



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Dpto. de Ciencia Animal

Copépodos parásitos de la tintorera (*Prionace glauca*) en el Mediterráneo Occidental: impacto potencial para el mantenimiento en acuarios.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Acuicultura

AUTOR/A: Moxham Vázquez, Nicolás Rodrigo

Tutor/a: Tomás Vidal, Ana

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



Máster Universitario en Acuicultura  
Valencia

## **Copépodos parásitos de la tintorera (*Prionace glauca*) en el Mediterráneo Occidental; impacto potencial para el mantenimiento en acuarios.**

Parasitic copepods of the blue shark (*Prionace glauca*) in Western Mediterranean: potential impact on aquarium maintenance.

Trabajo Fin  
de Máster

Septiembre  
de 2024

Autor:  
**Nicolás  
Moxham  
Vázquez**

Correspondencia: [nrmoxvaz@upv.edu.es](mailto:nrmoxvaz@upv.edu.es)

Tutores: Mar Villar Torres & Aigües Repulles Albelda (UV), Ana Tomás Vidal (UPV)

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	3
Abstract	3
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	4
<b>INTRODUCCIÓN</b>	4
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	6
Análisis morfológico	8
Análisis molecular	9
Análisis ecológico	9
<b>RESULTADOS</b>	10
Análisis morfológico	10
Análisis molecular	23
Análisis patológico	23
Análisis ecológico	23
<b>DISCUSIÓN</b>	25
<b>CONCLUSIONES</b>	29
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	30
<b>ANEXOS</b>	36

## RESUMEN

Los tiburones son un grupo emblemático de animales marinos que representan uno de los principales atractivos en todos los acuarios del mundo. No obstante, sus particularidades ecológicas y comportamentales dificultan su mantenimiento en cautividad (Koob 2004). La tintorera (*Prionace glauca* Linnaeus, 1758) es una especie de elasmobranquio común en los océanos de todo el planeta, pero está notablemente ausente en los acuarios, debido a la dificultad para su mantenimiento. Uno de los factores determinantes la introducción de nuevas especies en acuarios es el control y manejo de sus patógenos. El objetivo del presente trabajo es profundizar en el conocimiento de la parasitofauna de la tintorera mediante el estudio taxonómico y ecológico de sus copépodos para evaluar su potencial impacto en el mantenimiento la tintorera en cautividad. Con esta finalidad se realizó un análisis parasitológico dirigido a la búsqueda copépodos en diferentes ejemplares de tintorera (N=3) varados en la costa levantina del Mediterráneo Occidental. Los copépodos, un grupo de parásitos emergente en tiburones de acuario (Benz & Bullard 2004), fueron identificados mediante análisis morfológicos y moleculares. Además, se registró su preferencia de microhábitat y se calcularon los niveles de infección. En total se recolectaron 538 especímenes en piel, narinas y branquias de las tintoreras analizadas. En base a los caracteres diagnóstico se identificaron cuatro especies: *Kroyeria carchariaeglauci*, *Kroeyerina elongata*, *Phyllothyreus cornutus* y *Echthrogaleus coleoptratus*. Los datos moleculares fueron consistentes con las identificaciones morfológicas, aunque la limitación de secuencias disponible en GenBank sólo permitió evaluar las congruencias a nivel de género o familia. Los niveles de infección variaron notablemente entre las especies de copépodos recolectadas, siendo *K. carchariaeglauci* la que presentó mayor prevalencia e intensidad media más altos, mientras que *E. coleoptratus* fue la especie con los menores niveles de infección. El presente estudio describe por primera vez la presencia *Kroeyerina elongata* en el Mediterráneo, y un nuevo registro local para todas las especies tratadas. El ciclo de vida directo, los niveles de infección y la especificidad de los copépodos, apuntan a que estas especies pueden tener un impacto en la salud y bienestar de las tintoreras en los acuarios, identificando a *Phyllothyreus cornutus* y *Kroeyerina elongata* como las especies con mayor potencial para causar problemas en cautividad.

## Abstract

Sharks are an emblematic group of marine animals and one of the most important attractions for aquariums worldwide. However, the specifics of their ecology and behaviour complicate their husbandry (Dehart 2004). The blue shark (*Prionace glauca* Linnaeus, 1758) is a cosmopolitan species of elasmobranch present in seas all over the globe but notably absent from aquaria because of the difficulty of its maintenance. One of the most important factors in keeping any animal in captivity is the management of pathogens. The objective of this work is to deepen the knowledge the parasitic fauna of the blue shark through a taxonomic and ecological lens, to evaluate their potential impact on aquarium held *P. glauca*. With this end a parasitological analysis was done focused on the search for copepods, an emergent threat to aquarium held sharks (Benz & Bullard 2004), in the remains of blue sharks (N=3) beached in the eastern coast of Spain, in the Western Mediterranean. The copepods were identified using both morphological and molecular techniques, with also microhabitat preference and infection indexes being analysed. A total of 538 specimens were obtained from the skin, gills and nares of the aforementioned beached sharks. Based on the morphological characteristics, four species were identified: *Kroyeria carchariaeglauci*, *Kroeyerina elongata*, *Phyllothyreus cornutus* and *Echthrogaleus coleoptratus*. The molecular data was consistent with morphological analysis, but the limitations of available sequences on GenBank permitted a reliable identification only to the level of genus or family. The infection levels varied notably between species, being *K. carchariaeglauci* the most prevalent and intense, while *E. coleoptratus* was the species with the lowest infection levels of the four. The present work is the first noted presence of *Kroeyerina elongata* in the Mediterranean

and a new local registry for all four species of copepods. Their direct life cycle, the infection levels and specificity of the parasites indicated that these copepods can have an impact on the health and wellbeing of captive blue sharks, identifying *Phyllothyreus cornutus* and *Kroeyerina elongata* as the species that pose the most risk of causing problems in the aquarium.

