

Artículo original

Aproximación a la biología de *Procambarus clarkii* en la dársena de la planta Tibitoc (Zipaquirá, Colombia)

Approach to the biology of *Procambarus clarkii* in the Tibitoc plant dock (Zipaquirá, Colombia)

Carlos A. Rivera^{1,*}, Angela Zapata¹, Isabella Gonzalez-Gamboa²,
Mabel G. Pimiento-Ortega², Andrea C. Sarmiento-Toro², Fabian L. Mesa-Roberto²,
Elisabeth Jiménez-Carmona², Gina A. Romero-Galindo², Lina F. Mora Ballen¹,
Diana C. Villamil-Pasito¹, William Villamil¹, Nubia León-Lopez^{1,*}

¹ Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá E.S.P., Bogotá, Colombia

² Organización Luis Fernando Romero Sandoval Ingenieros S.A.S., Villavicencio, Colombia

Resumen

La langostilla de río o cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*) es una especie invasora que altera los ecosistemas y la calidad del agua, pues es portadora de organismos dañinos para la salud y, además, desestabiliza estructuras al remover materiales cuando cava sus madrigueras. El objetivo del presente estudio fue estudiar aspectos poblacionales, morfométricos y dietarios de *P. clarkii* en la dársena de la planta Tibitoc. Se hicieron tres muestreos utilizando en cada uno 120 trampas de tipo Zreal y Accesotech, cebadas con comida de gato durante 24 horas. Los resultados sugieren que la densidad fue baja (300 ind/ha), aunque el potencial de invasión puede ser alto debido a que las hembras llevaban más de 500 huevos. La proporción de sexos fue 1:1, y las hembras presentaron diferentes estados de maduración, lo que indica desoves consecutivos, y tenían mayor tamaño y peso que los machos. Los datos morfométricos de los especímenes recolectados y sus rasgos reproductivos registraron valores menores a los reportados en la literatura, lo que sugiere que los requerimientos alimenticios no eran adecuados y, probablemente, no se daban todas las condiciones para el desarrollo de la población. La dieta estuvo constituida por detritus, material vegetal, algas, macroinvertebrados y peces, lo que concuerda con lo informado en otros estudios. El tiempo estimado de vida media de *P. clarkii* fue de 2,3 años. Para controlar la población de esta especie en la dársena de la planta Tibitoc, se recomiendan capturas pasivas anuales con trampas Accesotech (o de diseño parecido).

Palabras clave: Especie invasora; Control poblacional; Estacionalidad climática; Decápoda.

Abstract

The red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) is an invasive species that alters ecosystems and water quality representing a health risk, as it carries damaging organisms; besides, it destabilizes structures by removing materials when it digs its burrows. Here we studied the *P. clarkii* population and morphometric and dietary aspects in the Tibitoc plant dock. We did three samplings using 120 Zreal and Accesotech traps baited with cat food for 24 hours on each occasion. Our results suggest that the density was low (300 ind/ha), although the invasive potential may be high as females presented more than 500 eggs. The sex ratio was 1:1; the females presented different stages of maturation, indicating consecutive spawning, and they were larger and heavier than the males. The morphometric data of the specimens collected and their reproductive traits showed lower values than those recorded in the literature, suggesting that the nutritional requirements were not adequate and not all the conditions for the development of the population were met. The species' lifespan was 2.3 years. As in other studies, the diet was detritus, plant material, algae, macroinvertebrates, and fish. To control the species population in the Tibitoc plant dock, we recommend annual passive captures using Accesotech traps (or similar designs).

Keywords: Invasive species; Population control; Climatic seasonality; Decapoda.

Citación: Carlos A. Rivera, *et al.*
Aproximación a la biología de
Procambarus clarkii en la dársena de la
planta Tibitoc (Zipaquirá, Colombia).
Revista de la Academia Colombiana de
Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
48(188):491-507, julio-septiembre de
2024. doi: <https://doi.org/10.18257/racefyn.2557>

Editor: Elizabeth Castañeda

***Correspondencia:**

Carlos A. Rivera;
limnorivera@yahoo.com.ar;
Nubia León-López;
nileon@acueducto.com.co

Recibido: 31 de enero de 2024

Aceptado: 4 de julio de 2024

Publicado en línea: 5 de agosto de 2024



Este artículo está bajo una licencia de
Creative Commons Reconocimiento-
NoComercial-Compartir Igual 4.0
Internacional

Introducción

La langostilla de río o cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii* Girard, 1852) es una especie ampliamente conocida por su rápida dispersión y su capacidad de colonizar una gran variedad de ambientes tanto en zonas templadas como tropicales (Scalici & Gherardi, 2007; Nunes *et al.*, 2017). Esta especie posee una gran plasticidad ecológica al tolerar aguas contaminadas y con baja concentración de oxígeno disuelto, además de sobrevivir a períodos prolongados de sequía (Re-Araujo & Bückle-Ramírez, 1985).

La langostilla se ha reportado habitando en una gran variedad de ecosistemas acuáticos, principalmente en ríos de curso lento, marismas, estanques, sistemas de riego y campos de arroz, aunque también es posible encontrarla en ríos torrentosos (Gherardi *et al.*, 2002; Dörr *et al.*, 2006; Cruz & Rebelo, 2007; Scalici *et al.*, 2010). *P. clarkii* tiene un gran impacto negativo en los ecosistemas acuáticos que coloniza porque desplaza a otras especies de decápodos y consume una gran variedad de organismos, incluidas plantas acuáticas, macroinvertebrados, peces y anfibios (Bondar *et al.*, 2005; Chucholl, 2013; Fernández-Cardenete *et al.*, 2013; Souty-Grosset *et al.*, 2016), por lo que su introducción puede reducir la biodiversidad y aumentar la homogeneización de las comunidades bióticas. Además, por su rápido aumento poblacional y sus hábitos excavadores, puede modificar estructuralmente los nuevos ambientes al aumentar la turbiedad del agua (Gherardi & Acquistapace, 2007; Pineda & Rodríguez, 2012), al tiempo que sus túneles o madrigueras pueden afectar estructuras como los diques o desestabilizar el margen de los ríos (Faller *et al.*, 2016; Haubrock *et al.*, 2019; Lemmers *et al.*, 2022; Svoboda, 2017).

La langostilla también afecta la salud humana y la fauna nativa, ya que transmite el hongo *Aphanomyces astaci* (Svoboda *et al.*, 2017) y es transmisora de la tularemia (Ordax, 2003), la cual afecta a mamíferos silvestres. También se ha reportado en sus tejidos *Cryptosporidium oocysts* y huevos de varias especies de helmintos (Zhu *et al.*, 2019). *P. clarkii* es hospedador intermedio de trematodos del género *Paragonimus* spp., que genera una enfermedad pulmonar granulomatosa inflamatoria crónica en humanos llamada paragonimiasis. En Colombia se la ha reportado como hospedadora de *Paragonimus* en especímenes recolectados en Cundinamarca (Phillips, 2019).

Procambarus clarkii fue introducida en Colombia en 1985 (Flórez-Brand & Espinosa-Beltrán, 2011) con el objeto de hacer experimentos relacionados con su potencial alimenticio. En 1988 se presentó una fuga accidental en la cuenca del río Palmira (Álvarez-León & Gutiérrez-Bonilla, 2007) y fue reportada en Jamundí, Santiago de Cali, Yocoto, San Juan Bautista de Guacarí y Guadalajara de Buga, municipios de la cuenca media del río Cauca (Flórez-Brand & Espinosa-Beltrán, 2011). El primer registro de *P. clarkii* en Cundinamarca fue en la cuenca del río Bogotá, cerca de Briceño, en el 2004 (Campos, 2005). En el 2012 se reportó por primera vez en el departamento de Boyacá (Arias-Pineda & Rodríguez, 2012), en donde actualmente tiene una amplia distribución. Entre el 2015 y el 2017 se la encontró en la sabana de Bogotá, en los municipios de Suesca, Fúquene, Chía y en los humedales y parques urbanos de la ciudad de Bogotá (Arias-Pineda & Pedroza-Martínez, 2018). También hay un reporte en el departamento de Santander.

