en casi todos los continentes a excepción de Australia y la Antártida (Campos, 2005b). En Colombia, su introducción ocurrió en 1985 y fue permitida mediante la expedición de un registro sanitario como especie experimental para cultivo con fines comerciales en el Valle del Cauca (Valencia et al., 2012). Sin embargo, después de presentarse una fuga accidental de individuos, estos se dispersaron por los municipios de Palmira, Jamundí, Santiago de Cali, Guacarí, Yotoco, Guadalajara de Buga, cuencas del río Cauca (Flórez-Brand & Espinoza-Beltrán, 2011) y en el el año 2004 se registró por primera vez para la sabana de Bogotá (Campos 2005b). Esta especie posee una alta capacidad de tolerancia a cambios fisicoquímicos de los ambientes acuáticos y períodos intensos de sequía (Rodríguez-Almaraz 2001), además de su amplio espectro alimenticio (Romero y von Prahl, 1988), su asociación con vegetación acuática de abundante presencia en las laguna, su alta tasa de reproducción y propagación (Campos 2005b) y su comportamiento territorial y agresivo (FAO 2009) han favorecido su rápida colonización y distribución. *Procambarus clarkii* es una especie politrófica, ya que se alimenta tanto de material vegetal como animal incluyendo insectos, larvas de insectos, gusanos (anélidos), huevos de peces y anfibios, además presas con algún grado de descomposición y detritus (Campos, 2005b). Debido a este fenómeno que ocurre en la sabana de Bogotá entre estas dos especies y a la escasa información disponible de *Neostrengeria macropa* planteamos el siguiente trabajo con el objetivo de establecer el estado de conocimiento de las poblaciones de estos dos decápodos, principalmente para tener toda la información compilada y que además de ser un trabajo recopilatorio sirva como herramienta para futuros estudios con los cuales se puedan establecer planes de conservación para *Neostrengeria macropa* y planes de manejo para el tratamiento que requiere *Procambarus clarkii* como especie invasora de la Sabana de Bogotá.

2. Planteamiento del Problema

Colombia es un país que registra un alto nivel de endemismo y los Andes tropicales son considerados uno de los ‘’hotspots’’ más importantes en el planeta. En cuanto a la carcinofauna dulceacuícola, es el país con mayor índice de endemismo en el mundo, sin embargo debido a las presiones antropogénicas a las que se ven sometidas estas especies como son la pérdida de su hábitat, la introducción de especies exóticas y la pesca indiscriminada han llevando a la reducción de las poblaciones de sus habitantes nativos. Este es el caso del cangrejo de la sabana *Neostrengeria macropa*, habitante endémico de la Sabana de Bogotá, que debido al consumo descontrolado, la ausencia de limitaciones en su comercialización y la fragmentación de su hábitat principalmente por el desarrollo urbano se encuentra amenazada demostrando desde el 2007 una disminución considerable y acelerada de sus poblaciones, llegando a ser catalogada como especie en peligro (EN) por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el año 2017. Sumado a esto se encuentra la presencia de una especie invasora, el cangrejo americano *Procambarus clarkii* que se presume tiene varios puntos de solapamiento y competencia con *Neostrengeria macropa*. Debido a que es un aspecto que requiere mayor información en la Sabana de Bogotá y ante la falta de datos disponibles para realizar una estimación más concluyente se realiza la recopilación de evidencia bibliográfica de *Procambarus clarkii* no solo por el impacto que puede llegar a tener en el cangrejo de la sabana, ya que esta ha sido catalogada como la especie de crustáceo con mayor potencial invasor y adaptabilidad, demostrando en otros países la competencia que tiene con cangrejos nativos, sino también por la alteración que puede suponer su presencia en los nuevos hábitats colonizados, siendo el neotrópico una zona de gran favorabilidad para su supervivencia y reproducción.

Por otra parte la información publicada acerca de *Neostrengeria macropa* es insuficiente, por tal razón se requiere tener esta información actualizada y compilada con el fin de contribuir a futuros proyectos de investigación para la preservación de su hábitat y para establecer planes de conservaciòn que permitan proteger a la especie, especialmente a los individuos juveniles y las hembras ovadas . Desde otra perspectiva tambièn se requiere evaluar la situación de la langostilla roja *Procambarus clarkii* en la Sabana de Bogotà con el objetivo de considerar planes de manejo funcionales y el tratamiento que se debe tener con esta especie invasora que ha sido la principal causante de la reducción de fauna endémica en otros lugares del mundo y ha demostrado una acelerada transformación en las redes tróficas de los lugares que ha colonizado. Teniendo en cuenta esta problemática la presente monografía se realiza planteando la siguiente pregunta:

¿Cuál es el estado de conocimiento histórico y actual de los decápodos de la Sabana de Bogotá, *Neostrengeria macropa* y *Procambarus clarkii*?

3. Justificación

Colombia es el primer país en Suramérica con mayor riqueza de especies de cangrejos de agua dulce y el segundo a nivel mundial con 109 especies registradas (Campos, M & Campos, D, 2020). Este número de especies están agrupadas en 15 géneros a los cuales están asignadas 94 especies de la familia Pseudothelphusidae, 9 géneros y 15 especies de la familia Trichodactylidae, presentando un porcentaje de endemismo muy alto (81%), pues alrededor de 87 de estas especies son endémicas (Campos & Lasso, 2015; Campos, M & Campos, D, 2020). Toda esta información es relevante pues cataloga a Colombia como un ‘’hotspot’’ para los cangrejos dulceacuícolas, sin embargo se ha estimado que una evaluación regional y la UICN clasificaron el 56 % de los cangrejos Pseudothelphusidae y el 17 % de los cangrejos Trichodactylidae como “datos deficientes”(Cumberlidge et al., 2014; Campos & Lasso, 2015).

Dentro de la familia Pseudothelphusidae se encuentra el género *Neostrengeria* Pretzmann, 1965, que comprende un grupo de cangrejos dulceacuícolas endémicos de Colombia; cuenta con 25 especies, con distribución en la Cordillera Oriental, la mayoría de tamaño pequeño o mediano, a excepción de *Neostrengeria macropa* que puede alcanzar un ancho de caparazón de 60 mm (Campos & Lasso, 2015). *Neostrengeria macropa* es una especie típica de alta montaña de la Cordillera Oriental que habita en ríos y quebradas por encima de los 2200 m s. n. m, también es común en lagunas altoandinas y ha colonizado humedales de origen antrópico como canales de irrigación y embalses (Campos & Lasso, 2015). Es endémico de la sabana de Bogotá (Campos, 2005a) y su situación actual supone una gran preocupación, pues la especie se encuentra como especie amenazada, y se encontraba bajo la categoría de Vulnerable (VU) en la resolución 0192 del 10 de febrero de 2014 del Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible (Campos & Lasso, 2015, Campos 2007) y actualmente catalogada como En Peligro (EN) por la Resolución 1912 de 2017 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (CAR, 2020). La amenaza de la especie comprende diversos factores entre los que se incluyen: deforestación en la cuenca; contaminación por vertimientos, minería, desarrollo urbano y densidad poblacional, desecación de humedales, fragmentación de hábitats por represas, regulación del régimen de caudales y la sobreexplotación pesquera, pues la especie es aprovechada comúnmente como parte de bebidas afrodisíacas conocidas como “Berraquillo” (Arias-Pineda & Realpe, 2014). Sumado a estos factores de amenaza, se encuentra la introducción de especies exóticas como el cangrejo rojo americano *Procambarus clarkii* (Campos & Lasso, 2015), especie de importancia ecológica debido a su gran capacidad para adaptarse a hábitats nativos y que recientemente ha tomado relevancia pues el fenómeno invasivo se ha extendido en el mundo en continentes como Europa, África y Asia, lugares en los cuales ha causado la reducción y desaparición de especies nativas (Gherardi, 2000).

Neostrengeria macropa es una especie con importantes funciones en el ecosistema como acelerar el proceso de descomposición de materia orgánica ya que su dieta es descrita como omnívora con tendencia detritívora, y a la saprofagía (Fundación Humedales, 2004; Garzón et al. 2005), con lo que contribuyen a la limpieza y la descompactación del suelo de los cuerpos de agua en los que habitan (Amat et al., 2007; Campos & Pedraza, 2008; Arias-Pineda, 2013), por lo que el descenso poblacional de *Neostrengeria macropa* en su hábitat supone un problema drástico debido a su importancia en el ciclo de nutrientes del ecosistema. Además de ello, su presencia es un indicador del grado de conservación del ambiente natural (Campos 2005a; Longo & Lasso, 2014) por lo que son consideradas especies bioindicadoras, pero debido a que son especies de baja fecundidad y desarrollo directo, son más frágiles frente a los impactos antrópicos. Actualmente es escasa la información relacionada con la biología reproductiva de *Neostrengeria macropa*, y especialmente en el establecimiento de su ciclo reproductivo lo cual resulta desfavorable ya que es de gran importancia conocer aspectos reproductivos básicos de la especie, con la finalidad de efectuar planes de conservación e incluso temporadas de veda, ya que como hemos resaltado es común su sobreexplotación comercial.

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Realizar una investigación bibliográfica que agrupe las fuentes de información existentes de las especies *Neostrengeria macropa* y *Procambarus clarkii* en la sabana de Bogotá.

4.2 Objetivos Específicos

Identificar el estado de conocimiento de los decápodos *Neostrengeria macropa* y *Procambarus clarkii*, en la Sabana de Bogotá.

Reconocer el estado de las poblaciones y los principales aspectos de *Neostrengeria macropa* y *Procambarus clarkii* reportados en la Sabana de Bogotá.

Elaborar un mapa de distribución geográfica de las especies *Neostrengeria macropa* y *Procambarus clarkii* de la Sabana de Bogotá, proponiendo potenciales puntos de solapamiento.

5. Marco conceptual

5.1 Generalidades de los decápodos

Los decápodos son un gran orden dentro de los Crustáceos de la clase Malacostraca. El orden abarca una gran diversidad de crustáceos marinos, dulceacuícolas y semiterrestres con una estimación de 110.000 especies a nivel global. Los representantes más importantes del orden son los camarones de agua dulce (Penaeoidea, Caridea), cangrejos de río (Astacidea) y cangrejos (Anomura, Brachyura). El orden incluye individuos que colonizaron hábitats epigeos e hipogeos (Hobbs & Lodge, 2010).

Aunque los decápodos tienen la mayor diversidad de todos los órdenes de crustáceos, una serie de características son comunes en todos sus individuos. La extensa segmentación del cuerpo y la presencia de apéndices articulados en todos los metámeros dan a los decápodos una apariencia primitiva. El cuerpo de los decápodos de agua dulce está encerrado en un exoesqueleto que consta de polisacáridos complejos endurecidos con sales inorgánicas (excepto en las articulaciones, donde la cutícula es delgada y flexible) (Hobbs & Lodge, 2010). Los segmentos de la cabeza y el tórax se fusionan para formar un gran cefalotórax cubierto por un solo escudo, el caparazón; esto se aplica a los camarones, cangrejos de río y cangrejos. El caparazón encierra la cámara branquial (branquias). La porción anterior del cefalotórax contiene un par de ojos grandes con tallo, un rostro mediano en camarones y cangrejos de río, dos pares de antenas y un par de mandíbulas. Los seis segmentos abdominales son distintos (Hobbs & Lodge, 2010).

El cefalotórax y el abdomen están compuestos por somitas, cada uno con un par de apéndices articulados ventrales que son homólogos en serie y básicamente birrámeos (Figura 2), pero están modificados para diversas funciones (p. ej., sensoriales, alimenticias, manipulación, limpieza de las branquias, punzadas, cópula, fijación e incubación de huevos y natación). El apéndice birrame típico tiene forma de Y y la base de la "Y" está unida a la somita. La base es el protopodito (que consta de dos articulaciones: coxopodito y basipodito) que lleva un endopodito mesial, típicamente de cinco podómeros, y un exopodito lateral, con pocos o muchos segmentos. Los tres primeros pares de apéndices torácicos generalmente se modifican como maxilípedos (apéndices involucrados en la alimentación y la locomoción) (Hobbs & Lodge, 2010).

Algunas características de la morfología externa difieren entre los tres grupos. Los camarones generalmente están comprimidos lateralmente en relación con los cangrejos de río y cangrejos. Entre los camarones, los carideos se distinguen fácilmente (p. ej., de los camarones peneidos y estenopodidos) por el gran segundo pleuron abdominal que se superpone a los del primer y tercer somito; además, todos los carideos carecen de quelas terminales en los terceros pereiópodos. (Hobbs,

2010). Las características que distinguen a los cangrejos de río de los anomuranos (cangrejos falsos) y los braquiuros (cangrejos verdaderos) incluyen lo siguiente: los primeros tres pares de pereiópodos de cangrejos de río siempre son quelados, mientras que el segundo y tercer pereiópodos de cangrejos falsos y verdaderos no lo son. En contraste, los cangrejos verdaderos tienen cuatro pares de patas para caminar bien desarrolladas y el último o quinto par puede estar modificado para nadar (Figura 1) (Hobbs & Lodge, 2010).

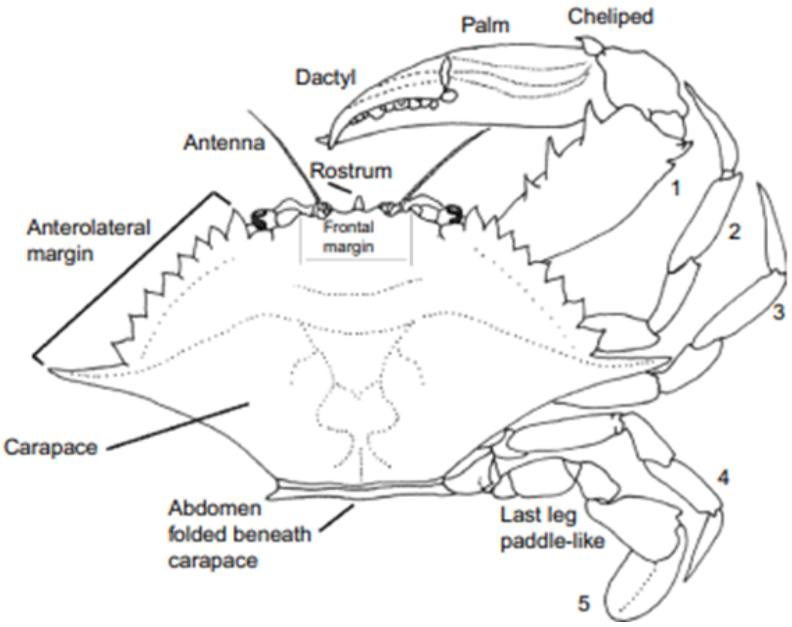


Figura 1. Vista dorsal de un cangrejo braquiurano generalizado que demuestra la morfología externa. Tomado de Hobbs & Lodge, 2010.

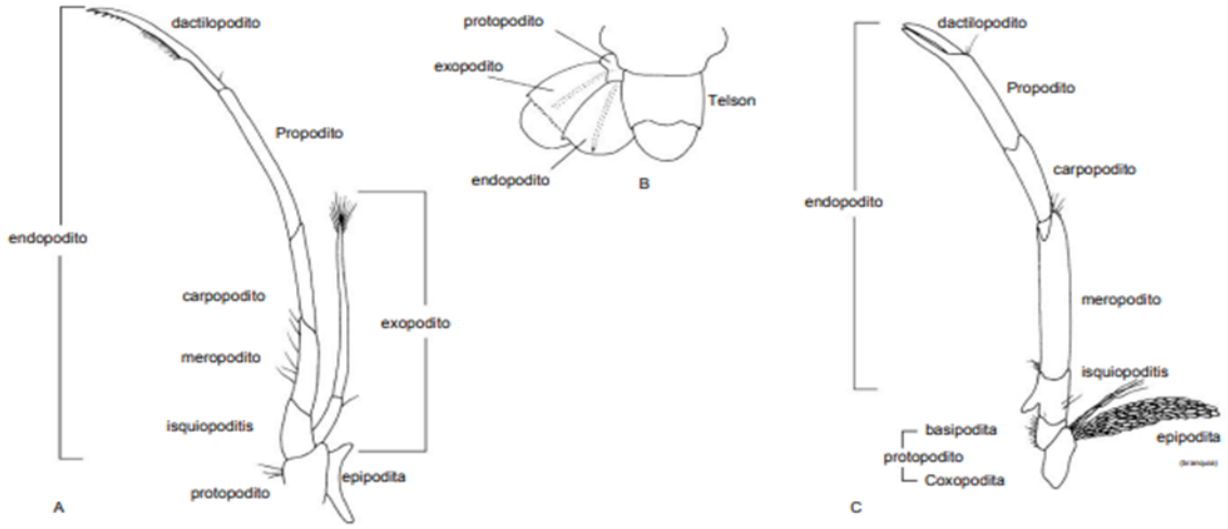


Figura 2. Apéndices birrámeos: (A) *Palaemonias alabamae* tercer maxilípedo (B) *Cambarus strigosus* vista dorsal de telson y urópodo birrame (C) *Procambarus lunzi* tercer pereiópodo. Tomado de Hobbs & Lodge, 2010.

5.2 Cangrejos de agua dulce en Colombia

De las más de 6700 especies de cangrejos braquiuros que existen, más de 1300 especies se han adaptado a la vida en ambientes dulceacuícolas, caracterizados por su capacidad de completar su ciclo de vida de manera independiente del entorno marino. Una de las características principales de los cangrejos dulceacuícolas es que presentan desarrollo directo, es decir, no presentan etapas larvales y de los huevos emergen pequeños cangrejos que permanecen en el abdomen de la hembra (Álvarez &Villalobos, 1997; Ojeda J.C.,2017).

Los crustáceos decápodos de agua dulce constituyen un grupo de organismos con gran importancia desde el punto de vista biológico, taxonómico, ecológico, biogeográfico, económico y médico (Campos, 2014). Colombia es considerado el país con mayor riqueza de cangrejos de agua dulce en Sudamérica y el segundo a nivel mundial (Campos & Lasso, 2015), sin embargo la información para Colombia se encuentra muy dispersa, es necesario recopilarla con el fin de contribuir al inventario de los recursos naturales del país y facilitar eventualmente la adecuada utilización de los mismos (Campos,1985). La importancia ecológica de los decápodos dulceacuícolas se debe principalmente a que estos organismos son elementos esenciales de la cadena trófica en ambientes acuáticos pues en su mayoría son saprófagos y contribuyen a la aceleración del proceso de descomposición de material orgánico, además algunos grupos se consideran como bioindicadores de la calidad del agua (Campos,2014).

En Colombia los decápodos han sido de gran interés pues se ha registrado que son parte importante de la dieta en departamentos como Córdoba, Cauca y el Valle del Cauca constituyendo una fuente económica importante para los pescadores. Por otra parte han despertado interés en la parasitología pues como establecieron Rodriguez & Magalhaes en 2005, 22 especies de la familia Pseudothelphusidae han sido registradas como vectores de la duela del pulmón Paragonimus causante de la enfermedad paragonimiasis. Para Colombia se han registrado las especies de cangrejos *Hypolobocera bouvieri* (Rathbun, 1898), *H. emberarum* (Campos & Rodríguez, 1995), *Strengeriana fuhrmanni* (Zimmer, 1912), *S. bolivarensis* (Rodríguez & Campos, 1989) y *Strengeriana sp*. (Vélez et al., 2003, Uruburu et al., 2008) como vectores (Tabla 1). Actualmente se adelantan trabajos en otros miembros de la familia como es el caso de *Neostrengeria macropa* que en año 2019 reportó la presencia de *Paragonimus* (Phillips et al.,2019).

Tabla 1. Especies de cangrejos Pseudothelphusidae reportadas como huéspedes de duelas pulmonares del género *Paragonimus* (Trematoda, Troglotrematidae). Tomado de (Rodríguez & Magalhaes, 2005)

Especies hospedantes	País	Parásito
Eudaniela garmani	Venezuela	*P. mexicanus*
Hypolobocera aequatorialis H.	Ecuador	*P. mexicanus*
gracilignatha H. bouvieri	Perú	*p inca*
monticola 2	Colombia	*Paragonimus* spp.
H. chilensis	Perú	*P. caliensis, P. amazonicum, P. mexicanus*
H. emberarum	Colombia	*Paragonimus* spp.
Odontotelphusa maxillipes	México	*P. mexicanus*
Potamocarcinus magnus	Costa Rica	*P. caliensis, P. mexicanus*
Pseudothelphusa belliana	México	*P. mexicanus*
P. dilatata	México, Costa Rica	*P. mexicanus*
P. nayaritae [3]	México	*P. mexicanus*
P. propinqua	Guatemala	*P. mexicanus*
P. terrestris 3	México	*P. mexicanus*
Ptychophalus coclensis	Panamá	*P. mexicanus*
P. costaricensis	Costa Rica	*P. mexicanus*
P. exilies	Panamá	*p. caliensis*
P. richmondi	Panamá, Costa Rica	*P. mexicanus*
P. tristani	Costa Rica	*P. caliensis, P. mexicanus*
P. tumimanus	Costa Rica	*P. mexicanus*
raddaus bocourti	Guatemala	*P. mexicanus*
R.tuberculatus	México	*P. mexicanus*
Strengeria sp.	Colombia	*p. caliensis*

Respecto a la información de decápodos en Colombia registrada históricamente encontramos la descripción de un cangrejo colectado en Mariquita, Tolima por Mutis en el año 1789 en el marco de la Expedición Botánica (Campos,1985). El espécimen fue identificado dentro del género *Cancer* y asignado a la especie *C. ruricola* [=*Sylviocarcinus piriformis*] de acuerdo al Sistema Naturae de Linneo en el cuál se incluía a los cangrejos dentro de la Clase Insecta, Orden Aptera y como único género: *Cancer* (Campos, 2014).

La sistemática para los decápodos neotropicales de agua dulce , se remonta a la propuesta por Rathbun en 1905, a partir de ahí se han propuesto una serie de cambios. La expedición realizada en 1911 por los profesores Fuhrmann y Mayor, dio como resultado una colecta de individuos que fueron enviados para su determinación al profesor Zimmer en 1912. Zimmer determinó 4 nuevas especies y continuó con la clasificación propuesta por Rathbun, que agrupaba las formas neotropicales de agua dulce en una única familia: Potamidae. Para el año 1913 la expedición Walker (en Santa Marta) dio como resultado la colección de ejemplares organizados en 4 familias (Atyidae, Plaemonidae, Grapsidae, Potamidae) incluidos en la colección del museo de Zoología de la Universidad de Michigan. En 1955 Bott consideró 3 familias, Potamonidae, Pseudothelphusidae y Deckeniidae. En 1968 Pretzmann eleva la subfamilia Trichodactylidae a la categoría de familia: Trichodactylidae complementando la clasificación de Bott. Bott en 1969 reúne a las familias Pseudothelphusidae, Potamocarcinidae y Trichodactylidae en una superfamilia denominada Pseudothelphusoidea. Pretzmann en 1971 refuta lo anterior debido a que considera que Pseudothelphusidae y Trichodactylidae tienen diferencias en cuanto a origen geográfico y época de surgimiento, por lo cual comprueba la unidad sistemática de la familia Pseudothelphusidae. Para el año 1971 Pretzmann menciona que los Pseudothelphusidae aparecen en las Antillas a mediados del periodo terciario, presentan un centro de distribución secundario en la cordillera central de Colombia, donde irradiaron hacia Perú, México, Venezuela y las Guayanas (Campos, 1994).

En cuanto a la sistemática de los decápodos dulceacuícolas en Colombia se encuentran: los camarones de agua dulce de la infraclase Caridea Dana,1852 con registros para Colombia, pertenecientes a las familias: Atyidae de Haan, 1849, Euryrynchidae Holthuis, 1950, Palaemonidae Rafinesque, 1815. La familia Atyidae representada por los géneros *Atya* Leach, 1817 y *Potimirim* Holthuis, 1954. El género *Atya*, con registros para Colombia de 3 especies: *Atya crassa* (Smith, 1871), *A. scabra* (Leach, 1815) y *Atya innocous* (Herbst, 1792). El género *Potimirim* representado por la especie *Potimirim glabra* (Kingsley, 1878) para Colombia. La familia Euryrynchidae, representada con la especie *Euryrynchus amazoniensis* Tiefenbacher, 1978, (Valencia & Campos, 2010). La familia Palaemonidae Rafinesque, 1815, está conformada por las subfamilias: Pontoniinae y Palaemoninae. Pontoniinae, corresponde a camarones marinos, mientras que Palaemoninae incluye formas marinas, estuarinas y dulceacuícolas. En Colombia la subfamilia Palaemoninae presenta registros para los géneros: *Macrobrachium* Bate, 1868, *Palaemonetes* Heller, 1869 y *Pseudopalaemon* Sollaud, 1911. *Macrobrachium* es el género más diverso y está conformado por 200 especies. Holthuis (1951, 1952), incluye 13 especies de éste género para Colombia. Martínez (1973) registra las especies *M. crenulatum* Holthuis, 1950 y *M. faustinum* (De Saussure, 1857); Medina & Sobrino (1975) adicionan a *M. amazonicum* (Heller, 1862); Escobar (1979) registra a *M. heterochirus* (Wiegmann, 1836) y Campos (1997) registra a *M. nattereri* (Heller, 1862). Valencia & Campos (2007), en la revisión del

género para Colombia, establecen nuevos registros para las especies: *M. cortezi* Rodríguez, 1982, *M. ferreirai* Kensley & Walker, 1982 y *M. reyesi* Pereira, 1986. Actualmente el número de especies con registros para Colombia asciende a 21. Valencia & Campos (2010) registran los géneros *Palaemonetes* y *Pseudopalaemon* por primera vez para Colombia. El primero representado por las especies *Palaemonetes ivonicus* Heller, 1869 y *P. mercedae* Pereira, 1986 y el segundo por *Pseudopalaemon amazonensis* Ramos-Porto, 1979 y *P. chryseus* Kensley & Walker, 1982 (Campos ,2014).

Los cangrejos de agua dulce de Colombia pertenecientes al Infraorden Brachyura Linnaeus, 1759 están representados por las familias Trichodactylidae H. Milne Edwards, 1853 y Pseudothelphusidae Ortmann, 1893. Trichodactylidae con 14 especies reportadas para Colombia y la familia Pseudothelphusidae está representada con 87 especies, 92% de ellas endémicas (Campos, 2014). El interés en el estudio de la familia se ha centrado en el aspecto taxonómico en diferentes áreas geográficas. Esta familia se encuentra restringida a ríos de poco caudal y quebradas en las montañas del neotrópico, presentes en altitudes entre 300 y 3.000 msnm. Dentro del material reportado para Colombia se encuentra la especie *Neostrengeria macropa*, reportada para la Sabana de Bogotá. Los Pseudothelphusidae tienen áreas de distribución pequeñas y habitan en lugares inaccesibles. Campos en 1985 considera que pueden surgir nuevas especies a partir de la fecha debido a un intenso proceso de especiación que solo es posible de reconocer por los genitales masculinos.

En síntesis el grupo de decápodos de agua dulce en el país, está representado por 132 especies de las familias Palaemonidae, Atyidae, Trichodactylidae y Pseudothelphusidae (Campos, 2014), y gracias a investigaciones en el área de los crustáceos decápodos han permitido incrementar el número de especies para Colombia hasta la fecha.

5.3 Género *Neostrengeria* (Pretzmann, 1965)

Las especies de la familia Pseudothelphusidae dentro de la cuál se encuentra el género *Neostrengeria*, se caracterizan por tener adaptaciones para la respiración aérea para lo cuál han desarrollado un pseudo pulmón, localizado en la cámara branquial (Díaz & Rodríguez, 1977) y además presentan desarrollo directo, es decir no tienen etapas larvales (Ortiz et.al , 1981).

La sistemática de la familia Pseudothelphusidae se basa esencialmente en la morfología del gonópodo de los machos. La estructura del gonópodo de *Neostrengeria* es semejante a la de *Hypolobocera* por la presencia de una cresta caudal, de un lóbulo lateral, de un lóbulo mesial y de una proyección del canal espermático; se diferencian básicamente en que en *Neostrengeria*, la cresta caudal y el lóbulo lateral están por lo general separados distalmente de la superficie del gonópodo y dividido longitudinalmente dando origen a un lóbulo accesorio. En relación a *Martiana* tienen en

común una cresta caudal y una proyección del canal espermático, pero solo presenta un esbozo del lóbulo lateral y la proyección del canal espermático no está próxima a la abertura del canal, sino lateralmente. (Figura 3) (Campos,1994).

Con relación al ancestro. Rodríguez (1982), sostiene que el género *Neostrengeria* podría tener un ancestro común con Hypolobocera o que uno de los dos derivaría de una forma primitiva. Sin embargo, una posibilidad alternativa es que el ancestro esté asociado con el género *Martiana*, dada la semejanza en la estructura del gonópodo y la relación de la longitud del exognato con respecto al isquio del endognato en el tercer maxilípedo (0.81), lo cual señala a éste género como primitivo, respecto al género Neostrengeria.

Además la variabilidad de la longitud del exognato con respecto al isquio del endognato del tercer maxilípedo es de 0.34 mm siendo el valor más pequeño y 0.72 mm siendo el valor más grande. Este hecho plantea la posibilidad de establecer, con base en este carácter, una escala evolutiva para las especies que conforman el género, ya que mientras más pequeño sea el valor de la relación más evolucionada sería la especie (Rodríguez, 1982).

El género *Neostrengeria* Pretzmann, 1965 corresponde a uno de los grupos endémicos de cangrejos de Colombia, se encuentra restringido a la Cordillera Oriental y está asociado a tierras altas, con un rango altitudinal de 400 m a 3000 m. sobre el nivel del mar (Campos, 1994).