**Keywords:** *Prionace glauca*, copepods, parasitism, aquarium, taxonomy, captivity, elasmobranchs

## AGRADECIMIENTOS

Muchas gracias a Mar y a Aigües por el apoyo crucial y por ser unas docentes geniales, con ganas y buen ambiente siempre. Gracias a Patri por aguantar los monólogos sobre animales que ni conoce y apoyarme siempre. Y gracias a todos los que ven en un crustáceo de milímetros la misma grandeza que los demás ven en una ballena.

## INTRODUCCIÓN

Los acuarios son instalaciones que permiten conocer, mediante su exhibición, una parte de la diversidad acuática que es habitualmente inaccesible al público general. Entre las especies que se exhiben, los vertebrados de mayor tamaño o con rasgos distintivos, como los mamíferos marinos y los tiburones, son los más atractivos (Morris et al 2010) y los que congregan un mayor número de visitantes (Dehart 2004). Sin embargo, son estas mismas especies las que presentan mayores dificultades de adaptación y requieren mayores esfuerzos para su captura y mantenimiento en cautividad (Choromanski 2004). Entre ellas, especies como el tiburón blanco (*Carcharodon carcharias* Linnaeus, 1758), el tiburón tigre (*Galeocerdo cuvier* Péron & Lesueur, 1822), el tiburón martillo (*Sphyrna mokarran* Rüppell, 1837) o la tintorera (*Prionace glauca* Linnaeus, 1758) presentan requerimientos específicos por su gran tamaño y su rol ecológico que son poco compatibles con el diseño clásico de tanques de acuario (Dehart 2004, Baylina et al 2017), especialmente los comportamientos migratorios y el desplazamiento en profundidad (Grassman et al 2017).

Los tiburones son un grupo de peces esencial en los ecosistemas en los que participan donde, como depredadores, ocupando los niveles más altos de las cadenas tróficas (Dulvy et al 2017; Vinoliya et al 2021). Además, actúan como controladores de los ecosistemas manteniendo las poblaciones de mesodepredadores y contribuyen a la transmisión vertical de energía en la red trófica. Las poblaciones globales de tiburones se están viendo mermadas por la acción humana, en gran parte por la pesca accidental pero también por la inadecuada gestión de pesquerías dentro de límites sostenibles (Dulvy et al 2017). La tintorera (*Prionace glauca* Linnaeus, 1758) es un tiburón carcarrínido vivíparo (Fishbase 2024) de alrededor de tres metros de longitud en la edad adulta (Fishbase 2024), que presenta una distribución circunglobal en aguas templadas

y tropicales (IUCN 2024) y actúa como depredador pelágico en las zonas nerítica y oceánica, entre la superficie y los 1000m de profundidad (IUCN 2024). La tintorera es la especie de tiburón más explotada por las pesquerías, con 10,7 millones de ejemplares pescados anualmente (da Silva et al 2021), siendo el tiburón más representado en las lonjas del mercado asiático, debido al comercio de la aleta de tiburón (Fields et al 2017), además de ser la especie de tiburón más afectada por la pesca accidental de palangre en el Atlántico (Coelho et al 2012). Las poblaciones de tintorera están en decrecimiento y se estima que están siendo explotadas por encima de sus límites ecológicos viables (da Silva et al 2021). De hecho, la especie se ha clasificado como *casi amenazada* por la IUCN 2024. *Prionace glauca* fue introducida por primera vez en el acuario de Nueva York a principios del siglo XX, (Koob 2004) y posteriormente, varios acuarios han intentado mantener ejemplares de diferentes tamaños utilizando diversas técnicas de captura, así como diferentes tipos y tamaños de tanques, aumentando los tiempos de mantenimiento en cautividad hasta el máximo histórico actual de 246 días en el Tokyo Sea Life Aquarium (Baylina et al 2017). Este corto tiempo se debe a las limitaciones que presenta el animal a la hora de conservarse en cautividad ya que sus requerimientos biológicos demandan mucho más de las instalaciones que otros tiburones usuales en acuarios (Choromanski 2004). En primer lugar, la tintorera es una especie pelágica, altamente migratoria (Verissimo et al 2017) y ventiladora obligada, por lo que necesita un amplio espacio horizontal para moverse ininterrumpidamente (Dehart 2024). En segundo lugar, las relaciones de agonismo entre individuos del tanque pueden suponer problemas por depredación de los adultos hacia los cohabitantes del tanque, o el problema inverso cuando los individuos son juveniles, pudiendo ser depredados por cohabitantes de mayor tamaño (Choromanski 2004). Por último, la captura del tiburón del mar es todavía un proceso peligroso que provoca severos daños o incluso la muerte de los ejemplares (Chonomanski 2004), dejándolos vulnerables y por tanto predisponiéndolos a problemas de salud durante el primer periodo de adaptación al tanque (Gendron & Menzies 2004). Por tanto, las condiciones ambientales, unidas a las altas densidades de ejemplares en cautividad y el propio manejo de los animales pueden provocar estrés crónico y reducir la inmunocompetencia de los tiburones introducidos en acuario (Skomal & Bernal 2010), aumentando así su susceptibilidad a las infecciones (Dehart 2004). Un gran número de problemas sanitarios que se han documentado hasta la fecha en acuarios están asociados a parásitos metazoos de diferentes filos, principalmente hirudíneos, monogéneos y copépodos (Benz & Bullard 2004). Los ejemplares de estos grupos presentan un potencial patológico significativo por su ciclo de vida directo, que facilita su proliferación en cautividad, y sus efectos sobre tejidos muy sensibles para la supervivencia de los ejemplares, como la piel o las branquias (Roberts 2012). En acuicultura, las infecciones por copépodos suponen grandes pérdidas para las producciones ya que provocan grandes mortalidades y reducen el engorde de los ejemplares (Johnson et al 2004, Defzuli et al 2011). En el caso de los tiburones en acuarios, los estudios son aún escasos, pero ya se ha descrito un caso de mortandad relacionado con copépodos en el acuario de Kuala Lumpur (Kik et al 2011), demostrando que los copépodos pueden suponer un peligro potencial también en acuariofilia.