Recientemente la especie fue incluida en la lista de especies invasoras de Colombia (Resolución 67 de enero de 2023 del Ministerio de Medio Ambiente) y ya se cuenta con una primera propuesta de plan de manejo en la región (CAR, 2016) y en Bogotá se expidió una resolución sobre su manejo y control (Resolución 3919 de 2021, Secretaría Distrital de Ambiente). Un primer paso en la implementación de medidas de manejo o control de *P. clarkii* requiere establecer la línea de base de sus poblaciones. Se sabe que la especie puede adaptarse fácilmente en el ámbito local modificando aspectos de su ciclo de vida (Dörr & Scalici, 2013). Algunos modelos también sugieren que su capacidad de invasión en el país podría ser muy alta (Camacho *et al.*, 2021). En este contexto, el objetivo de nuestro estudio fue establecer los aspectos básicos de la biología, la ecología

y la dieta del cangrejo rojo americano en la dársena de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) Tibitoc. A partir de la información recopilada, se estableció el estado de las poblaciones, y se plantean sugerencias para su control.

Métodos

En el 2021 y el 2022 se realizaron tres muestreos (diciembre de 2021 y enero y marzo de 2022), en la estructura de pretratamiento del agua del río Bogotá en la planta Tibitoc conocida como dársena (**Figura 1**). Durante los muestreos se probaron dos tipos de trampas comerciales diseñadas para la captura de decápodos y se tomaron muestras de agua para caracterizar las condiciones del hábitat de los cangrejos.

Recolección de los individuos

En cada uno de los muestreos se instalaron trampas de tipo Zreal y Accesotech cebadas con alimento procesado para gato (**Figura S1**, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/2557/3980>). Se instalaron 120 trampas por muestreo, 60 de tipo Zreal y 60 de Accesotech, repartidas en tres polígonos o estaciones de muestreo (**Figura 1**). De las 120 trampas, la mitad se usaron para el análisis de la efectividad de los métodos de captura y

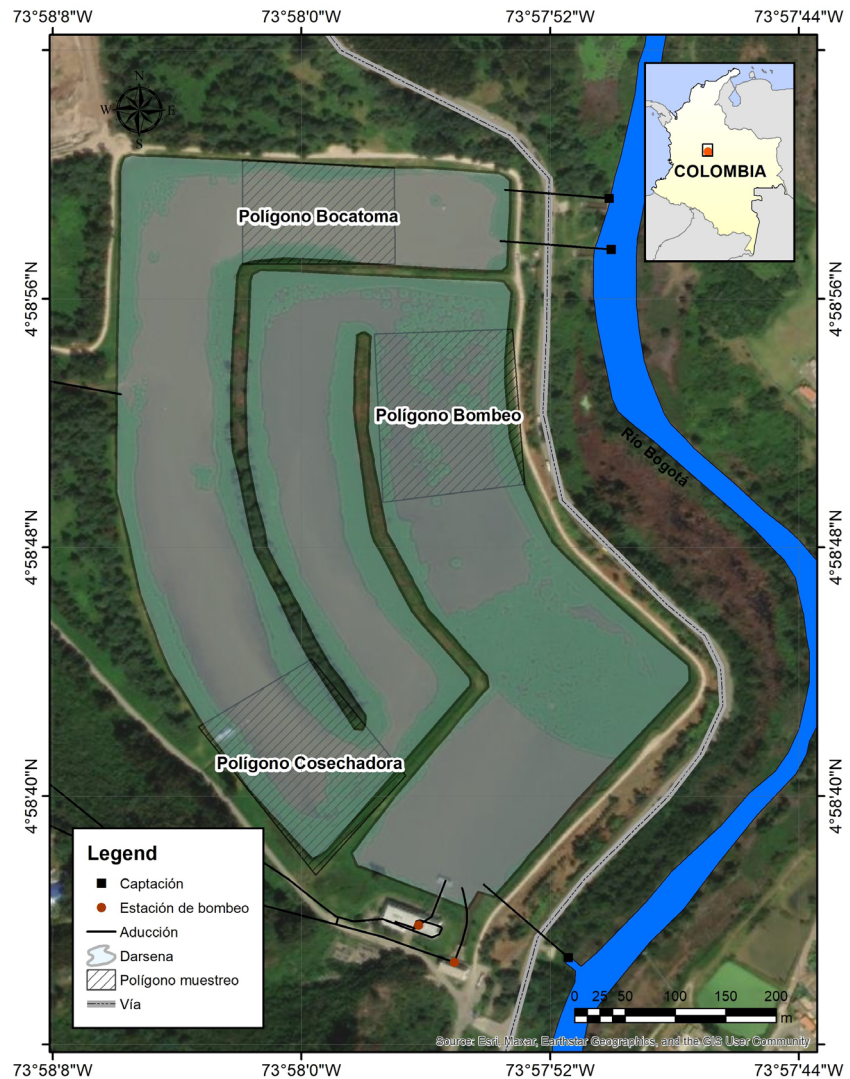


Figura 1. Mapa del área de estudio

medición de la densidad, en tanto que la otra mitad se usó para los análisis de la biología y la ecología trófica de la especie. El primer polígono se ubicó en la zona de ingreso del agua a la dársena y los otros dos en puntos intermedios antes de la zona de bombeo. En cada polígono, las trampas se colocaron paralelas al flujo del agua y en una de las zonas litorales cada 5 m; en el interior de cada una se dispuso un recipiente plástico agujereado (cebador) con 50 g de alimento macerado para gatos del tipo *pellet* seco que se usó como atrayente; el cebo se escogió después de evaluar diferentes tipos. Las trampas se dejaron durante 24 horas.

Todos los especímenes recolectados durante el estudio se sacrificaron forzando el descenso de la actividad metabólica por choque térmico a baja temperatura después de colocar a los individuos en bolsas plásticas e introducirlos en una nevera con hielo. Al llegar al laboratorio, los cangrejos se almacenaron en un congelador a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante un periodo no inferior a 48 horas (Sun *et al.*, 2012).

Caracterización del ambiente

En cada uno de los muestreos se tomaron medidas *in situ* de pH, conductividad, oxígeno y temperatura del agua utilizando una sonda multiparamétrica HACH HQ40d. Además, se recolectaron muestras de agua para analizar los parámetros descritos en la **tabla 1**. Todos los análisis siguieron los métodos estandarizados según Baird & Bridgewater, 2017; Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - EAAB, 2020). En los muestreos también se recolectaron muestras para analizar la estructura de las comunidades de fitoplancton, zooplancton y macroinvertebrados.

Estudio de la biología y ecología de la especie

Los individuos recolectados fueron sexados a partir de las características morfológicas (Delsinne *et al.*, 2013) que se describen en la **figura 2**, se midieron con un calibrador digital y se pesaron en una balanza analítica. Se tomaron las siguientes medidas: largo total (LT), el cual se toma desde la punta del rostro hasta el final del telson; largo del cefalotórax (LC), desde la punta del rostro hasta el final del cefalotórax; ancho del cefalotórax (AC) medido en su parte media, y ancho del abdomen (AA) medido en el primer somito abdominal.

Para el análisis de las tallas, los datos se dividieron en intervalos de 5 mm para un total de 10 intervalos y, posteriormente, se utilizó el parámetro LC para obtener la distribución de frecuencias a partir de la composición de las tallas en el programa FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT II) (Gayanilo *et al.*, 2005; Mistri *et al.*, 2019). En el análisis del crecimiento se utilizó la ecuación de Von Bertalanffy:

$$L(t) = L_{\infty} [1 - \exp(-k(t - t_0))],$$

donde $L(t)$ es la longitud a la edad t , L_{∞} es la longitud asintótica, k el parámetro de curvatura de la función de crecimiento de Von Bertalanffy, y t_0 el parámetro de condición inicial. A partir de los datos se obtuvo la longevidad esperada mediante la ecuación:

$$t_{\max} = \left(\frac{3}{k}\right) + t_0,$$

donde t_{\max} es el tiempo máximo de vida, k el parámetro de curvatura obtenido de la ecuación de Von Bertalanffy y t_0 el parámetro de condición inicial obtenido de la ecuación anterior. Estos análisis se desarrollaron en el programa FiSAT II.

Para el análisis del estado reproductivo las hembras, estas se dividieron en cuatro categorías: C1, inmaduras, es decir, hembras recolectadas que no superaban los 6 cm de longitud total y no portaban huevos; C2, individuos de tamaño superior a 6 cm de longitud total sin huevos externos ni internos; C3 ovígeras, hembras que en la disección presentaron huevos internos en el cefalotórax, y C4, postovígeras, hembras con presencia de huevos externos adheridos en los pleópodos. Los machos se dividieron en dos categorías: machos inmaduros, recolectados con un tamaño inferior a 6 cm de longitud total y que no presentaban ganchos copuladores visibles (F1), y machos maduros, recolectados con un tamaño superior a 6 cm y presencia de ganchos copuladores bien desarrollados (F2).