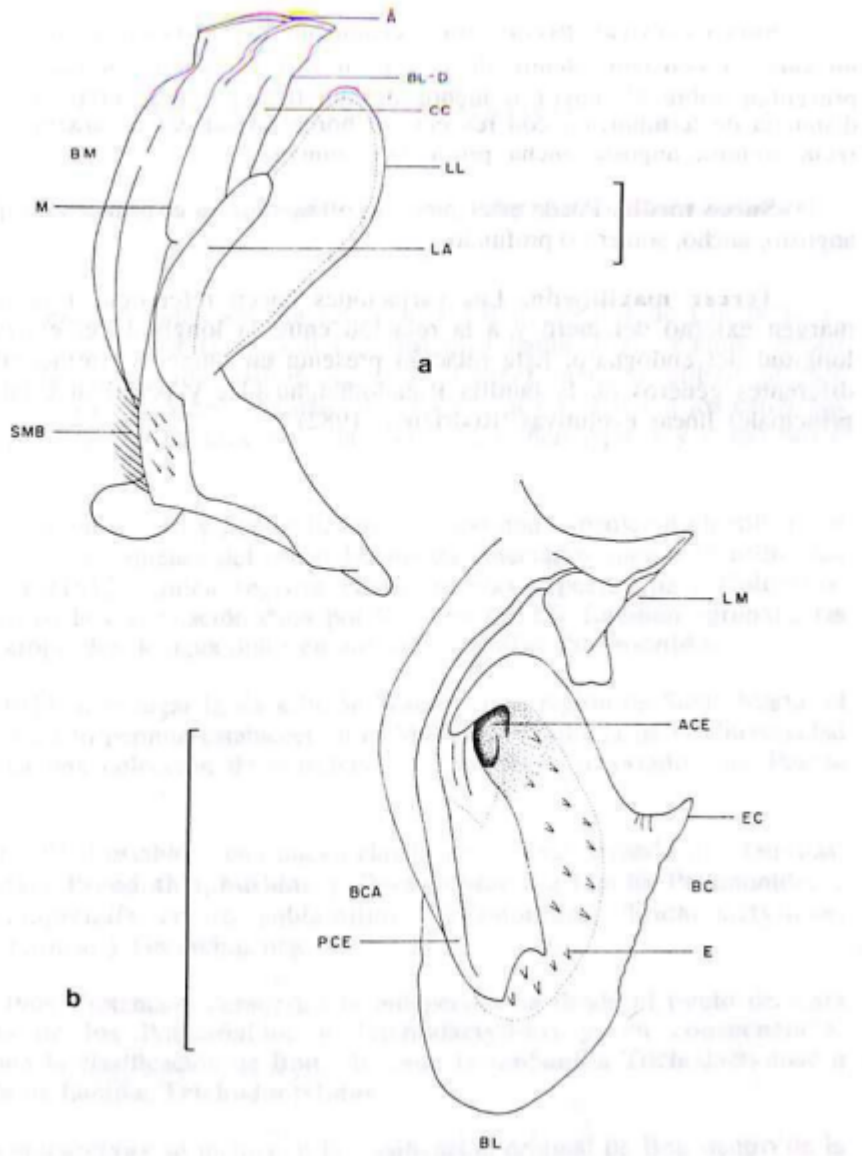


Figura 3. Gonópodo izquierdo de *Neostrengeria macropa*. Ilustración de las partes morfológicas relevantes, a, vista caudal; b. ápice, vista apical. A, ápice, ACE, abertura del canal espermático, BC, borde cefálico, DCA, borde caudal, EL, borde lateral, BL-D, borde latero-distal, BM, borde mesial, CC, cresta caudal, E, espinas, EC, espina cefálica, LA, lóbulo accesorio, LL, lóbulo lateral, LM, lóbulo mesial, M, margen, PCE, proyección del canal espermático, SMB, setas marginales basales. Escalas en mm (Smalley, A., 1964)

5.3.1 *Neostrengeria Macropa* (H. Milne Edwars, 1853)

El cangrejo sabanero o de la sabana (Figura 4), es una especie típica de alta montaña de la Cordillera Oriental que habita en ríos y quebradas por encima de los 2200 m s. n. m. También es común en lagunas altoandinas y ha colonizado humedales de origen antrópico como canales de

irrigación y embalses. Vive en galerías asociadas a las márgenes de los cuerpos de agua. Soporta condiciones de aguas contaminadas como las presentes en la subcuenca del río Bogotá (Hernández-Barrero et al. 2007).

El epíteto proviene del latín macropus que hace alusión a sus grandes pereiópodos (Campos, 1994). Neostrengeria macropa (H. Milne Edwards, 1853) de acuerdo con lo propuesto por el Global Biodiversity Information Facility GBIF sigue la siguiente clasificación:

Reino: Animalia
Filum: Arthropoda
Clase: Malacostraca
Orden: Decapoda
Familia: Pseudothelphusidae
Género: *Neostrengeria*
Especie: *N. macropa*

Neostrengeria macropa es una especie que presenta dimorfismo sexual ya que las hembras son más pequeñas que los machos (Hernández-Barrero et al. 2007). Se reproduce de junio a agosto, con una talla de madurez sexual de 4 cm de ancho del caparazón y una fecundidad de 100 huevos por hembra (Hernández-Barrero et al. 2007, Ortiz et al. 1981). Es una especie omnívora, con tendencia detritívora y carroñera (Valderrama y Garzón 2004, Garzón et al. 2005).

Para Cundinamarca se han registrado en diferentes puntos del departamento, en los cuerpos loticos y lenticos de la jurisdicción, son bioindicadores para las cuencas en las que habitan, y como fuente alimenticia para el ser humano siendo usado en la pesca de subsistencia y artesanal con carácter comercial mediante el uso de canastos de mimbre en lagunas y aros con malla en ríos y quebradas desde hace más de 30 años. Se han registrado para los municipios de: Sibaté, Funza, Cota, Madrid, La Calera, Sopó, Tabio, Guatavita, Gachancipá, Cogua, Tausa, Chocontá, Suesca, Villa Pinzón, Cucunubá, Fúquene, Ubaté y Carmen de Carupa. En la mayoría de estos municipios son zonas con lagunas como la laguna de Fúquene, Cucunubá y Palacio, y diferentes embalses como el de Tominé, el embalse de Neusa, embalse del Sisga, embalse de San Rafael, y embalse del Muña; también en algunos ríos como el Río Ubaté (Campos, 2005a, Arias-Pineda, 2013, CAR, 2020, Arias-Pineda & Realpe, 2021).

La especie se encontraba catalogada como especie amenazada, bajo la categoría de Vulnerable de acuerdo a la resolución 0192 del 10 de febrero de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Campos & Lasso, 2015). Campos (2007) catalogó a Neostrengeria macropa como una especie “Vulnerable” debido fundamentalmente a la contaminación de su ambiente natural y a la

explotación indiscriminada en los alrededores de las lagunas y embalses de la Sabana de Bogotá. Sin embargo el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de acuerdo a la Resolución MADS 1912 de 2017 la catalogó como EN (En Peligro) por factores como la destrucción de sus hábitats, contaminación de los cuerpos de agua, sobre explotación comercial de los mismos por parte de campesinos de la zona, para venderlos en Bogotá como bebida afrodisiaca, lo que ha contribuido en gran manera a la disminución de las poblaciones de estos decápodos (Campos, 1992, 1994, 2005a; Fundación Humedales, 2004; Garzón et al.,2005; Amat et al., 2007;)

A nivel mundial *Neostrengeria macropa* se encuentra reportado en los listados rojos mundiales (Arias-Pineda, 2013).



Figura 4. Cangrejo sabanero *Neostrengeria macropa* (Fotografía de josemafu, 2015)

5.4 *Procambarus clarkii* (Girard, 1852)

La especie invasora *Procambarus clarkii* Girard, 1852, es un crustáceo decápodo habitante de cuerpos de agua dulce tanto lóticos como lénticos; comúnmente es conocido como cangrejo de río, acocil rojo, cangrejo de rìo americano, langostilla roja o crawfish (Figura 5). Es una de las especies de

crustáceos con mayor distribución a nivel mundial, convirtiéndose de ésta manera en un invasor disperso en casi todos los continentes a excepción del australiano y el antártico (Franco-Sustaita, 2014). *Procambarus clarkii* Girard 1852, pertenece al grupo de los malacostráceos. Se encuentra en el Orden de los decápodos, el cual se caracteriza principalmente por reunir a los crustáceos que tienen diez patas como lo indica la etimología de su nombre. La familia a la que pertenece este decápodo es Cambaridae, la más diversa de cangrejos de río, y dentro de esta se encuentra el género *Procambarus* que agrupa cangrejos de río distribuidos en Norteamérica y Centroamérica. *P. clarkii*, es también conocido como cangrejo de Luisiana, su origen se remonta al noreste de México y el sur de los EE.UU., siendo hoy una de las especies más cosmopolitas de cangrejo de agua dulce en el mundo Hobbs, 1989; Gutiérrez & Montes, 1999; Huner & Lindqvist, 1991; Gherardi, 2006; Chucholl, 2011 (Citado por Arias & Pedroza, 2018)



Figura 5. *Procambarus clarkii* Fotografia de Jose Colorado, iNaturalist Mexico

El cangrejo de río *Procambarus clarkii* mide entre 10,5 y 12 centímetros y cuenta con un peso que oscila entre los 35 y 56 gramos. Tiene un cuerpo cilíndrico que en los adultos es de color rojo oscuro, aunque algunos pueden presentar distintos matices de color café. Posee una alta fecundidad, llegando a poner entre 200 y 500 huevos. Es una especie politrófica debido a que se alimenta tanto de material vegetal como animal, incluyendo insectos, larvas, gusanos (anélidos), huevos de peces, anfibios y presas con algún grado de descomposición. Es sensible a cambios en la calidad del agua, altas temperaturas y baja concentración de oxígeno. Esta especie se encuentra en una amplia variedad

de hábitats de agua dulce, tanto lóticos como lénticos, como ríos, lagos, pantanos, quebradas y estanques, al igual que entre la vegetación y la hojarasca (Instituto Humboldt, 2021)

6. Metodología

6.1 Tipo de estudio

El presente estudio está enmarcado dentro de una investigación documental de revisión, tratándose de un procedimiento científico, sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de la información, lo que conduce a la construcción de conocimientos (Alfonso, 1994).

6.2 Recolección de datos

Los datos se obtuvieron a partir de la búsqueda de información en las bases de datos presentes en la biblioteca digital de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas como lo fueron: Scopus, Scielo, Redalyc, Publindex, Dialnet, Science direct , Springer Nature y Google scholar. Otras bases de datos consultadas fueron: Researchgate, Mendeley data y páginas web periodísticas no científicas como El Tiempo, El Espectador y Revista Semana. Los datos obtenidos se clasificaron de acuerdo a su naturaleza como: libros, artículos científicos, notas científicas, tesis de pregrado y postgrado, páginas web, planes de manejo y conservación y publicaciones periodísticas no científicas. Las palabras claves con las que se realizó la búsqueda fueron: Brachyura, Pseudothelphusidae, *Neostrengeria*, *Neostrengeria macropa*, Cambaridae*, Procambarus*, *Procambarus clarkii*, Decápodos, dulceacuicolas, Colombia, Sabana, Bogotá. Dicha búsqueda se llevó a cabo en dos idiomas: inglés y español y adicionalmente se usaron los conectores boleanos “y ”, “and”, ”en“, “in” y “de” para unir las palabras.

6.3 Análisis de datos

Para la organización de la información recolectada se utilizó el programa Mendeley Desktop © en sus versiones 1.19.8 y 2.68.0. Una vez logrado, se analizó la información y se establecieron las siguientes categorías: Sabana de Bogotá, estado de conocimiento de *Neostrengeria macropa* (H. Milne Edwars, 1853), estado de conocimiento de *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) y mapa de distribución de *Neostrengeria macropa* y *Procambarus clarkii* en la Sabana de Bogotá. Para las categorías “estado de conocimiento de *Neostrengeria macropa* (H. Milne Edwars, 1853)” y “estado de conocimiento de *Procambarus clarkii* (Girard, 1852)” se organizaron subcategorías de acuerdo a la

información encontrada (Tabla 2 y Tabla 3). Para la categoría "mapa de distribución de *Neostrengeria macropa* y *Procambarus clarkii* en la Sabana de Bogotá" se realizó una búsqueda de registros georreferenciados en la base de datos GBIF (Global Biodiversity Information Facility), SiB Colombia (red nacional de datos abiertos sobre biodiversidad), además de georreferenciaciones reportadas en la bibliografía y registros realizados en campo. Posteriormente se usó el programa ArcGIS versión 10.5 para construir el mapa que registra el posible solapamiento de las especies *Neostrengeria macropa* y *Procambarus clarkii* en la Sabana de Bogotá.

Tabla 2 Subcategorías de información para la especie *Neostrengeria macropa*

Estado de conocimiento de *Neostrengeria macropa* (H. Milne Edwars, 1853)		
Categoría		**Tipo de información**
Generalidades		La información de los documentos son recopilaciones o datos generales.
Sistemática		La información de los documentos relaciona aspectos sobre la clasificación taxonómica, sinonimia e historia sistemática de la especie
Morfología externa		La información de los documentos corresponde a caracteres diagnósticos y anatómicos
Aspectos biológicos	Reproducción y desarrollo Dieta Comportamiento Relaciones simbióticas Colorimetría	La información de los documentos recopila datos intraespecíficos y describe sus características de vida
Aspectos ecológicos	Hábitat y nicho ecológico Temperatura y respuesta conductual	La información de los documentos brinda datos acerca de las relaciones interespecíficas, ecología poblacional, preferencia y uso de hábitat y funciones en el ecosistema
Aspectos evolutivos		La información contiene datos sobre parentesco, taxones, relaciones filogenéticas y tiempos de divergencia
Aspectos biogeográficos		La información recopila datos de ubicación y características geográficas en relación a la los procesos que han originado la aparición y dispersión de la especie
Factores de riesgo		La información contiene datos sobre factores que pueden afectar el ciclo de vida de la especie
Planes de estrategias de conservación		La información involucra datos sobre estrategias para mitigar impactos negativos en la especie
Endemismo de los cangrejos dulceacuícolas en Colombia		La información resalta aspectos relevantes acerca de la distribución limitada en un determinado rango geográfico
Usos		La información determina las características que le otorgan un valor comercial a la especie o una importancia sobre la población humana
Aspecto socio-cultural		La información recoge vivencias de la población humana en relación a la especie
Distribución		La información demuestra los puntos, registros y la fracción del espacio geográfico donde se encuentra la especie

Tabla 3 Subcategorías de información para la especie *Procambarus clarkii*

Estado de conocimiento de *Procambarus clarkii* (Girard, 1852)		
Categoría		**Tipo de información**
Generalidades		La información de los documentos son recopilaciones o datos generales.
Sistemática		La información de los documentos relaciona aspectos sobre la clasificación taxonómica, sinonimia e historia sistemática de la especie
Morfología externa		La información de los documentos corresponde a caracteres diagnósticos y anatómicos
Aspectos biológicos	Reproducción y desarrollo Dieta Comportamiento Relaciones simbióticas Colorimetría	La información de los documentos recopila datos intraespecíficos y describe sus características de vida
Aspectos ecológicos	Hábitat y nicho ecológico Predadores	La información de los documentos brinda datos acerca de las relaciones interespecíficas, ecología poblacional, preferencia y uso de hábitat y funciones en el ecosistema
Aspectos biogeográficos		La información recopila datos de ubicación y características geográficas en relación a la los procesos que han originado la aparición y dispersión de la especie
Éxito invasivo e impacto en los seres humanos		Información que demuestra las características de adaptabilidad y potencial colonizador a distintos hábitats a nivel mundial y local además del impacto generado sobre la población humana
Usos		La información determina las características que le otorgan un valor comercial a la especie o una importancia sobre la población humana
Situación de *Procambarus clarkii* en Bogotá		La información demuestra la situación actual en la ciudad de Bogotá con la especie y los impactos que tiene en la misma
Planes de manejo		La información relaciona los planes que se han realizado para controlar la dispersión y reproducción de la especie
Distribución		La información demuestra los puntos, registros y la fracción del espacio geográfico donde se encuentra la especie

7. Resultados y discusión

7.1 Documentos recolectados

Se encontraron un total de 126 documentos que incluyeron: 77 artículos científicos (61,11%), 18 libros (14,28%), 13 tesis (10,31%), 6 notas científicas (4,76%), 5 páginas web (3,97%), 4 planes de manejo y conservación (3,17%) y 2 publicaciones no científicas (1.59%) (Figura 6). El rango de estimación que se tuvo para las publicaciones fue de 62 años, desde el año 1960 hasta el año 2022. Del total de los documentos, 118 trataban de temáticas en particular divididas de la siguiente manera: *Procambarus clarkii* 65 documentos (55%), *Neostrengeria* 42 documentos (36%), Sabana de Bogotá 6 documentos (5%); tan solo 5 documentos trataban dos temáticas a la vez: *Procambarus clarkii* y *Neostrengeria* 4 documentos (3%), *Neostrengeria* y Sabana de Bogotá 1 documento (1%), los 8 documentos restantes trataban temáticas generales (Figura 7).

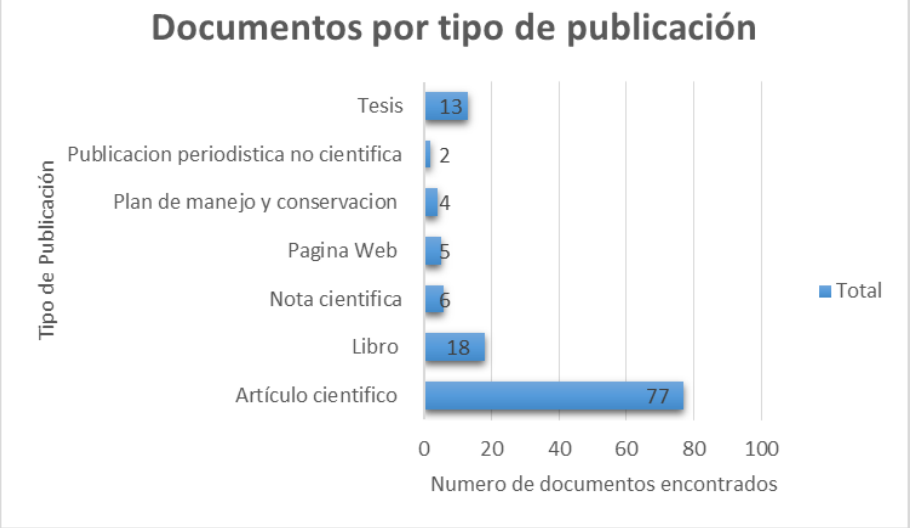


Figura 6. Documentos recolectados por tipo de publicación

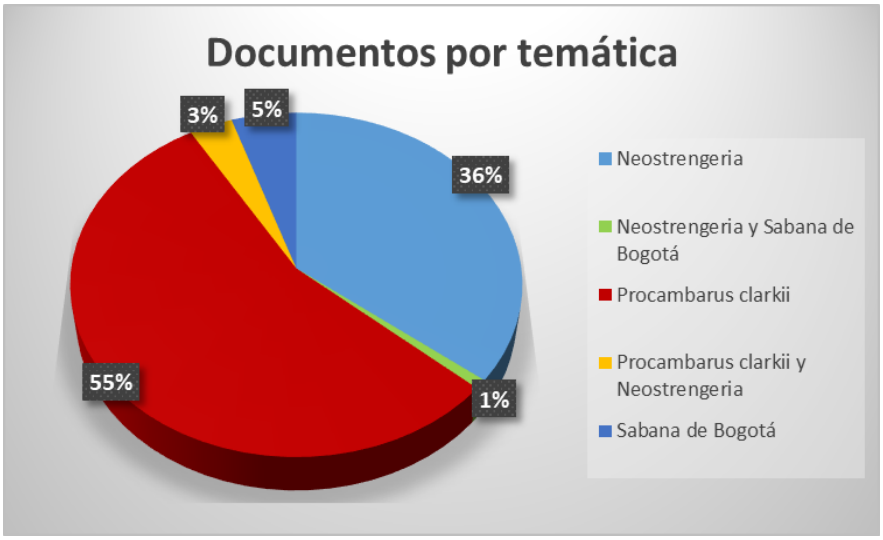


Figura 7. Documentos organizados por temáticas

7.2 Sabana de Bogotá

Es una planicie alta ubicada a 2600 metros sobre el nivel del mar en el lado oriental de la Cordillera de los Andes en el noroeste de Sudamérica. Este altiplano tiene una superficie aproximada de 1400 km2, con pendientes que oscilan entre 3000 y 4000 metros sobre el nivel del mar en el lado norte y sur respectivamente (Delgado, M. et al., 2020).

El río más importante de la región es el Bogotá, aunque existen también algunas lagunas de gran importancia. En el lado occidental se encuentra el valle del río Magdalena y en el lado este, las montañas descienden hacia los llanos orientales. Geológicamente, la Sabana de Bogotá es una cuenca terciaria producto de un proceso geológico-evolutivo cuyo último evento fue el levantamiento de los sedimentos basales de la formación Tilatá a fines del Plioceno (van der Hammen y Gonzalez, 1960; Dueñas, 1980). A lo largo del Pleistoceno y el Holoceno, se depositaron arcillas lacustres de la formación de la Sabana, que llenaron la cuenca y el paisaje contemporáneo (Dueñas, 1980; van der Hammen y Correal, 1992). En la actualidad esta región sustenta un bosque andino caracterizado por la presencia de *Weinmannia sp*, *Quercus sp* y otras especies vegetales (Van der Hammen y González, 1960). No hay fluctuaciones estacionales de temperatura, solo diferencias en las precipitaciones, con una estación húmeda dos veces al año (Delgado, M. et al., 2020).

La temperatura anual varía entre 12 y 18 ºC y la precipitación anual varía entre 500 y 1500 mm (van der Hammen & Correal, 1992). En cuanto a la composición faunística de la Sabana de Bogotá, la evidencia arqueológica sugiere una alta densidad de especies incluyendo mamíferos (*Odocoileus virginianus, Mazama Sp, Cavia porcellus*); reptiles (*Kinosternon postinginale, Crocodlylia sp*); peces (*Eremophilus mutisii, Pygidium bogotense*); aves (Familia Anatidae, Familia Rallidae) y crustáceos-gasterópodos (*Neostrengeria macropa*; *Drymaeus gratus*) (Delgado,M. et al., 2020).

7.3 Estado de conocimiento del género *Neostrengeria* y la especie *Neostrengeria macropa*

A continuación se presentan los aspectos más relevantes de la información disponible para *Neostrengeria macropa*:

7.3.1 Generalidades

El género *Neostrengeria* hace parte de la familia Pseudothelphusidae, familia restringida a las tierras altas, cuyo hábitat lo componen quebradas de aguas claras, de poco caudal, sitios húmedos aledaños a estas, debajo de piedras, hojarasca y raíces de plantas. Los cangrejos de agua dulce de la

familia Pseudothelpusidae están presentes en las vertientes del Pacífico y del Atlántico del continente, donde sus límites orientales llegan hasta el estado brasileño de Ceará, pero están ausentes de Bolivia, Uruguay, Paraguay, el sur de Argentina y Chile (Figura 8) (Magalhães et al., 2005; Collins et al. 2007; Valencia & Campos, 2010). La familia Pseudothephusidae, está distribuida a lo largo del continente americano, específicamente en el área Neotropical (Tabla 4), siendo Colombia el país con mayor cantidad de especies representantes de está familia e igualando a México y Centroamérica en cantidad de géneros (Rodríguez & Magalhães, 2005). Los Pseudothelphusidae, presentan un pseudo pulmón localizado en la cámara branquial y tienen desarrollo directo. (Campos, 1994). La distribución de los taxones de cangrejos de agua dulce entre los países sudamericanos refleja la alta diversidad de los pseudothelphusidae en los Andes. Colombia (105 especies) es el país más rico en especies de cangrejos de agua dulce en América del Sur y también tiene el mayor grado de endemismo a nivel de especie (81,9 %), seguido de Venezuela (64,4 %) y Ecuador (62,5 %) (Magalhaes et al., 2016). Además Colombia también tiene el mayor endemismo a nivel de género (25 %) en América del Sur, seguido de Guyana (14,3 %) y Venezuela (11,8 %). El alto número de especies de pseudothelphusidos en Colombia refleja la alta diversidad de estos cangrejos en las montañas de los Andes (Magalhaes et. al, 2016). Una nueva revisión respecto a la diversidad de especies de la familia Pseudothelphusidae en Colombia permitió ampliar el número a 94 especies, con 86 especies endémicas (91, 5 % de endemismo) ampliando la diversidad de especies para Colombia con 109 especies de cangrejos dulceacuícolas. (Campos, M & Campos, D, 2020)

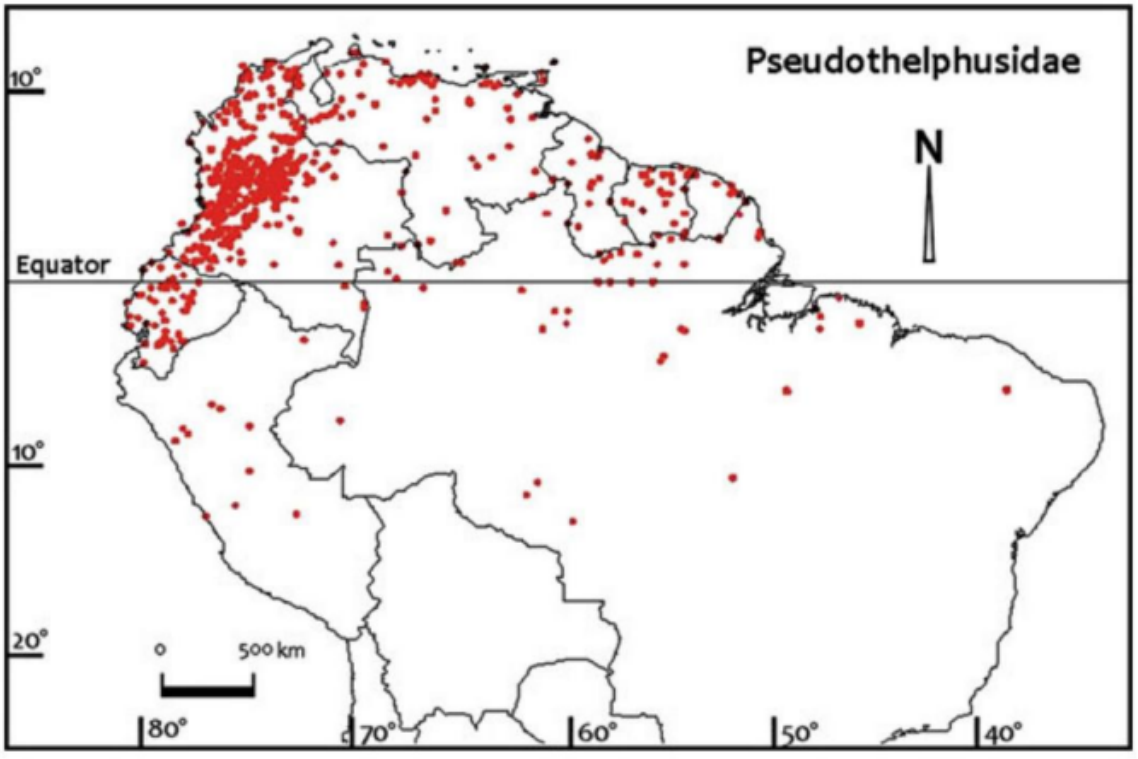


Figura 8. Distribución de Pseudothelphusidae en América del Sur (Tomado de Magalhaes et. al, 2016)

Tabla 4. Número total de géneros y especies de la familia Pseudothelphusidae en varias áreas del Neotrópico hasta 2004. Tomado de (Rodríguez & Magalhães,2005)

Areas geográficas	géneros	Especies
México	13	48
Centroamérica	13	43
Antillas	2	12
Venezuela	10	32
Guayanas atlánticas	3	5
Colombia	13	82
Ecuador	3	19
Perú	4	7
Brasil	5	12

El género *Neostrengeria* Pretzmann, 1965 corresponde a uno de los grupos endémicos de Colombia. Rodríguez (1982) considera nueve especies para este género, Para 1985, el género presenta 10 especies (Campos, M. R., & Rodriguez, G, 1985). En 1992 se describen seis nuevas especies y una nueva subespecie del género *Neostrengeria*: *N. aspera, N. gilberti, N. lobulata, N. macarenae, N. tencalanensis, N. tonensis* y *N. libradensis appressa*. Con la adición de las nuevas especies el género endémico *Neostrengeria* ahora comprende 18 especies (Campos., 1992). En el año 2005, se describen hasta el momento 21 especies para el género (Campos, 2005a). Para 2008 se describen dos nuevas especies de *Neostrengeria* Pretzmann, 1965, *N. bataensis*, de Santa María, Departamento de Boyacá y *N. celioi*, de Aguazul, Departamento de Casanare, en la vertiente oriental de los Andes orientales. Con la adición de las nuevas especies, el número de especies del género se incrementa a 23 (Campos, 2008). Para el año 2014, Campos propone un número total de 25 especies para el género. Para el año 2017 se registran 2 nuevas especies para el género *Neostrengeria: Neostrengeria fernandezi* y *Neostrengeria lassoi* (Campos, 2017) contando con 27 especies para el género en Colombia (Campos, M & Campos, D, 2020).

7.3.2 Sistemática

A partir de la expedición botánica en 1973 por primera vez Mutis describe mediante el Systema Naturae de Linneo, la especie Cancer Ruricola, en donde los cangrejos se consideraban como insectos ápteros de un único género Cancer. Fuhrmann y Mayor en 1911 lideraron una expedición

científica por Colombia, de la cual se obtiene una colecta de individuos que posteriormente serían llevados a Zimmer en 1912 quien registra cuatro nuevas especies para Colombia, todos agrupados en una única familia, Potamonidae, propuesta por Rathbun (1905). En 1913 se realiza otra expedición para Colombia, específicamente en Santa Marta, la expedición Walker, de la cual se obtiene una colecta de crustáceos colombianos que serían parte de la colección del museo de zoología de la Universidad de Michigan, estos serian reportados por pearse en 1921 (Campos, 1994).

Después de estos sucesos, empieza una clasificación más concisa para los cangrejos de Colombia. Bott en 1955 establece tres familias: Pseudothelphusidae, Deckeniidae y Potamonidae. Está última incluía cuatro subfamilias: Potamoninae, Trichodactylinae, Hydrothelphusinae y Gecarcinucinae.

Posteriormente Pretzmann en 1968 postula independencia sistemática para Potamonidos y Trichodactylidos y eleva está última subfamilia a familia Trichodactylidae. Bott en 1969 reúne a las familias Pseudothelphusidae, Potamocarcinidae y Trichodactylidae en una superfamilia denominada Pseudothelphusoidea. Pretzmann en 1971 refuta lo anterior debido a que considera que Pseudothelphusidae y Trichodactylidae tienen diferencias en cuanto a origen geográfico y época de surgimiento, por lo cual comprueba la unidad sistemática de la familia Pseudothelphusidae. Para el año 1971 Pretzmann menciona que los Pseudothelphusidae aparecen en las Antillas a mediados del periodo terciario, presentan un centro de distribución secundario en la cordillera central de Colombia, donde irradiaron hacia Perú, México, Venezuela y las Guayanas (Campos, 1994).

Los Pseudothelphusidae se originaron a partir de un grupo antiguo que puede haber estado presente desde principios del Cretácico y está relacionado con otras familias de cangrejos de agua dulce de todo el mundo, los llamados 'cangrejos de agua dulce primarios': Gecarcinucidae Rathbun, 1904, Potamidae Ortmann, 1896, Potamonautidae Bott, 1970 y Trichodactylidae H. Milne Edwards, 1853
(Tsang et al., 2014).

La clasificación basada en aspectos morfológicos determinantes propuesta por Rodríguez (1982) reconoce 2 subfamilias dentro de la familia Psudothelpusidae, Epilobocerinae y Pseudothelphusinae esta última con 5 tribus independientes cada una área geográfica diferente: Pseudothelphusini, Potamocanini, Strengerianini restringidos en Colombia, Hypolobocerini y Kingsleyini. Sin embargo en la revisión morfológica y molecular realizada por Álvarez y colaboradores (2020) se propone a Epiloboceridae como una familia independiente de Pseudothelphusidae y esta última con 8 subfamilias: Strengerianinae, Hypolobocerinae, Guiinotinae, Kyngsleyinae, Ptychophallinae, Potamocarcininae, Raddausinae y Pseudothelphusinae. Por lo tanto,

Neostrengeria *macropa* se ubica dentro de la Superfamilia Pseudothelphusoidea, la familia Pseudothelphusidae y la subfamilia Hypolobocerinae. (Álvarez et al., 2020)

A continuación se describen las sinonimias de la especie *Neostrengeria macropa* (Campos, 2005a):

Boscia macropa H. Milne Edwars, 1853:
Pseudothelphusa macropa, Smith, 1870, Pocock, 1889, Rathbun 1898, Young, 1900, Rathbun 1905: Coifmann 1939.
Pseudothelphusa dentata, Ortmann, 1893
Potamocarcinus macropus, Ortmann, 1897
Potamocarcinus aequatorialis, Doflein, 1899.
Potamocarcinus principissae Doflein, 1900
Strengeria (Neostrengeria) macropa, Pretzmann, 1965
Potamocarcinus (Hypolobocera) macropus macropus, Bott, 1967
Neostrengeria macropa, Rodríguez, 1982, Campos,1985, Campos & Rodríguez, 1985, Campos, 1994 Campos & Lemaitre, 1998

7.3.3 Morfología externa

Los individuos de la familia Pseudothelphusidae, se caracterizan por poseer un órgano copulador (gonopodo), el cual en su porción terminal posee una estructura compleja. Cada especie de está familia posee una morfología distintiva que difiere de cualquier otra (Rodríguez & Magalhaes, 2005). Aunado a lo anterior Pretzmann, 1973 mostró que hay diferencias asociadas en las aberturas genitales de las hembras. Estas diferencias correspondientes en órganos masculinos y femeninos entre especies, actúan como un mecanismo de cerradura y llave para evitar la cópula entre las mismas.