Los copépodos son un grupo de crustáceos acuáticos con más de 10.000 especies, caracterizados por la presencia de un par de patas con forma de remo utilizadas para la natación en algún momento de su ciclo (Huys & Boxshall 1991), de ahí

el nombre: κώπη, (*remo*) y ποδός (*pie*). Aproximadamente la mitad de los copépodos son de vida libre, mientras que la otra mitad se consideran parasitarios, infectando a ejemplares de la mayoría de los filos de animales acuáticos, desde poríferos, a teleósteos y mamíferos marinos (Benz & Bullard 2004, Van As & Van As 2019). Típicamente los copépodos cuentan con un ciclo de vida con seis fases, una fase de nauplio y hasta cinco fases de copepodito hasta llegar a la edad adulta, aunque el número de estadios se reduce en especies parásitas (Huys, Boxshall 1991), la fase infectiva suele ser el copepodito I (Huys, Boxshall 1991). En el caso específico de los elasmobranquios hay dos órdenes principales que los parasitan: Poecilostomatoida y Siphonostomatoida, siendo este último taxon el más numeroso con representantes de hasta doce familias frente a las cuatro de Poecilostomatoida. Siphonostomatoida es un grupo estrictamente parasitario, con más de 1.500 especies (Kabata 1979) y muy diverso morfológicamente con integrantes similares al plan basal, muy segmentado, e integrantes derivados que han perdido completamente la segmentación en la fase adulta (Huys, Boxshall 1991). Los sifonostomatoides presentan casi en su totalidad un ciclo de vida directo con un único hospedador. Sus efectos en los hospedadores se han relacionado con el anclaje y la alimentación, ya que presentan diversas estructuras afiladas o de penetración. El propio grupo se llama así por boca tubular y mandíbulas en forma de estilete que utilizan para obtener pequeños fragmentos de tejido o fluidos del hospedador (Kabata 1979; Boxshall et al 1990) entre otras estructuras específicas de cada subgrupo.

Los estudios sobre la parasitofauna son cruciales para la incorporación de nuevas especies tanto en acuicultura como en acuariofilia ya que los patógenos pueden determinar el éxito de la adaptación a las condiciones de cautividad. La relación entre la tintorera y sus parásitos se ha estudiado desde mediados del siglo XX (Baylina et al 2017) hasta la actualidad mediante censos de parasitofauna, descripción de especies nuevas para la ciencia (Benz & Dupree 1987, Henderson et al 2002, Izawa 2008, Figueredo et al 2019) y, ocasionalmente, análisis de efectos de los efectos de estos parásitos (Borucinska & Benz 2013). Los estudios sobre los copépodos de *P. glauca* en acuarios son escasos o nulos, atendiendo al corto tiempo que se ha conseguido mantener al animal en cautividad. La mayoría de los estudios se han realizado con ejemplares salvajes procedentes del Atlántico, aunque ocasionalmente también se han incluido algunos ejemplares del Mediterráneo (Palomba et al 2022). El objetivo del presente trabajo es caracterizar morfológica y molecularmente las especies de copépodos presentes en la tintorera (*P. glauca*) en el Mediterráneo Occidental, y evaluar el potencial impacto que estos copépodos podrían tener en condiciones de cautividad, considerando su patogenicidad, sus niveles de infección y su especificidad.