Tabla 1. Resumen del comportamiento físico y químico de la dársena de Tibitoc. Se presentan los valores de los tres muestreos y los valores promedio y el rango de desviación estándar (DS) para la entrada y salida de la dársena entre 2004 y 2022. n: número de datos

Variable	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Entrada a la dársena				Salida de la dársena			
	dic-21	ene-22	mar-22	promedio	rango	DS	n	promedio	rango	DS	n
Alcalinidad total (mg CaCO ₃ /L)	38,8	59,7	31,4	30,3	5,18-77,93	12,3	90	29,3	3,3-61,6	10,8	96
Calcio total (mg/L)	8,18	9,01	12	7,4	3,8-22,6	3,5	38	6,9	3,6-13,1	2,4	40
Carbono orgánico total (mg/L)	10,4	15,2	9,16	7,6	1,5-46,2	5,0	92	7,2	2,3-22,9	3,1	100
Carbono inorgánico (mg/L)	14	4,29	5	6,8	2,3-20,3	3,1	79	12,3	2-26,2	4,4	107
Cloruros (mg/L)	17	11,2	13,1	13,1	1,6-68,7	8,5	101	7,1	2,3-18,4	3,4	86
Clorofila (mg/m ³)	0,5	2,1464	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Color verdadero (UPC)	10	95	41	28,3	9-66	12,9	87	25,9	8-90	12,3	91
DBO (mg O ₂ /L)	9	15	7	6,3	1-45	7,2	101	4,9	0,5-25	4,7	108
DQO (mg O ₂ /L)	26,2	38,1	22,9	29,9	5-104,6	15,0	101	26,7	5-97,5	14,6	108
Dureza cálcica (mg CaCO ₃ /L)	18,8	15,6	21,8	18,9	7,2-56,7	9,6	37	18,8	10,6-38,5	7,5	36
Dureza total (mg CaCO ₃ /L)	37,6	23,9	23,4	25,9	4,4-158	20,0	60	24,9	13-57	9,8	53
Fósforo total (mg/L)	0,05	0,22	0,315	0,3	0,01-2,24	0,3	89	0,3	0,01-2,0	0,3	95
Hierro total (mg/L)	1,54	1,26	1,49	1,6	0,1-4,2	0,7	101	1,2	0,055-3,4	0,5	108
Magnesio total (mg/L)	0,666	1,51	1,76	1,6	0,023-5,7	0,8	86	1,6	0,49-4,91	0,7	91
NO ₃ ⁻ (mg/L)	0,72	1,39	0,77	1,0	0,01-3,73	0,7	101	0,9	0,03-3,9	0,7	107
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,133	0,0851	0,005	0,1	0,005-0,86	0,1	101	0,1	0,001-0,92	0,1	107
NH ₄ ⁺ (mg/L)	<4,0	<4,0	<4,0	0,6	0,01-1,9	0,5	101	0,6	0,05-1,99	0,5	108
NTK (mg/L)	<4,0	<4,0	<4,0	2,0	0,1-11,27	1,3	90	1,6	0,1-5,01	0,8	96
Sílice (mg/L)	6,85	5,95	5,5	6,3	2,133-15,7	2,7	84	5,7	0,0464-12,9695	2,4	86
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	10	15	25	45,5	3,5-255	37,3	89	15,7	4,8-66,875	9,3	95
Sólidos totales (mg/L)	60	76	105	138,5	75,8-330,6	47,7	101	107,3	44,8-198	26,1	108
Sólidos disueltos totales (mg/L)	72	59	75	97,7	27,2-214	33,5	100	93,4	27,2-185	25,0	107
Sólidos sedimentables (mg/L)	0,1	0,1	2,5	0,1	0,1-0,3	0,0	35	0,1	0,05-0,8	0,1	34
Turbiedad NTU	2	6,8	8,5	30,7	2,1-170	27,8	101	14,9	1,8-70	9,3	108
Fósforo soluble (mg/L)	0,05	0,052	0,141	0,2	0,01-1,37	0,3	51	0,2	0,0001-1,455	0,2	61
pH	6,65	6,51	7,73	6,9	6,34-7,6	0,3	101	7,0	6,34-7,65	0,3	108
Conductividad µS/cm	181	138	146,5	126,0	22-778	75,2	101	125,4	14-776	71,5	108
Oxígeno disuelto (mg/L)	1,36	2,68	3,85	2,2	0,1-6,4	1,6	89	2,9	0,1-7,1	1,8	95
Temperatura (°C)	27,99	23,43	20,2	18,5	7,4-23,3	2,7	99	19,2	12-24,4	2,4	106
Coliformes totales (UFC/100 mL)	178	300000	9540	105751,5	906-2950000	299068,8	101	16824,4	133,4-141360	22174,2	108
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100 mL)	<1,0	8000	35	4397,9	1-61300	8061,1	100	787,8	<1,0-9804	1397,2	108
SO ₄ ³⁻ (mg/L)	<10,0	13,1	<10,0	10,5	1-97,12	11,4	87	9,5	0,5-33,0962157	5,7	92

Se calculó el índice gonadosomático (IGS) en 65 hembras y 82 machos sexualmente maduros usando la ecuación:

$$IGS = \frac{PG}{PHsT \times 100},$$

donde PG es el peso de las gónadas y PHsT el peso húmedo del organismo sin tenazas.

El índice hepatosomático (IHS) se calculó en 214 individuos de todas las categorías sexuales con la ecuación:

$$IHS = \frac{PH}{PHsT \times 100},$$

donde PH es el peso del hepatopáncreas y PHsT el peso húmedo del organismo sin tenazas.

El conteo de los huevos internos se hizo en 65 hembras de categoría tres (C3) usando un estereoscopio. En las hembras de categoría 4 (C4) los huevos solo se cuantificaron en los tres únicos individuos capturados. Los huevos externos se fotografiaron con una cámara Axio Cam en estereoscopio Carl Zeiss y se midieron utilizando el programa Zen 3.4 lite.

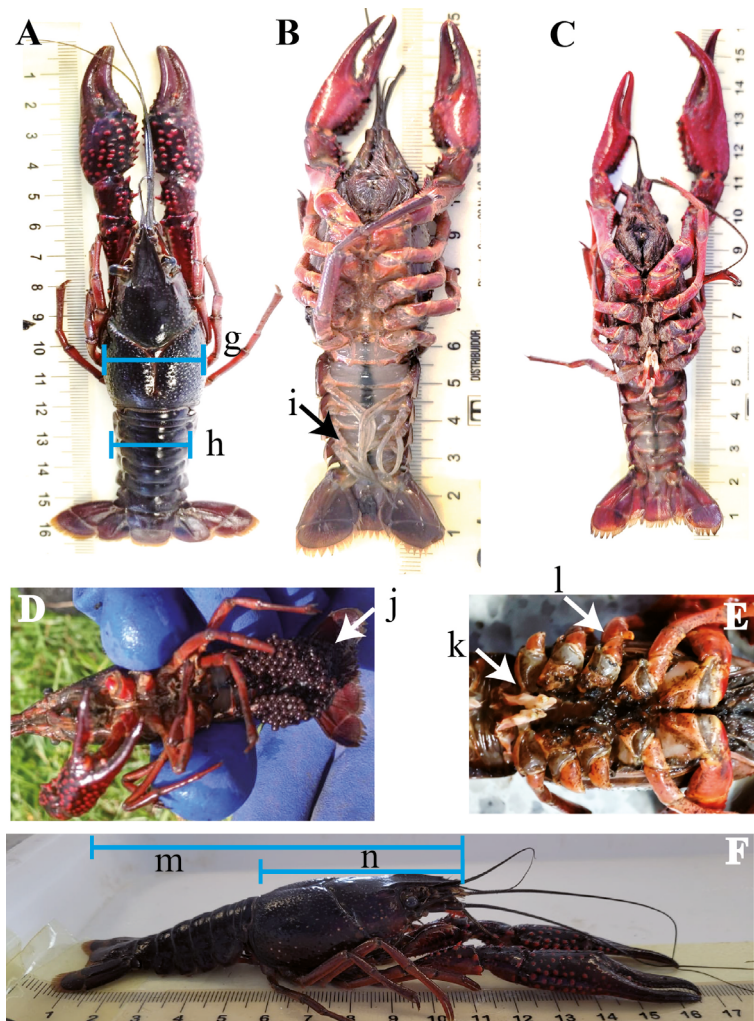


Figura 2. Registro fotográfico de *P. clarkii*. A. vista dorsal, señalando el ancho del cefalotórax (g) y el ancho abdominal (h). B. vista ventral de una hembra en donde se observan los pleópodos (i). C. vista ventral de un macho. D. vista ventral de una hembra con huevos, en donde se observan los huevos en posición externa. E. vista ventral de un macho en el que se señalan los pleópodos modificados (k) y los ganchos copuladores (l). F. Aspecto general de *P. clarkii* en vista lateral, mostrando la forma de medir la longitud total (m) y la longitud del cefalotórax (n)

El índice de maduración es un valor que provee información sobre el grado de madurez de las gónadas de las hembras a partir de su coloración. Para calcularlo se tomaron las gónadas extraídas de las hembras de cada muestreo y se categorizaron por color siguiendo la metodología de **Guerra & Niño (1996)** y **Anastacio et al. (2009)**. Se establecieron cuatro estados de maduración según las siguientes categorías: estado K1, gónadas blancas; estado K2, gónadas amarillas; estado K3, gónadas naranjas, y estado K4, gónadas cafés. Se asume que las gónadas de color más intenso están en un estado de madurez más avanzado. Después de determinar la categoría por color, se estimó el índice de maduración (IM) en cada muestreo:

$$IM = \sum_{i=0}^n \frac{\text{Estado k de los individuos}}{N},$$

donde N es el número total de las hembras analizadas.