En 1989 se realizó un estudio morfométrico entre tres especies de la familia Pseudothelphusidae (*Hypolobocera bouvieri, Neostrengeria macropa* y *Neostrengeria guenteri)*, debido a que la identificación taxonómica de los mismos se basa en la morfología de los gonopodos, lo cual no permite identificar los individuos de una manera sencilla, ni tampoco individuos de sexo femenino. El estudio demostró que las medidas de ciertos apéndices corporales son discriminantes en cuanto a la longitud, por lo que *Hypolobocera bouvieri* presenta la mayor variabilidad longitudinal de sus apéndices con respecto a las dos especies del género *Neostrengeria* y además presentan variación a nivel individual. Los ejemplares de *Neostrengeria macropa* y los de *N. guenteri*, presentan la menor variabilidad, lo cual indica que son individuos homogéneos en sus características morfométricas. (Campos, 1989)

Las características morfológicas del género *Neostrengeria* están descritas por Campos (1994) de la siguiente forma: el gonopodo es plano y ancho, la cresta caudal forma un lóbulo prominente, dividido longitudinalmente, dando origen a un lóbulo accesorio bien desarrollado. El ápice truncado transversalmente es de forma variable, por lo general con una espina en el borde cefálico y con un proceso en el canal espermático.

En la especie *Neostrengeria macropa* el lóbulo accesorio es estrecho, oblongo y llega solamente a la mitad de la extensión del lóbulo lateral. El lóbulo lateral está muy desarrollado, de forma alargada y dirigido distalmente. La porción distal del apéndice está expandida de forma oblonga. En el dactilo el número de espinas por hilera es de 12 a 17. La relación promedio entre la longitud del exognato a la longitud del endognato es 0.56 mm (Campos, 1994) (Figura 9).

El caparazón del cangrejo sabanero tiene el surco cervical profundo, recto, con una ligera curvatura hacia el interior en la parte proximal y termina antes del margen lateral. El borde lateral sin depresión detrás el ángulo orbital externo, con una serie de 25 dientes papiliformes. Los lóbulos posfrontales son pequeños y redondeados, definidos en la parte anterior por dos ligeras depresiones. El surco medio es ligeramente excavado. Entre los lóbulos prefrontales y el surco medio el caparazón se inclina gradualmente hacia adelante. El borde superior de la frente está débilmente marcado, en vista dorsal, bilobulado, el borde inferior es curvado y sobresale ligeramente con respecto al superior. La superficie de la frente entre el borde superior e inferior es vertical, angosta, más o menos uniforme. El borde orbital inferior con una serie de pequeños tubérculos. La superficie del caparazón es lisa, cubierta por pequeñas papilas y las regiones están poco marcadas (Campos, 1994). (Figura 9)

La palma de la quela mayor es muy abultada, con un amplio receso entre los dientes, la menor, moderadamente abultada y un pequeño receso entre dientes. La longitud del dedo móvil de las quelas corresponde a 0.59 y 0.64, longitudes de las quelas mayor y menor respectivamente; la parte distal de los propodos y los dáctilos de las quelas con hileras de gránulos marrón claro y los extremos con manchas marrón oscuro. Los pereiópodos presentan cinco hileras de espinas en el dáctilo;con espinas pequeñas dispuestas entre otras más grandes. El arreglo de las espinas del dáctilo sobre el tercer pereiópodo izquierdo es el siguiente: hilera anteroventral y anterolateral con 17 espinas, hilera superior con 16 espinas y un par de papilas proximales, hileras posteroventral y posterolateral con 12 espinas. El mero del tercer maxilípedo muestra una pequeña protuberancia y una ligera depresión a la parte distal del margen externo la relación promedio entre la longitud del exognato a la longitud del endognato es 0.5. El Orificio Del canal branquial eferente es abierto (Campos, 1994) (Figura 9).

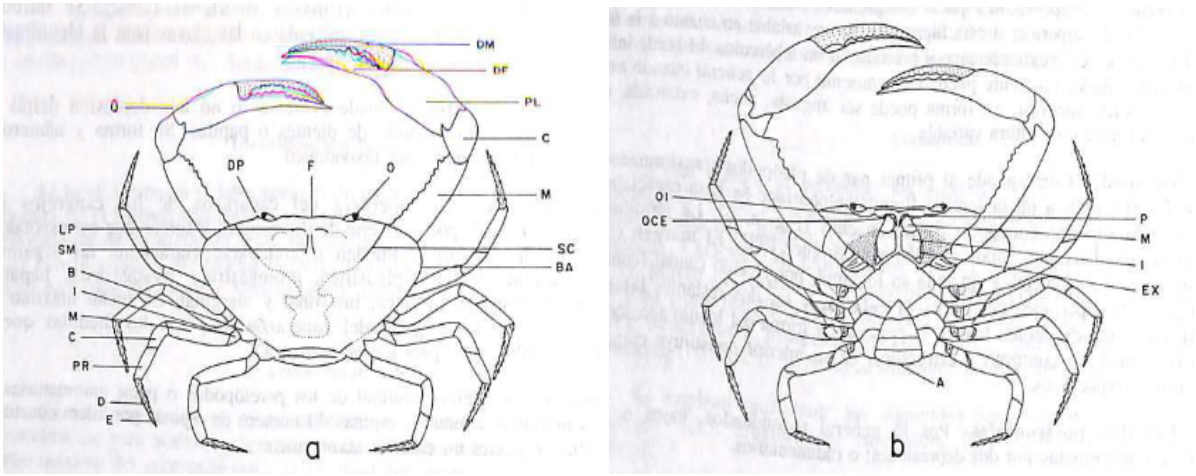


Figura 9. Morfología externa del cangrejo *Neostrengeria Macropa* en vista dorsal y ventral: A abdomen, B Base, BA borde anterolateral, C carpo, DP postorbital, E espinas, EX exognato, F frente, I isquio, LP lóbulos postfrontales, M mero, O ojo, OCE orificio central del canal eferente, OI orbital inferior, P palpo, PL palma, PR propodo, Q quela, SC surco cervical, SM surco medio (Tomado de Campos, 1994).

Neostrengeria macropa tiene el gonopodo moderadamente expandido en vista caudal. El borde mesial conspicuamente convexo con una ligera estrangulación subapical. El borde latero-distal ligeramente sinuoso con un reborde la parte proximal. El lóbulo accesorio estrecho, oblongo y llega solamente a la mitad de la extensión del lóbulo lateral. El lóbulo lateral está bien desarrollado, de forma alargada y dirigido distalmente. La porción distal del apéndice expandida de forma oblonga con una espina cefálica aguda y bien conspicua. La proyección del canal espermático bifurcada con el extremo exterior protuberante y el interno con una espinula terminal. El Lóbulo mesial moderadamente desarrollado y triangular (Campos, 1994) (Figura 10).

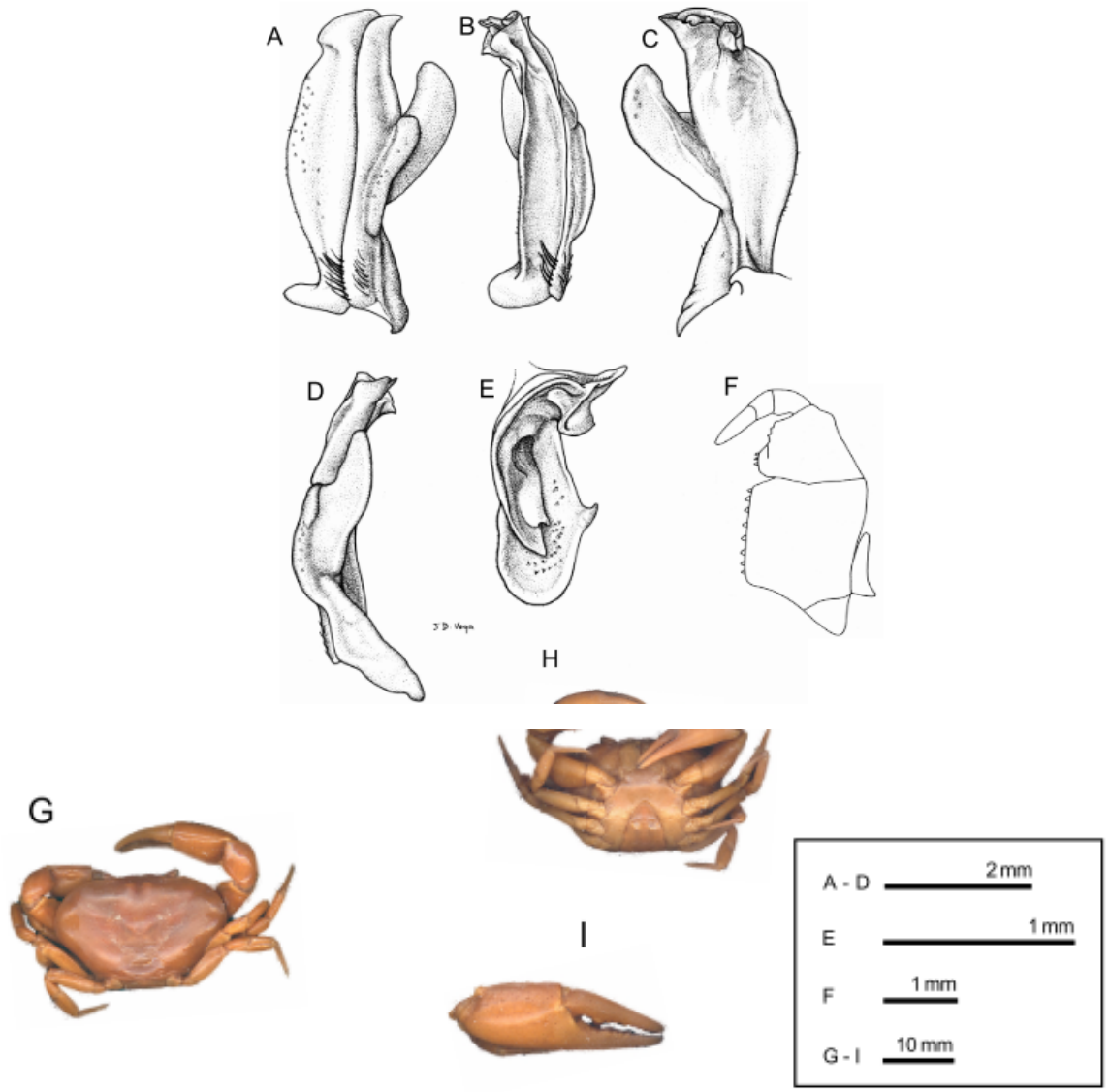


Figura 10. *Neostrengeria macropa* (H. Milne Edwars, 1853), macho. A, primer gonópodo izquierdo, vista caudal; B, misma vista mesial; C, misma vista cefálica; D, misma vista lateral; E, mismo, ápice, vista distal; F, tercer maxilípedo izquierdo, vista externa; G, caparazón y pereiópodos, vista dorsal; H, caparazón y pereiópodos, vista ventral; , I, quela más grande, vista externa (Tomado de Campos, 2005a).

7.3.4 Aspectos Biológicos

Los aspectos biológicos son determinantes pues permiten comprender las relaciones intraespecíficas que tienen las especies, así como las características más importantes de su ciclo de vida, lo cuál puede ser muy útil a la hora de proponer planes de conservación. A continuación se

relacionan los aspectos biológicos de la especie *Neostrengeria macropa* respecto a la información disponible:

7.3.4.1 Reproducción y desarrollo

Neostrengeria macropa ha sido descrita como una especie solitaria, que se agrupan para la época de reproducción en ciclos trimestrales hasta semestrales. En general el tamaño de los huevos es de unos pocos milímetros llegando a ocupar casi por completo el abdomen de las hembras , con un aproximado de cien huevos por hembra. Es muy característico la forma como la hembra cuida y protege los huevos en la cavidad abdominal, hasta la etapa juvenil (Ortiz et al. 1981). Presenta dimorfismo sexual, las hembras son más pequeñas que los machos (Hernández-Barrero et al. 2007) aunque en algunos casos no es muy notoria su diferencia en tamaño. Se reproduce de junio a agosto, con una talla de madurez sexual de 4 cm de ancho del caparazón (Hernández-Barrero et al. 2007) De esta manera la madre juega un papel fundamental en la ecología de la reproducción, protegiéndolos contra depredadores y asegurando un mayor porcentaje de supervivencia. Esto puede ser explicable si se tiene en cuenta el relativo bajo número que se encuentra entre 50 y 70 huevos por hembras (Figura 11) con respecto a otras especies de Braquiuros (Ortiz, et al 1981).



Figura 11. Hembra de *Neostrengeria macropa* ovada (Tomado de josemafu, 2015)

7.3.4.2 Dieta

El cangrejo sabanero es una especie omnívora con tendencia a la detritofagia que se alimenta de plantas acuáticas, pequeños peces (alevinos) e insectos que se encuentran cerca de la orilla en estado de descomposición (Ortiz et al., 1981), lo que la convierte en parte fundamental del ciclo de nutrientes de los ecosistemas de agua dulce tropical, pues participa activamente en las redes tróficas (Arias-Pineda, 2021).

7.3.4.3 Comportamiento

La especie *Neostrengeria macropa* ha sido descrita como de hábitos nocturnos y que su mayor actividad ocurre durante la noche y hasta el amanecer, cuando regresan a las zonas profundas del espejo de agua (Campos, 1994), presentando picos de actividad altos en las horas de la noche (7:00 pm a 10 p.m), y está actividad se encuentra relacionada con la búsqueda de alimento, sin embargo también utilizan estas horas para reproducirse y exhibir diversos comportamientos demostrando una preferencia en sus ritmos de actividad durante este intervalo de tiempo. Además se ha demostrado que en la luna creciente los cangrejos permanecen más activos que en luna nueva y menguante, por lo que se evidencia una influencia de actividad respecto a las fases lunares, sin embargo no parece encontrarse una hipótesis clara de por qué tienen este comportamiento (Arias-Pineda et al., 2016; Martín, 2017). Durante las horas de la mañana la especie prefiere permanecer oculta en galerías construidas por debajo del lodo y la vegetación (Arias-Pineda et al., 2016; Martin, 2017). Los individuos juveniles no poseen desarrollados los pleópodos ni los gonopodos (Campos, 1994, 2005a, 2010; Campos & Lasso, 2015) y presentan independencia al alcanzar una longitud de 1cm, diferenciándose de los adultos que alcanzan longitudes de 3 a 6 cm de ancho en el caparazón (Arias-Pineda et al., 2016).

7.3.4.4 Relaciones simbióticas

Para *Neostrengeria macropa* se ha registrado la presencia de dos especies de platelmintos turbelarios ectocomensales de crustáceos y otros invertebrados acuáticos del género *Temnocephala* (Figura 12) generalmente asociados con cangrejos de agua dulce en *Neostrengeria macropa* (Volonterio, 2009; Arias-Pineda & Realpe, 2014). Uno de estos platelmintos turbelarios está asociado directamente con las poblaciones de cangrejos del sur de la sabana y los otros con las poblaciones del occidente, lo que de alguna manera evidencia la posible dispersión de la población inicial de *N. macropa* en la Sabana de Bogotá (Arias-Pineda & Realpe, 2014).

En cuánto a relaciones con endoparásitos se ha detectado la presencia de bacterias de la especie *Escherichia coli, Salmonella sp* y *Listeria monocytogenes*, *Citrobacter freundi*i y *Klebsiella pneumoniae* (Sanchez J.D., 2012). Además se describió la presencia de *Paragonimus* spp. (Phillips et al., 2019) un endoparásito turbelario del grupo de los tremátodos, que ha sido descrito como el causante de la enfermedad Paragonimosis lo que convierte a *Neostrengeria macropa* en vector secundario de este parásito (Figura 13). Se hallaron metacercarias en los tejidos del corazón, hepatopáncreas, branquias y tejido muscular de los quelípedos (Phillips et. al, 2019).



Figura 12. *Temnocephala sp* Montaje con tinción reportado en *Neostrengeria macropa* (Tomado de Arias-Pineda & Realpe, 2014)

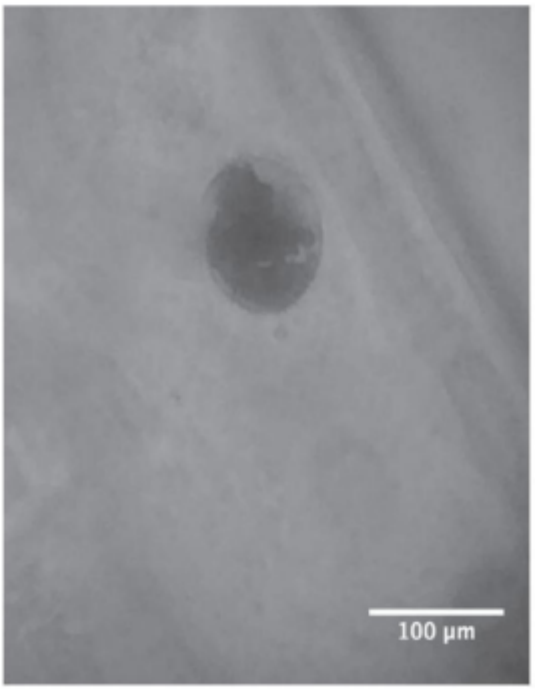


Figura 13 *Paragonimus spp*. identificado en *Neostrengeria macropa* usando estereomicroscopia (Tomado de Phillips et.al 2019)

7.3.4.5 Colorimetría

Neostrengeria macropa posee un policromía marcada, encontrando colores que varían desde el violeta oscuro a colores cafés y ocres, hasta los rojos intensos (Arias-Pineda & Realpe, 2014)(Figura 14). Para algunos machos se presentan gamas de color naranja y en las hembras un color morado oscuro generalmente (Arias-Pineda & Realpe, 2014). Los cangrejos que poseen colores violeta/negro, están más cercanos al color de las piedras que los cangrejos de color café, por lo que se demuestra el fenómeno de la coloración críptica en esta especie (Arias-Pineda & Realpe, 2014). Los surcos cervicales, gástricos y branquiales presentan coloraciones más oscuras que delimitan a los mismos (Arias-Pineda & Realpe, 2014). Además existe conspicuidad entre el lecho del río (piedras) y el dorso y vientre del caparazón de la especie *N. macropa*. Existen dos hipótesis que responden a la notoria variación de colores en la especie; puede explicarse desde la poiquilotermia de estos individuos, donde en ecosistemas con temperaturas tan bajas la recepción de mayor cantidad de luz a través del tegumento por medio de pigmentos oscuros permite el aumento de la temperatura para sus actividades fisiológicas o es posible que la policromía pueda estar relacionada con la madurez sexual de los individuos debido a que los cambios de color entre machos y hembras está relacionado con la secreción de neuropéptidos y hormonas que inducen la coloración en crustáceos adultos (Arias-Pineda & Realpe, 2014).



Figura 14. Policromía de *Neostrengeria macropa* en individuos de Suesca, Cundinamarca Fotografías de Stephany Gil Ardila & Alejandra Rodriguez Cruz.

Se ha demostrado que el color juega un papel muy importante en la biología de los crustáceos. (Arias-Pineda, 2013). Muchos decápodos utilizan colores y sus formas corporales para el camuflaje, o para la reproducción, por lo que trabajos como el desarrollado por Arias-Pineda y Realpe aportan mucho en el conocimiento biológico de la especie.

7.3.5 Aspectos ecológicos

Los estudios ecológicos sobre cangrejos de la familia Pseudothelphusidae son escasos y esporádicos (Rodríguez & Maghalaes, 2005). Sin embargo en la actualidad y debido a la situación del cangrejo de la sabana se han adelantado varios trabajos de investigación en el campo de la ecología. A continuación se relaciona la información respecto a la ecología de *Neostrengeria macropa.*

7.3.5.1 Hábitat y nicho ecológico

El cangrejo de la sabana es un habitante de los bosques montanos altos, en la Sabana de Bogotá, caracterizados por vegetación de alta montaña, con precipitación media anual, desde 600 hasta 1.200 mm, régimen bimodal caracterizado por la ocurrencia de dos épocas mayores de lluvias, separadas por dos épocas de menor intensidad (IGAC, 1992). El piso térmico predominante es el frío, caracterizado por alturas que van desde 2000 hasta 3000 msnm, con temperaturas promedios que oscilan entre los 12 a 18ºC (IGAC, 1992). El rango altitudinal de la especie va desde 2.200m hasta 2.900 m sobre el nivel del mar (Campos, 1994).

Los individuos de la especie *Neostrengeria macropa* se encuentran en ambientes semiacuáticos dominados por vegetación tanto acuática como *Elodea* sp. y terrestres como pastizales siempre relacionados al cuerpo de agua, de igual forma rocas y suelos desde arcillosos a bien humificados. (Rodriguez, 1982) ó quebradas de aguas turbias, de fondos lodosos de gran caudal, en embalses artificiales, también en sitios húmedos (Campos, 1994) e incluso puede soportar condiciones de aguas contaminadas como las presentes en la subcuenca del río Bogotá (Hernández-Barrero et al., 2007). Los cuerpos de agua donde están presentes estos individuos registran temperaturas que oscilan entre los 15 a 3 °C (Arias-Pineda, 2013; Arias-Pineda & Realpe, 2014).

La disminución de las poblaciones de *Neostrengeria macropa* podría generar un daño irreversible principalmente porque son parte importantes en el flujo energético de los ecosistemas donde habitan, siendo fundamentales en los procesos de destrucción de materia orgánica y descompactación del suelo de las quebradas y sitios aledaños a las mismas, además de ser presas y depredadores de otra fauna. También se ha descrito que su presencia es un indicador del grado de conservación del ambiente en el que se encuentran (Amat et al., 2007; Arias-Pineda, 2013; Arias-Pineda & Realpe, 2014; Arias-Pineda & Rodríguez, 2012; Arias- Pineda et al., 2014; Campos & Pedraza, 2007).

7.3.5.2 Temperatura y respuesta conductual

Para *Neostrengeria macropa* la temperatura fisiológica óptima oscila entre los 12 y 24 °C. Las temperaturas fuera de este intervalo generan un estrés térmico llevando a la muerte del animal (Hudson et al., 2016). Además la actividad exploratoria de los individuos de *Neostrengeria macropa* disminuye cuando la temperatura se incrementa más allá de los 26°C (Hudson et al, 2016) debido a que compensa conductualmente el aumento del estrés térmico al disminuir su actividad física, lo que podría tener consecuencias negativas en la relación depredador-presa (Hudson, 2021). Este alto

rendimiento de *Neostrengeria macropa* en un amplio rango térmico encaja con la idea de que una mayor variabilidad climática da como resultado un nicho generalista de temperatura amplia en ectotermos en lugar de un nicho especializado de temperatura estrecha (Sunday et al., 2011).

Neostrengeria macropa (Hudson, 2021) además tiene un rango de tolerancia a la temperatura entre 10.5 °C a 26 °C, donde los individuos tienen una mayor actividad exploratoria. (Hudson et al., 2016). Tiene un rango de tolerancia de temperatura relativamente amplio (15,5º C) para un animal de la zona neotropical debido a la oscilación térmica diaria presente en la Sabana de Bogotá (Hudson et. al 2016).

En referencia a lo planteado anteriormente Arias-Pineda y colaboradores en 2021 en el modelo de nicho propuesto concluyeron que existen sitios en la Sabana de Bogotá y meses específicos del año donde las temperaturas están por fuera de este intervalo, presentando la ausencia de la especie (Arias-Pineda et al, 2021).

Otro planteamiento que pudo ser constatado es que a medida que la altitud aumenta, la diversidad también lo hace, ésto se debe a que en las partes altas de los cuerpos de agua y en sus gradientes, la disposición de nutrientes, sustratos y variables ambientales son cada vez más cambiantes, lo que induce en los individuos una especialización para sobrevivir en dichos ambientes (Álvarez, 2009; Arias-Pineda et al., 2021).

En concordancia con lo que plantea Hudson (2021) podemos decir que los trabajos de comportamiento, como de metabolismo son medidas eficientes de los efectos de las condiciones estresantes y pueden predecir cómo se desempeñará el individuo en su totalidad bajo futuros regímenes de temperatura, lo que lleva a predicciones biogeográficas más precisas de las poblaciones ya que los crustáceos de agua dulce, son un grupo indicador útil de cómo las especies acuáticas responderán al cambio climático. Un desafío importante relacionado con el clima para la supervivencia de este grupo es que los crustáceos endémicos de rango restringido pueden no ser capaces de cambiar con éxito su rango altitudinal (Hudson et.al 2021)

7.3.6 Aspectos evolutivos

El análisis de datación molecular, basado en un muestreo de la familia Pseudothelpusidae , sugiere que la superfamilia Pseudothelphusoidea se originó a fines del Cretácico, 68 millones de años (rango 78–55 millones de años), cuando se separaron del linaje Trichodactylidae. Antes de eso, los cangrejos americanos de agua dulce se habían separado de los africanos Potamonautidae durante el Cretácico medio (83,2 millones de años). La rama principal de Pseudothelphusoidea se dividió durante

el Eoceno temprano 54.12 millones de años (rango 60–41 millones de años), dando lugar a Epiloboceridae y Pseudothelphusidae.(Álvarez, et al., 2020).

Luego de este evento los Pseudothelphusidae recién definidos, se dividieron al final del Eoceno y principios del Oligoceno (40.41 millones de años) dando lugar a Strengerianae e Hypolobocerinae (Figura 15) , grupos que se aislaron del resto de los Pseudothelphusidae. Las Strengerianae de Colombia y Venezuela, se separaron de las Hypolobocerinae alrededor de 27 millones de años, ocupando además de Colombia y Venezuela a países como Panamá, Ecuador y Perú (Álvarez et al., 2020).

Con relación al ancestro Rodríguez (1982), plantea que el género *Neostrengeria* podría tener un ancestro común con *Hypolobocera* o que uno de los dos derivaría de una forma primitiva. Sin embargo, una posibilidad alternativa sugiere que el ancestro está asociado con el género *Martiana*, dada la semejanza en la estructura del gonópodo y la relación de la longitud del exognato con respecto al isquio del endognato en el tercer maxilípedo, lo cual señala a éste género como primitivo, respecto al género *Neostrengeria* (Campos, 1994). En la revisión de la taxonomía de los cangrejos neotropicales de agua dulce de la familia Pseudothelphusidae, basada en análisis multigénicos y morfológicos se establecieron las siguientes relaciones (Figura 16) (Álvarez, et al., 2020).

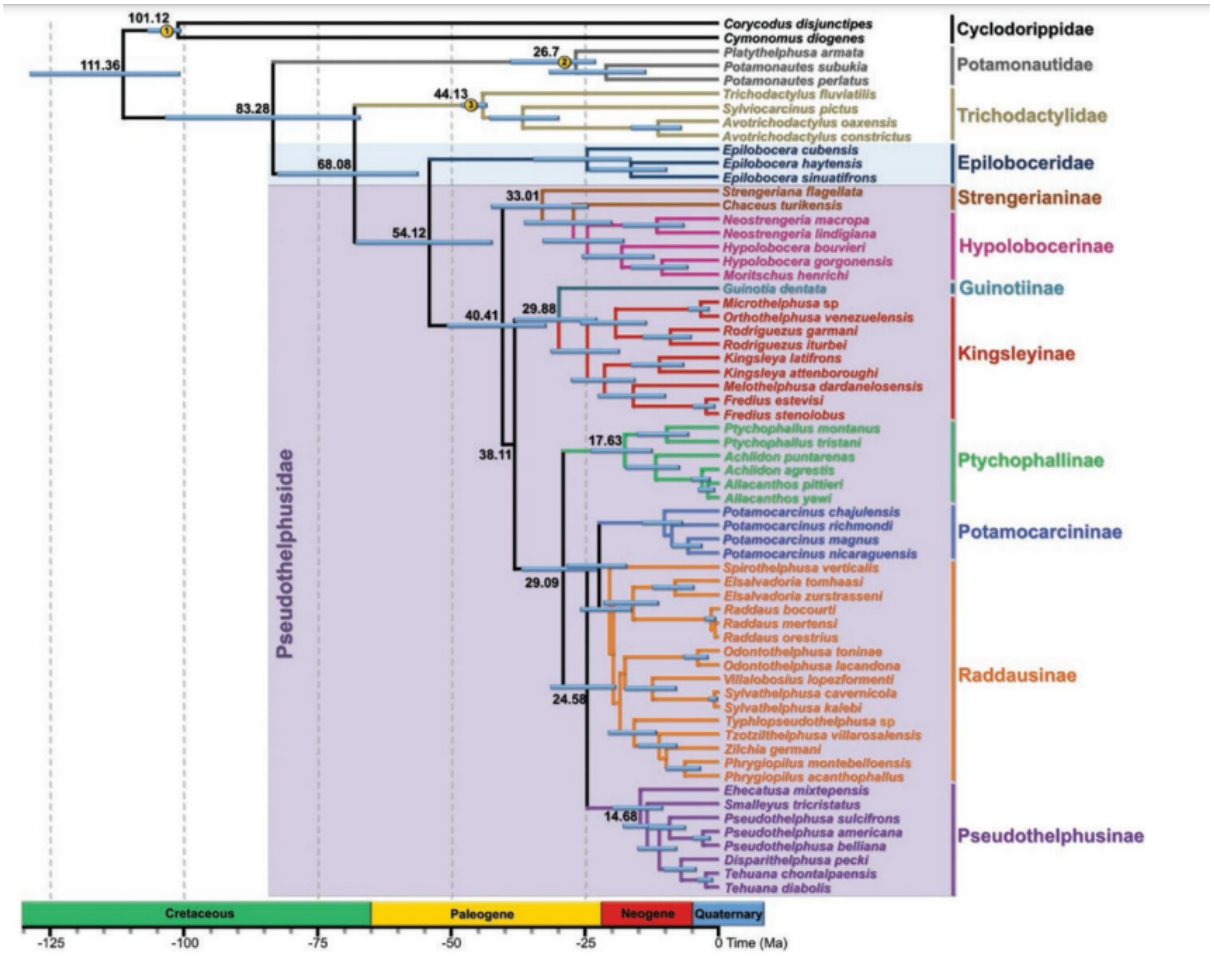


Figura 15. Árbol con estimaciones de divergencia para los nodos de los principales grupos de Pseudothelphusoidea (los números en los nodos representan millones de años antes del presente), con intervalos de confianza del 95 % representados por las barras grises. Se incorporaron tres cangrejos fósiles al análisis: (1) *Hillius youngi* Bishop, 1983, del Cretácico inferior; (2) *Tanzanonautes tuerkai* Feldmann et al., 2007 en Potamonautidae, del Paleógeno de Tanzania; y (3) un Trichodactylidae indeterminado del Paleoceno medio tardío de Perú (Klaus et al., 2017). (Tomado de Álvarez, et al., 2020).