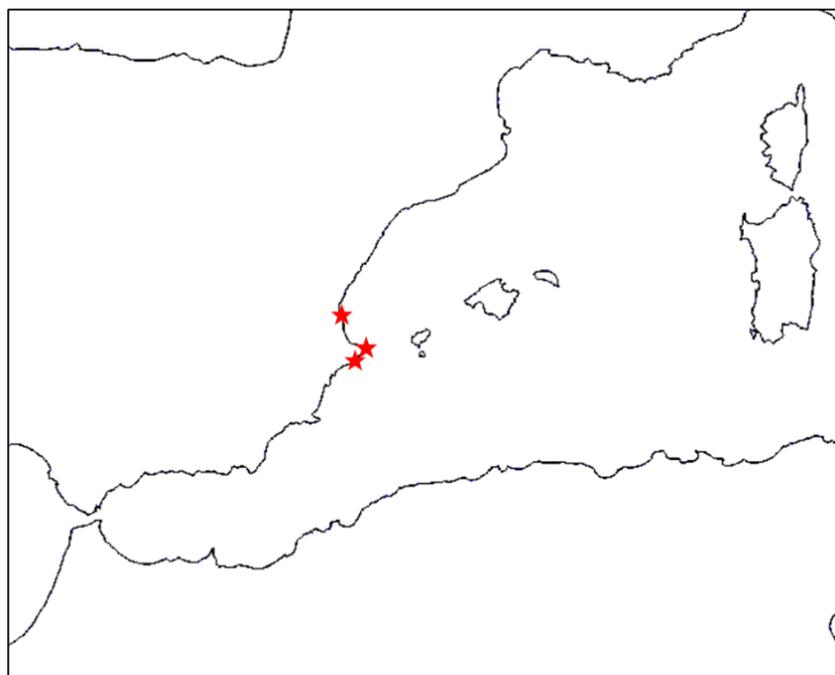
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Muestreo y análisis parasitológico

Se recolectaron un total de tres ejemplares (2 hembras y 1 macho) de tintorera (*Prionace glauca*) varados en las costas de la Comunidad Valenciana (Benissa, Orihuela

y Xàbia) entre marzo y junio de 2023. Los animales (Longitud total: 2.51m - 3.10m) se trasladaron inmediatamente después de registrar el varamiento al Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva donde se realizó la necropsia. En primera instancia se realizó un análisis parasitológico preliminar en fresco de las superficies externas, incluyendo tegumento, aletas, narinas y branquias. Los registros sobre los parásitos de piel se realizaron únicamente en una sección limitada de la muestra ya que no se pudo analizar el ejemplar completo con detalle. Los copépodos detectados en estos análisis preliminares se recolectaron y fijaron en alcohol 70% y formol 4% para su identificación. Todos los tejidos infectados se revisaron a nivel macroscópico utilizando una lupa Leica MZ6 (4x–40x) combinada con una fuente de luz externa con el fin de identificar posibles lesiones causadas por los copépodos. Una vez terminado el análisis preliminar, se realizó la necropsia de las tintoreras. Las branquias de los ejemplares se extrajeron y se congelaron a -20°C para su posterior análisis pormenorizado.

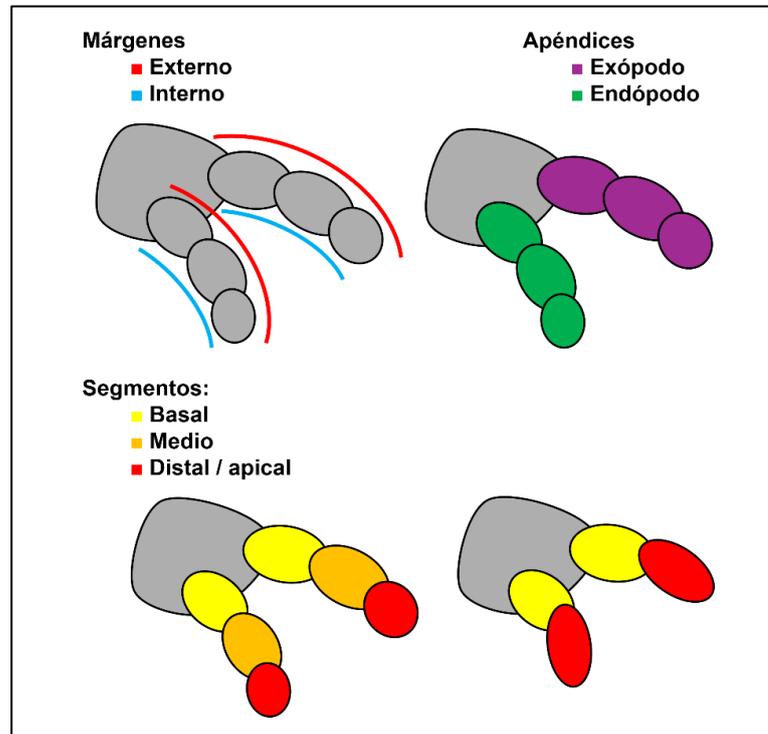
Las branquias se descongelaron y analizaron individualmente para cada ejemplar de tintorera. Tras la descongelación, se diseccionaron las branquias y se separaron los arcos branquiales del lado derecho e izquierdo de cada tiburón para su análisis individual. En primer lugar, se llevó a cabo un análisis superficial de los arcos y se recolectaron todos los copépodos encontrados. Posteriormente, cada uno de los arcos branquiales se lavaron con agua dulce y se filtró el contenido en tamices de 400 µm y 200 µm superpuestos. El material filtrado fue resuspendido en solución salina y revisado en busca de copépodos con ayuda de una lupa Leica MZ6 (4x–40x). Los copépodos se recolectaron y fijaron en alcohol 70% o formol 4% para análisis morfológico y en alcohol 100% para análisis genético. Todos los individuos se registraron y se clasificaron por morfotipo y tejido en el que habían sido recolectados. Adicionalmente, en el caso de los copépodos branquiales se anotó el arco branquial en el que se encontraron.