Para evaluar la dieta de la langostilla, se seleccionaron 51 machos y 40 hembras. Se estimó el porcentaje de llenado del estómago y se separaron los ítems alimentarios mediante disección usando pinceles finos y evitando raspar células de la pared del estómago. Los ítems alimentarios se separaron en dos grandes grupos: tejido animal o vegetal, y se identificaron hasta el menor nivel taxonómico posible.

Análisis de datos

Para comparar la densidad y la abundancia de organismos según las estaciones de muestreo y el tipo de trampa, se determinó primero la normalidad de los datos usando el test de Shapiro-Wilk. Posteriormente se aplicó el análisis de varianza o prueba t para los datos con distribución normal y el análisis de Kruskal Wallis o test de Mann Whitney para aquellos con distribución no normal. Estos análisis se realizaron en el software Past 4.0. La relación entre la longitud y el peso se evaluó mediante regresiones lineales (**Loureiro et al., 2019**). En el análisis de estructura de tallas se utilizó el método de Normsep con el algoritmo Simplex (**Gayanilo et al., 2005**) en el programa FiSAT II.

Resultados

La dársena presenta espejos de agua abiertos con un tiempo de renovación de agua de menos de 48 horas. La zona litoral se caracterizó por la presencia de macrófitas, principalmente *Ludwigia sp.*, alcanzando coberturas en esta zona del 80, 98 y 79 % en los tres muestreos, respectivamente. Otras macrófitas presentes, aunque en muy baja proporción, fueron *Juncus effusus* y *Lemna minor*. La dársena funciona como un sistema de pre-tratamiento y en su recorrido se reduce la concentración de sólidos totales y de carbono orgánico (**Tabla 1**). En general, las aguas de la dársena son turbias y el pH es ligeramente ácido a neutro. Variables como el oxígeno, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y los coliformes totales indicaron que el agua es de regular calidad. Asimismo, las concentraciones de nutrientes fueron altas. Durante el periodo de los muestreos se presentaron condiciones con alta precipitación pluvial, cuando lo habitual en estos meses son las condiciones de sequía (**Figura S2**, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/2557/3980>). Los valores de nutrientes y de carga orgánica fueron semejantes a la media histórica del sistema.

El fitoplancton registró una comunidad muy variable según los periodos, pero estuvo dominado principalmente por cianobacterias (Microcystaceae, Oscillatoriaceae y Nostocaceae) y diatomeas (Eunotiaceae y Aulacoseriaceae), aunque en muy bajas densidades (**Figura S3**, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/2557/3980>). El zooplancton tuvo menor variación entre periodos y presentó una comunidad dominada por protozoarios (Arcellidae) y rotíferos (Brachionidae). La familia Chironomidae dominó la comunidad de macroinvertebrados; otros grupos de macroinvertebrados presentes fueron Physidae y Hyalellidae (**Tabla S1**, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/2557/3980>), lo que sugiere una calidad del agua regular.

Los individuos de *P. clarkii* recolectados tuvieron un peso inferior a los 40 g y una longitud total menor a 12 cm (**Tabla 2**). Las hembras registraron un mayor peso y talla en comparación con los machos. Estacionalmente, los resultados fueron semejantes, pero

Tabla 2. Resumen estadístico del peso y las medidas morfométricas de *P. clarkii* capturados en la dársena de Tibitoc

Variable	Sexo	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Peso húmedo total (g)	Hembras	0,1	41,8	21,2	23,2	10,5	0,49
	Machos	0,4	41,3	19,5	21,6	9,3	0,48
Peso sin tenazas (g)	Hembras	0,1	34,6	18,6	20,0	8,9	0,48
	Machos	0,3	30,5	15,6	17,2	6,8	0,43
Longitud de cefalotórax (mm)	Hembras	9,2	58,8	45,7	48,7	11,4	0,25
	Machos	13,1	56,7	44,1	46,8	9,2	0,21
Ancho de cefalotórax (mm)	Hembras	3,6	27,8	20,3	22,0	5,3	0,26
	Machos	4,9	25,2	19,6	20,9	4,3	0,22
Ancho de abdomen (mm)	Hembras	2,5	23,2	17,0	18,5	4,7	0,28
	Machos	3,0	20,4	15,6	16,5	3,5	0,23
Longitud total (mm)	Hembras	17,9	117,7	90,5	97,6	24,2	0,27
	Machos	24	113,1	87,5	93,3	18,0	0,21

con una tendencia a valores de peso y talla más altos durante el tercer muestreo (**Figura 3**). El número total de individuos recolectados varió entre los muestreos, con un mayor número de capturas en el segundo y el tercero. La captura de machos presentó diferencias significativas entre periodos, pero no entre polígonos.

La relación entre la longitud total y la del cefalotórax indica que esta última medida puede ser usada como un parámetro poblacional. La relación entre las dos longitudes mostró una menor variación en los datos de los machos que en los de las hembras, lo que sugiere diferencias en la morfología de los sexos según la edad (**Figura 4**). Las hembras presentaron un dimorfismo dependiente de su talla, es decir, registraron una talla total menor con respecto a la longitud del cefalotórax cuando medían menos de 90 mm. Por el contrario, los machos presentaron una relación constante de las dos medidas en todas las tallas.

La distribución temporal de la longitud total evidenció que la mayoría de los individuos estuvo por encima de los 75 mm en los tres muestreos (**Figura 4**), probablemente como efecto de la selectividad del tipo de trampas usadas. En general, se recolectaron pocos individuos de talla baja (<25 mm). Los resultados también mostraron que la probabilidad de encontrar individuos por encima de los 50 mm es baja.

La relación entre la longitud del cefalotórax y el peso sin tenazas siguió un comportamiento exponencial, con una mayor correspondencia en las hembras que en los machos (**Figura 4**). Las hembras tuvieron un crecimiento de tipo alométrico positivo ($b=3,2$; $p<0,0001$), mientras que en los machos se registró un crecimiento alométrico negativo ($b=2,76$; $p<0,0001$). En el primer muestreo se observó un crecimiento alométrico positivo, en tanto que en el segundo la población presentó un crecimiento alométrico negativo y en el tercero el crecimiento fue isométrico. A partir del análisis de tallas, se observó que la población presentó una densidad máxima (K) de 1,3 y una longitud asintótica (L_{∞}) de 56,9, lo que sugiere una longevidad esperada (t_{\max}) del cangrejo rojo americano en la dársena de 2,3 años.

En cuanto al grado de madurez de los individuos, las hembras con huevos internos presentes (C3) fueron las más abundantes, en tanto que los machos maduros dominaron en los muestreos 2 y 3 (**Figura S4**, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/>

view/2557/3980). En el segundo muestreo aumentó la proporción de machos maduros y en el tercer muestreo se redujo la proporción de hembras C3, aunque siguieron dominando; solo tres hembras fueron inmaduras (C1). La cantidad de machos maduros (F2) disminuyó ligeramente en el tercer muestreo.

Los valores del IGS estuvieron principalmente por debajo de uno, lo que indica un alto porcentaje de hembras con ovarios inmaduros (**Figura S5**, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/2557/3980>). Sin embargo, cuatro hembras en el tercer muestreo alcanzaron IGS superiores a cuatro. En cuanto a los machos, los valores generalmente no superaron un IGS de 0,2.

El IHS de las hembras osciló entre 0,73 y 9,72. El valor más bajo se asoció con hembras en estado de madurez (C3, hembras ovígeras) (**Tabla 3**). Las hembras C4 presentaron un IHS máximo de 3,2; el de los machos no mostró diferencias estadísticas significativas entre muestreos, pero sí se observaron diferencias entre hembras ($p=0,002$).