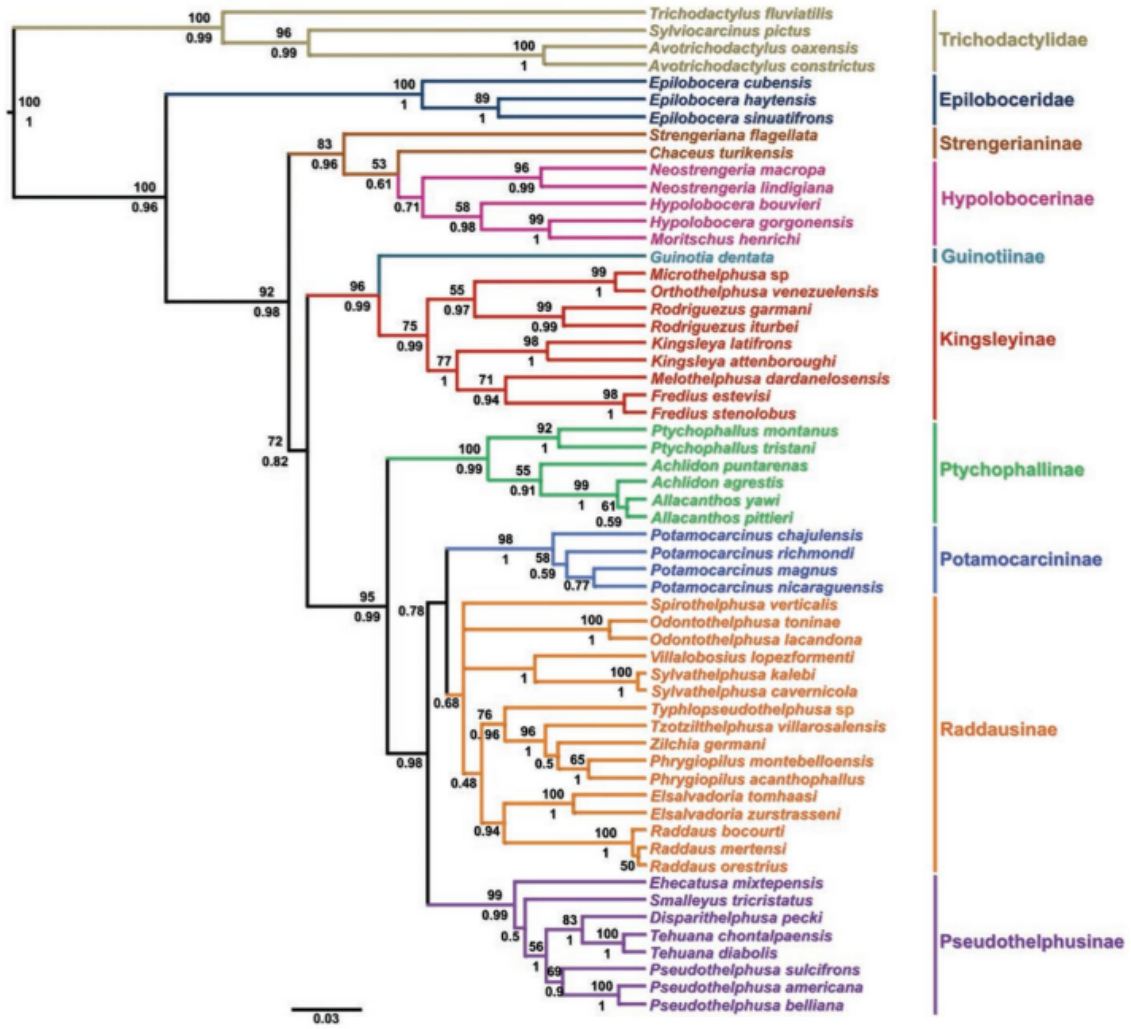


Figura 16. Árbol de relaciones filogenéticas obtenido por análisis bayesiano de máxima credibilidad de clados obtenido para 32 géneros de la superfamilia Pseudothelphusoidea. Los valores en los nodos representan valores de arranque para el análisis de probabilidad máxima (por encima de las ramas) y las probabilidades posteriores (por debajo de las ramas) (Tomado de Álvarez, F. et al,. 2020).

7.3.7 Aspectos biogeográficos

La superfamilia Pseudothelphusoidea comprende **a** los Epiloboceridae distribuidos en Cuba, Puerto Rico y las islas Hispaniola y Saint Croix, mientras que los Pseudothelphusidae recientemente definidos se encuentran en América continental y las Antillas Menores (Álvarez, F, 2020). El morfotipo de pseudotelphusoide está presente en un amplio grupo de dos familias, ocho subfamilias, 49 géneros y 304 especies. La distribución geográfica de estos rangos de cangrejos de agua dulce está representada desde Sonora, México, y hasta el sur en Perú y Brasil, incluidas las Indias Occidentales excepto Jamaica. (Figura 17) (Álvarez, F, 2020).

El momento de los principales eventos de ramificación en la evolución de Pseudothelphusoidea y la conformación geológica de las masas terrestres americanas son muy concordantes. El progreso realizado en la investigación de la historia geológica de la cuenca del Caribe y las masas terrestres asociadas en México, América Central y el norte de América del Sur , puede utilizarse para igualar la diversificación principal de este grupo. Las cadenas de islas y las masas de tierra emergentes en la región, combinadas con los cambios en el nivel del mar, produjeron conexiones terrestres intermitentes, entre islas y áreas continentales, alrededor de la cuenca del Caribe desde finales del Cretácico. Como grupo primario de agua dulce, las poblaciones ancestrales de Pseudothelphusoidea necesitaban masas de tierra emergente para sobrevivir. (Álvarez, F, 2020).

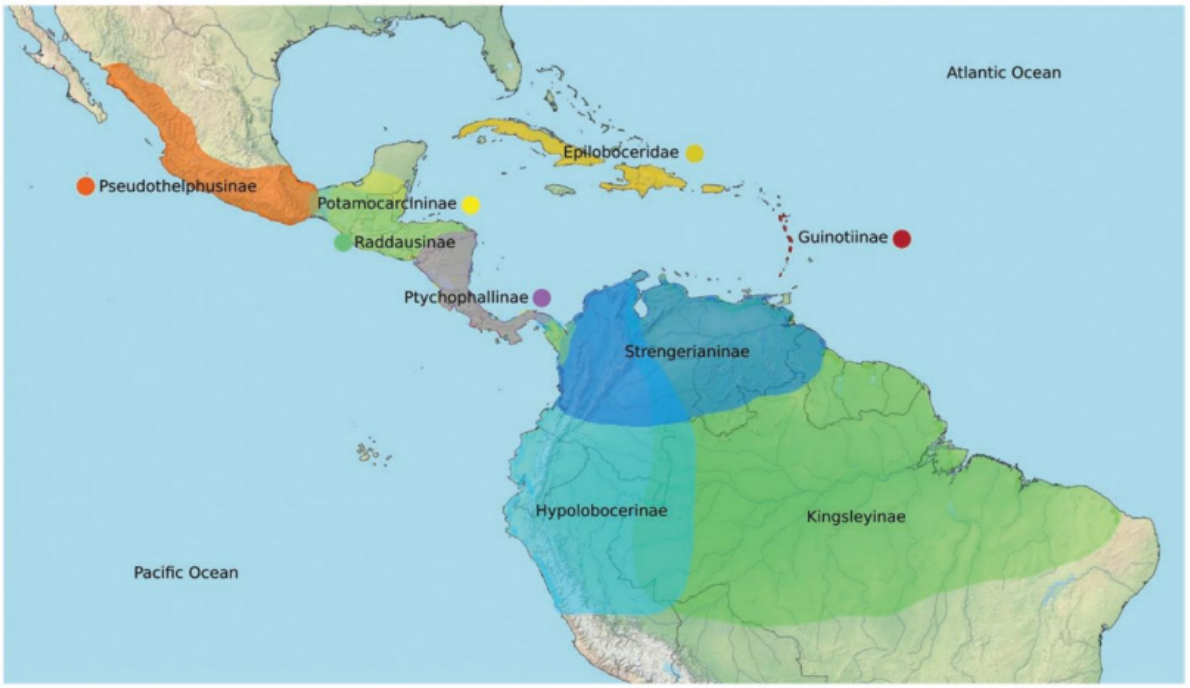


Figura 17. Áreas de distribución de Pseudothelphusoidea, por familias y subfamilias, en el continente americano (Tomado de Álvarez et. al, 2020).

La familia Pseudothelphusidae presenta variedad de zonas de diversidad. En Colombia la variedad del relieve topográfico determina una multiplicidad de ambientes favorables para la especiación alopátrica (Rodríguez, 1982). Sin embargo, esta rica fauna de pseudothelphusidae no es biogeográficamente homogénea. (Campos et al., 2002) han encontrado que los pseudothelphusidae del sur de los Andes de Colombia tienen afinidades con la fauna de Pseudothelphusidae de Ecuador, y apuntan a un pacto taxonómico de grupos del sur que se extiende hacia el sureste de Colombia y la Amazonía y Vertientes del Pacífico del Ecuador. Este compacto del sur está separado por las divisorias

de agua de las cuencas de San Juan, Cauca y Magdalena de las especies del norte que se encuentran a corta distancia al norte de estas divisorias. (Campos et al., 2002).

La especie *Neostrengeria macropa* ocupa el espacio de los altiplanos de Bogotá- Ubaté, el cual se ha organizado como estructuras sedimentarias lacustres y pantanosas depositadas en depresiones altas de la Cordillera Oriental. Conforman cuencas intermontanas amplias y ligeramente inclinadas en cuyos sedimentos se evidencia su origen lacustre. Los dos altiplanos están separados por un umbral de montañas que se extienden entre el Páramo de Guerrero y el de Gachaceca, constituidos por sedimentos de origen marino, dispuestos en bancos de arcillas, lutitas y areniscas que contienen cuencas carboníferas. Las características ambientales de estas altiplanicies se definen por estructuras de selvas andinas y nubladas sobre los ejes montañosos circundantes y por coberturas de plantas acuáticas, cortaderas y gramíneas sobre los planos de sedimentación abandonados por el agua. (Campos, 1994).

La población de *Neostrengeria macropa* encontrada en la vereda San Miguel, Río Muña, municipio de Sibaté, Cundinamarca, localizada en la zona sur de la sabana de Bogotá presenta variaciones morfológicas en las estructuras del gonópodo del macho; estructura que como se ha resaltado anteriormente constituye un carácter diagnóstico determinante y es importante resaltar que el gonópodo y la abertura genital de la hembra son complementarios, siendo análogos a la función llave/cerradura, (Rodríguez, 1992; Campos, 1994, 2005a; Campos & Pedraza, 2007), lo que indica que estas poblaciones, por estar aisladas de las registradas por Campos (1994, 2005a) del occidente de la Sabana de Bogotá poseen un patrón poblacional diferente, lo que puede sugerir que la ciudad y municipios aledaños pueden constituir una barrera geográfica, corroborado además con la presencia de las dos especies de ectocomensales del género *Temnocephala* encontradas diferencialmente en las poblaciones del sur y las del occidente (Arias & Realpe, 2014).

7.3.8 Factores de riesgo

El principal factor de riesgo es el impacto antropogénico de los cambios en el uso del suelo de la Sabana de Bogotá y la competencia con especies invasoras (Hudson et al., 2021). Entre estos factores destacan la deforestación en la cuenca, la contaminación por vertimientos especialmente por curtiembres en Villapinzón y la minería (Hernández-Barrero et al., 2007), además del acelerado desarrollo urbano, la densidad poblacional y la fragmentación de hábitats por represas (Campos & Lasso, 2015) .

Factores como la destrucción de sus hábitats, contaminación de los cuerpos de agua, sobreexplotación comercial de los mismos por parte de campesinos de la zona, para venderlos en

Bogotá como bebida afrodisiaca, ha contribuido en gran manera a la disminución de las poblaciones de estos decápodos (Campos, 1992, 1994, 2005a; Amat et al., 2007; Fundación Humedales, 2004, 2005).

En un área determinada como el complejo lagunar de Fúquene, Cucunubá y Palacio, se determinó que la presencia de vegetación acuática invasiva afecta la calidad del agua pues disminuye las cantidades de oxígeno disponible. Aunado a esto la presencia de especies introducidas o exóticas como la carpa común (*Cyprinus carpio*) y el pez dorado (*Carassius auratus*), han conllevado a la disminución de las poblaciones de *Neostrengeria macropa*. Sin embargo, estas poblaciones han utilizado una estrategia para contrarrestar este efecto, que consiste en una modificación de la cámara branquial para almacenar agua, lo que les permite habitar temporalmente en ambientes anóxicos o terrestres. No obstante las especies endémicas han sufrido una alteración de las redes tróficas y las relaciones ecológicas de abundancia, densidad y competencia (Fundación Humedales, 2004).

Para el año 2003, las poblaciones del cangrejo sabanero demostraban mayor resistencia al cambio con respecto a otras especies endémicas de la sabana (Fundación Humedales, 2004), sin embargo Campos (2007) catalogó a *Neostrengeria macropa* como una especie "Vulnerable" debido fundamentalmente a la contaminación de su ambiente natural y a la explotación indiscriminada en los alrededores de las lagunas y embalses de la Sabana de Bogotá por lo que la especie fue catalogada como especie amenazada, bajo la categoría de (VU) Vulnerable en la resolución 0192 del 10 de febrero de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Campos & Lasso, 2015). Lamentablemente la situación actual parece no ser muy alentadora pues los factores de amenaza continúan sin medidas de control para su conservación , y a esto se le suma la sobreexplotación como recurso pesquero por lo que actualmente se encuentra catalogada en la categoría EN (En peligro) por la Resolución MADS 1912 de 2017 (CAR, 2020).

Sumado a esto la introducción y colonización del cangrejo de río *Procambarus clarkii* contribuye directamente a la situación de *Neostrengeria macropa* (Campos & Lasso, 2015) y aunque aún hacen falta estudios para establecer el índice real (Hudson et al., 2021) se estima que es otro factor de gran impacto y que afecta significativamente a las poblaciones del cangrejo de la sabana (Campos & Lasso, 2015). Debido a esto la especie ha desaparecido de muchos sitios en La Sabana de Bogotá. (Campos & Lasso, 2015).

7.3.9 Planes y estrategias de Conservación

En concordancia en el 2020 la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR planteó el primer plan de manejo y conservación de N*eostrengeria macropa* para su jurisdicción. Las variables consideradas para la prevención, control y manejo de la especie *Neostrengeria macropa* en el territorio CAR son :

1. Inventario y conocimiento de la especie y sus poblaciones en donde se tengan en cuenta factores como la ecología, interacciones con otras especies , condiciones físico-químicas y biológicas de su hábitat, determinando la ubicación espacial de la especie caracterizando la cobertura vegetal y fauna asociada.
2. Investigación y monitoreo de la especie y sus poblaciones. En este aspecto se pretende monitorear y evaluar el estado de amenaza del cangrejo de la sabana, diagnosticando amenazas antrópicas y biológicas que generan impactos negativos.
3. Aplicación de medidas de manejo y conservación de la especie. Implementar medidas de manejo, proponer actividades para la conservación del hábitat, medidas de uso sostenible y control de pesca.
4. Alianzas estratégicas con entidades públicas y privadas para generar proyectos cooperativos que contribuyan al manejo y conservación de la especie
5. Educación y comunicación. Generar estrategias de educación para los actores involucrados en la conservación y manejo del cangrejo sabanero

Después de analizar el plan de conservación existente los autores sostenemos que se requiere mayor profundidad, tanto en el conocimiento de la especie, como en las acciones a realizar debido a que no se es específico en la manera de llevar a cabo estos puntos.

En el año 2021 se propuso una cartilla educativa para aportar a la conservación y concientización de los decápodos *Neostrengeria macropa* y *Procambarus clarkii* en Bogotá como herramienta pedagógica y medio de difusión de información para la comunidad no científica, con el fin de de poner en conocimiento la problemàtica ambiental que presentan estas dos especies y generar un apropiamiento del territorio y de la fauna nativa. Se realizó una prueba piloto con jóvenes estudiantes de colegio y de universidad, demostrando en los resultados obtenidos que la población presentó una apropiación de la información después del contacto con la herramienta con lo cual se concluyó que es una estrategia óptima para tratar problemáticas ambientales en labor conjunta con la comunidad. (López, 2021).

7.3.10 Endemismo de los cangrejos dulceacuícolas en Colombia

Como se ha mencionado los Andes tropicales son un punto de explosión biológica debido a su geografía y clima único en el planeta, por lo que el fenómeno de la especiación se presenta en cortos períodos de tiempo lo que finalmente se traduce en un alto nivel de endemismo y de diversidad de especies. La Cordillera Oriental de Colombia evolucionó a partir de complejos procesos de sedimentación marina constituyendo cuencas profundas, circundadas por estructuras geológicas antiguas. Emergió como cordillera a partir de procesos orogénicos amplios, vinculados a la geotectónica en el margen convergente de las placas del noroccidente suramericano. En su conformación a los potentes bancos de sedimentos marinos, se agregan los macizos antiguos, los volcanes terciarios y la configuración de núcleos ígneo-metamórficos. Durante la emersión de la cordillera se define una multiplicidad de ambientes los cuales, de manera general, corresponden a valles longitudinales y transversales, vertientes, altiplanos, páramos y pie de montes, en cada uno de los cuales se crean condiciones particulares para el comportamiento y la conjugación de los elementos y factores ecosistémicos y ambientales. La enorme variabilidad ambiental guarda estrecha relación con la diversidad biológica y los procesos de especiación y endemismo exigidos por el ambiente de montaña (Molano, 1990; Campos 1994).

7.3.11 Usos

Neostrengeria macropa es utilizada como pesca de subsistencia y artesanal con carácter comercial. Se captura mediante el uso de canastos de mimbre en lagunas y aros con malla en ríos y quebradas desde hace más de 30 años como se ha registrado en el complejo lagunar de Fuquene, Cucunuba y Palacios. La pesca del cangrejo de la sabana se llevaba a cabo en la subcuenca del río Bogotá y parte alta del río Ubaté (Garzón et al. 2005). En la laguna de Fúquene desapareció como recurso pesquero y ya en el 2011 no se registraba su uso (Campos & Lasso, 2015), probablemente por la sobreexplotación pesquera o bien por el solapamiento evidenciado con la especie *P. clarkii*. Los datos pesqueros más recientes corresponden al embalse de Tominé (AUNAP & Fundación Humedales 2013, Campos & Lasso, 2015).

Se ha reportado que es comercializada en las plazas de mercado de Bogotá y es consumida en una bebida afrodisíaca denominada ‘’berraquillo’ (Fundación humedales, 2004, Arias, 2013 ; Arias & Realpe, 2014) que según afirman los vendedores contiene un espécimen de cangrejo vivo, chocolisto, cola granulada, vino, whisky, ostras, borojó, miel y leche y son mezcladas en una licuadora que asesina el crustáceo, dando como resultado una bebida que es rematada con una ampolleta de vitamina E obtenida de embrión de pato. (Figura 18). Este es un problema de salud pública pues como se ha

reportado el cangrejo sabanero presenta parásitos asociados que pueden afectar de manera grave a la población humana que los consume sin ningún tipo de control sanitario.



Figura 18. Individuos de *Neostrengeria macropa* utilizados en ‘’El Berraquillo’’ Tomado de Felipe Motoa, El Tiempo, 2015.

7.3.12 Aspecto socio-cultural

El autor (Jhon Barrios) relata la historia de José Torres y Edelmira López (Figura 19) una pareja de campesinos habitante de la Sabana de Bogotá que recuerda cómo era el rìo Bogotá originalmente llamado rìo Funza hace más de 50 años:

En su memoria aún sobreviven muchas historias de la época de su enamoramiento que inició cuando eran niños de colegio. “Nos conocimos en la escuela de la vereda, pero en esa época éramos amigos y solo pensábamos en jugar. Cuando nos llegó la juventud, nuestras miradas empezaron a cambiar. Íbamos juntos a los bazares y en uno de esos recorridos por las orillas del río Funza, el verdadero nombre de Bogotá, nos juramos amor eterno”, dice Edelmira, dedicada a hilar sacos con la lana de las ovejas.

Don José, experto en labrar la tierra y criar becerros, complementa el relato de su único amor, una mujer cuyos ojos azules desbordan solo ternura. “Los baños en el río Funza fueron parte de

nuestra crianza. Yo iba con mis amigos a tirarnos en los pozos profundos que había alrededor del río. Edelmira iba con sus amigas y un día nos pusimos a hablar viendo a los peces capitanes y cangrejos que había en el agua. Ahí fue que nos hicimos novios, como a los 15 años".

Al recordar cómo era en ese entonces el río Funza, vocablo de los muiscas que significa varón poderoso, los ojos claros de Edelmira se llenan de lágrimas. "Fuimos novios por una década, un amor chapado a la antigua donde José le pedía permiso a mis taitas para llevarme a recorrer la vereda. El río era mucho más grande y limpio, con una cantidad de agua impresionante. Había animales como nutrias que se comían a los pequeños cangrejos y peces. El casorio fue cuando cumplimos 25 años, una época en la que el río era muy hermoso".

"Cuando llovía, el río se llenaba de vida: peces, cangrejos, nutrias y muchas aves. Yo pescaba con anzuelo, pero a veces llevaba a la casa los cangrejos para variar la comida. Pero la verdad no nos gustaba mucho, así que los dejaba quietos en el río. Toda esa naturaleza ya se fue, me imagino que por la contaminación y la llegada de más personas a las veredas. Quién sabe para dónde se fueron esos animales", afirma José, quien saca dos cosechas de papa al año y las vende en la plaza de Villapinzón.

Aunque el río Funza ya no es ni la mitad de lo que fue cuando se enamoró perdidamente de su esposo, Edelmira lo sigue queriendo. "Así esté chiquito debemos quererlo, porque gracias a él es que tenemos vida. Ojalá un día volviera a ver a esos animales tan bellos, como a esos pequeños cangrejos que no recuerdo cuándo fue la última vez que los ví"

Los cangrejos que vieron José y Edelmira mientras concretaban su amor, corresponden a una especie típica del altiplano cundinamarqués. Su nombre científico es *Neostrengeria macropa*, pero todos lo llaman cangrejo de la sabana o sabanero.

Tomado de Revista Semana, Jhon Barrios, Grupo Rìo Bogotá, 2020



Figura 19. El amor de José y Edelmira nació en las aguas del río Bogotá en Villapinzón, cerca a su nacimiento en el páramo de Guacheneque. Foto: Javier Tovar.

7.3.13 Distribución del género *Neostrengeria*

El género *Neostrengeria* se encuentra restringido a la Cordillera Oriental (Rodríguez, 1982). Las 10 especies del género cubren las dos cuencas de los ríos Magdalena, Orinoco y Catatumbo (Campos, 1992).

Las 18 especies del género *Neostrengeria* descritas hasta 1992 están distribuidas en las vertientes occidental y oriental de la Cordillera Oriental de los Andes de Colombia, en altitudes que van desde los 400 a los 3.000 msnm (Campos, 1992).

Se encuentra ubicado también sobre el altiplano de la Cordillera Oriental. Se ubica astronómicamente entre los 3° y los 7°40’ de latitud norte y entre los 73° y 74° 15’ al occidente de Greenwich. Las especies *N. gilberti, N. niceforoi, N. aspera, N. sketi, N charalensis, N. botti y N. tonensis* están ubicadas en la vertiente occidental de la Cordillera Oriental. Las especies *N. macarenae, N. guenteri, N. monterrodendoensis, N. libradensis appressa, N libradensis libradensis, N. lasallei, N. tencalanensis y N. lobulata* están distribuidas sobre la vertiente oriental de la Cordillera Oriental. *N. lindigiana* se encuentra en ambas vertientes, *N. macropa* y *N. boyacensis* ocupan el altiplano de la Cordillera Oriental (Campos, 1994).

El límite occidental de la distribución corresponde a la región de Tena (Departamento de Cundinamarca) ; el límite sur se extiende hasta la parte nororiental de la Serranía de la Macarena

(Departamento del Meta) y el límite norte hasta la región de Bochalema (Departamento Norte de Santander) (Campos, 1994).

El género *Neostrengeria* se distribuye geográficamente ocupando variados ambientes que difieren en altitud y condiciones ecológicas locales o subregionales. En ambientes de piedemonte se encuentran *N. macarenae, N. guenteri y N. lasallei*. Sobre valles longitudinales se destacan las especies *N. lindigiana, N. niceforoi, N. sketi, N. boyacensis, N. botti, N. lobulata y N. libradensis appressa*, ubicadas en la cuenca de los ríos Bogotá- Sumapaz y los ríos Suarez y Chicamocha. Sobre valles transversales están presentes las especies *N. monterrodendoensis, N. lasallei, N. lindigiana. N. botti, N. gilberti, N. aspera, N. libradensis libradensis, N. tonensis y N. tencalanensis*. *N. macropa* y *N. boyacensis* se ubican sobre ambientes de altiplano y montañas circundantes. (Campos, 1994) (Fig XX).La especie *N. celioi* restringida a la Orinoquia, subregión del río Cravo sur y del río Cusiana, *N. bataensis* asociada a la Cordillera Oriental, Río Batá y Guatiquía en la Región Natural Andina y en la Orinoquia, río Cusiana, Túa y Humea. *N. lassoi* se encuentra en la Cordillera Oriental, Río Magdalena, Región Natural Andina, y *N. fernandez* en la subregión del Río Minero en la Región Natural Andina. (Campos, M & Campos, D, 2020) (Figura 20).

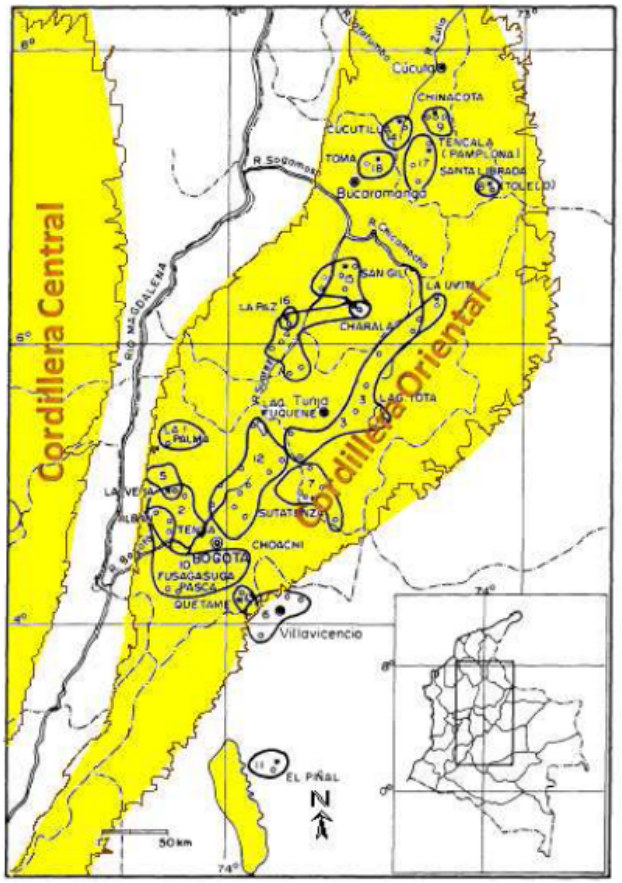


Figura 20. Distribución del género *Neostrengeria* en la cordillera oriental. Colombia (*Neostrengeria: 1,N. aspera; 2, N. botti; 3, N. boyacensis; 4, N. charalensis; 5, N. gilberti; 6, N. guenteri; 7, N. lasallei; 8, N.libradensis libradensis; 9, N. libradensis appressa, 10, N. lindigiana; II, N. macarenae; 12, N. macropa; 13, N.monterrodendoensis; 14, N. lobulata; 15, N. niceforoi; 16, N. sketi; 17, N. tencalanensis; 18, N. tonensis* (Tomado de Campos, 1994 modificado Álvarez, 2009).

7.3.13.1 Distribución de *Neostrengeria macropa*

Neostrengeria macropa ocupa un espacio de alta montaña, circundada por los principales ejes de la Cordillera Oriental, con localidades en las regiones de Tabio, Sopó, Gachancipá, Zipaquirá, Cogua, Sesquilé, Suesca, Chocontá, Villapinzón, Tausa y Fúquene. En medio de estos ejes se ubican los altiplanos de Ubaté y Bogotá, evolucionados a partir de sedimentos de origen cuaternario. Estas altiplanicies son recorridas por los ríos Chécua, Suárez, Bogotá y Ubaté, dentro de los sedimentos lacustres, facilitando la construcción de embalses que han incidido en las variadas condiciones microambientales (Ortiz et al.,1981; Campos & Rodríguez 1985; Campos 1992, 1994).

Arias-Pineda (2013) registra la presencia de *N. macropa* para el municipio de Sibaté, Cundinamarca, aledaño a la ciudad de Bogotá, localizada al sur de la misma. Este último registro abrió

la posibilidad al hecho de que pudieran existir poblaciones de *N. macropa* en otras localidades de la sabana bogotana. Se reportaron además nuevos registros aledaños a la ciudad de poblaciones de *N. macropa*, al sur oriente de Bogotá en las Zonas rurales de la localidad de Usme y en el río Muña, San Miguel, Municipio de Sibaté ; por otro lado al Occidente de la sabana, en el municipio de Facatativá. (Arias-Pineda, 2013) En modelos predichos se ha sugerido la presencia de *N. macropa* al sur de la Sabana de Bogotá en Ciudad Bolívar, al oriente en Usaquén y cerros orientales y al occidente en los municipios de Funza y Subachoque (Arias et al., 2021).

Sin embargo se ha descrito que en otras localidades de la misma sabana de Bogotá no se recolectaron antes individuos de esta especie (Arias-Pineda, 2014; Arias-Pineda y Realpe, 2015). Para determinar el estado de conocimiento de la distribución de *N. macropa* en 2013 Arias y colaboradores recopilaron información sobre los datos de presencia de *Neostrengeria macropa* en la Sabana de Bogotá depositados en colecciones biológicas y trabajos distribucionales (Figura 21). Las colecciones que revisaron fueron Museo de la Salle, Colección de Artrópodos y otros Invertebrados (CAUD-216), Universidad Distrital Francisco José de Caldas, y el Museo de Historia Natural Universidad de los Andes. Los trabajos distribucionales publicados consultados fueron de Campos (1994, 2005a) y Campos y Lasso (2015) .

En cuanto a las variables que predicen la distribución potencial del cangrejo sabanero, se descubrió que la altitud es una de las variables de mayor relevancia contribuyendo al modelo planteado por Campos (2010), en donde la altitud, la orogenia, y variables asociadas como: temperatura, tipos de vegetación y variables climáticas, juegan un papel preponderante en la distribución de los cangrejos de la familia Pseudothelphusidae (Arias et al., 2021). La orogenia de la sabana de Bogotá moldea la distribución de especies, estando limitado por montañas que pueden alcanzar los 3.500 m de altitud.