**Fig. 1.** Mapa de varamientos de tiburones utilizados en el estudio.

## Análisis morfológico

En la identificación morfológica de los copépodos se utilizaron tres aproximaciones complementarias; i) análisis de los ejemplares en lupa, ii) análisis de preparaciones semipermanentes en microscopía óptica y iii) análisis de ejemplares en microscopía electrónica de barrido. En primer lugar, se seleccionaron ejemplares fijados en alcohol 70% de cada uno de los morfotipos y se observaron de forma individual en placas Petri bajo una lupa Leica MZ APO (8×–100×). Posteriormente, se diseccionaron algunos ejemplares con ayuda de una aguja enmangada y se montaron los diferentes apéndices corporales en preparaciones semipermanentes con glicerogelatina para su observación con el microscopio Leica DMR (100×–1000×). Además, se realizaron montajes semipermanentes de individuos completos en vistas ventral y dorsal. Por otra parte, se seleccionaron algunos ejemplares fijados en formol 4% para su observación mediante microscopía electrónica. Estos copépodos se deshidrataron utilizando una serie creciente de alcohol (80% - 100%) y se secaron en punto crítico. Una vez terminado este proceso se montaron las muestras, se recubrieron con una capa de oro-paladio y se observaron en un microscopio electrónico Hitachi S-4800 (Hitachi High Technologies Co Ltd, Tokyo, Japón). Durante el análisis morfológico de ejemplares se utilizaron diferentes guías y claves taxonómicas para la identificación de los copépodos recolectados. La terminología utilizada para la descripción de los diferentes apéndices corporales se presenta en la Fig. 2. Tras la identificación de los copépodos, se llevó a cabo una revisión bibliográfica y se recopiló la información relativa a los hospedadores y localidades dónde se han registrado las especies identificadas en este estudio hasta la fecha (Tabla A1-3).



**Fig. 2.** Terminología utilizada en las descripciones morfológicas de las patas.

La información recabada se organizó en diferentes tablas atendiendo las especies de copépodos, los hospedadores dónde se han citado y las localidades de muestreo. Adicionalmente, se seleccionaron entre cinco y siete especímenes completos de cada una de las especies identificadas y se obtuvieron medidas de los caracteres diagnósticos definidos en los estudios previos para estas especies. Estas medidas se obtuvieron con ayuda del software Leica Application Suite X (LASX) vinculado la lupa lupa MZ APO (8×–100×) con cámara LEICA DFC295. Las medidas obtenidas se compararon con los datos morfométricos documentados para cada especie en estudios taxonómicos previos (Branch Wilson, 1932, Cressey 1967, Deets & Gregory 1987, Ho et al 2012, Izawa 2008, Izawa 2010 y Pillai 1985). Todas las medidas están expresadas medidas expresadas como promedio  $\pm$  SD en milímetros (mm).

### **Análisis molecular**

Un total de 10 ejemplares fijados en alcohol 100%, dos por cada morfotipo, se seleccionaron para la identificación de los copépodos en base a criterios moleculares. La extracción del material genético se llevó a cabo con el kit Qiagen DNeasy Blood & Tissue Kit (Quiagen, Venlo, The Netherlands), siguiendo el protocolo del fabricante. La subunidad I del gen mitocondrial citocromo oxidasa (COI) se amplificó utilizando los cebadores LCO1490 (5' GGT CAA CAAATC ATAAAG ATA TTG G 3') y HC02198 (5' TAA ACT TCA GGG TGA CCAAAAAT CA 3') (Former y col., 1994). La reacción en cadena de la polimerasa (PCR) se realizó en un volumen de 20  $\mu$ L que contenía 2  $\mu$ L de ADN, 4,8  $\mu$ L de agua, 1,6  $\mu$ L de cada cebador a 5  $\mu$ M y 10  $\mu$ L de MyFi™ Mix (Bioline, USA). Las condiciones de la PCR fueron las siguientes: 95°C durante 5 minutos (desnaturalización inicial), seguido de 40 ciclos a 95°C durante 1 minuto (desnaturalización), 45°C durante 1 minuto (alineación), 72°C durante 1 minuto (elongación), y una elongación final a 72°C durante 7 minutos. Los amplicones de la PCR se visualizaron en un gel de agarosa al 1% teñido con GelRed a 90V por 30 minutos y se purificaron utilizando el kit NucleoSpin Gel and PCR Clean-up kit (Machery-Nagel, Düren, Germany), siguiendo el protocolo estándar recomendado por el fabricante. Una vez purificados, los amplicones se secuenciaron en MacroGen Spain (Madrid, España) utilizando los mismos cebadores que en la PCR. Las secuencias obtenidas se ensamblaron y editaron con Bioedit 7.0 (Hall, 1999). Finalmente, las nuevas secuencias obtenidas de los copepodos de tintorera se compararon con las secuencias disponibles en la base de datos de GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank>), utilizando la herramienta Nucleotide Basic Local Alignment Search Tool (BLAST)(Altschul et al., 1997).