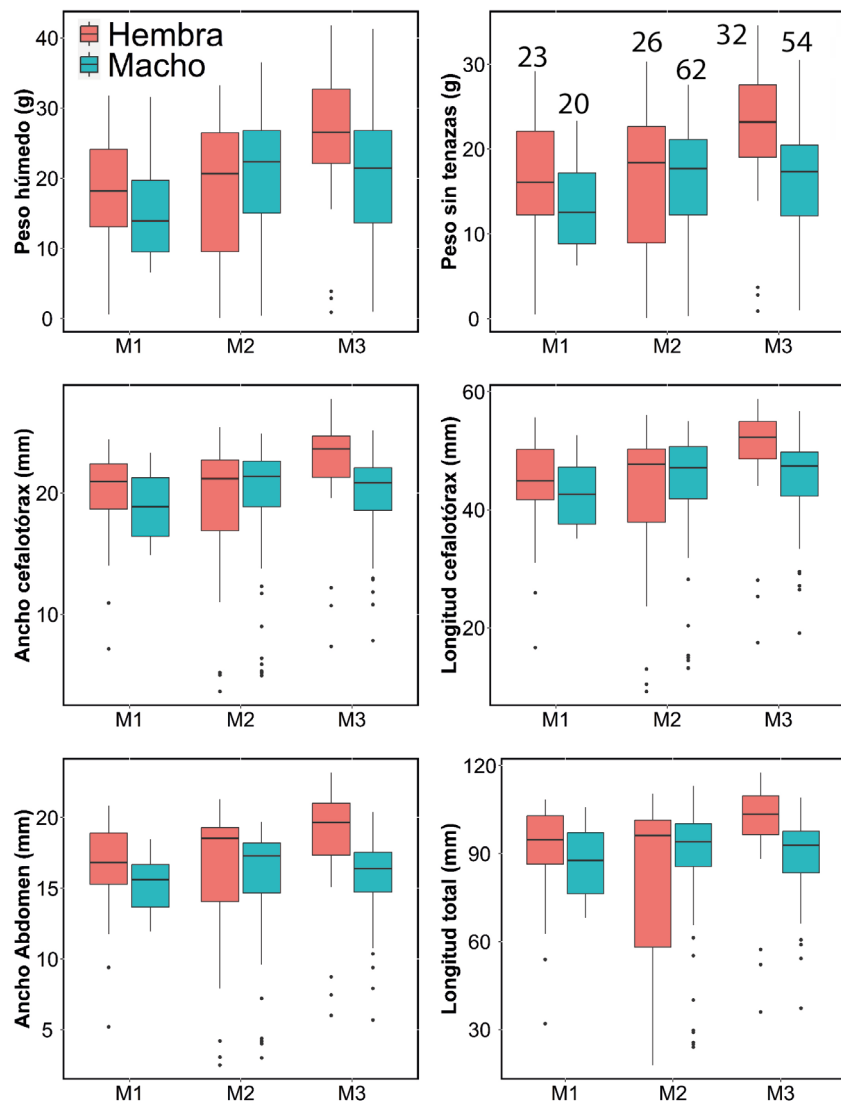


Figura 3. Diagramas de cajas del peso y medidas morfométricas de los ejemplares de *P. clarkii* colectados en los tres muestreos. Los números presentados en la figura superior derecha corresponde al total de especímenes colectados por sexo y muestreo (M1: diciembre/2021, M2: enero/2022, M3: marzo/2022)

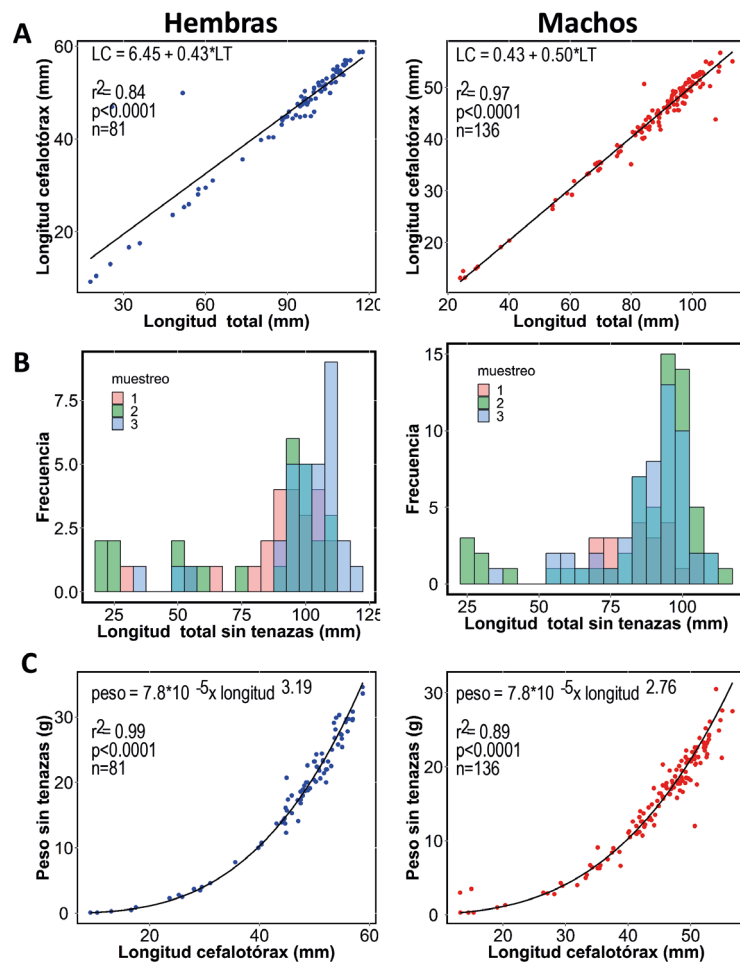


Figura 4. A. Relación entre la longitud total (LT) y la longitud del cefalotórax (LC), B. distribución de tallas de la longitud total sin tenazas (1: diciembre/2021, 2: enero/2022, 3: marzo/2022) y C. relación entre la longitud del cefalotórax y el peso sin tenazas de la langostilla, para hembras y machos

Tabla 3. Índice hepatosomático por cada categoría de madurez sexual de los organismos de *P. clarkii* capturados en la dársena de Tibitoc

	Estado de madurez	n	Máximo	Promedio	Mínimo	Desviación estándar	Coficiente de variación
Hembras	C1	8	6,6	2,9	1,00	1,96	0,66
	C2	3	3,7	1,98	0,85	1,56	0,79
	C3	65	9,7	4,21	0,73	1,77	0,42
	C4	3	3,2	2,68	1,86	0,72	0,27
Machos	F1	53	15	3,41	0,70	2,18	0,64
	F2	82	7,2	3,61	0,30	1,20	0,33

El índice de madurez (IM) evidenció que la mayoría de las hembras capturadas en el primer muestreo (**Figura S6**, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/2557/3980>) estaban en la etapa temprana del ciclo reproductivo, con huevos en estado K1 (blancos), aunque el estado K3 también presentó valores altos. En los otros dos muestreos el comportamiento fue muy variable.

Los resultados indican que, en promedio, la producción de huevos de las hembras de *P. clarkii* fluctuó entre los 300 y 800 huevos, con un promedio de 523. Sin embargo, se registró una diferencia en el número de huevos según el estado de madurez (**Figura S6**, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/2557/3980>). En el segundo y tercer muestreos se observaron hembras con un mayor número de huevos, principalmente en sus etapas más avanzadas de maduración. Los datos registrados en el presente estudio indican que algunas de las hembras con LT superior a 90 mm generalmente albergaban un número superior de huevos. Los huevos externos presentaron, en promedio, un diámetro de 2,3 mm.

La mayoría de las hembras en estado gonadal C3 presentó grados diferentes de madurez. El 32 % de las 65 hembras con huevos se encontraba en estado K2 de maduración. Los resultados obtenidos no evidenciaron un patrón por muestreo de hembras con un estado específico de madurez, lo que indica que las hembras puedan poner los huevos en diferentes momentos del año si las condiciones del sistema son propicias.

En cuanto al análisis de la dieta, se observó que el detritus fue el ítem alimentario más representativo, seguido del tejido vegetal y el animal (**Figura S7**, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/2557/3980>). El índice de importancia relativa (IIR) del detritus fue de 49,8, seguido del tejido vegetal (31,8) y del tejido animal (10,7).