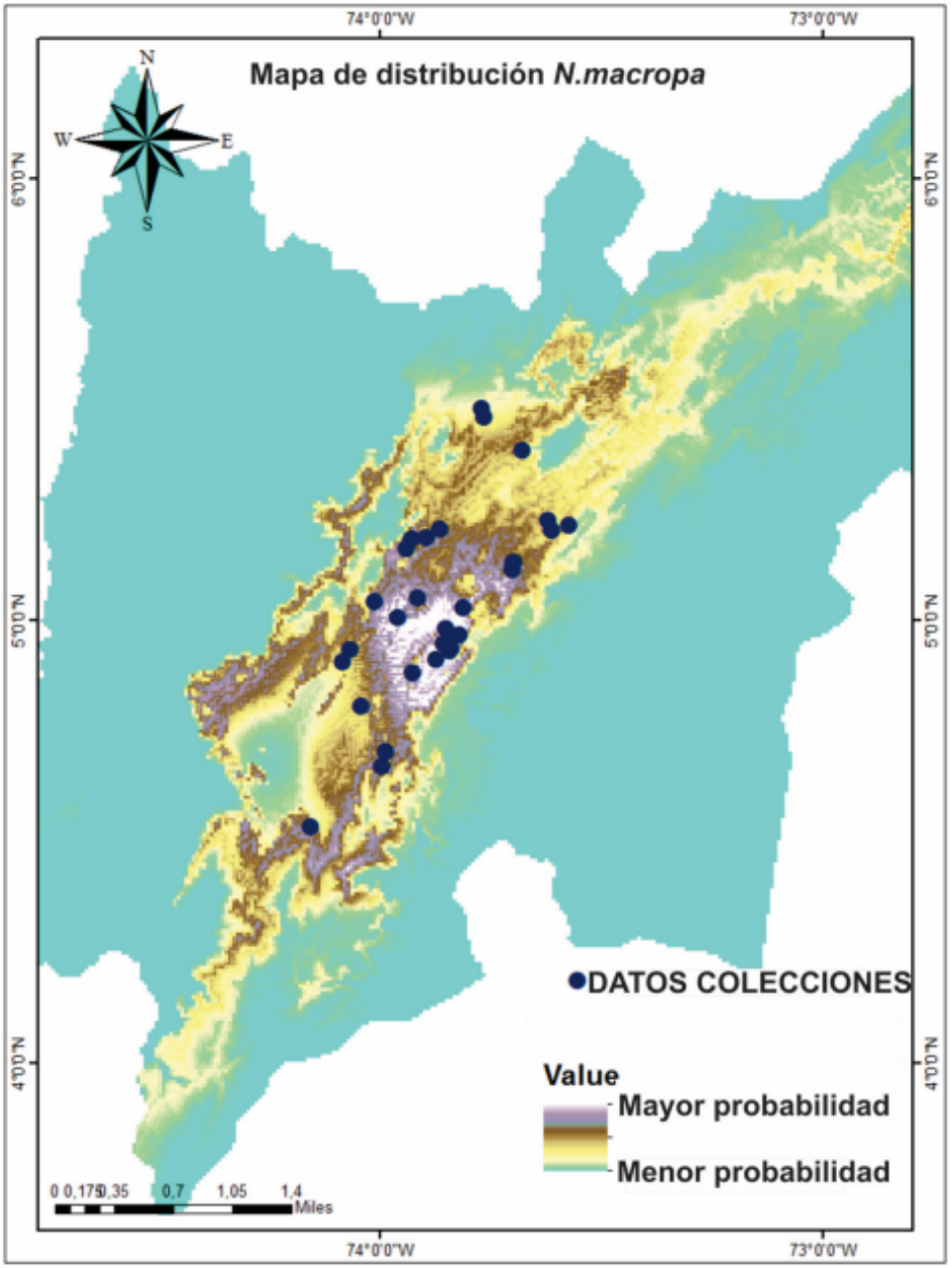


Figura 21. Mapa de la distribución actual según los datos obtenidos de literatura y colecciones biológicas revisadas por Arias-Pineda, J. Realpe, E y González-Rosas, C. (2021)

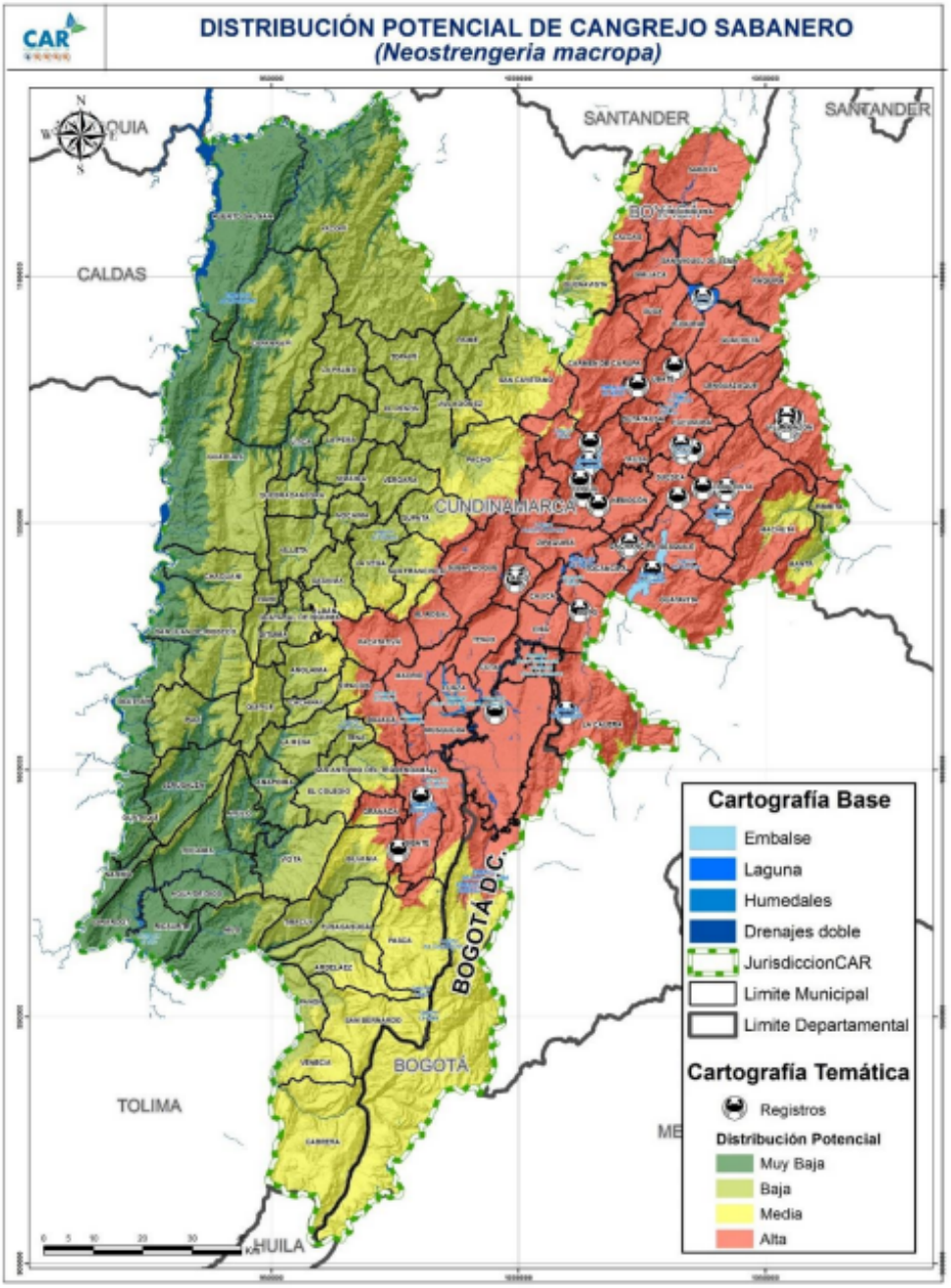


Figura 22. Mapa de distribución de *Neostrengeria macropa* dentro del territorio CAR, los datos para su elaboración corresponden a reportes realizados para la especie mediante las plataformas SiB Y GBIF. Zonas verdes equivalen al territorio con menores cotas altitudinales. (Tomado de la elaboración del equipo de Biodiversidad CAR, 2020 a partir de datos de GBIF.ORG, SIB Colombia y visitas técnicas de campo.)

7.4 Estado de conocimiento de *Procambarus clark*ii (Girard, 1852)

7.4.1 Generalidades

Procambarus clarkii fue introducida en países europeos (Italia, España y Francia) entre los años 1970 y 1980. En España se ha desarrollado una industria productiva y dinámica mediante el cultivo (Campos, 2005b). Fuera de los Estados Unidos continentales, *P. clarkii* se ha introducido con éxito en Hawái, el oeste de México, Costa Rica, República Dominicana, Belice, Brasil, Ecuador, Venezuela, Japón, China continental, Taiwán, Filipinas, Uganda, Kenia, Zambia, República de Sudáfrica y Europa. Como resultado de estas translocaciones, hoy *P. clarkii* es el cangrejo de río más cosmopolita y se encuentra en hábitats naturales en todos los continentes excepto Australia y la Antártida (Huner, 2002).

En Colombia, el cangrejo de río *Procambarus clarkii* fue introducido por primera vez con fines experimentales por la Universidad del Valle en 1985, específicamente por "Agropecuaria Heliodoro Villegas Sucesores S.A.", con registro sanitario del ICA (O.N. 867 -85). Por un accidente en su manipulación, los individuos llegaron a las cercanías con el río Palmira (Zanjon Romero y lagos del bosque municipal) en donde se introdujeron en el ecosistema. (Álvarez-León & Gutiérrez-Bonilla, 2007; Florez- Brand & Espinosa- Beltran, 2011).

Para 1998 se quiso evaluar y determinar la dispersión de la especie pudiendo concluir que su distribución estaba restringida a las mismas cercanías con el río Palmira, pero se evidencio que los individuos tenían una alta tasa reproductiva (Álvarez-León & Francisco Gutiérrez-Bonilla, 2007).

Algunos aspectos como la extracción manual de ejemplares por los pobladores de la región y el desecamiento temporal de un tramo considerable en la parte alta del zanjón mantenía controlada la tasa de reproducción. A su vez, competencias por espacio o alimentación parecen no existir y por ende, no existían circunstancias de desplazamientos u ocupación de nichos ecológicos. (Álvarez-León & Francisco Gutiérrez-Bonilla, 2007; Florez- Brand & Espinosa- Beltran, 2011). Sin embargo el cangrejo de río *Procambarus clarkii* fue reportado por primera vez para la sabana de Bogotá en el año 2004. 8 Especímenes adultos (6 machos y 2 hembras) fueron capturados en un lago artificial sobre el Km 14 de la carretera central Bogotá- Briceño. (Campos, 2005b). Se desconoce la manera mediante la cuál *P. clarkii* ingreso a la Estructura Ecológica Principal de Bogotá, sin embargo se consideran como posibles vías para este ingreso las liberaciones por acción humana, escapes de las plazas de mercado donde se ha registrado la venta de productos a partir de estos individuos o transporte natural por medio de otros animales o fuentes de agua (Escobar et al., 2021).

Se ha planteado que para su manejo es necesario resolver el vacío de información en dos campos de la investigación: la dinámica de su población y la evaluación de riesgos en inocuidad de alimentos. Por lo tanto, se requiere determinar a través de un ciclo anual, los parámetros de edad y crecimiento, distribución, tamaño poblacional y abundancia relativa, así como sus épocas exactas de madurez, reproducción, reclutamiento y relaciones ecológicas. Así mismo, en materia de inocuidad de alimentos, es necesario emitir un concepto técnico para su manipulación y posible consumo. (Pachón & Valderrama, 2018) .

7.4.2 Sistemática

Sistemáticamente, los Astacinae americanos están emparentados con los Astacinae europeos que fueron considerados globalmente como especies del género *Astacus*. Posteriormente, Boot (1950) estableció el género *Pacifastacus* y propuso un nombre genérico para todos los astácidos del oeste de Norteamérica. Rieget (1958), reportó la presencia en California de cinco Astácidos que representan dos subfamilias y tres géneros; *Pacifastacus leniusculus* (Dana); *Pacifastacus klamathensis* (Stimpson) y *Pacifastacus nigrescens* (Stimpson) de la subfamilia Astacinae; *Procambarus clarkii* (Girard) y *Orconectes virilis* (Hagen) de la subfamilia Cambarinae. (Araujo & Buckle, 1985)

Posición taxonómica de *Procambarus clarkii*: (Tomado de ITIS, 2022)

Reino: Animalia
Filo: Arthropoda
Subfilo: Crustacea Brünnich, 1772
Clase: Malacostraca Latreille, 1802
Subclase: Eumalacostraca Grobben, 1892
Superorden: Eucarida Calman, 1904 – camarão
Orden: Decapoda Latreille, 1802
Suborden: Pleocyemata Burkenroad, 1963
Infraorden: Astacidea Latreille, 1802
Superfamilia: Astacoidea Latreille, 1802
Familia: Cambaridae Hobbs, 1942
Subfamilia: Cambarinae Hobbs, 1942
Género: *Procambarus* Ortmann, 1905
Subgénero: *Procambarus* (Scapulicambarus) Hobbs,1972
Especie: *Procambarus clarkii* (Girard, 1852).

Sinonimia: Cambarus Clarkii Girard, 1852; Cambarus clarkii Faxon 1898; *Procambarus clarkii* Hobbs 1942.

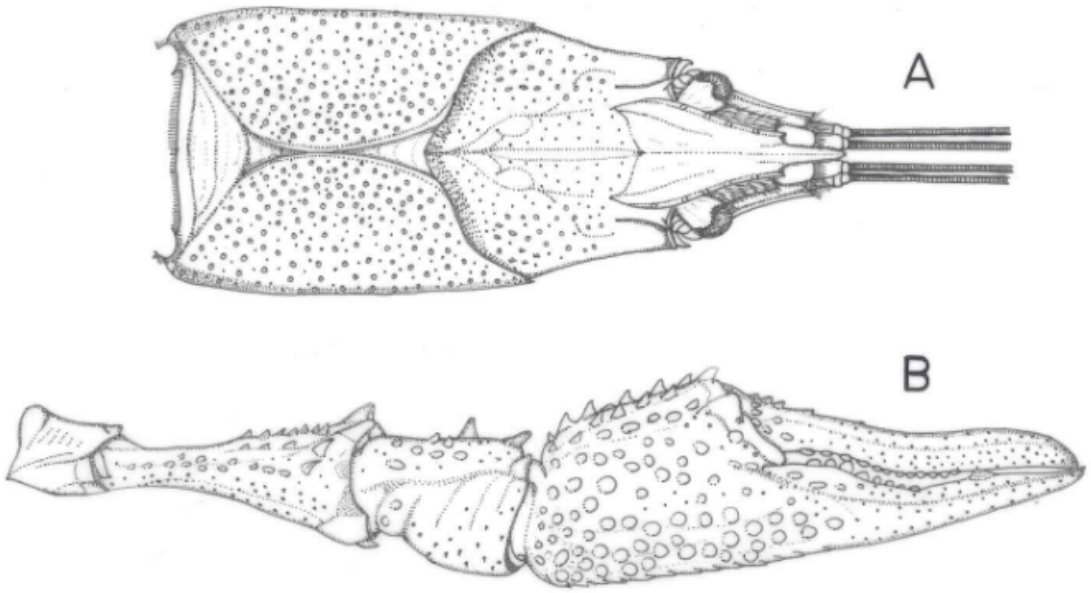
7.4.3 Morfología Externa

Campos, 2005b describe las siguientes características morfológicas para *Procambarus clarkii*:

Presenta caparazón y ojos pigmentados, rostro acuminado, cóncavo con márgenes elevados, ligeramente engrosados y con una serie de tubérculos (Figura 23, 24A). Una espina cervical pequeña; areola reducida (1.90 cm×0.25 cm), equivalente a 15.2 veces la relación largo/ancho **(**Figura 23, 24A). La palma de la quela moderadamente abultada, con una hilera de tubérculos a lo largo del margen mesial, la quela elongada **(**Figura 23, 24B**)**; el isquio del tercer y cuarto par de pereiópodos poseen una espina prominente en forma de gancho. El primer gonopodo del macho tiene una saliente angular desde la porción media hasta la sub distal de la superficie cefálica, con hileras de setas muy conspicuas sobre la superficie mesial, las cuales continúan hasta la porción distal (Figura 24C, D); el ´ ápice del gonopodo está conformado por 4 estructuras: (a) la proyección central lobulada, semicircular, con un ángulo agudo en el margen caudal–distal (Figura 24 C,E), (b) el proceso mesial prominente, triangular, con el extremo distal agudo, dirigido distalmente (Figura 24, D), (c) una protuberancia, en la porción distal de la superficie caudo-lateral del gonopodo, la cual forma una cresta elíptica distal (Figura 24 C,E), (d) un proceso triangular, situado entre la proyección central y la cresta elíptica,con el extremo distal terminado en una espina aguda, dirigida caudalmente y ligeramente de mayor tamaño que la cresta elíptica (Figura 24 C, E).



Figura 23. *Procambarus clarkii* (Girard, 1852), macho, vista total dorsal. Tomado de Campos, 2005.



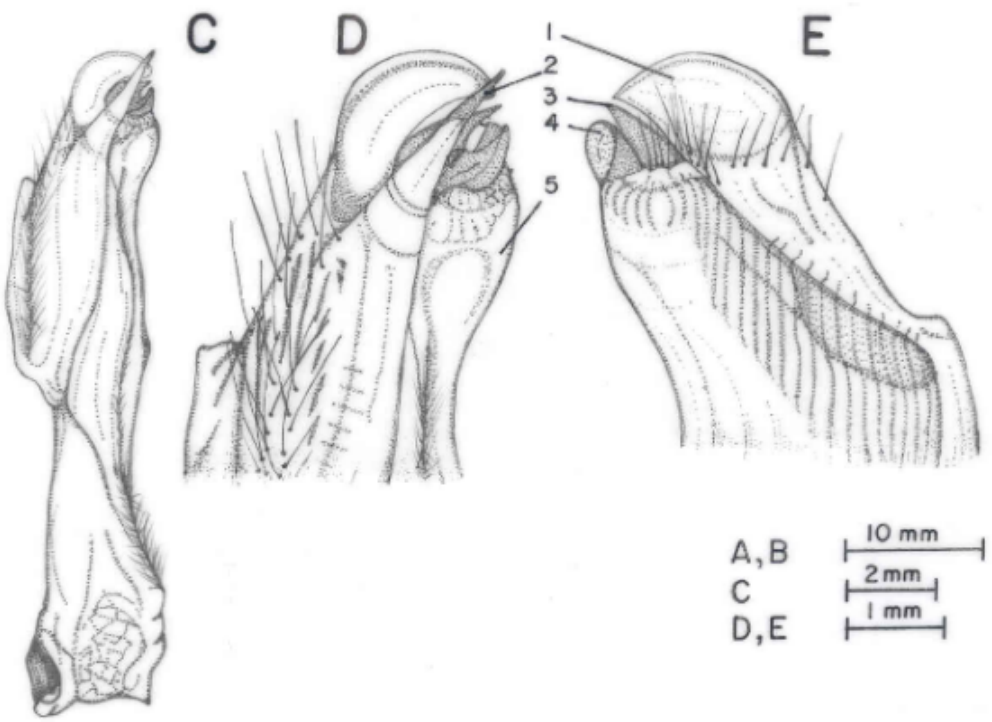


Figura 24. *Procambarus clarkii* (Girard, 1852), macho. A, caparazon, vista dorsal; B,primer pereiopodo, quelado, vista dorsal; C, primer gonopodo del macho, vista mesial; D, detalle del apice, vista mesial; E,detalle del ´apice, vista lateral.1, proyeccion central; 2, proceso mesial; 3, proceso triangular;4, cresta eĺıptica 5 protuberancia (Tomado de Campos, 2005b).

Sin embargo al ser una especie con una alta plasticidad fenotípica, su dimensión corporal puede verse afectada en gran o menor medida (Campos, 2005b). El tamaño medio de *P. clarkii* puede sufrir variaciones intraespecíficas dependiendo de las condiciones del medio (Cano & Ocete, 2000). Estos rasgos variables morfológicos se pueden cuantificar y analizar por medio de la morfometría geométrica Slice, 2005, 2007 (Citado por Arias et al., 2021). En este sentido se realizó un estudio morfomètrico que permitió comparar a dos poblaciones de cangrejos de rìo, una población nativa de Luisiana, Estados Unidos y una población introducida en Macanal, departamento de Boyacá, Colombia, de ambos sexos determinando que no son significativamente diferentes en cuanto al propodio y el uropodio, pero si en el pereion de los machos sustentado posiblemente por al estrés ambiental al cual estaban sometidos generalmente las especies invasoras se somete y por el cambio de hábitos (Fetzner & Crandall, 2001; Arias et al., 2021). Una de estas variaciones es la húmedad, y teniendo en cuenta que *P. clarkii* se reproduce conforme al periodo hidrográfico de la región, la tasa de reproducción,y maduración serán inversamente proporcionales, debido a que habrá más etapas reproductivas en el año (Gheraldi et al., 2000) y se tendrá menor tiempo entre cada etapa para su posterior maduración y crecimiento. (Arias et al.,2021), por lo que se puede inferir que en el altiplano

cundiboyacense las poblaciones de cangrejos de río pueden presentar diferentes mecanismos de adaptación morfológicos, como lo es el desarrollo precoz de la madurez sexual.

7.4.4 Aspectos biológicos

Diversas investigaciones sobre *Procambarus clarkii*, a nivel mundial y de Suramérica se han enfocado en investigar aspectos biológicos de la especie, que influyen en la dinámica de invasión.

A continuación se relacionan los aspectos biológicos más relevantes de la especie de acuerdo a la bibliografía recopilada:

7.4.3.1 Reproducción y Desarrollo

Presentan dimorfismo sexual debido a que los machos son más grandes que las hembras (Campos, 2005b; Callejas-Caraballo y Díaz-Gallego, 2019), aunque en varias poblaciones no se han observado mayores diferencias (Pedroza, 2017). Este un aspecto reproductivo que preocupa ya que los datos recolectados sobre esta especie en la Sabana de Bogotá indican que cuando la proporción de individuos de machos o hembras no es significativa pueden existir condiciones ambientales desfavorables y como respuesta las hembras tienen mayor número de crías garantizando de este modo la supervivencia poblacional (Huner & Barr, 1984; Anastacio & Marques, 1995). En un estudio realizado en una población en la laguna de Fùquene se evidenció que los machos presentan quelípedos más grandes con relación a las hembras lo cuál puede ser un rasgo distintivo en su dimorfismo sexual (Pedroza, 2017, Callejas-Caraballo y Díaz-Gallego, 2019).

Los machos tienen un órgano copulador formado por una modificación de la primera y la segunda pareja de pleópodos denominado gonopodo, mientras que en las hembras el primer par de apéndices abdominales es vestigial, el segundo no tiene modificaciones y presenta gonoporos en los coxopoditos del tercer par de pereiópodos con la existencia de una abertura en forma de herradura entre el 4º y 5º par de apéndices torácicos llamado annulus ventralis en donde el macho deposita el espermatóforo. (Campos, 2005b; Franco-Sustaita, 2014; Pedroza, 2017). Tiene reproducción sexual y la madurez sexual se alcanza en aproximadamente tres meses. A pesar de que se reproduce de forma sexual, investigaciones recientes sugieren que también se podría reproducir por partenogénesis (Yue et al. 2008). Posee un ciclo de vida corto y una alta fecundidad. El ciclo reproductivo es muy plástico y pueden observarse hasta dos a tres generaciones por año en latitudes bajas y condiciones favorables (Cano y Ocete, 2000; Gherardi & Panov, 2006).

El cangrejo de río *Procambarus clarkii* presenta cópula, seguida por un cortejo. En principio el cortejo consiste en un comportamiento agresivo tanto por parte del macho como de la hembra, pero es sucedido por una serie de interacciones no agresivas en donde se ve reflejada la sumisión y posteriormente dicho cortejo. Las interacciones macho-macho son persistentemente agresivas. La diferencia entre las interacciones entre macho- macho y macho- hembra difiere en la existencia de feromonas cuyo producto químico probablemente sean moléculas de carbohidratos. Las ramas internas de las anténulas son el sitio de recepción de dichas feromonas (Ameyaw & Hazlett, 1975).

Las formas en que los sexos reconocen y responden entre sí son a través de diferencias en morfología (como en especies sexualmente dimórficas), comportamiento (postura, sonido producción) o productos químicos (feromonas). En el cangrejo de río, la hembra no muda sólo antes de la cópula (Ameyaw & Hazlett, 1975).

Después del apareamiento, una hembra de un tamaño promedio produce 400 huevos pleopodales (Figura 25) (Gherardi, 2006), sin embargo se ha descrito que el número de huevos se relaciona directamente con el tamaño por lo que hembras jóvenes con 5-6 cm presentan entre 50 a 100 huevos, mientras que hembras adultas de 10-12 cm pueden llegar a tener 500 huevos o 700 huevos (Rodríguez-Almaraz, 2001; Pachón y Valderrama, 2018). Luego porta los huevos adheridos a sus apéndices abdominales (pleópodos) por un período aproximado de 28 días (Figura 26) en los que la hembra aerea y mueve los huevos con movimientos del abdomen y de los urópodos para proveer oxígeno. Al cabo de este tiempo eclosionan versiones en miniatura del adulto, (Campos, 2005b; Báez & Palma, 2010) debido a que posee un desarrollo epimórfico, es decir los estadios embrionarios de mórula, gástrula, nauplios y embrión tardío ocurren dentro del huevo, eclosionando del mismo una postlarva similar al adulto pero sin órganos reproductivos (Huner y Barr, 1984).

El desarrollo de los huevos, en las hembras maduras, comienza generalmente antes de enterrarse, y la maduración se completa en la madriguera (FAO, 2009). Al nacer los juveniles pueden alcanzar una longitud de 5 mm en 2 días, al mes ya cuentan con 20 mm, y en tres meses, pueden llegar a alcanzar 80mm (Rodríguez-Almaraz, 2001; Campos, 2005b; Valencia et al. 2012) (Figura 27). Si bien puede sobrevivir en ambientes altamente húmedos en el interior de la guarida, para el desove se requiere agua estancada (FAO, 2009).

Tiene también un cuidado parental definido por el acompañamiento de las hembras, que resguardadas en madrigueras están con sus crías hasta el momento de la eclosión para asegurar la supervivencia de estas Huner & Barr, 1991; Huner, 1994; Figler et al., 1995; Figler, Blank, & Peeke, 1997; Vogt & Tolley, 2004 (Citado por Pedroza, 2017).

Su crecimiento está determinado por factores tales como la disponibilidad de alimento, calidad del agua y la temperatura (temperatura óptima 21−27° C); a mayor temperatura más rápido es su crecimiento. Los adultos pueden alcanzar una longitud total de 20 cm (Figura 27) (Campos, 2005b).



Figura 25. Hembra de *Procambarus clarkii* ovada (Tomado de Díaz & Callejas.2019)



Figura 26. Hembra con sacos ovígeros entre sus pleópodos. (Tomado de Pedroza, 2017)



Figura 27. Crecimiento de *Procambarus clarkii* (Tomado de Díaz & Callejas, 2019)

En la laguna de Fúquene ubicada en la Sabana de Bogotá se encontró durante un muestreo de un año, juveniles y hembras ovadas, indicando una reproducción exitosa en la laguna (Arias-Pineda, 2020). Se ha mencionado que los juveniles de esta especie son más abundantes para el otoño en los países del hemisferio norte (Anastacio, et al., 2009), sin embargo, por el régimen no estacional encontrado en la laguna de Fúquene, se cree que la proliferación de la especie en las primeras etapas de desarrollo depende tanto de la temperatura como del número de espacios donde pueden establecerse, condiciones ideales en Colombia, lo que asegura su reproducción y crecimiento (Arias-Pineda, 2020) Otro aspecto importante que se pudo evidenciar en la estructura poblacional de la especie, es que el número de hembras ovadas es marcado durante casi todo el año, esto se debe principalmente al hecho de que P.clarkii es una especie que tiene la capacidad de aparearse durante todo el año (González-Aguilar, 1995, Arias-Pineda, 2020).

7.4.3.2 Dieta

Los organismos de la especie *Procambarus clarkii* muestran hábitos de alimentación generalistas y oportunistas (Figura 28) (Gherardi, 2006). Son omnívoros, pero también pueden ser saprofagos, aunque solamente consumen presas sin avanzado estado de descomposición (Campos, 2005b). Pueden adaptarse a los cambios climáticos siendo detritívora y filtradora en las épocas de aguas altas y vegetariana en períodos de aguas bajas , alimentándose de *Egeria densa* (Elodea) y *Eichhornia crassipes* (Tabla 5) (Pedroza, 2017). Dentro de su comida favorita se encuentran gusanos (Anélidos), insectos , larvas de insectos , huevos de peces, de ranas y de salamandras nematodos (gusanos redondos), además de oligoquetos (gusanos de tierra), moluscos (almejas, caracoles) insectos acuáticos, varios crustáceos (anfípodos, copépodos, pulgas de agua, astácidos) que provienen de comunidades bénticas, epífitas y planctónicas, además se ha observado que los juveniles prefieren

alimentos de origen animal y los adultos son principalmente herbívoros (Franco-Sustaita,2004; Campos, 2005b). Se ha denotado un comportamiento altamente carnívoro, evidenciado por la presencia de peces que fueron utilizados como alimento en un estudio realizado en la laguna de Fúquene, en especial en ejemplares que fueron atrapados por las redes de pesca e incluso se observaron eventos de canibalismo. (Pachón & Valderrama, 2018).

En un estudio realizado en el Parque Metropolitano Simón Bolívar se realizó un análisis estomacal. En los estómagos disectados se encontró dentro del material vegetal (*Elodea* sp, *Lolium* sp, *Ficus andicola*, angiospermas y gimnospermas en general), Vertebrados (*Cyprinus carpio*, goldfish, *Rallus semiplumbeus*, huevos y plumas en general), Artrópodos (*Musca* sp, coleópteros, odonatos y huevos de insectos), restos de *P. clarkii* (demostrando otros casos de canibalismo), fitoplancton (*Cymbella* sp, *Navicula* sp, *Fragilaria* sp, *Achnanthes* sp, *Stauroneis* sp, *Amphora* sp, *Surirella* sp, *Clorella* sp. *Microspora* sp, *Cosmarium* sp, *Staurastrum* sp) y zooplancton (rotíferos, *Ceratium* sp, etc) (Callejas-Caraballo & Diaz-Gallego, 2019).

Un análisis del contenido intestinal en individuos de *P. clarkii* en Europa, muestra que estos se alimentan de los diversos elementos presentes en un hábitat invadido dado en proporción a su disponibilidad y a que su dieta puede cambiar con los hábitats (Figura 28) (Gherardi, 2006).

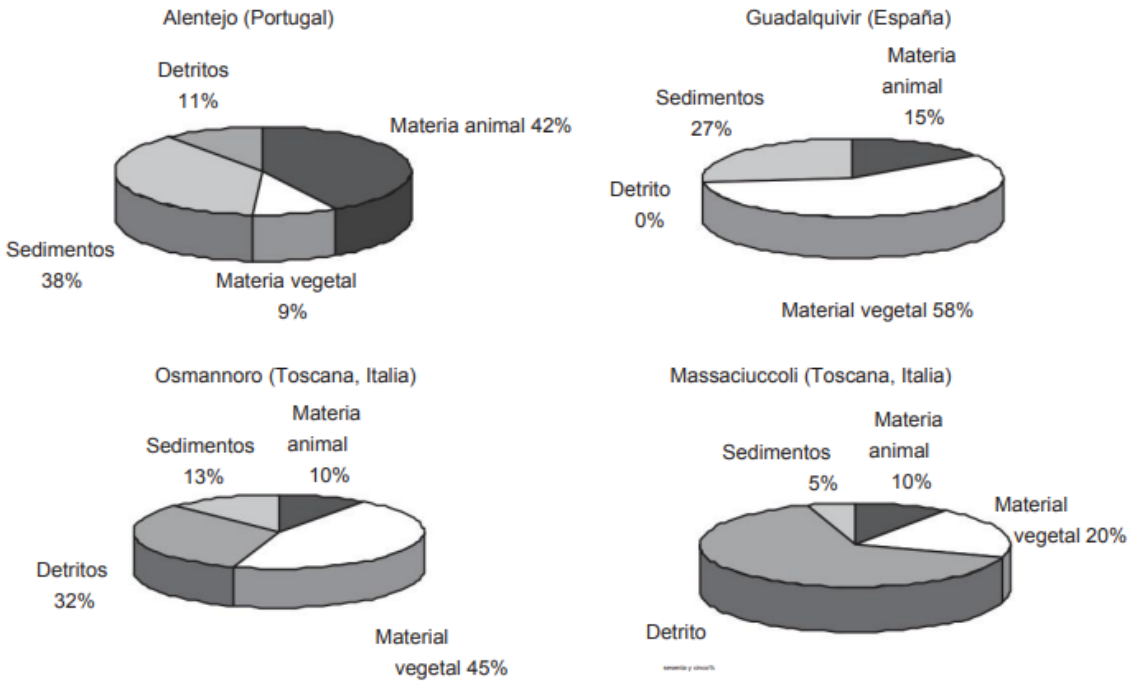


Figura 28. Alimentos contenidos en el intestino de 20 individuos de *Procambarus clarkii*, recolectados en diferentes sitios de Europa. Alimentos que fueron clasificados en: sedimentos, detrítos, material vegetal y material animal. Tomado de Gherardi, 2006

Tabla 5. Análisis de los contenidos alimenticios de *P. clarki*i en Zanjón de Palmira, Valle Tomado de (Florez- Brand & Espinosa- Beltran, 2011)

Aparato Bucal	**Estómago**
Raicillas de varias especies vegetales	Algas pardas: diatomeas (*Gomphonema, Synnedra, Pinnularia, Navicula*)
Restos de vegetales- fibras restos de hojas y tallos	Algas verdes: Clorofíceas (*Senelastrum, Pediastrum, Scenedesmus, Cosmarium, Staurastrum*)
Restos quitinosos (élitros de insectos)	Organismos unicelulares no identificados
Vorticella sp (Ciliados)	

7.4.3.3 Comportamiento

Los cangrejos rojos son animales sociales aunque muestran un comportamiento territorial y agresivo con sus congéneres, presentando jerarquías entre juveniles y adultos. Bovbjerg, 1953; Lowe, 1956; Copp, 1986; Figler et al., 1995; Issa, Adamson & Edwards, 1999 (Citado por Pedroza, 2017; FAO, 2009).