### **Análisis ecológico**

Se obtuvieron los niveles de infección siguiendo Bush et al. (1997) para cada una de las especies de copépodos identificados en los análisis parasitológicos. Se calcularon el promedio y el intervalo de confianza al 95% de la prevalencia, abundancia e intensidad utilizando el software Quantitative Parasitology (QPweb; Reiczigel et al. 2019). Por otra parte, se testaron las preferencias de los copépodos branquiales por los diferentes arcos. Con esta finalidad se comparó el número de parásitos presentes en

cada uno de los cinco arcos branquiales de cada tiburón con una prueba de ANOVA unidireccional. Los arcos derecho e izquierdo de cada tiburón se consideraron en conjunto debido a las limitaciones del tamaño muestral. Las pruebas estadísticas se desarrollaron utilizando el Rstudio se estableció el P-valor  $p < 0.05$  como significativo.

## RESULTADOS

### Análisis morfológico

A lo largo del muestreo se obtuvieron especímenes de cinco morfotipos, tras los análisis se identificaron como pertenecientes a cuatro especies distintas: *Kroyeria carchariaeglauci*, *Kroeyerina elongata*, *Phyllothyreus cornutus* y *Echthrogaleus coleoptratus*. La mayor parte de los ejemplares encontrados fueron hembras mientras que para *K. carchariaeglauci* se obtuvieron también representantes machos. Las especies se describen a continuación en función de la abundancia, de más numerosa a menos.

**Familia:** *Kroyeriidae* Kabata, 1979

**Género:** *Kroyeria* Beneden, 1853

***Kroyeria carchariaeglauci*** Hesse, 1879

Hospedador: *Prionace glauca*

Localidad: Mediterráneo occidental (costa levantina; mar balear)

Material estudiado: 12 individuos, seis machos y seis hembras

Localización en el hospedador: branquias

Parámetros de infección: Prevalencia: 100% - Intensidad media: 139

### Hembra

Cuerpo estrecho de  $6,6 \pm 0,44$  mm de longitud (Fig.3 A). Cefalotórax alargado ( $1,9 \pm 0,07$  mm x  $1,2 \pm 0,14$  mm). Longitud conjunta de los segmentos libres del cefalotórax de  $0,9 \pm 0,09$  mm. Complejo genital cilíndrico, bulboso y largo de  $4,8 \pm 0,37$  mm que supone alrededor del 60% de la longitud total. Caudal ramus alargado ( $1,1 \pm 0,07$  mm); segmentos finales con tres setas pinnadas principales de longitud decreciente desde el centro hasta el margen de la zona apical. Estiletes alargados que llegan hasta el final del segundo segmento libre ( $0,6 \pm 0,05$  mm).

Anténula de siete segmentos, el primero más ancho y alargado que el resto, progresivamente más cortos desde el extremo basal al distal y los tres últimos de anchura y longitud similar. Antena (Fig. 3 D) quelicerada con una membrana en el segmento mayor y dos setas en el margen interno del segmento menor, la primera seta el doble de larga que la otra. Maxila braquiforme, con dos estructuras curvadas en forma de gancho en el margen distal; penacho de setas en posición externa situada en la base de la maxila. Maxilípido bisegmentado; segmento basal largo, ensanchado

ventralmente, segmento distal marcadamente falciforme acabado en punta y con mayor esclerotización

Extremidades birrámeas y similares en tamaño con estilete en su base de longitud similar al segmento basal sobre el que se articulan, segmentos de las patas similares en tamaño. Endópodos y exópodos trisegmentados en todos los apéndices. Pata 1 (Fig. 3 E) con coxa más ancha que larga; seta lateral larga en base del exópodo; seta corta al final del segmento. Endópodo con margen externo membranoso en segmento basal y siete dentículos en segmentos medio y distal; segmento basal con una seta en margen externo e interno; segmento medio sin setas; segmento distal con seis setas. Exópodo con márgenes externos membranosos en los tres segmentos que lo forman; segmento basal con una seta en el margen interno y externo; segmento medio con una seta en margen interno; segmento distal con seis setas. Pata 2 (Fig. 3 F) con coxa más reducida y sin ornamentación; seta corta en la base del exópodo más estrecha fina que en la pata 1. Endópodo con margen externo membranoso en segmento basal, siete dentículos en el segmento medial y ocho en el distal; segmento basal con una seta en margen interno; segmento medio sin setas; segmento distal con seis setas. Exópodo con márgenes externos membranosos en los tres segmentos; segmentos basal y medio con una seta en el margen interno y externo; segmento distal con siete setas. Pata 3 (Fig. 3 G) con membrana corta en el margen externo de la coxa y seta proximal en la base del exópodo. Endópodo con margen externo membranoso en segmento basal, seis denticulaciones en el segmento medio y ocho en el distal; segmento basal con una seta en margen interno; segmento medio sin setas; segmento distal con cuatro setas. Exópodo con margen basal membranoso en sus tres segmentos; segmentos basal y medio con una seta en el margen interno y externo; segmento distal con siete setas. Pata 4 (Fig. 3 H) con coxa sin ornamentación aparente; seta basal externa en la base del exópodo. Endópodo con margen externo membranoso en segmento basal; siete denticulaciones en el segmento medial y seis en el distal; segmentos basal y medio con una seta en margen interno; segmento distal con tres setas. Exópodo con márgenes membranosos en los tres segmentos; segmentos basal y medio con una seta en el margen interno y externo; segmento distal con siete setas. Setas de los endópodos y exópodos alargadas y pinnadas exceptuando las dos más cercanas al margen exterior. El diagrama setal se expone en la Tabla 1.