Se encontraron 33 tipos de ítems (**Tabla S2**, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/2557/3980>). Las microalgas *Ankistrodesmus* sp., *Aphanothece* sp., *Navicula* sp., *Achnanthydium* sp. y *Nitzschia* sp. fueron las más frecuentes. En los contenidos estomacales también se identificaron rotíferos y protozoarios de los géneros *Brachionus* sp., *Euglypha* sp. y *Ciliophora* y macroinvertebrados de la familia Chironomidae (Díptero).

Discusión

El cuerpo de agua estudiado tiene algunas características adecuadas para el desarrollo de una población permanente de *P. clarkii*. La presencia de vegetación acuática, así como zonas litorales con sustratos arcillosos, favorece el desarrollo de esta especie (**Gherardi**, 2006; **Yu et al.**, 2020). Durante los periodos de muestreo la temperatura fue más elevada que las medias históricas y se presentaron lluvias (**Figura S1**, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/2557/3980>) como consecuencia del fenómeno de La Niña (**National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA**, 2023). No obstante, tanto las características físicas y químicas como la caracterización de las comunidades de fitoplancton, zooplancton y macroinvertebrados indican que la calidad del agua es inadecuada para el consumo humano. Aunque la langostilla tiene un amplio grado de desarrollo en condiciones de baja calidad del agua, de reducida concentración de oxígeno disuelto y de presencia de lluvias, todo ello en su conjunto podría limitar el crecimiento de la población. Sin embargo, no se encontró una relación estadística entre la densidad de individuos capturados y las características físicoquímicas del agua.

El aumento de la capturas en el segundo muestreo podría ser efecto de las lluvias (**Anastacio et al.**, 2009). La disminución de las lluvias pudo promover el cambio de las poblaciones y el abandono de las madrigueras, y afectar otras poblaciones de organismos acuáticos que son parte de la dieta de *P. clarkii*. La temperatura también pudo tener un efecto sobre las poblaciones debido al aumento de su actividad metabólica (**Rodríguez-Almaraz**, 2001). El peso y la talla de los especímenes recolectados fueron menores que los de estudios en otras poblaciones (**Dörr et al.**, 2006; **Aly et al.**, 2020), lo que sugiere que en el lugar no se presentaron las condiciones adecuadas para el desarrollo de la especie. Sin embargo, estos valores fueron semejantes a los reportados en varios ecosistemas de la zona (**Campos**, 2005; **Pedraza**, 2017). Si bien los valores de temperatura puntuales fueron relativamente altos, el promedio de los valores históricos de la dársena está por debajo de los 20 °C, lo que es propicio para el desarrollo de la especie (**Paglianti & Gherardi**, 2004).

La distribución de las tallas evidenció que los individuos más capturados fueron los de mayor talla, lo cual es esperable si se tiene en cuenta que los organismos más activos en

la búsqueda de comida son adultos y generalmente machos. Por el contrario, los juveniles son más cuidadosos y se ocultan entre las macrófitas y el sustrato (**Rodríguez-Almaraz, 2001**). Por otro lado, el tipo de trampas usadas podría haber favorecido la captura de individuos adultos.

Los resultados sugieren una baja densidad poblacional (0,032 ind/m² o 300 ind/ha). La cobertura de las macrófitas influye positivamente en el crecimiento y muda, especialmente de los juveniles de la langostilla (**Yu et al., 2020**). En estudios realizados en cultivos de *P. clarkii* se ha encontrado que las densidades podrían llegar hasta los 50 ind/m² (**Yu et al., 2020**). Nuestros resultados sugieren que durante el periodo estudiado la dársena no presentaba condiciones óptimas para el desarrollo de una población de langostillas. Por otro lado, la captura con dos tipos de trampa permitió establecer que las trampas Accesotech fueron más efectivas en la recolección de individuos en la dársena de Tibitoc (**Tablas S3 y S4**, <https://www.raccefn.co/index.php/raccefn/article/view/2557/3980>). Por ello, se recomiendan capturas pasivas de frecuencia anual con trampas Accesotech (o de diseño parecido) para controlar la población de esta especie en la dársena de la planta Tibitoc. Estas trampas podrían complementar otras acciones, como la remoción de las plantas acuáticas y el control de la vegetación litoral, con el fin de reducir los posibles refugios de la especie.

Procamburos clarkii presentó un ligero dimorfismo sexual que se observó especialmente en la variación del tamaño. Las hembras fueron ligeramente más grandes que los machos, como se ha corroborado en estudios previos (**Gutiérrez-Yurrita & Montes, 1998; Dörr et al., 2006; Mistri et al., 2019; Aly et al., 2020**), ya que requieren un cefalotórax grande, pues allí se produce la fecundación y luego se almacenan los huevos.

La relación entre las tallas y el peso de los individuos tuvo una variación ligada al tiempo, y fluctuó entre el crecimiento alométrico negativo y el positivo. Estos cambios podrían responder a las condiciones inadecuadas para el crecimiento de la langostilla durante los meses del muestreo, o ser una consecuencia del ciclo reproductivo. Lamentablemente, el tiempo de muestreo de este estudio fue muy corto para arrojar resultados concluyentes en este sentido. El desove o el cambio del exoesqueleto pueden llevar a la pérdida de peso en las hembras. Además, las hembras de *P. clarkii* deben destinar energía para el desarrollo de los huevos y el cuidado parental de las crías en los pleópodos (**Ricker, 1975**), mientras que los machos pueden mantener un crecimiento constante.

Pese al periodo limitado del estudio, se estimó de manera muy preliminar el tiempo máximo de supervivencia y se concluyó que la langostilla podría vivir en la dársena alrededor de 2,3 años. En este sentido, algunos autores reportan tiempos de vida hasta de cuatro a cinco años, con cinco a seis cohortes reproductivas, cada una de aproximadamente un año (**Mistri et al., 2019; Veroli et al., 2021**). El periodo de vida estimado para la población de la dársena corrobora los resultados de múltiples estudios, los cuales indican que pueden tener varios eventos reproductivos, por lo que la población tendría un potencial de crecimiento rápido cuando se presenten las condiciones óptimas.

El IGS inferior a uno sugiere que las hembras ovígeras no se encontraban en un estado óptimo para la reproducción debido a estas condiciones o por no estar en la etapa reproductiva idónea. Las hembras maduras de esta especie se pueden reproducir dos veces al año, aunque en condiciones favorables pueden llegar a tener hasta tres generaciones al año (**Huner & Barr, 1991; Rodríguez-Almaraz, 1992**). Sin embargo, la escasa presencia de hembras C4 (hembras postovígeras) podría estar relacionada no solo con las malas condiciones para su reproducción, sino con su comportamiento, ya que se refugian en madrigueras para desovar e incubar los huevos y, por lo tanto, son más difíciles de capturar (**Huner & Barr, 1991**).

El registro de todos los estadios de maduración en las hembras capturadas refleja la gran capacidad reproductiva de la especie y su adaptación a diferentes ambientes (**Arias-Pineda et al., 2020**). La presencia de ovarios con estados diferentes de maduración de los huevos puede indicar desoves consecutivos a lo largo del año y un posible aumento

de la densidad poblacional en la dársena de Tibitoc. Estudios realizados en otros decápodos sugieren que algunos ovocitos crecen rápidamente al incorporar vitelina (proteína indispensable para el desarrollo embrionario), mientras que otros permanecen inactivos (**Rodríguez-González et al.**, 2006). La ausencia de huevos en algunas de las hembras analizadas con tamaños superiores a 60 mm (hembras maduras), puede estar condicionada por factores como la finalización de la etapa reproductiva o el cambio del exoesqueleto. La alta demanda energética durante la muda puede generar un fenómeno de reabsorción de las gónadas que se encuentran en la fase de vitelogénesis (**Rodríguez-Almaraz**, 2001).

En cuanto al número de huevos producidos por las hembras, el valor obtenido es bajo comparado con otros estudios que reportan hasta más de 600 (**Alcorlo et al.**, 2008). El número de huevos no estuvo directamente relacionado con el tamaño de las hembras. Algunos autores sugieren que otros factores pueden influir en el desarrollo gonadal, entre ellos, la temperatura y la disponibilidad de alimento (**Arias-Pineda & Rodríguez**, 2012).