Esta especie presenta predominancia nocturna (Gherardi, 2001); sin embargo se ha observado actividad de algunos individuos tanto en las horas de la mañana como en la tarde (Barbaresi & Gherardi, 2000; Barbaresi et al., 2004). La mayoría de individuos de *Procambarus clarkii* deambulan en la noche para su reproducción y búsqueda de alimento, mientras que durante el día, se ocultan en sus madrigueras o cualquier refugio disponible (Villalobos-Figueroa, 1955; Huner & Barr, 1984).

Se ha demostrado que el movimiento de *P. clarkii* es complejo y se compone de fases de alto velocidad de locomoción (movimientos nómadas) alternada con períodos más largos, lentos o nulos (fases estacionarias). Se ha establecido que los machos poseen una gran movilidad llegando a moverse hasta 17 kilómetros en solo cuatro días, posiblemente en búsqueda de hembras (Gherardi & Barbaresi, 2000).

El comportamiento alimenticio se manifiesta en su comportamiento porque es atraído por el alimento mediante receptores de distancia (telerreceptores), para luego atraerlo agitando las maxilas y maxilípedos vigorosamente para crear corrientes que conducen el alimento hacia los órganos sensoriales en la región anterior del cuerpo, de esta manera lo reconocen físicamente y puede ser consumido (Huner & Barr, 1984).

7.4.3.4 Relaciones simbioticas

Las especies invasoras pueden traer consigo enfermedades exóticas que pueden llegar a causar un impacto de gran severidad, mucho mayor que en su área de distribución nativa. El patógeno más relevante de la especie *Procambarus clarkii* es el parásito Oomiceto *Aphanomyces astaci*. Este hongo ha causado mortalidad masiva de especies de cangrejos de agua dulce en Europa y Asia, y amenaza a otras especies susceptibles en Madagascar, Oceanía y América del Sur. El patógeno coexiste naturalmente con algunas especies de cangrejos de río de América del Norte que son sus portadores crónicos, pero puede colonizar eficientemente a los cangrejos de río que no son de América del Norte, casi sin resistencia. En las especies de cangrejos que no son nativos de Norteamérica, las infecciones por está plaga suele causar la muerte en unos pocos días. (Holdich et al, 2009; Martín-Torrijos et al, 2021).

Procambarus clarkii puede albergar otros parásitos de ámbito importante para la salud humana. Es el caso de *Paragonimus spp* el turbelario causante de la enfermedad pulmonar paragonimiasis que ha sido descrito en las poblaciones distribuidas en la Sabana de Bogotá (Phillips et al., 2019). Por otra parte, también son vectores del bacilo *Vibrio cholerae* causante de de la enfermedad del cólera (Florez, 2002) y son portadores de *Vibrio mimicus*, bacteria reconocida como causa de gastroenteritis en humanos al alimentarse de cangrejos crudos contaminados (Thune, 1991).

7.4.3.5 Colorimetría

Los juveniles tienen una coloración verde–grisácea (Figura 29B) muy diferente a la de los adultos, la que cambia cuando alcanzan la madurez sexual, al color rojo (Figura 29A) (Campos, 2005b).

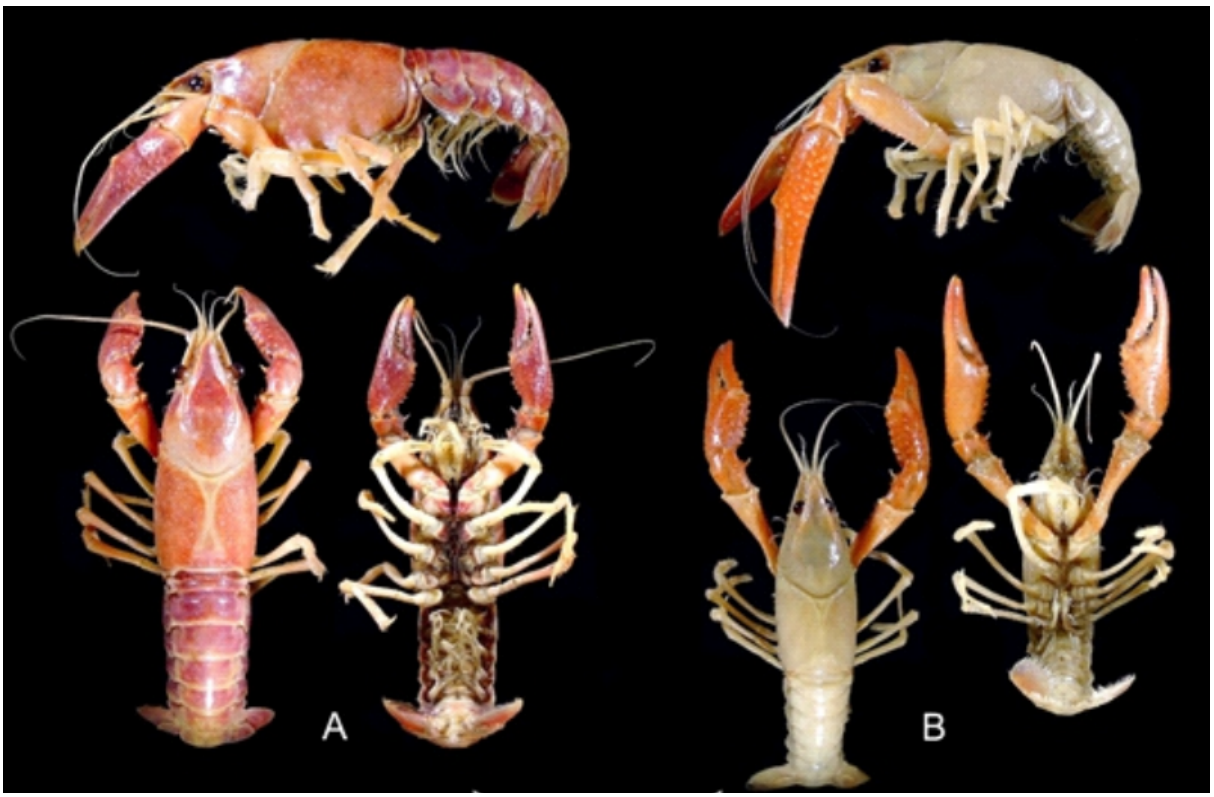


Figura 29. Ejemplares de *Procambarus clarkii* colectados en el canal Vista Alegre (Lima- Perú) A, hembra B, macho juvenil. (Tomado de Mogollón et al., 2021)



Figura 30. Diferenciación morfológica entre individuos juveniles y maduros de *Procambarus clarkii* en laguna de Fúquene. (Tomado de Pedroza, 2017).

7.4.5 Aspectos Ecológicos

La ecología de *Procambarus clarkii* ha sido ampliamente estudiada en distintos lugares del mundo, debido al efecto que tiene sobre los hábitats que ha colonizado y a su potencial invasor por tanto se han realizado investigaciones en diferentes niveles sus relaciones interespecíficas y sus relaciones con el medio, sin embargo faltan estudios para la Sabana de Bogotà, ya que las condiciones que presenta podrían favorecer su supervivencia y reproducción. A continuaciòn se presentan los aspectos ecológicos más relevantes de *P. clarkii*:

7.4.5.1 Hábitat y nicho ecológico

Los cangrejos de río de la especie *Procambarus clarkii* son habitantes de ecosistemas de agua dulce que pueden estar asociados a ambientes, tanto lóticos como ríos, arroyos y quebradas ó lénticos como estanques, lagos, lagunas, además de pantanos, cavernas con agua y en general hábitats que tengan un alto grado de humedad (Gherardi et. al, 2000; Campos, 2005b; Callejas-Caraballo y Díaz-Gallego, 2019), incluso ambientes agrícolas como sistemas de irrigación (Gherardi & Panov, 2006). El acocil rojo pertenece a la comunidad béntica, que incluye aquellas criaturas que viven en asociación cercana con el fondo de cualquier hábitat acuático (Huner & Barr, 1984). Tienen la capacidad de tolerar condiciones desfavorables en su ambiente tales como baja calidad de agua, altas temperaturas, bajas concentraciones de oxígeno y sequías (Franco-Sustaita, 2014). Ademàs de ello se ha planteado que las condiciones ambientales como el clima cálido y agua con altas cantidades de oxígeno producen efectos positivos en el crecimiento de *Procambarus clarkii* y sumado a estas características, el gran número de fuentes alimenticias son muy ventajosas para la rápida reproducción de esta especie (Arias-Pineda & Rodríguez, 2012), condiciones que presenta la Sabana de Bogotá.

Los juveniles y adultos tienen diferentes patrones de uso del hábitat; el primero con frecuencia aparece en áreas poco profundas, mientras que los segundos prefieren áreas más profundas. (Yamamoto, 2010).

Su introducción puede provocar cambios a nivel de flora y fauna nativas: por un lado, su presencia crea una fuerte competencia con especies nativas, involucrando y alterando la cadena alimentaria por el alto consumo de invertebrados y macrófitos (La reducción de la biomasa de macrófitos puede deberse no sólo al consumo directo por parte del cangrejo de río *Procambarus clarkii* sino también a la destrucción de macrófitos mediante el corte de los tallos); Se ha señalado que las comunidades de macrófitas disminuyen o son eliminadas durante la actividad forrajera o durante la búsqueda de presas por parte de los acociles. Esto resulta en un impacto indirecto para muchos macroinvertebrados, ya que estas plantas sirven como sustrato para el crecimiento y el refugio de

perifiton. (Momot, 1995). Además se ha señalado que puede llegar a causar solapamiento de áreas de ocupación y solapamiento trófico con otras especies de crustáceos (Romero y von Prahl 1988, Campos 2005b).

Por otro lado, también puede actuar como vector de parásitos que afectan a otros organismos del entorno. Además, debido a la excavación continua, afecta el fondo de arroyos, lagunas y estanques, reduciendo significativamente la cantidad de oxígeno disuelto en el agua; lo que significa que como consecuencia de su funcionamiento se alteran las características del ecosistema y esta práctica puede perjudicar a las poblaciones nativas (Campos, 2005b; Gherardi, 2006).

Por lo tanto *P. clarkii* ocupa una posición importante en la estructura trófica de los ambientes invadidos, interactuando con diferentes niveles tróficos y cambiando todo el funcionamiento de los ecosistemas Angeler et al., 2001; Dorn & Wojdak, 2004; Gherardi & Acquistapace, 2007; 33 Cruz et al., 2008 (Citado por Pedroza, 2017).

Se ha descrito que en los ambientes acuáticos de España gran parte de los detritos fueron consumidos por *P. clarkii*, y la energía obtenida se transfirió directamente a depredadores (peces, aves y mamíferos), disminuyendo la transferencia de energía a macrófitas, herbívoros y carnívoros primarios (Geiger et. al , 2005b; Franco 2014). En México se realizaron estudios para determinar la mayor preferencia ante variables de temperatura en la especie *Procambarus clarkii* , determinando que el rango de entre 25 a 30º C es intolerable y un rango aceptable para el crecimiento es de entre 18 a 22ºC. El tratamiento que tuvo el mejor efecto en la sobrevivencia y el crecimiento de P. clarkii fue el de 20ºC de temperatura. (Araujo & Buckle, 1985)

En cuanto a la Sabana de Bogotá se ha evidenciado en las poblaciones de la Laguna de Fúquene un comportamiento asociado a lugares específicos con una abundante cobertura de *E. crassipes* debido a que esta le ofrece cobertura vegetal para el establecimiento de las galerìas y madrigueras ubicándose principalmente en áreas de temperatura óptima para la proliferación de esta especie vegetal (Nyström et al., 1996; Pedroza, 2017; Arias-Pineda, 2020). En las áreas donde la turbidez es baja, no se observa la presencia de *Procambarus clarkii* ya que están desprovistas de vegetación y existe un alto nivel de condiciones actuales adversas para esta especie considerada como una primaria enmadrigadora (Rodríguez-Almaraz, 2001; Arias-Pineda, 2020).

La temperatura influye en el metabolismo general de *P.clarkii* en aspectos tales como alimentación, muda y eclosión, por lo que la temperatura para los juveniles presentes en la Laguna de Fúquene los favorece para crecer en la mayoría de los casos pues la temperatura registrada fue más

alta (23 °C) (Arias-Pineda, 2020) a la que se ha informado como adecuada para esta especie (más de 22 °C) (Auvergne, 1982).

7.4.5.2 Predadores

En cuanto a los depredadores de *Procambarus clarkii*, se han descrito especies de peces como la anguila *Anguilla anguilla*, el lucio *Esox lucius*, y la lobina negra *Micropterus salmoides.* Los más citados son aves rapaces y mamíferos como nutrias y carpinchos. Los juveniles pueden ser depredados por ninfas de odonatos, coleópteros y hemípteros acuáticos. (Delibes & Adrian, 1987; Holdich & Lowery, 1988; Gherardi et al., 2000)**.** Cabe resaltar que ninguna de estas especies ha sido reportada para la Sabana de Bogotá por lo que *P. clarkii* no presenta depredadores en esta región lo que podría garantizar una alta tasa de supervivencia y reproducción para la especie.

7.3.6 Aspectos Biogeográficos

Los humanos han transportado especies a través de barreras biogeográficas y las han introducido en nuevos territorios durante milenios (Forcina et al., 2015), pero los movimientos de especies a gran distancia han aumentado exponencialmente en las últimas décadas (Hulme, 2009; Lenda et al., 2014), dando lugar a una homogeneización de biotas que ha implicado la ruptura de barreras biogeográficas establecidas desde hace mucho tiempo (Figura 31) Capinha, Essl, Seebens, Moser, & Pereira, 2015 (Citado por Oficialdegui et al., 2019).

La primera invasión de *P. clarkii* tuvo lugar en los arroyos de Hawái en 1923 y en California en 1924. Sin embargo, los orígenes geográficos de ambos siguen en discusión (Oficialdegui et al., 2019). Introducciones posteriores se dieron en Oregón y California en la década de 1980 y en Washington para la década de los 2000. La abundante comercialización del cangrejo de río en California facilitó la dispersión de *P. clarkii* en toda la Costa Oeste de los Estados Unidos. En Asia , según la literatura 100 especímenes de *P clarkii* fueron transportados desde Nueva Orleans a Japón en 1927, de los cuales 20 especímenes llegaron vivos a un estanque cerca de Tokio (Kawai & Kobayashi, 2005). Dos años más tarde*, P. clarkii* de Japón fue trasladado a Nanjing, en China (Li, Dong et al., 2007).

A mediados de la década de 1960, se envió un lote de cangrejos de río a Uganda desde Louisiana, luego se trasladó a Kenia y luego a otros países africanos (Huner, 1977; Lowery & Mendes, 1977 ; Oficialdegui et al.,2019) llegando finalmente a Brasil a mediados de la década de 1980 (Huner, 1986). En Europa se introdujo de forma deliberada y legal en España procedente de Luisiana (Oficialdegui et al.,2019). En solo 45 años, *P. clarkii* ha colonizado muchos países de Europa, estando

ampliamente establecida en España, Portugal, Francia, Italia, Bélgica, Holanda, Alemania y el Reino Unido (Kouba et al., 2014) Las rutas de invasión de los países europeos son poco conocidas posiblemente porque se deba a múltiples y descontroladas introducciones por parte de los ciudadanos (Oficialdegui et al.,2019)

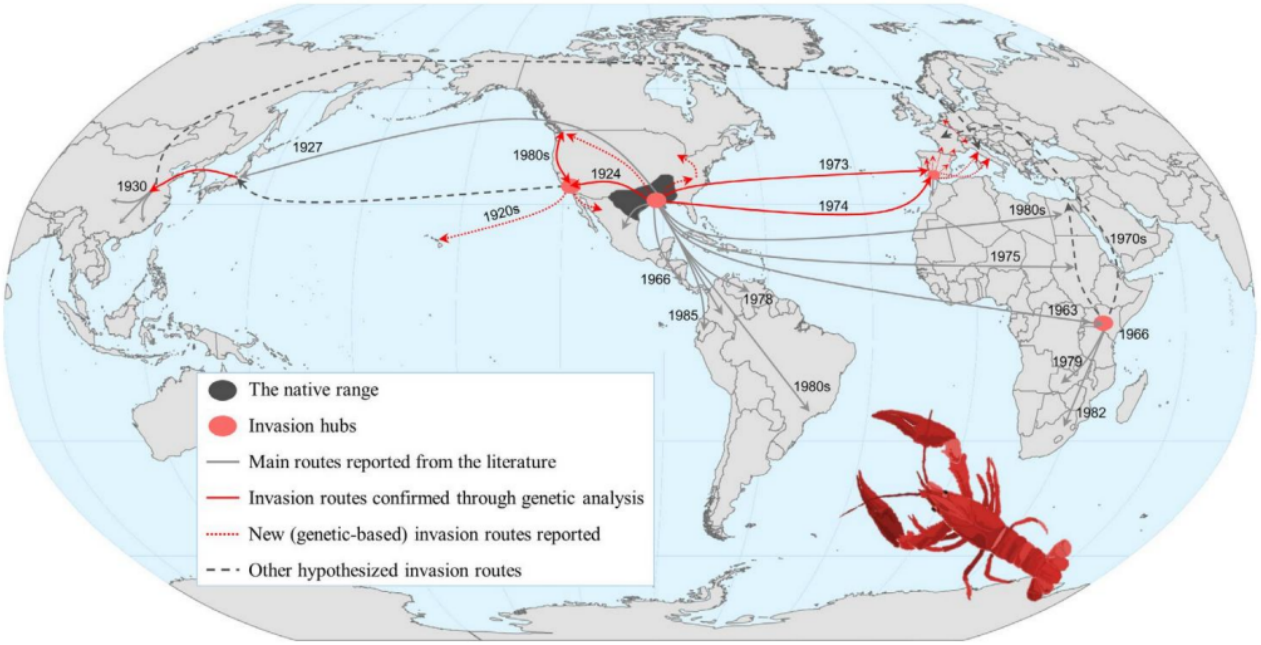


Figura 31. Las rutas de invasión global del cangrejo de río, *Procambarus clarkii*, con base en el ADN mitocondrial (estudio actual) e informes de la literatura. Las rutas de introducción principales y secundarias se confirman, describen e hipotetizan. Los centros de invasión relevantes, que generalmente actúan como receptores y fuentes de nuevas invasiones, se muestran como círculos rojos: Luisiana (en el área de distribución nativa), California, Kenia y España. (Tomado de Oficialdegui et al., 2019).

En Colombia el cangrejo de río arribó desde Luisiana en el año 1985 con fines experimentales por parte de la Universidad del Valle y se dispersó por medios naturales en el municipio de Palmira. La población humana lo distribuyó a otros municipios del departamento, incluyendo a Santiago de Cali, Jamundí, Yotoco, San Juan Bautista de Guacarí, Guadalajara de Buga, todos ellos drenados por el río Cauca (Florez- Brand & Espinosa- Beltran, 2011). De acuerdo con los resultados obtenidos en una investigación realizada en Boyacá se pudo afirmar que es poco probable que las primeras comunidades de *P. clarkii* encontradas en el Valle del Cauca sean del mismo grupo que las encontradas en el municipio de Briceño (Cundinamarca) y del pueblo de Macanal (Boyacá). Un factor que parece relevante para sustentar esta afirmación es la importante distancia entre las dos localidades. Por lo tanto, se pudo inferir que la presencia de estos crustáceos es el resultado de varias liberaciones independientes y descontroladas en los lugares estudiados (Álvarez-León & Gutiérrez-Bonilla, 2007;

Arias-Pineda & Rodriguez, 2012). En concordancia Camacho-Portocarrero y colaboradores (2020) sostienen que una vez la especie ha sido introducida naturalmente, se puede descartar una vía de dispersión natural contigua entre los ríos. Además, los análisis genéticos han revelado evidencia de múltiples introducciones mediadas por humanos en China en la cuenca del río Pearl y cuencas hídricas adyacentes. Las actividades como el transporte comercial fueron probablemente las responsables de la dispersión a larga distancia de *P. clarkii* Huang, Tang, Cai, Lin, Wu, 2017 (Citado por Camacho-Portocarrero, 2020).

La distribución de la especie en una zona específica de la Sabana de Bogotá (Laguna de Fúquene) demuestra que *Procambarus clarkii* se ha extendido a los humedales de Cucunubá y Palacio y todo el cauce del río Suárez hasta Garavito. Las observaciones de langostilla roja según el censo realizado a pescadores (Pachón, 2017) se iniciaron en el año 2008 en el corregimiento de Nariño, municipio de Caldas en una quebrada y al mismo tiempo en el río Quindión en Chiquinquirá. Se considera que con la inundación del año 2011 ejemplares fugados migraron por el río Suárez hasta la laguna de Fúquene donde se registra su presencia desde hace 6 años (Pachón & Valderrama, 2018).

Las especies invasoras se extienden a hábitats naturales, pueden afectar áreas amplias, por lo que, la capacidad de predecir y anticipar su potencial de dispersión geográfica es indispensable para diseñar programas de control preventivo (Camacho-Portocarrero, 2020).

7.4.7 Éxito invasivo e impacto en los seres humanos

Procambarus clarkii es una especie con mucho éxito en la colonización de nuevos ambientes, en virtud del empleo de la estrategia-r que consiste en un ciclo de vida corto y una alta tasa de fecundidad (Campos, 2005b). Además de esta estrategia, algunas de las características de la historia de vida de está especie que justifican su potencial colonizador son su adaptabilidad a entornos de madriguera (Figura 32) (galerías subterráneas), adaptabilidad a la exposición al aire, politrofismo, rápido crecimiento, resistencia a enfermedades, tolerancia a niveles bajos de oxígeno, y supervivencia en agua salada (Gherardi et al., 2002; Campos, 2005b). También presentan resistencia a altas temperaturas y pueden sobrevivir largos periodos de sequía, esto debido a que tienen la capacidad de enterrarse profundamente por debajo o más cerca del nivel de agua subterránea en respuesta a la caída en el nivel del agua, y al aumento en las temperaturas (Yamamoto, 2010).

Dentro de estas características, las madrigueras son recursos primarios que permiten a *P. clarkii* soportar condiciones ambientales extremas; las construyen en forma de orificios hechos en la tierra de 8 a 15 cm de diámetro y de profundidades que varían entre 50 cm y 180 cm (Gherardi et al., 2002; Florez- Brand & Espinosa- Beltran, 2011). Estas madrigueras pueden causar daños a estructuras

civiles, afectando cimientos de edificaciones, cimientos de grandes de edificios (zapatas), estribos de puentes, tuberías de aguas servidas, cimientos de postes de energía entre otros (Florez- Brand & Espinosa-Beltran, 2011). Las características anteriores la han llevado a ser considerada como la especie con mayor plasticidad ecológica de todos los Decapoda. (Campos, 2005b).

En un análisis físico-químicos realizado en la Laguna de Fúquene se encontró que lugares con presencia de madrigueras en los que las condiciones presentaban niveles de 2.5 mg/L de oxígeno, niveles relativamente bajos la población presentó un crecimiento acelerado, lo que lleva a creer que las madrigueras son fundamentales para la tolerancia a entornos difíciles corroborando la hipòtesis de las madrigueras en su resistencia a ambientes adversos (Franco- Sustaita, 2014; Arias-Pineda, 2020).



Figura 32. Madrigueras de *Procambarus clarkii*, a la izquierda madriguera en el talud con un individuo dentro, a la derecha madriguera en la vegetación acuática. Tomado de Florez- Brand & Espinosa- Beltran, 2011

La especie muestra una plasticidad sorprendentemente alta en su ciclo biológico, pareciendo estar bien adaptada a sistemas acuáticos tanto permanentes como fluctuantes (Gherardi et al., 2000; Campos, 2005b). Otro aspecto de su biología, que podría justificar su éxito invasivo es el uso del espacio por parte de esta especie, debido a que presenta movimientos nómadas que se interponen con un comportamiento estacionario. Las hembras son más nómadas en su comportamiento de distribución, probablemente debido a su fase reproductiva. (Barbaresi et al, 2004). Sin embargo el uso del hábitat puede ser masivo y los machos tienden a tener comportamientos errantes y de dispersión más evidentes que las hembras. (Gherardi & Barbaresi, 2000) Esta aparente contradicción se puede resolver suponiendo que ambos sexos se dispersan en el hábitat y el comportamiento de distribución de *P. clarkii* no es el resultado de una dispersión pasiva, sino que la ocupación de madrigueras puede afectar la tasa de dispersión de la especie. (Barbaresi et al., 2004) Este aspecto eco-etológico, parece ser compartido por otros decápodos de agua dulce. (Gherardi et al., 2000). La dispersión terrestre de *P. clarkii* es un fenómeno frecuente y generalizado, pudiendo llegar a trasladarse hasta 4 km por día (Cruz & Rebelo, 2007, Gherardi, 2006) permitiéndole colonizar rápidamente nuevos hábitats.

Debido a lo señalado anteriormente se corrobora que las especies introducidas afectan a las especies nativas por medio de diferentes mecanismos como: hibridación, competencia por alimento y espacio, depredación, transferencia de patógenos, alteración del hábitat de las especies nativas, y su desplazamiento y la alteración de la estructura de los niveles tróficos, cambiando el flujo de energía y ciclo de los nutrientes, así como la introducción de parásitos y enfermedades (Gutiérrez-Bonilla, 2006).

Por otra parte *Procambarus clarkii* ha sido descrita como una especie con importancia en lo que a la especie humana se refiere ya que es transmisora de infecciones producidas por bacterias Gram positivas y negativas, que se alojan en su exoesqueleto externo, intestino y con frecuencia en la hemolinfa. Una de las bacterias presentes en *P. clarkii* más estudiadas es *Vibrio mimicus* (Thune et al. , 1991) reconocida como una de las causas de gastroenteritis en humanos cuando se alimentan de cangrejos crudos contaminados. (Pedroza, 2017). Aparte de esto el cangrejo de rìo *P. clarkii*, también representa un problema para el sector agrícola, ya que la actividad de estos crustáceos provoca daños en el cultivo de arroz y en los sistemas de riego y de drenaje Cano & Jiménez, 2003; Anastácio & Marques, 1997 (Citado por Callejas-Caraballo, Diaz- Gallego, 2019), afectando además la hidrología del suelo (Gherardi & Panov 2006). Incluso se han obtenido registros de graves daños a las estructuras y construcciones civiles por parte de *P. clarkii* ya que estos individuos son cavadores y en este proceso inestabilizan el suelo (Arias-Pineda & Rodríguez, 2012) principalmente en la época de muda donde depositan los huevos y construyen galerías que provocan inestabilidad en el suelo (Coll, 1998).

7.4.8 Usos

La langostilla *P clarkii* tiene usos comerciales en la región de Estados Unidos, ya que se cultiva a gran escala. (Campos, 2005b). En algunos lugares del mundo como Estados Unidos, China, México y Europa lo consumen en su alimentación, y se comercializa vivo, cocido refrigerado entero, cocido congelado entero, cocido congelado pelado, crudo congelado entero, crudo congelado entero en salsa, cocido congelado entero en salsa y cocido congelado pelado en salsa, en harina la cual se comercializa como alimento natural para animales. (Gómez-Cestagalli, 2014) En cuanto al valor nutricional, *P. clarkii* posee una cantidad importante de proteínas, con una fracción importante de ácidos grasos poliinsaturados, que aporta el 35% de colesterol máximo aconsejado, además aporta cantidades significativas de selenio, fósforo y de vitamina B12. (Gómez-Cestagalli, 2014).

P. clarkii tiene una fisiología muy resistente, tolera niveles bajos de O2 disuelto (2-14 mg/l), cambios de temperatura (17-22°C), y alta contaminación, lo que la convierte en una especie útil como bioindicadora (Fernández-Vioque, 2008). Por otro lado, el potencial de *P. clarkii* para bioacumular

metales pesados de fuentes agrícolas e industriales como Arsénico (As),Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Plomo (Pb) y Zinc (Zn) los que pueden ser potencialmente transferidos a niveles tróficos superiores Suárez-Serrano, Alcaraz, Ibáñez, Trobajo, & Barata, 2010 (Citado por Callejas-Caraballo, Diaz- Gallego, 2019) lo que hace que sea un organismo ideal para ser usado como bioindicador.

En la Sabana de Bogotá la pesca de la langostilla roja ocurre de manera incidental en mayor porcentaje en lugares como la laguna de Fúquene pues cae en las redes de pesca utilizadas por los pescadores para la captura de especies como el capitán *Eremophilus mutisii* y la carpa *Cyprinus carpio*, sin embargo la pesca directa de la langostilla si es ejercida en un porcentaje menor de pescadores artesanales que la utilizan para venta local (Pachón & Valderrama, 2018). La cola de la langostilla es comercializada en restaurantes en Bogotá D.C. El comercio en esta ciudad es amplio y utiliza ejemplares también provenientes de otros lugares. Su comercialización se presenta en las plazas de mercado como Corabastos, el Restrepo, las Nieves y específicamente en puestos de venta de productos de vitaminas, fruterías y cevicherías. Se ofrece viva con tamaños entre 7 y 8 cm de longitud total y son exhibidas en peceras o acuarios junto con el cangrejo de la sabana *Neostrengeria macropa*. (Pachón & Valderrama, 2018).

También se ha mencionado que los organismos de la especie *Procambarus clarkii* son comercializados como mascotas lo que puede ser una causal de su introducción a diferentes puntos del área urbana de la ciudad de Bogotá (Arias & Pedroza, 2018).

7.4.9 Situación de *Procambarus Clarkii* en Bogotá

En Bogotá se ha identificado la presencia de la especie dentro de cuerpos de agua lénticos de los Parques Metropolitanos Simón Bolívar, Tunal y Timiza, en donde representan un riesgo para la población humana, pues están cerca de areneras, zonas verdes en las cuales podrían entrar en contacto con los mismos y ser transmisores de patógenos, además de sufrir agresiones por parte del animal. Los monitoreos que realiza la Subdirección de Ecosistemas y Ruralidad de la Secretaría de Medio Ambiente han arrojado que en el parque Simón Bolívar la población de *Procambarus clarkii* ha aumentado considerablemente, pudiendo causar daños a infraestructura, ecosistema y visitantes, ademas se han monitoreado otras areas como el Humedal Juan Amarillo en donde tambien se ha reportado la presencia de esta especie. (Escobar et al., 2021).