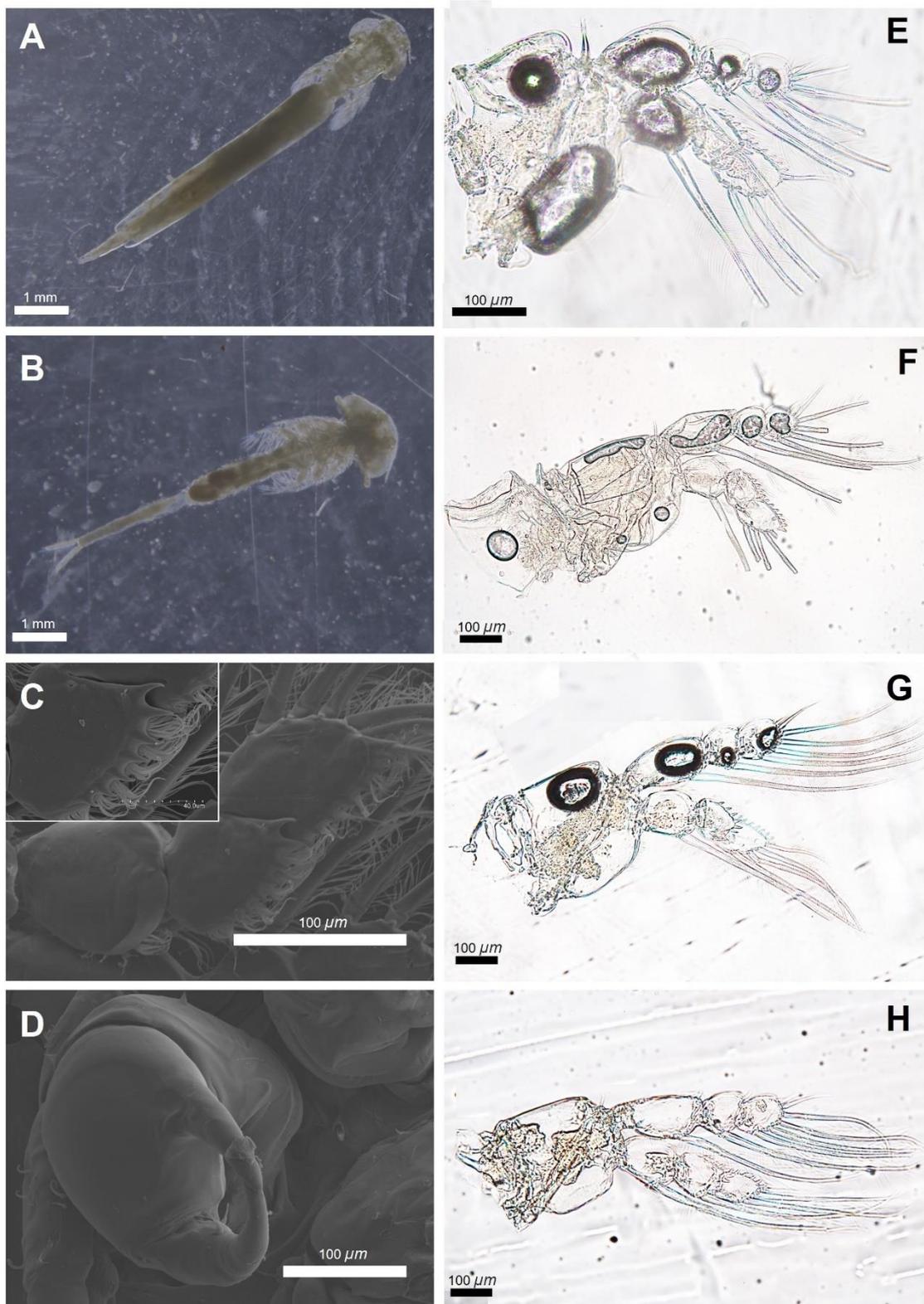
**Tabla 1.** Diagrama setal hembra *Kroyeria carchariae* *glauca*.