El IHS sugiere que durante la muda y la vitelogénesis hay un mayor aprovechamiento de las reservas energéticas por parte del hepatopáncreas. *P. clarkii* presenta diferentes estrategias de aprovechamiento de las reservas de energía, dándose que las hembras invierten más energía para la vitelogénesis y el crecimiento, en tanto que los machos invierten mayor energía en el crecimiento (**López & Rodríguez**, 1999). Por otro lado, la presencia de mayores reservas energéticas en las hembras inmaduras C1 y las hembras ovígeras C3 mayores de 6 cm, podría relacionarse con el metabolismo y la asimilación de reservas que sirven de soporte a los procesos de muda, desove y mantenimiento de la masa embrionaria (**Medina et al.**, 2019). Dado que *P. clarkii* no muda antes de que el ciclo reproductivo esté terminado, es posible que durante el estudio las hembras se encontraran almacenando energía para el proceso reproductivo (**Rodríguez-Almaraz**, 2001). Aparentemente, en los ecosistemas tropicales no existe una sincronía entre el IGS y el IHS. Varios autores indican que a medida que en los crustáceos las gónadas de las hembras presentan una mayor madurez, el hepatopáncreas reduce su tamaño (**López & Rodríguez**, 1999; **Peruzza et al.**, 2015) debido a los requerimientos energéticos requeridos en la etapa de vitelogénesis. Los datos registrados en la dársena de Tibitoc no mostraron una correlación aparente entre los dos índices evaluados, lo que sugiere la ausencia de sincronía.

Los datos de los estómagos de *P. clarkii* analizados indicaron que los detritus y el tejido vegetal fueron los alimentos más representativos por su frecuencia y volumen. Este resultado es comúnmente reportado para la langostilla (**Sanchez-Saavedra et al.**, 1993; **Loureiro et al.**, 2019) y respalda el papel primordial de la langostilla en la estructura trófica de las comunidades acuáticas al contribuir a los ciclos de la materia y la transferencia de energía (**Gherardi & Micheli**, 1989). En un estudio en Colombia se analizaron los contenidos estomacales de organismos de *P. clarkii* capturados en el Valle del Cauca entre 2003 y 2005. Los resultados indicaron que esta especie es omnívora: detritívora y filtradora en las épocas de aguas altas y vegetariana en períodos de aguas bajas (**Flórez-Brand & Espinosa-Beltrán**, 2011).

Conclusiones

Nuestros resultados indican que en la dársena de la planta Tibitoc existe una población de *P. clarkii* ya establecida, con una proporción entre hembras y machos semejante, pero con una gran variabilidad en sus características morfológicas y reproductivas. Si bien las hembras presentaron características reproductivas indicativas de una población en crecimiento, algunos de los rasgos reproductivos y morfológicos indican que la población estudiada no se encontraba en condiciones de elevado crecimiento, lo que abriría una oportunidad para su control. No obstante, es necesario profundizar en los aspectos de la biología de la langostilla estudiados aquí, de tal manera que pueda entenderse su respuesta a las condiciones ambientales y predecir su comportamiento en los próximos años. Por último, los resultados sugieren que un tipo de trampa con solo dos entradas (del tipo Accesotech) sería suficiente para capturar un mayor número de individuos en la dársena de Tibitoc y más útil para controlar las poblaciones de la langostilla.

Información suplementaria

Ver la información suplementaria en: <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/2557/3980>

Agradecimientos

Este estudio fue realizado mediante contrato 1-2-26200-0398-2021 entre la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá y la Organización Luis Fernando Romero Sandoval Ingenieros S.A.S. Agradecemos a Julián David Wilches Moreno, Julian Ricardo Benavides Gil, Nanny Rocio Lizcano, Jenny Patricia Silva Uribe, Rosaneth Angarita Gómez y Valentina Romero González, por su apoyo en las actividades de campo y laboratorio.

Contribución de los autores

Diseño del estudio o consecución de recursos: CR, AZ, EJ-C, DV-P, WV, NL-L. Desarrollo del trabajo de campo: IG-G, MP-O, AS-T, FM-R, GR-G. Desarrollo de los análisis de laboratorio: IG-G, MP-O, AS-T, FM-R, GR-G. Provisión de datos para el estudio: IG-G, MP-O, AS-T, FM-R, GR-G, LM-B, DV-P, WV, NL-L. Análisis de la información: CR, AZ, IG-G, MP-O, AS-T, FM-R, EJ-C, GR-G, LM-B, DV-P, WV, NL-L. Escritura y corrección de manuscritos preliminares: IG-G, MP-O, AS-T, FM-R, EJ-C, GR-G. Revisión y correcciones en profundidad del manuscrito sometido a la revista: CR, AZ, IG-G, MP-O.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses relacionado con la publicación de este artículo.

Referencias

- Alcorlo, P., Geiger, W., Otero, M.** (2008). Reproductive biology and life cycle of the invasive crayfish *Procambarus clarkii* (Crustacea: Decapoda) in diverse aquatic habitats of South-Western Spain: Implications for population control. *Fundamental and Applied Limnology*, 173(3), 197. DOI: 10.1127/1863-9135/2008/0173-0197
- Álvarez-León, R., Gutiérrez-Bonilla, F.** (2007). Situación de los invertebrados acuáticos introducidos y trasplantados en Colombia: antecedentes, efectos y perspectivas. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 31(121), 557-574. <http://hdl.handle.net/20.500.12010/12946>
- Aly, W., El-Far, A., Fetouh, M.A.** (2020). Some Fisheries and Biological Aspects of the Crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) in the River Nile, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 24(4), 33-42. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2020.94125>
- Anastácio, P. M., Leitão, A. S., Boavida, M. J., Correia, A. M.** (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. <https://doi.org/10.1051/limn/2009025>
- Arias-Pineda, J. Y. & Rodríguez, W. D.** (2012). First 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. & Pedroza-Martínez, D.R.** (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, 283-286.
- Arias-Pineda, J.Y., Sánchez, J.S.G., Castillo, N.S.** (2020). Diferencias morfométricas entre dos poblaciones de cangrejo rojo *Procambarus (Scapulicambarus) clarkii* (Crustacea, Decapoda, Cambaridae). *The Biologist*, 18(2), 213-222.
- Baird, R. & Bridgewater, L.** (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater. 23rd edition.* American Public Health Association.
- Bondar, C. A., Bottrill, K., Zeron, K., Richardson, J. S.** (2005). Does trophic position of the omnivorous signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) in a stream food web vary with life history stage or density? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62(11), 2632-2639. <https://doi.org/10.1139/f05-167>

- 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. <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i1.41493>
- Campos, M.** (2005). *Procambarus (Scapulicambarus) clarkii* (Girard 1852) (Crustacea: Decapoda: Cambaridae). Una langostilla no nativa de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 291(111), 295-302.
- Chucholl, C.** (2013). Feeding ecology and ecological impact of an alien “warm-water” omnivore in cold lakes. *Limnologia - Ecology and Management of Inland Waters*, 43(4), 219-229. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2012.10.001>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca- CAR.** (2016). *Plan de Manejo y Control del Cangrejo Rojo Americano (Procambarus Clarkii) en la jurisdicción CAR.* Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca- CAR.
- Cruz, M. J. & Rebelo, R.** (2007). Vulnerability of Southwest Iberian amphibians to an introduced crayfish, *Procambarus clarkii*. *Amphibia-Reptilia*, 26(3), 293-303. <https://doi.org/10.1163/156853805774408577>
- Delsinne, T., Lafontaine, R.M., Beudels, R.C., Robert, H.** (2013). *Risk analysis of the Louisiana Crayfish Procambarus clarkii (Girard, 1852). Risk analysis report of non-native organisms in Belgium from the Royal Belgian Institute of Natural Sciences for the Federal Public Service Health, Food chain safety and Environment.* <http://ias.biodiversity.be/species/risk>
- Dörr, A.J.M. & Scalici, M.** (2013). Revisiting reproduction and population structure and dynamics of *Procambarus clarkii* eight years after its introduction into Lake Trasimeno (Central Italy). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 408, 10. <https://doi.org/10.1051/kmae/2013045>
- Dörr, A.J.M., La Porta, G., Pedicillo, G., Lorenzoni M.** (2006). Biology of *Procambarus clarkii* (girard, 1852) in lake Trasimeno. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 380-381, 1155-1168. <https://doi.org/10.1051/kmae:2006018>
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - EAAB** (2020). *Norma técnica NS-013. Seguimiento limnológico de reservorios y fuentes superficiales de abastecimiento de agua. Subcomité de Gestión Ambiental Acueducto – Alcantarillado. Versión 4.1.* Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - EAAB
- Fernández-Cardenete, J.R., Hernández-Gómez, J., Benavides, J.** (2013). Un caso de depredación de *Procambarus clarkii* sobre *Pelophylax perezii* no larvaria. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*, 24(2): 68-70.
- Flórez-Brand, P. E. & Espinosa-Beltrán, J. O.** (2011). Presencia y dispersión del cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*; Girard, 1852) (Decápoda: Cambaridae) en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 12(2), 57-62. <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/article/view/252>
- Gayanilo Jr. F.C., Sparre, P., Pauly, D.** (2005). *FAO ICLARM stock assessment tools II (FiSAT II). User's guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries)*, 8.
- Gherardi, F.** (2006). Crayfish invading Europe: the case study of *Procambarus clarkii*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 39(3), 175-191. <https://doi.org/10.1080/10236240600869702>
- Gherardi, F. & Acquistapace, P.** (2007). Invasive crayfish in Europe: the impact of *Procambarus clarkii* on the littoral community of a Mediterranean lake. *Freshwater Biology*, 52(7), 1249-1259. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2007.01760.x>
- Gherardi, F. & Micheli, F.** (1989). Relative growth and population structure of the freshwater crab, *Potamon potamios palestinesis*, in the Dead Sea area (Israel). *Israel Journal of Ecology and Evolution*, 36(3-4), 133-145.
- Gherardi, F., Tricarico, E., Ilhéu, M.** (2002). Movement patterns of an invasive crayfish, *Procambarus clarkii*, in a temporary stream of southern Portugal. *Ethology Ecology & Evolution*, 14, 183-197.
- Guerra, J.L. & Niño, A.E.** (1996). Ecology of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*, Girard) in the central meseta of Spain. *Freshw. Crayfish*, 8, 179-200.
- Gutiérrez-Yurrita, P. J., Sancho, G., Bravo, M.A., Baltanas, A., Montes, C.** (1998). Diet of the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* in natural ecosystems of the Doñana National Park temporary fresh-water marsh (Spain). *Journal of Crustacean Biology*, 18(1), 120-127. <https://doi.org/10.1163/193724098X00124>.