La especie pudo haber migrado hacia la región de Bogotá debido a el uso en actividades de comercio que no están autorizadas como lo informa el concepto Técnico No. 16537 de 2019 de Subdirección de Silvicultura, Flora y Fauna Silvestre de la Secretaría Distrital de Ambiente el cual

establece que tanto el cangrejo de la sabana (*N. macropa)* como el cangrejo de río (*P. clarkii*) son ampliamente apetecidas en plazas de mercado y pescaderías para la preparación de jugos potencializadores o para bebidas y la elaboración de productos curativos, sin embargo su consumo no está regulado a nivel del Distrito Capital debido a la falta de estudios que indiquen el estado poblacional actual de ambos crustáceos y a la no existencia de zoocriaderos especializados, legalmente constituidos (Escobar et al., 2021). “En plazas de mercado, por ejemplo, es usual ver peceras llenas de cangrejos que pueden ser rojos o sabaneros, estos últimos nativos del altiplano cundinamarqués, que usan para licuarlos enteros y hacer jugos supuestamente afrodisíacos. Sin embargo, su ingesta solo produce enfermedades por las bacterias y microorganismos que tiene.” (Grupo Río Bogotá, 2020). La comercialización se presenta en las plazas de mercado como Corabastos, Restrepo, las Nieves y específicamente en puestos de venta de productos de vitaminas, fruterías y cevicherías (Instituto Humboldt, 2021)

Es posible que la población asentada en Bogotá de la especie *Procambarus clarki*i tenga posible conexión con las poblaciones encontradas dentro de la jurisdicción CAR, ya que se encuentran en zonas circundantes y además de esto es probable que continúen las actividades de comercialización ilegal pudiendo ampliar la distribución entre las zonas aledañas a las dos entidades ambientales (Escobar et al., 2021).

7.4.10 Planes de manejo

Por sus impactos sobre los ecosistemas y sus afectaciones a la biodiversidad amenazada y endémica, las invasiones biológicas se han convertido en un tema relevante en las políticas ambientales a nivel nacional y global (Capdevilla- Arguelles et al.,2013). La Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica, en el año 2002, definió una serie de principios orientadores para la prevención, introducción y mitigación de impactos de especies exóticas cuyo objetivo era asistir a los gobiernos en la lucha contra las especies exóticas invasoras como elemento fundamental de la conservación y el desarrollo económico (CDB, 2010).

La Política Nacional de la Biodiversidad enmarca dentro de sus líneas estratégicas el reducir los procesos y actividades que ocasionan el deterioro de la biodiversidad, incluyendo la introducción de especies invasoras y trasplante de especies entre ecosistemas, y enfatiza en el control mediante acciones conjuntas entre entidades encargadas del manejo de estas especies. Así mismo el Ministerio de Ambiente con el soporte técnico y científico de los institutos de investigación científica vinculados, deja clara la prohibición sobre la introducción al país de especies con riesgo potencial de invasión (Decreto 1220 de 2005 en su parágrafo 3º del artículo 8) (Pachón & Valderrama, 2019).

Para controlar la gestión de invasión o su eliminación y reducción de las poblaciones se emplean métodos biológicos, físicos, químicos y el uso de la legislación para prohibir el transporte, además de la liberación de ejemplares Westman, Sumari, & Pursiainen, 1978; Westman, Pursiainen, & Vilkman, 1979 (Citado por Pedroza, 2017). Estos métodos son eficaces para la reducción de la población, pero la erradicación es poco probable si las poblaciones no están limitadas en extensión y tamaño (Gherardi et al., 2011).

Por la problemática asociada al establecimiento de P. clarkii en la laguna de Fúquene se amerita se contemplen dos medidas urgentes para su manejo la primera, que la especie sea reconocida como especie invasora por las autoridades ambientales, porque actualmente no ha sido oficialmente categorizada como tal y, en segundo lugar, se formule un plan que establezca las acciones de control y manejo de esta especie de acuerdo con las directrices establecidas por el Plan de Prevención, Control y Manejo de Especies Introducidas, Trasplantadas e Invasoras (Ministerio de Medio Ambiente 2011)

Pachón & Valderrama, 2018 consideran que el establecimiento de la langostilla está generando impactos aún por evaluar, en especial, sobre las especies nativas tanto de peces (capitán de la sabana *Eremophilus mutisii* y guapucha *Grundulus bogotensis*) y en crustáceos (cangrejo de la sabana *Neostrengeria macropa*). Por lo tanto, la principal estrategia para la conservación de estas especies nativas amenazadas se dirige a fomentar el uso y aprovechamiento de *Procambarus clarkii* como especie de consumo y así contribuir a disminuir su tamaño poblacional o al control del mismo (Pachón & Valderrama, 2018). Sin embargo se debe tener en cuenta el correcto manejo a la hora del consumo debido a los parásitos que puede presentar la langostilla de rìo *P. clarkii* como se ha planteado anteriormente.

En 2016, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), desarrolla un plan de manejo para la especie *Procambarus clarkii* el cual consta de las siguientes recomendaciones:

1. Detección temprana de la especie a través de un monitoreo contínuo en las zonas de madriguera, para efectuar un inventario de individuos.
2. Control físico de individuos a través de herramientas que permitan su captura (trampas) en forma de redes, sin embargo el uso de estas no garantiza un éxito de captura, ya que muchos individuos se ocultan en sus madrigueras. Las trampas a utilizar para la captura de individuos en madriguera deben ser de tipo semicilíndrico, las cuales se recomienda mantener esterilizadas debido a que pueden ser vectores de esporas del hongo *Aphanomyces astaci.* Otro método de captura, puede ser el método directo, el cual consiste en colectar los individuos con ayuda de guantes de carnaza y posteriormente depositarlos en canecas para destinarles un fin por ahogamiento, presión o choque térmico.

3. Control químico mediante la captura directa de individuos que al ser colocados en canecas, se les adicionara cal viva para provocar su deceso por deshidratación. Otro tipo de control se trataría del uso de piretroides que tienen un efecto devastador en los cangrejos de río. Sin embargo el uso de este método además de ser muy costoso, puede ser perjudicial para los demás crustáceos y fauna nativa de la zona, pues no existe un control químico específico para cangrejos de río *Procambarus clarkii.* Control mediante feromonas, ya que los machos son atraídos por las feromonas sexuales de las hembras, sin embargo otro tipo de trampas han mostrado más efectividad
4. Otros métodos de control como la introducción de un predador que controle biológicamente el ciclo de la especie. Sin embargo se enfatiza en que dicho control puede ser riesgoso ya que conlleva a la introducción de especies exóticas que pueden causar un desequilibrio y no solamente estarán enfocadas en controlar a *Procambarus clarkii*.
5. Finalmente la disposición final de los individuos después de darles el tratamiento de captura y muerte, sugiere las siguientes opciones: Incineración mediante hornos crematorios que traten con todas las medidas de seguridad; hidrólisis alcalina mediante el uso de soda cáustica caliente, el baño con este material no deja residuos patógenos; disponer los cadáveres de los cangrejos en una celda de seguridad que posteriormente sea cubierta con cal y una cobertura de suelo de 50cm; enterramiento in situ el cual no afecte el suelo ni las coberturas vegetales alrededor.
6. Realizar una concientización acerca de las problemáticas que se han generado a partir de la presencia de la especie y adoptar medidas frente a la misma. Por medio de estrategias de educación ambiental y talleres de sensibilización a las comunidades cercanas a las poblaciones del cangrejo de río. También se pretenden utilizar otras estrategias como la divulgación por medios de difusión (como TV, radio, prensa).

Para el año 2021, la Subdirección de Silvicultura, Flora y Fauna Silvestre de la Secretaría Distrital de Ambiente propone el escrito titulado: “Documento técnico de soporte del protocolo para el manejo y control poblacional de la langostilla de río (*Procambarus clarkii*) y la prevención de su propagación en Bogotá D.C” en el cual se proponen las siguientes pautas para el manejo de la especie:

1. Captura: Los individuos de *Procambarus clarkii* se pueden capturar mediante tres mecanismos: captura directa en madrigueras y espacio abierto, teniendo en cuenta los protocolos para dicha actividad como uso de guantes, tapabocas y en general lo necesario para poder manipular a los individuos capturados sin que supongan un riesgo. Los individuos capturados deben sujetarse firmemente por el cefalotórax con los dedos pulgar e índice, sin hacer presión excesiva que pueda ocasionar la reacción del animal y que este intente escapar o lanzar los huevos. Captura mediante barrido con red de arrastre en bordes de agua, donde se

debe manipular una red que permita la extracción de individuos en zonas lóticas y lénticas. Se sugiere realizar el barrido en horas nocturnas, en donde la especie está más activa. Captura mediante trampas tipo nasa o cebos atrayentes, en donde se coloca un cebo compuesto por vísceras ligeramente descompuestas. Las trampas deben tener forma semicilíndrica o embudo y disponerlas en el fondo o a lo largo de las orillas de cuerpos de agua (Figura 33).



Figura 33. Métodos de Captura de individuos de *Procambarus clarkii* A. Madrigueras para captura directa, B. Captura mediante red de arrastre, C. Trampa tipo nasa en donde se introduce el cebo. Tomado de Escobar et al., 2021

2. Una vez realizada la captura, todos los individuos deben ser colocados en recipientes plásticos lisos, sin orificios y con tapa para evitar escapes, en tanto son trasladados al sitio de manejo, sedación y eutanasia. El tiempo de permanencia en estos recipientes no debe ser mayor a 3 horas para evitar la muerte por asfixia. Se deben disponer un número de individuos por recipiente de tal manera que no desarrollen comportamientos agresivos ni de canibalismo.
3. Manejo in situ de los individuos en una instalación adecuada que permita proceder con el protocolo. Por lo cual se realizará primero una inmersión de los individuos en tanques de Eugenol que actúa como un medicamento sedativo. Después de esto es opcional optar por el enfriamiento de los individuos, sin embargo se recomienda no evadir el paso de la sedación. Luego se procede a verificar la disminución del proceso metabólico mediante el evidenciamiento de pérdida de respuesta al estímulo de movimiento ocular haciendo presión lateral en el cefalotórax entre el quelípedo y segundo pereiópodo, flacidez inicial o pérdida del reflejo vestíbulo ocular al mover el crustáceo en eje horizontal.
4. En el proceso de eutanasia se realiza la decapitación mediante un corte transversal y un corte longitudinal al fragmento del tórax en la zona ventral por la línea media Al finalizar el procedimiento de eutanasia, se realizará lavado y desinfección del área siguiendo el protocolo vigente para tal fin.
5. El resultado final se cataloga como residuos peligrosos con riesgo biológico o infeccioso, ya que pueden contener agentes patógenos como microorganismos y otros agentes con suficiente

virulencia y concentración como para causar enfermedades en los seres humanos o en los animales. Se dispondrán en bolsas rojas previamente rotuladas

6. Los residuos que se utilizaron en el proceso de eutanasia constituidos por guantes de látex, tapabocas y demás implementos usados para la bioseguridad de los profesionales que ejecutaron los procedimientos tambien se deben disponer en bolsas rojas rotuladas. Además los elementos químicos utilizados que están en estado líquido, pueden solidificarse usando productos gelificantes, asegurando así que no generen contaminación.
7. Se realizará un registro que integre datos como fecha de captura, lugar, dirección, método de captura empleado, número de individuos capturados totales y por sexo, peso total en kilogramos, fecha de disposición final, tipo de disposición final y gestor ambiental a cargo de la disposición final.
8. Jornadas de sensibilización y capacitación en donde se concientice a la población sobre el impacto y la problemática ambiental que conlleva la introducción de especies. Además, la prohibición del consumo y el aprovechamiento de la especie en tanto se tengan estudios más a fondo de los posibles riesgos de cualquier tipo de uso.

7.4.11 Distribución de *Procambarus clarkii*

Procambarus clarkii es una especie originaria de la región nororiental de México y de las regiones central y sur de los Estados Unidos. Se le considera la especie de mayor expansión intercontinental, pues existen registros de la especie en todos los continentes a excepción de Australia y la Antártida. (Campos, 2005b). La presencia de está especie ha sido registrada en África (Egipto, Kenia, Zambia, Sudán, Uganda, Sudáfrica), en Asia (China, Israel, Japón, Filipinas, Taiwán), en Europa (Bélgica, Francia, España, Alemania, Italia, Portugal, Países bajos, Suecia, Suiza, Reino Unido, Chipre y Georgia), en Centroamérica y antillas (Bélice, Costa Rica, Puerto Rico, República Dominicana) y en Suramérica (Brasil, Ecuador, Venezuela) (Global Invasive Species Database , 2022) (Figura 34).

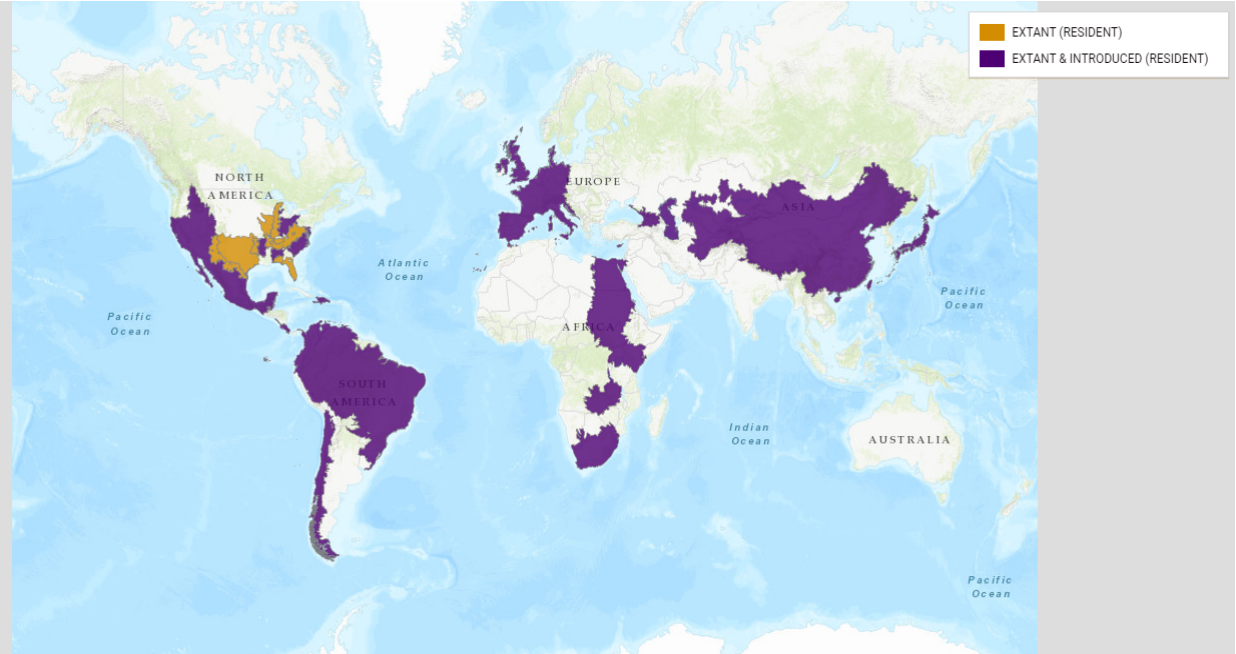


Figura 34. Distribución mundial de *P. clarkii*. Crandall K,A. International Union for conservation of nature (2010)

En Colombia se ha registrado la presencia en varios departamentos. En el departamento del Valle está presente en la zona comprendida en los municipios de Palmira, Santiago de Cali, Jamundí, Guacarí, Yotoco y Guadalajara de Buga (Florez-Brand & Espinosa-Beltran, 2011). El cangrejo de río *Procambarus clarkii* fue reportado en la sabana de Bogotá en el año 2004 (Campos, 2005b).

Además *Procambarus clarkii* ha sido localizada en los municipios de Suesca y Fúquene en donde la distribución de la especie en la zona se ha extendido a los humedales de Cucunubá y Palacio y todo el cauce del río Suárez hasta Garavito. Las observaciones de *P. clarkii* según un censo realizado a pescadores (Pachón, 2017) se iniciaron en el año 2008 en el corregimiento de Nariño, municipio de Caldas en una quebrada, y al mismo tiempo en el río Quindión en Chiquinquirá. Se considera que con una inundación ocurrida en el año 2011 ejemplares fugados migraron por el río Suárez hasta la laguna de Fúquene (Pachón & Valderrama, 2018).

También se ha registrado la presencia de *Procambarus clarkii* en Suesca, Chía , en riberas del Rìo Bogotá y se ha reportado en humedales de Bogotá tales como Juan Amarillo y Jaboque (Figura 35) (Arias & Pedroza, 2018). La jurisdicción CAR registra la presencia del cangrejo de río en los siguientes municipios: Chiquinquirá, Fúquene, Ubaté, Guachetá, Lenguazaque, San miguel de sema (CAR, 2016) (Figura 37). Dentro del área metropolitana de Bogotá se ha reportado la presencia en ecosistemas lénticos como lo son los lagos de los Parques Simón Bolívar, Timiza y Tunal (Callejas-Caraballo, Diaz-Gallego, 2019; Escobar et al., 2021). Se registró para la Cordillera Oriental,

específicamente para el departamento de Boyacá, en la quebrada del Municipio Honda Macanal afluente del embalse La Esmeralda (Arias-Pineda & Rodríguez, 2012) (Figura 36). La presencia de este crustáceo genera serios problemas para la biodiversidad en el sitio reportado debido a que *Procambarus clarkii* es un depredador voraz que puede alimentarse de diferentes tipos de alimentos, afectando a las poblaciones endémicas de cangrejos presentes en la zona, como *Neostrengeria bataensis* (Campos & Pedraza, 2008). También puede afectar a otros organismos que están viviendo en estos cuerpos de agua, como anfibios, invertebrados y peces (Arias-Pineda & Rodríguez, 2012).

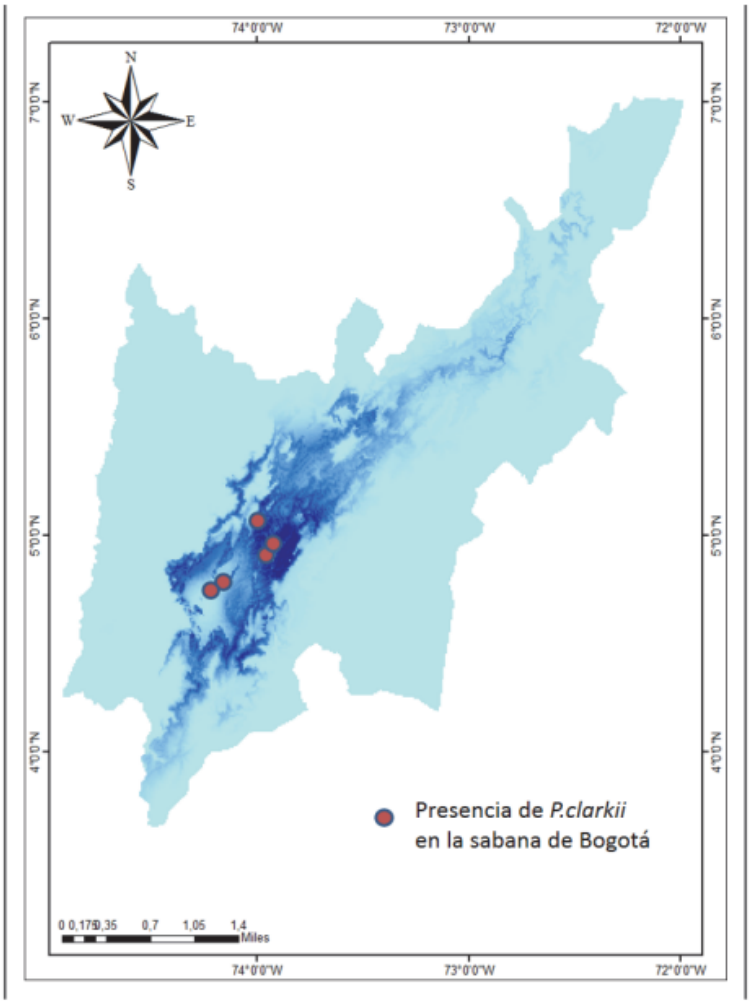


Figura 35. Mapa de distribución de la especie invasora *Procambarus clarkii* en la sabana de Bogotá y Bogotá, Colombia.



Figura 36. Distribución geográfica de *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) en Colombia. La distribución presentada por Campos (2005b) se muestra en naranja. La distribución según Florez-Brand y Espinosa-Beltran (2011) se muestra en Azul. La distribución basada en Arias- Pineda & Rodríguez (2012) se muestra en rojo. Tomado de Arias- Pineda & Rodríguez (2012) Modificado por los autores.

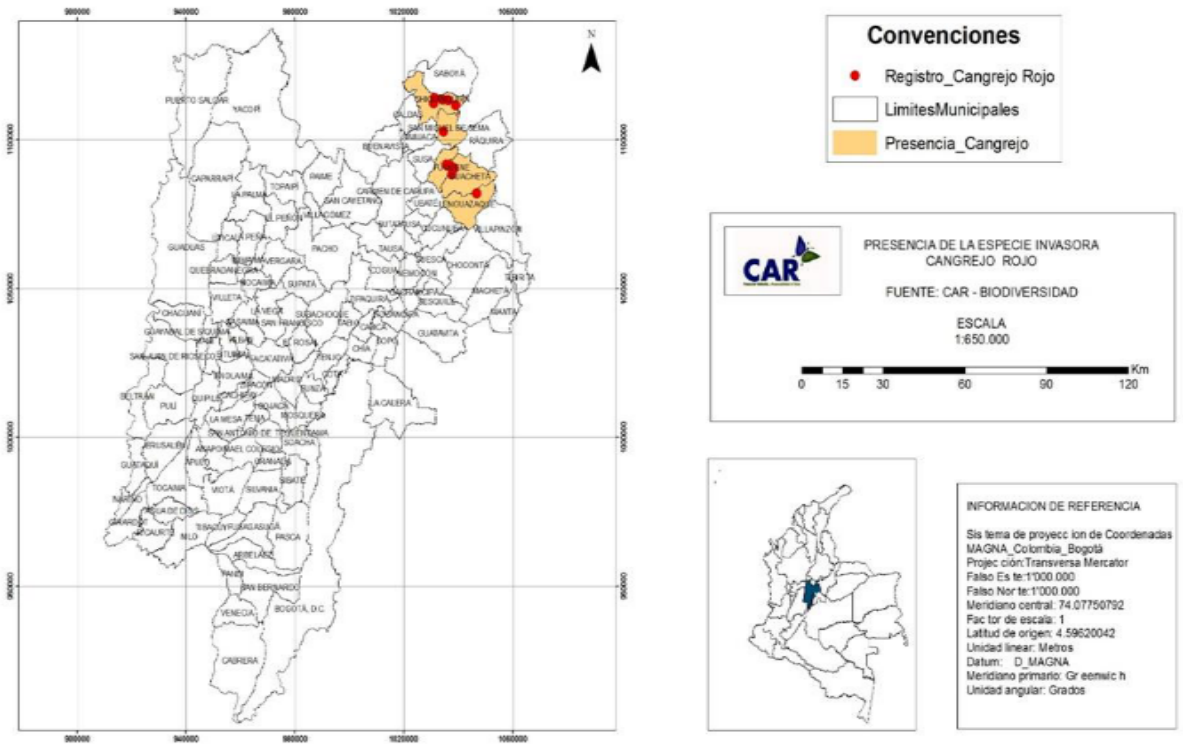


Figura 37. Presencia del cangrejo de río *Procambarus clarkii* en la jurisdicción CAR. (Tomado de CAR, 2016)

Mapa de distribución de *Neostrengeria macropa* y *Procambarus clarkii* en la Sabana de Bogotá

Se han registrado algunos potenciales puntos de solapamiento especialmente en el Río Bogotá a la altura del municipio de Chía y del municipio de Suesca. También se presume la competencia en la Laguna de Fúquene en donde en un monitoreo realizado en 2021 (Arias-Pineda & Realpe, 2021) no se obtuvieron registros de *N. macropa* lo que podría significar que la langosta de río ha desplazado a la especie de este lugar. Además se obtiene evidencia de su desplazamiento hasta el departamento de Boyacá por lo que podemos inferir que las condiciones climáticas y geográficas benefician la dispersión y el crecimiento de las poblaciones de *P. clarkii*, lo que podría significar no sólo una presión de selección para *N. macropa* sino también para *N. bataensis* o *N. boyacensis* habitantes del departamento de Boyacá. Otro punto que pudimos constatar es la presencia de *P. clarkii* en el Área Metropolitana de Bogotá lo que demuestra su capacidad para adaptarse a diferentes hábitats y a ecosistemas alterados, planteando la incógnita del impacto que puede tener en los cuerpos de agua como humedales y lagos sobre las especies que habitan allí (Figura 38).

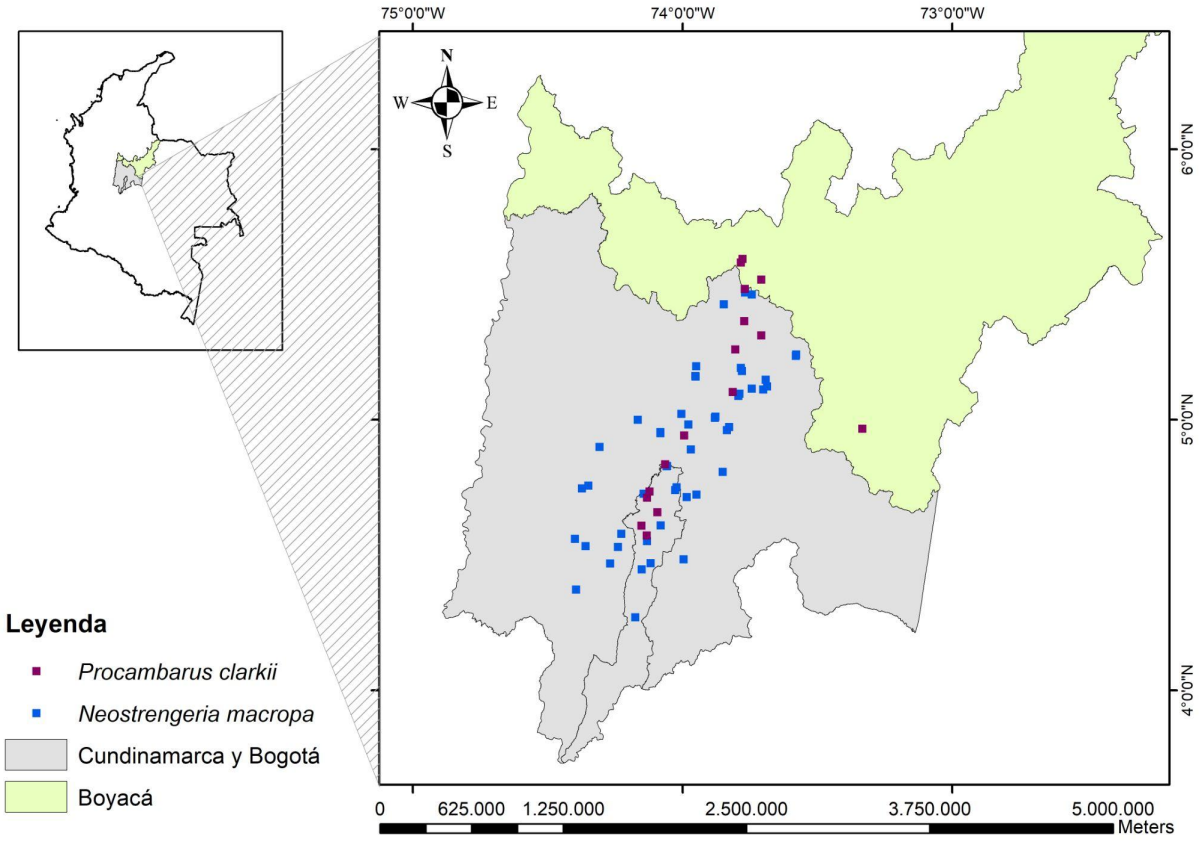


Figura 38. Mapa de distribución de *Neostrengeria macropa* y *Procambarus clarkii* obtenido en base a la literatura, GBIF, SIB y reportes citados desde 1982 hasta 2021.

Conclusiones

La mayor cantidad de artículos científicos publicados corresponde a la biología y ecología del cangrejo de río *Procambarus clarkii* debido principalmente a su potencial invasor y a que el fenómeno invasivo se ha presentado en otros lugares del mundo por lo que varios investigadores han realizado aportes al conocimiento de la especie. Se pudo concluir que la información de *Procambarus clarkii* es abundante, sin embargo, aún hacen falta estudios que permitan conocer el rango de distribución y el estado de las poblaciones de *Procambarus clarkii* en la Sabana de Bogotá, relacionando además el impacto que posiblemente está generando en los ecosistemas dulceacuícolas.

Los aspectos ecológicos de *Neostrengeria macropa* dan cuenta de su importancia en el ecosistema y de su rol ecológico, debido a que actúa participativamente cumpliendo la función de descomponedor al ser un organismo saprófago. Como animales de vida anfibia, los organismos de *Neostrengeria macropa* interactúan con las redes alimenticias de los bosques y probablemente usan ambientes terrestres para evitar amenazas, sin embargo no hay estudios realizados al respecto. Por otra parte la ecología de la especie demuestra su especificidad a los ecosistemas montanos, siendo este uno de los posibles causantes de su situación actual y de su baja tasa de adaptación a temperaturas altas y sistemas de agua con bajas concentraciones de oxígeno. En concordancia se predice que el cangrejo sabanero es una especie que no responderá de una manera satisfactoria a los efectos del cambio climático.

Por su parte *Procambarus clarkii* presenta altos niveles de adaptación, una vigorosa tasa reproductiva y resistencia a ambientes cambiantes, caracterìstica que demuestra en los puntos en los que se han realizado estudios en la Sabana de Bogotà, como en la Laguna de Fúquene, donde se asocia principalmente con especies vegetales como *Eichornia crassipes*, planta acuàtica que le permite construir madrigueras para la protección de sus crìas, además de tener abundancia de alimento por tratarse de una especie politrofica, lo que convierte a los ecosistemas dulceacuícolas de la Sabana de Bogotà en un hábitat propicio para su reproducción. Incluso los reportes realizados en el Área Metropolitana de Bogotá demuestran que es capaz de soportar las características de hábitats con altos niveles de fragmentación.

La distribuciòn de *Procambarus clarkii* puede seguir aumentando si la población humana continúa comercializando e introduciendo a la especie en otros lugares del paìs, ya que como se pudo evidenciar la acción humana es uno de los principales factores que intervienen en la dispersión de la especie por lo que ya se ha reportado en tres departamentos del país en los cuales ha mostrado altos índices de crecimiento poblacional.

Respecto a la distribución de *Neostrengeria macropa* se han realizado muestreos y monitoreos de la especie, algunos estudios han permitido ampliar su rango de distribución y el estado de las poblaciones, como en la parte Oriental y Suroriental de la Sabana de Bogotá, sin embargo como análisis predictivo se puede concluir que aun hay lugares en los cuales puede habitar la especie y que han sido descritos.

En cuánto la información registrada en las relaciones simbióticas que presentan las especies *Neostrengeria macropa* y *Procambarus clarkii* con otros organismos encontramos que la presencia de las bacterias *Escherichia coli, Salmonella* sp, *Listeria monocytogenes*, *Citrobacter freundi*i, *Klebsiella pneumoniae, Vibrio mimicus, Vibrio cholerae* y el trematodo *Paragonimus* representan un hallazgo de importancia para la salud pública pues los dos decápodos al ser consumidos por los habitantes de la ciudad principalmente en plazas de mercado, puede representar riesgos en el ser humano. Concluimos que su consumo debe ser regulado como lo menciona la Secretaría de Ambiente, pues este no cumple con los estándares de calidad e inocuidad de alimentos.

Podemos concluir que existen potenciales lugares de solapamiento entre *Neostrengeria macropa* y *Procambarus clarkii* y que la adaptabilidad que presenta el cangrejo de río a las condiciones presentadas por la Sabana de Bogotá podrìa afectar a las poblaciones del cangrejo sabanero causando el desplazamiento y generando competencia de recursos.

La información disponible para los decápodos de la Sabana de Bogotá es escasa aún en la actualidad y los datos que se encuentran no son concluyentes por lo que se requiere mayor esfuerzo de los investigadores para poder establecer planes de conservación eficientes que beneficien a la especie *Neostrengeria macropa* y planes de manejo que permitan el control reproductivo y dispersión de *Procambarus clarkii*.

Recomendaciones

Es necesario realizar estudios que permitan aportar más al conocimiento del estado de los decápodos en la sabana de Bogotá ya que es poca la información que se encuentra, especialmente de *Neostrengeria macropa* y de la distribuciòn e impacto de *Procambarus clarkii* en la Sabana de Bogotá y en Colombia.

Establecer la situación actual de las poblaciones de *Neostrengeria macropa* y *Procambarus clarkii* puede ofrecer un panorama más amplio respecto a la presión que ejerce una especie sobre la otra debido a la competencia a la que están sometidas en ciertas áreas de la Sabana de Bogotá, por lo tanto sugerimos realizar estudios poblacionales de solapamiento de nicho entre ambas especies.

Es necesario proponer planes de conservación y restricciones en la indiscriminada actividad pesquera, así como en los estándares alimenticios para el consumo de cangrejos sabaneros, ya que la especie endémica de la Sabana de Bogotá *Neostrengeria macropa* está siendo fuertemente afectada en la actualidad por distintos factores de amenaza lo que podría conllevar a procesos de extinción

Es necesario motivar a estudiantes y profesionales en el área de la biología de crustáceos a estudiar las especies de decápodos del país debido a que Colombia presenta un alto nivel de endemismo y una gran cantidad de diversidad de especies de cangrejos dulceacuícolas.

8. Referencias Bibliográficas

Alfonzo, I. (1994). Técnicas de investigación bibliográfica. Caracas: Contexto Ediciones.

Álvarez, F. Villalobos (1997). Cangrejos de agua dulce (Decapoda: Pseudothelphusidae, Trichodactylidae). En: E. González, R. Dirzo y R. Vogt (eds.), Historia Natural de Los Tuxtlas, Instituto de Biología, UNAM. pp. 415-418

Álvarez, F. (2009). Medidas de rango de acción y relación de desplazamientos con la biometría del cangrejo de la sabana Neostrengeria macropa (Crustacea: Decapoda: Pseudothelphusidae) en el parque embalse del Neusa, municipio de Tausa (Cundinamarca) (Tesis). Universidad del Bosque. Bogotá D.C.

Álvarez, F. Ojeda, J.C. Souza-Carvalho, E. José Luis Villalobos, J. L. Magalhães, C. Wehrtmann, I. Mantelatto, F. (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, Volume 193, Issue 3

Álvarez-León, R. & F. de P. Gutiérrez-Bonilla. (2007). Situación de los invertebrados acuáticos introducidos y trasplantados en Colombia: antecedentes, efectos y perspectivas. Rev. Acad. Colombia.Cienc. 31(121): 557-574, ISSN 0370-3908

Amat, G., Andrade-C, G. y Amat-García, E. (2007). Libro rojo de los invertebrados terrestres de Colombia. Bogotá:Conservación Internacional Colombia/ Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia.

Ameyaw-Akumfi, C., & Hazlett, B. (1975). Sex recognition in the crayfish *Procambarus clarkii*. Science, 190(4220), 1225–1226. doi:10.1126/science.1198111

Anastacio, P. & J. Marques (1995). Population biology and production of red swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Girard) in the lower Mondego River Valley, Portugal. Journal of Crustacean Biology, 15: 156-158.

Anastácio, P., Leitao, A., Boavida, M., y Correia, A. (2009). Population dynamics of the invasive crayfish (*Procambarus clarkii*, Girard, 1852)at two marshes with differing hydroperiods. Annales de Limnologie – International Journal of Limnology, 45(4):247-256.

Araujo. A.D. y Buckle. L.F., (1985). Crecimiento y sobrevivencia de *Procambarus clarkii* Girard (Crustacea:Decapoda) con diferentes temperaturas y dietas isocalóricas. Ciencias Marinas ll (2): 39-68

Arias-Pineda, J. y Rodríguez, W. (2012). New record of the invasive species *Procambarus* (Scapulicambarus) *clarkii* (Girard 1852) (Crustacea, Decapoda, Cambaridae) from the Colombian Eastern Cordillera. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa, 51, 313–315

Arias Pineda, J. Y. (2013) Nuevo registro del cangrejo sabanero Neostrengeria macropa (Decapoda: Pseudothelphusidae) para el suroriente de la sabana de Bogotá (Colombia). Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A), 53: 263-265

Arias-Pineda, J., García, A. y Campos, M. (2014). Montane crabs (Decapoda: Pseudothelphusidae) from the cloud forest of the Sumapaz eastern subregión, Tolima (Colombia). Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa, 55, 253-264

Arias-Pineda, J. y Realpe, E. (2014). Ampliación de la distribución conocida del cangrejo sabanero, Neostrengeria macropa (Milne- Edwards, 1853) (Decapoda: Pseudothelphusidae), en la sabana de Bogotá Colombia). Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa, 55, 141–146.

Arias-Pineda, J. Martin, S. Chipatecua, D. García, A & Realpe, E. (2016). Ritmo de actividad del cangrejo sabanero Neostrengeria macropa (Milne-Edwards, 1853), en el embalse de San Rafael, La calera, Colombia.(Crustacea: Decapoda: Pseudothelphusidae).. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa. 59. 237-245.

Arias-Pineda, J & Pedroza, D (2018). Presencia del cangrejo rojo *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) en la sabana de Bogotá, Colombia. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.), 62 (30/06/2018): 283–286.ISSN: 1134-9064

Arias-Pineda, J (2020). Acercamiento al conocimiento poblacional y ecológico de *Procambarus clarkii* (GIRARD,1852), en la laguna de Fúquene, Cundinamarca. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Licenciatura en Biología. Grupo de investigación en Artrópodos KUMANGUI. Laboratorio de zoología y ecología acuática LAZOEA, Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia

Arias-Pineda, J. García-Sanchéz, J. Castillo, N. S. (2020) Diferencias morfométricas entre dos poblaciones de cangrejo rojo *Procambarus (Scapulicambarus) clarkii* (Girard, 1852) (CRUSTACEA: DECAPODA: CAMBARIDAE) The Biologist (Lima), 2020, 18(2), jul-dec: 213-222

Arias-Pineda, J. Realpe, E y González-Rosas, C. (2021). Spatial distribution and ecological aspects of Neostrengeria macropa (Decapoda: Pseudothelphusidae) in Bogotá Savanna, Colombia. Universidad de los Andes, Departamento de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Zoología y Ecología Acuática, Cra. 1 Núm. 18 A- 70. Edificio J- 206, Bogotá, Colombia

Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca - AUNAP y Fundación Humedales (2013). Capítulo 3. Pp 85-92. Embalse Tominé. En : Procesos de ordenación pesquera en las cuencas Magdalena, Sinú y Golfo de Urabá. Convenio 01/12 de 2012. Bogotá

Auvergne. A. (1982). El cangrejo de río, cría y explotación, pp. 34-35. Ed. Mundi Prensa Madrid.

Báez, P., & Palma, S. (2010). Larvas de Crustáceos Decápodos (Crustacea: Decapoda) Bibliografía sobre Biodiversidad Acuática de Chile. Comité Oceanográfico Nacional, Valparaíso, pp. 249-256

Barbaresi S., Tricarico E & Gherardi F. (2004). Comportamiento de rango del cangrejo de río invasivo, *Procambarus clarkii* (Girard), Journal of Natural Publicado en línea: 19 de mayo de 2010. Para enlazar a este artículo: https://doi.org/10.1080/00222930410001663308

Calderón, J. D. S. (2012). Bacterial characterization of aphrodisiac drinks based on crab, a traditional artisan beverage (Doctoral dissertation, Uniandes)

Callejas-Caraballo, J. P., y Díaz Gallego, H. V. (2019). Estudio Poblacional y Contenido Estomacal de *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) en el Parque Metropolitano de Bogotá Simón Bolívar. (Tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

Camacho-Portocarrero, R.F., Duarte-Gándica, I., & Altamiranda-Saavedra, M. (2021). Áreas en riesgo de invasión por *Procambarus clarkii* (Decapoda: Cambaridae) un cangrejo de río introducido en Colombia. Revista de Biología Tropical, 69(1), 77-89. DOI 10.15517/rbt.v69i1.41493

Campos, M. R., & Rodriguez, G. (1985). A New species of Neostrengeria (CRUSTACEA: DECAPODA: PSEUDOTHELPHUSIDAE) with notes on geographical distribution of the genus. proc. biol. soc. wash (Vol. 98).

Campos, M. R (1989). Análisis de características morfometricas en cangrejos (CRUSTACEA: DECAPODA: PSEUDOTHELPHUSIDAE) usando métodos multivariados. Caldasia, 16(76), 87–92.

Campos, M. R. (1992). New species of fresh-water crabs of the genus Neostrengeria (CRUSTACEA: DECAPODA: PSEUDOTHELPHUSIDAE) from Colombia. proc. biol. soc. wash (Vol. 105).

Campos, M. R (1994). Diversidad de los cangrejos del género Neostrengeria, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Bogotá, Colombia.. Editora Guadalupe Ltda. ISBN 958-9205-00-3

Campos, M.R, Magalhães, C. & Rodríguez G. (2002). The freshwater crabs of southern Colombia and their biogeographic affinities (Brachyura: Pseudothelphusidae). Nauplius, Botucatu, 10 (1): 15-25

Campos, M. R. (2005a). Freshwater crabs from Colombia: a taxonomic and distributional study. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Pp 195-199

Campos, M. R. (2005b). Procambarus (Scapulicambarus) clarkii (Girard, 1852), (Crustacea: Decapoda: Cambaridae). Una langostilla no nativa en Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias 29 (111): 295-302

Campos, M. R. y Pedraza, M. (2007). Estudio de la variación morfológica del gonópodo de Strengeriana maniformis (Brachyura: Pseudothelphusidae) mediante aplicación de morfometría geométrica. Caldasia, 29, 143–152

Campos, M. R., Pedraza, M. (2008). Two new species of freshwater crab of the genus Neostrengeria Pretzmann, 1965, from Colombia (CRUSTACEA: DECAPODA: PSEUDOTHELPHUSIDAE), with an updated key of the species of the genus. Caldasia 30(2):457-468. 2008.

Campos M. R. (2014). Crustáceos decápodos de agua dulce de Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia;

Campos, M. R. y C. A. Lasso. (2015). Libro rojo de los cangrejos dulceacuícolas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D. C., Colombia. 168 pp.

Campos, M. R. (2017). Dos nuevas especies de cangrejos cavernícolas de agua dulce del género *Neostrengeria* Pretzmann, 1965, de Colombia (Crustacea: Decapoda: Pseudothelphusidae).Zootaxa, 4247: 157–164

Campos, M. R. Campos, D. (2020). Distribution and species diversity of freshwater crabs of the family Pseudothelphusidae in Colombia (Crustacea: Decapoda: Brachyura) Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá, Colombia. Nauplius 28 (e 2020036) pág 1-26

Cano, E. y M. E. Ocete (2000). Tamaño medio y ecología reproductiva de Procambarus clarkii Girard (1852) (Decapoda, Cambaridae) en las marismas del bajo Guadalquivir. Zool. Baetica 11: 17-26. Disponible en: http://www.ugr.es/~zool_bae/vol11/zoo-2.pdf

Capdevila, A. L., B. Zilletti, y V. Suárez (2013). Causas de la pérdida de biodiversidad: Especies exóticas invasoras. Real Sociedad Española de Historia Natural Segunda época. Madrid, España.

Coll, J. (1998). El cultivo controlado de los cangrejos de río. Revista Latinoamericana de Acuicultura de Oldepesca, 25-41

Collins, P., Williner, V., & Giri, F. (2007). Littoral communities. Macrocrustaceans. In M.H. Iriondo, J. C. Paggi, & M. J. Parma (Eds.),The middle Paraná River: limnology of a subtropical wetland (pp. 277–301). Heidelberg: Springer.

Convenio Sobre la Diversidad Biológica (CDB). 2010. Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. (2016). Plan de manejo y control del cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*) en la jurisdicción CAR. Dirección de Modelamiento, Monitoreo y Laboratorio Ambiental.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. (2020). Plan de Manejo y Conservación (PMC) del Cangrejo sabanero (Neostrengeria macropa) para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. 24pp.

Cumberlidge, N., Alvarez, F. Villalobos, JL (2014). Resultados de la evaluación de la conservación global de los cangrejos de agua dulce (Brachyura, Pseudothelphusidae y Trichodactylidae): La región Neotropical, con una actualización sobre diversidad. ZooKeys, 457: 133–157.

Crandall, K.A. (2010). *Procambarus clarkii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T153877A4557336. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T153877A4557336.en

Cruz, M. J., Rebelo, R. (2007). Colonization of freshwater habitats by an introduced crayfish, *Procambarus clarkii*, in Southwest Iberian Peninsula, 191–201. https://doi.org/10.1007/s10750-006-0376-9.

Delgado, Rodríguez, M., Kassadjikovae F. , K. Fehren-Schmitz L (2020). A paleogenetic perspective of the Sabana de Bogotá (Northern South America) population history over the Holocene (9000–550 cal BP) División Antropología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.

Delibes, M. y Adrián M. I. (1987). Effects of crayfish introduction on otter, Lutra lutra, food in the Doñana National Park, SW Spain. Biol. Conserv., 42: 153-159.

Díaz, H. & G. Rodríguez (1977). The branchial chamber of some terrestrial and semiterrestrial crabs. Biol. Bull. mar. biol. LabWoods Hole 153: 485- 504.

Dueñas, H., (1980). Variaciones climáticas del Pleistoceno superior y del Holoceno en la Sabana de Bogotá (estudio paleontológico de la formación sabana). Antropológicas 2, 31–38

Escobar J. M, Ariza T., Puentes L. M, Ordoñez M. P, Amaya N. M (2021) Documento técnico de soporte del protocolo para el manejo y control poblacional de la langostilla de río (*Procambarus clarkii*) y la prevención de su propagación en Bogotá D.C. Subdirección de Silvicultura, Flora y Fauna Silvestre Secretaría Distrital de Ambiente

FAO (2009). *Procambarus clarkii*. En Fichas técnicas de especies acuáticas cultivadas. Texto de Mc Alain, WR & Romaire RP Editado y compilado por Valerio Crespi y Michael New. CD-ROM

(multilingüe). https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/I1129m/file/en/en_redswampcrawfish.htm

Fetzner, J.W. Jr & Crandall, K.A. 2001. Genetic variation. In: Biology of Freshwater Crayfish (Holdich, D.M. ed.), Blackwell Science, Oxford. pp. 291-326.

Flórez, P. (2002). Informe sobre especies introducidas y trasplantadas en el Valle del Cauca. Buga: CVC.

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, vol. 12, núm. 2, julio-diciembre, 2011, pp. 57-62 Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt" Bogotá, Colombia

Forcina, G., Guerrini, M., van Grouw, H., Gupta, B. K., Panayides, P. Hadjiyerou, P. Barbanera, F. (2015). Impacts of biological globalization in the Mediterranean: Unveiling the deep history of human mediated gamebird dispersal. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 112(11), 3296–3301. https://doi.org/10.1073/pnas.1500677112

Franco-Sustaita, M. K. (2014). Morfometría, distribución actual y potencial en el norte de México del acocil rojo *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Crustacea: Cambaridae). Tesis para optar el grado de doctor en Ciencias con Acentuación en Manejo de Vida Silvestre

Fundación Humedales. (2004). Caracterización biofísica, ecológica y sociocultural del complejo de humedales del Valle de Ubaté: Fúquene, Cucunubá y Palacio. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt. Pp 153-171

Garzón, A., S. Hernández y M. Valderrama (2005). Caracterización del estado de las poblaciones del cangrejo de agua dulce Neostrengeria macropa (H. Milne-Edwards, 1853) bajo explotación, su uso y problemática de la cuenca alta del río Bogotá. Informe final. Fundación Omacha – Conservación Internacional. Bogotá. 41 pp.

Gherardi, F., Barbaresi, S., Salvi, G. (2000). Spatial and temporal patterns in the movement of *Procambarus clarkii*, an invasive crayfish. Dipartimento di Biologia Animale e Genetica “Leo Pardi”, Università di Firenze, Via Romana 17, 50125 Firenze, Italy.

Gherardi, F. (2006). Crayfish invading Europe: The case study of *Procambarus clarkii*. In Marine and Freshwater Behaviour and Physiology (Vol. 39, Issue 3, pp. 175–191). https://doi.org/10.1080/10236240600869702.

Gherardi, F., & Panov, V. (2006). *Procambarus clarkii* . Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe, 1-3.

Global Invasive Species Database (2022) Species profile: *Procambarus clarkii*. Downloaded from http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=608 on 06-04-2022.

Gómez-Cestagalli, E. (2014). Evaluación del valor nutricional y pigmentante de la harina de cangrejo *Procambarus clarkii*, para la alimentación de gallinas semipesadas y pollos de engorde como método de control poblacional del cangrejo. (Tesis de Grado como requisito para obtener el Título de: Doctora en Ciencias Agrarias).Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agropecuarias Escuela de Posgrados. Palmira.

Gutiérrez-Bonilla, F. (2006). Estado de conocimiento de especies invasoras. Propuesta de lineamientos para el control de los impactos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, D.C., Colombia., 158.

Grupo Río Bogotá (2020, 4 de Abril) La lucha del cangrejo sabanero por sobrevivir en el río Bogotá. Revista Semana. https://www.semana.com/actualidad/articulo/la-lucha-del-cangrejo-sabanero-por-sobrevivir-en-el-rio-bogota/50090/?fbclid=IwAR3nrrtoWF8CNvMojPh_V9Ewn-Uzt3F2wprNkKMAztYDeQtcXj8-8oTFDCA.

Grupo Río Bogotá (2020, 5 de Diciembre) ¿Por qué es tan peligrosa la presencia del cangrejo rojo en Bogotá?. Revista Semana.https://www.semana.com/actualidad/articulo/por-que-es-tan-peligroso-el-cangrejo-rojo-en-los-humedales-de-bogota/58037/

Hernández-Barrero, S., A. C. Garzón y M. Valderrama. (2007). Conservación y manejo del cangrejo de la sabana (Neostrengeria macropa) en la laguna de Fúquene dentro de un contexto regional. Pp. 203-229. En : Franco Vidal, L. y G. Andrade. (Eds.). Fúquene, Cucunubá y Palacio. Conservación de la biodiversidad y manejo sostenible en un ecosistema lagunar andino.

Fundación Humedales e Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. Colombia. 364 pp

Hobbs, H. H., & Lodge, D. M. (2010). Decapoda. Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates, 901–967. doi:10.1016/b978-0-12-374855-3.00022-4

Holdich, D., & Lowery, R. (1988). Freshwater crayfish: biology, management and exploitation. London: Croom Helm.

Holdich, D.M.; Reynolds, J.D.; Souty-Grosset, C. and Sibley, P.J. (2009). A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, 11: 1-46.

Hudson, D.M., Brittain, V. & Phillips, G. (2016). Behavioral response to temperature change by the freshwater crab Neostrengeria macropa (H. Milne Edwards, 1853) (Brachyura: Pseudothelphusidae) in Colombia. Journal of Crustacean Biology,36: 287–294

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), (2021) 1–7. doi:10.1093/jcbiol/ruab002

Hudson, D.M., Phillips, G., Lasso, C.A. & Campos, M.R. (2021). Decapoda: Risks associated with climate change and other human-mediated threats to endemic Colombian freshwater crabs In: Recent advances in freshwater crustacean biodiversity and conservation (T. Kawai & D.C. Rogers, eds.), pp. 425–444. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.

Hulme, P. E. (2009). Trade, transport and trouble: Managing invasive species pathways in an era of globalization.Journal of Applied Ecology,46(1), 10–18. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01600.

Huner, J. V. (1977). Introductions of the Louisiana red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard); an update. Freshwater Crayfish, 3, 193–202.

Huner, J., & Barr, J. (1984). Red Swamp Crawfish Biology and Exploitation. Louisiana:The Louisiana Sea Grant College Program.

Huner J. (2002) .*Procambarus*. In: Holdich DM, editor. Biology of freshwater crayfish. Oxford: Blackwell.pp 541–584

IGAC (1992). Instituto Geográfico Agustin Codazzi. Cundinamarca, Características Geográficas. 189 pp. Santafé de Bogotá.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2021). Conozca la historia del cangrejo nativo de EU que invadió varias zonas alto andinas de Colombia. Oficina de comunicaciones. Boletín de prensa. http://www.humboldt.org.co/es/boletines-y-comunicados/item/1569-conozca-la-historia-del-cangrejo-nativo-de-eu-que-invadio-varias-zonas-alto-andinas-de-colombia

ITIS. (2022). INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM. Recuperado el 2022 , de INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=97491#null

Kawai, T., & Kobayashi, Y. (2005). Origin and current distribution of the alien crayfish Procambarus clarkii (Girard, 1852) in Japan. Crustaceana, 78(9), 1143–1149.

Kouba, A., Petrusek, A., & Kozák, P. (2014). Continental‐wide distribution of crayfish species in Europe: Update and maps. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, 413, 05. https://doi.org/10.1051/ kmae/2014007

Lenda, M., Skórka, P., Knops, J. M. H., Moron, D., Sutherland, W. J., Kuszewska, K., & Woyciechowski, M. (2014). Effect of the internet commerce on dispersal modes of invasive alien species. PLoS ONE, 9(6), e99786. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099786

Li, J. L., Dong, Z. G., Li, Y. S., & Wang, C. H. (2007). Invasive aquatic species in China. Shanghai: Shanghai Science and Technology Publisher.

Longo, M. & C. A. Lasso (2014) Macroinvertebrados acuáticos (insectos acuáticos, crustáceos, moluscos) y esponjas. Capítulo 5.2.4. Pp. 120-129. En : Lasso, C. A., F. de P. Gutiérrez y D. Morales-B. (Eds.). 2014. X. Humedales interiores de Colombia: identificación, caracterización y establecimiento de límites según criterios biológicos y ecológicos. Serie

Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C. Colombia.

López, A (2021) Herramienta educativa que aporta a la conservación y concientización de especies nativas y exóticas de decápodos en Bogotá. Tesis de pregrado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.

Lowery, R. S., & Mendes, A. J. (1977). The biology of *Procambarus clarkii* in Lake Naivasha, Kenya; with a note on its distribution. Freshwater Crayfish, 3, 203–210.

Magalhães, C., Abrunhosa, F. A., Pereira, M. O., & Melo, M. A. (2005). New records of Fredius denticulatus (H. Milne-Edwards, 1853) and F. reflexifrons(Ortmann, 1897), and the eastern limits of the distribution of pseudothelphusid crabs (Crustacea: Decapoda) in Brazil. Acta Amazonica, 35,93–96.

Magalhães, C. Campos, M. R. Collins, P. A. Mantelatto, F. M. (2016). A Global Overview of the Conservation of Freshwater Decapod Crustaceans. Chapter 10 Diversity, Distribution and Conservation of Freshwater Crabs and Shrimps in South America 10.1007/978-3-319-42527-6.

Martìn, J.S. (2017) Ritmos de actividad e influencia de las fases lunares en el cangrejo sabanero *Neostrengeria macropa* (Milne-Edwards,1853).Embalse de San Rafael, La Calera Cundinamarca. Tesis para optar al título de Licenciado en Biología. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Martín-Torrijos, Martínez-Ríos L., Casabella-Herrero, G. (2021). Rastreando el origen del patógeno de la plaga del cangrejo de río, Aphanomyces astaci , hasta el sureste de los Estados Unidos. Informe científico 11, 9332 (2021). https://doi.org/10.1038/s41598-021-88704-8

Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2011). Plan Nacional para la Prevención, Control y Manejo de las Especies Introducidas, Trasplantadas e Invasoras. Bogotá, 84 pp.

Mogollón Avila, Valentín & Espinoza, Víctor & Lopez, Orlando & Cotillo, Alejandro & Torres Zevallos, Uriel. (2021). Primer registro del cangrejo rojo de los pantanos, *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Crustacea, Decapoda, Cambaridae) en el Perú: Su hallazgo en Los Pantanos de Villa, Lima, Perú. 19. 229-239. 10.24039/rtb2021192.

Molano, J.B. (1990). Villa de Leiva. Ensayo de interpretación social de una catástrofe ecológica. Bogotá: Presencia. 279 pp.

Momot, W. T. (1995). Redefining the role of crayfish in aquatic ecosystems. Reviews in Fisheries. Science 3: 33-65.

Nyström, P., Brönmark, C., y Granéli, W. (1996). Patterns in benthic food webs: a role for omnivorous crayfish?.Freshwater Biology, 36(3):631–646

Oficialdegui, F. J., Clavero, M., Sánchez, M. I., Green, A. J., Boyero, L., Michot, T. C., Klose, K., Kawai, T., Lejeusne, C. (2019). Unravelling the global invasion routes of a worldwide invader, the red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). Freshwater Biology. 64 (8), 1382–1400. https://doi.org/10.1111/fwb.13312

Ojeda, J.C. (2017). Sistemática y biogeografía de los cangrejos de agua dulce de México en la familia Pseudothelphusidae (Crustacea: Decapoda). Tesis para optar al título de Doctor en Ciencias. Universidad Autónoma de México. Instituto de Biología Sistemática. Ciudad de México, México.

Ortiz, C. Ortiz, E. Aguilera, A. (1981). Contribución al conocimiento del cangrejo de la sabana *Hypolobocera (Neostrengeria) macropa* Milne-Edwards (1983), Crustácea: Brachyura: Pseudothelphusidae. Tesis de grado para optar al título de Biólogo Marino. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 143 pp.

Pachón, Y., Valderrama, M. (2018). Anotaciones al estado, uso y gestión de la langostilla roja *Procambarus* (Scapulicambarus) *clarkii*, especie invasora en la laguna de Fúquene (Cundinamarca, Colombia). Biodiversidad en la práctica VOLUMEN 3- NÚMERO 1- 2018, 30-50.

Pedroza-M. (2017). Estructura Poblacional de Procambarus clarkii (Girard, 1982) en la laguna de Fúquene. Cundinamarca. Fúquene. Tesis para optar al título de Licenciatura en Biología. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Phillips, G. Hudson, D. M. Chaparro-Gutiérrez, J. J. (2019). Presence of Paragonimus species within secondary crustacean hosts in Bogotá, Colombia. Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias, 32(2), 150–157.

Pretzmann, G. (1973). Grundlagen und Ergebnisse der Systematik des Pseudothelphusidae Zeitschrift für zoologische Systematik und Evolutionsforschung, Hamburg/Berlin, 11 (3): 196-218.

Ramírez, R. (2008). Tamaño y estructura poblacional del cangrejo de la sabana (Neostrengeria macropa) Crustácea: Brachyura: Pseudothelphusidae en el embalse del Neusa (Parque forestal embalse 74 INVENTARIO DE PECES Y CRUSTÁCEOS del Neusa) Cundinamarca. Tesis de pregrado. Universidad del Bosque. Bogotá D.C.

Rodríguez, (1982) . Centers of distribution of Neotropical fresh-watercrabs in Gore R.H. & K.L. Heck (ed.) Biogeography of the Crustácea. Crustacean Issues.4:51-67.

Rodríguez-Almaraz, G. A. (2001). Fisiología reproductiva del acocil rojo *Procambarus clarkii* (Crustacea: Decapoda): Establecimiento del ciclo de maduración gonadal y evaluación de su potencial reproductivo. Tesis doctoral en Ciencias Biológicas con Especialidad en Acuacultura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. 253 pp.

Rodríguez, G. & C. Magalhães. (2005). Recent advances in the biology of the Neotropical freshwater crab family Pseudothelphusidae (Crustacea, Decapoda, Brachyura). Revista Brasileira de Zoologia, 22:354-365.

Romero-Tigreros, L. E. y H. von Prahl. (1988). El camarón rojo de río *Procambarus clarkii* ¿una especie promisoria? Colciencias/CIID. Boletín Red de Acuicultura 2 (1 y 2):11-15.

Smalley, A. 1964. A Terminology for the Gonopods of the American River Crabs. Syst. Zool. 13(1): 28-31.

Sunday, J.M., Bates, A.E. & Dulvy, N.K. (2011). Global analysis of thermal tolerance and latitude in ectotherms. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 278: 1823–1830.

Tsang, Christoph D. Schubart, Shane T. Ahyong, Joelle C.Y. Lai, Eugene Y.C. Au, Tin-Yam Chan, Peter K.L. Ng, Ka Hou Chu Author Notes (2014). Evolutionary History of True Crabs (Crustacea: Decapoda: Brachyura) and the Origin of Freshwater Crabs.Molecular Biology and Evolution, Volume 31, Issue 5, May 2014, Pages 1173–1187, https://doi.org/10.1093/molbev/msu068

Thune , R., Hawke, J., & Siebeling , R. (1991). Vibriosis in the Red Swamp Crawfish. Journal of Aquatic Animal Health, 3:3, 188-191, DOI: 10.1577/1548-8667(1991)0030188:VITRSC2.3.CO;2.

Thune, R. (1994). Diseases of Louisiana crayfish. En J. Huner, Freshwater Crayfish Aquaculture in North America, Europe and Australia (págs. 117-156). New York: Food Products Press.

Molecular Biology and Evolution, Volume 31, Issue 5, May 2014, Pages 1173–1187, https://doi.org/10.1093/molbev/msu068

Van der Hammen, T. Gonzalez, E., 1960. Upper Pleistocene and Holocene climate and vegetation of the sabana de Bogotá (Colombia, south America). Laidse Geologische Mededelingen 25, 261–315

Van der Hammen, T., Correal, G., 1992. El hombre prehistórico en la Sabana de Bogotá: datos para una prehistoria ecológica. In: van der Hammen, T. (Ed.), Historia, ecología y vegetación. Corporación Colombiana para la Amazonia, pp. 211–230. Araraucara (Bogotá).

Valencia, D. M., & Campos, M. R. (2010). Freshwater shrimps of the Colombian tributaries of the Amazon and Orinoco Rivers (Palaemonidae, Euryrhynchidae, Sergestidae).Caldasia, 32, 221–234

Valencia., D., Gutiérrez-Bonilla, F., & Álvarez, R. (2012). *Procambarus clarkii* (Girard 1852). 5.3 Crustáceos exóticos. In: F. de P. Gutiérrez-Bonilla, C.A. Lasso-Alcalá, M.P. Baptiste, P. Sánchez-Duarte & A.M. Díaz-Espinosa (eds.). VI. Catálogo de la biodiversidad acuática exótica y trasplantada en Colombia: moluscos, crustáceos, peces, anfibios, reptiles y aves. Bogotá D.C., pp. 275-321.

Villalobos-Figueroa, A. Cambarinos de la fauna mexicana (Crustacea: Decapoda). Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México; 1955

Volonterio, O. 2009. Redescription and designation of a neotype of Temnocephala talicei dioni, 1967 (Platyhelminthes: Temnocephalida) Journal of Parasitology, 95(2): 345-3

Yamamoto, Y. (2010). Contribution of bioturbation by the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* to the recruitment of bloom-forming cyanobacteria from sediment. Journal of Limnology, 102-111

Yue, G. H., G. L. Wang, B. Q. Zhu, C. M. Wang, Z. Y. Zhu y L. C. Lo. (2008). Discovery of four natural clones in a crayfish species *Procambarus clarkii*. International Journal of Biological Sciences 4 (5): 279-282.