- He, M., Liu, F., Wang, F.** (2021). Quantitative analysis of density dependent resource utilization, cannibalism, and competition of the red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) in rice-crayfish cocultures without supplementary food. *Aquaculture*, 543, 736966. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736966>
- Huner, J.V. & Barr, J.E.** (1991). *Red swamp crayfish: biology and exploitation. The Louisiana Sea Grant College Program, Center for Wetland Resources.* Louisiana State University.
- López, L. S. & Rodríguez, E. M.** (1999). Annual reproduction and growth of adult crabs *Chasmagnathus granulata* (Crustacea, Brachyura, Grapsidae). *Cahiers de Biologie Marine*, 40(2), 155-164.
- Loureiro, T. G., Anastácio, P.M., Siqueira-Bueno, S.L., Wood, T., Araujo, P.B.** (2019). Food matters: Trophodynamics and the role of diet in the invasion success of *Procambarus clarkii* in an Atlantic Forest conservation area. *Limnologica* 79, 125717. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2019.125717>
- Medina, M., Espinoza, Y., Reyes, W.** (2019). Índices gonadosomático y hepatosomático en relación con la maduración y muda del camarón *Cryphiops caementarius* del río Pativilca (Perú). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(3), 1018-1029. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i3.16613>
- Mistri, M., Sfriso, A., Sfriso, A. A., Munari, C.** (2019). Distribution and population structure and dynamics of the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) in the eastern Po Valley and its Delta (northeastern Italy). *BioInvasions Record*, 8(1): 142-153. <https://doi.org/10.3391/bir.2019.8.1.16>
- National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA.** (2023). *March 2023 ENSO update: no more La Niña!* Climate.gov. <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/march-2023-enso-update-no-more-la-nina>
- Nunes, A.L., Hoffman, A.C., Zengeya, T.A., Measey, G.J., Weyl O.L.** (2017) Red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, found in South Africa 22 years after attempted eradication. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 27, 1334-1340. <https://doi.org/10.1002/aqc.2741>
- Paglianti, A. & Gherardi, F.** (2004). Combined Effects of Temperature and Diet on Growth and Survival of Young-of-Year Crayfish: A Comparison between Indigenous and Invasive Species. *Journal of Crustacean Biology*, 24(1),140-148 <https://doi.org/10.1651/c-2374>
- Pedraza, D.** (2017). *Estudio de la estructura poblacional de Procambarus clarkii* (Girard, 1852), en la laguna de Fúquene, Cundinamarca. Trabajo de Investigación - Innovación para optar al título de Licenciado en Biología. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas. 130p.
- Oliva, M. Á. H.** (2008). *Efecto de los ácidos grasos altamente insaturados (HUFA) en la reproducción del ostión de placer Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951). <http://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/325>
- Ordax, J.** (2003). Tularemia posiblemente transmitida por cangrejos. *Gaceta Sanitaria*, 17(2), 164-165.
- 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. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v32n2a08>.
- Peruzza, L., Piazza, F., Manfrin, C., Bonzi, L. C., Battistella, S., Giulianini, P. G.** (2015). Reproductive plasticity of a *Procambarus clarkii* population living 10 °C below its thermal optimum. *Aquatic Invasions*, 10 (2), 199-208. <https://doi.org/10.3391/ai.2015.10.2.08>
- Pineda, J. Y. A. & Rodríguez, W. D.** (2012). First record of the invasive species *Procambarus* (*Scapulicambarus*) *clarkii* (Girard 1852) (Crustacea, Decapoda, Cambaridae) from the Colombian Eastern Cordillera. *Boletín de la SEA*, (51), 313-315.
- Re-Araujo, A. D. & Bückle-Ramírez, L. F.** (1985). Growth and Survival Of *Procambarus Clarkii* Girard (Crustacea, Decapoda) With Different Temperatures And Isocaloric Diets. *Ciencias Marinas*, 11 (2), 39-68. <https://doi.org/10.7773/cm.v11i2.468>
- Ricker, W. E.** (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 191, 1-382.
- Rodríguez-Almaraz, G.A.** (1992). *Tamaño poblacional, morfometría y crecimiento de Procambarus clarkii* (Girard) (Crustácea: Cambaridae) del área central de Nuevo León, México (Doctoral dissertation). Universidad Autónoma de Nuevo León.
- 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. (Doctoral dissertation). Universidad Autónoma de Nuevo León.

- Sánchez-Saavedra, M., Re-Araujo, A. D., Voltolina, D.** (1993). Tasa de crecimiento y contenido estomacal en una población natural de *Procambarus clarkii* (Crustacea: Cambaridae) de Baja California, México. *Revista de biología tropical*, 41(3A), 591-597. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/23976>
- Scalici, M., Chiesa, S., Scuderi, S., Celauro, D., Gibertini G.** (2010) Population structure and dynamics of *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) in a Mediterranean brackish wetland (Central Italy). *Biological Invasions*, 12, 1415-1425. <https://doi.org/10.1007/s10530-009-9557-6>
- Scalici, M. & Gherardi F.** (2007) Structure and dynamics of an invasive population of the red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) in a Mediterranean wetland. *Hydrobiologia*, 583, 309-319. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-0615-8>
- Souty-Grosset, C., Anastácio, P.M., Aquiloni, L., Banha, F., Choquer, J., Chucholl, C., Tricarico E.** (2016). The red swamp crayfish *Procambarus clarkii* in Europe: Impacts on aquatic ecosystems and human well-being. *Limnologica*, 58, 78-93. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2016.03.003>
- Sun, Y., Cooper, R., Graff, J., Cooper, R.** (2012). The acute and chronic effect of low temperature on survival, heart rate and neural function in crayfish (*Procambarus clarkii*) and prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) species. *Open Journal of Molecular and Integrative Physiology*, 2, 75-86. <https://doi.org/10.4236/ojmip.2012.23011>
- Svoboda, J., Mrugała, A., Kozubíková-Balcarová, E., Petrusek, A.** (2017). Hosts and transmission of the crayfish plague pathogen *Aphanomyces astaci*: a review. *Journal of Fish Diseases*, 40 (1), 127-140. <https://doi.org/10.1111/jfd.12472>
- Veroli, M., Martinoli, M., Caprioli, R., Angelici, C., Pulcini, D., Capoccioni, F.** (2021). Population structure and dynamics of the invasive *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) in a Tiber River Ramsar site, Central Italy. *International Journal of Aquatic Biology*, 9 (1), 23-32. <https://doi.org/10.22034/ijab.v0i0.1006>
- Yu, J., Xiong, M., Ye, S., Li, W., Xiong, F., Liu, J., Zhang, T.** (2020). Effects of stocking density and artificial macrophyte shelter on survival, growth and molting of juvenile red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) under experimental conditions. *Aquaculture*, 521, 735001. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735001>
- Zhu, G.-L., Tang, Y.Y., Limpanont, Y., Wu, Z.D., Li, J., Lv, Z.Y.** (2019). Zoonotic parasites carried by invasive alien species in China. *Infectious Diseases of Poverty*, 8 (1), 2. <https://doi.org/10.1186/s40249-018-0512-6>