	<b>Endópodo</b>	<b>Exópodo</b>
I	1-1, 0-1, 6	1-1, 0-0, 6
II	1-1, 1-1, 7	0-1, 0-0, 6
III	1-1, 1-1, 7	0-1, 0-0, 4
IV	1-1, 1-1, 7	0-1, 0-1, 3

## Macho

Cuerpo estrecho y más corto ( $4,66 \pm 0,48\text{mm}$ ) que el de la hembra (Fig. 3 B). Cefalotórax similar en aspecto al de la hembra, con una longitud de los tres segmentos libre de  $0,966 \pm 0,09\text{mm}$ . La mayor diferencia entre sexos es el complejo genital ( $2,68 \pm 0,26\text{mm}$ ), mucho más corto que el de la hembra, con una estructura cónica que se estrecha hacia el final y supone un 58% del total del cuerpo del animal. Caudal ramus ( $0,56 \pm 0,06\text{mm}$ ) similar a la hembra, con una de las setas principales desnuda y la otra hempinnada. Estilete dorsal de  $0,29 \pm 0,04\text{mm}$  de longitud, más corto que en hembras, abarca hasta el final del primer segmento libre o principios del segundo. Apéndices cefálicos concordantes con las morfologías de las hembras. Ornamentación de las patas similar a la hembra con excepción del número de denticulaciones en los segmentos medio y distal; 3-4 denticulaciones en segmentos medio y distal de patas 1, 2 y 3; 3 denticulaciones en segmento medio y 4 en segmento distal de pata 4.

**Comentarios:** Los ejemplares identificados pertenecen al género *Kroyeria* según la descripción de Kabata (1979) ya que presentan un escudo cefálico subtriangular, una antena quelada en forma de pinza, estiletes dorsales que protruyen hacia la parte posterior y tres segmentos libres en el cefalotórax con cuatro patas nadadoras. Los ejemplares identificados pertenecen la especie *Kroyeria carchariaeoglaucci* de acuerdo con la descripción de Cresseyi 1970 ya que presentan dentículos en las patas nadadoras con una ornamentación específica de esta especie, además de la forma y ornamentación del caudal ramus. De las 15 especies pertenecientes al género, solo cinco presentan algún tipo de dentículo en el endópodo (*Kroyeria carchariaeoglaucci*, *K. germusa*, Cressey, 1967 *K. longicauda* Cressey, 1970, *K. spatulata* Pearse, 1948 y *K. sphymae* Rangnekar, 1957 ). *Kroyeria germusa* y *K. spatulata* puede diferenciarse de *Kroyeria carchariaeoglaucci* por la presencia de las zonas esclerotizadas, más duras y de un color más marrón anaranjado en el abdomen y el exópodo respectivamente (Cresseyi 1970 También se distingue de *Kroyeria longicauda* por la menor longitud de los estiletes dorsales, que son más alargados en *K. longicauda* (Cresseyi 1970; Izawa 2008). Las especies restantes se pueden diferenciar atendiendo al número de denticulaciones, y presentando todas ellas un número inferior en los segmentos medio y distal del endópodo a las que presenta *K. carchariaeoglaucci* (N=6-7).



**Figura 3** **A** *Kroyeria carchariaeagluci*, Hembra, individuo completo **B** *Kroyeria carchariaeagluci*, macho, individuo completo, **C** Denticulaciones de la pata 4 con detalles de las mismas, hembra, **D** Antenas, hembra (SEM), **E** Pata 1, hembra, **F** Pata 2, hembra, **G** Pata 3, hembra, **H** Pata 4, hembra. Fotografías obtenidas mediante microscopía óptica excepto especificaciones por microscopía electrónica de barrido (SEM).

**Familia:** *Kroyeriidae* Kabata, 1979

**Género:** *Kroeyerina* Wilson C.B., 1932

***Kroeyerina elongata*** Wilson C.B., 1932

Hospedador: *Prionace glauca*

Localidad: Mediterráneo occidental (costa levantina; mar balear)

Material estudiado: 7 individuos

Localización en el hospedador: narinas

Parámetros de infección: Prevalencia: 33% - Intensidad media: 81

### **Hembra:**

Cuerpo estrecho y alargado de  $10,56 \pm 0,70$ mm de longitud (Fig. 4 A). Cefalotórax doble de largo ( $2,57 \pm 0,12$ mm) que de ancho ( $1,3 \pm 0,09$ mm). Longitud conjunta de los segmentos libres del cefalotórax  $1,46 \pm 0,06$ mm. Complejo genital largo, de  $8 \pm 0,66$ mm que supone 78 % de la longitud total. Caudal ramus (Fig. 4 B) ( $1,7 \pm 0,11$ mm) dividido en dos tras el primer segmento; cuatro setas espiniformes de tamaño decreciente desde el margen interno al externo; seta de mayor tamaño pinnadas; segunda seta hemipinnada; seta pilosa de menor tamaño en margen externo y seta pilosa en zona posterior-medial del caudal ramus, orientada transversalmente.

Anténula de ocho segmentos, el primero más ancho y alargado que el resto, progresivamente más cortos desde el extremo basal al distal. Antena quelicerada en forma de pinza y con un estrechamiento distal. Maxila braquiforme, con una estructura curva y otra roma bajo esta y penacho de setas en posición externa situada en la base de la maxila. Maxilípodo bisegmentado; segmento basal largo, ensanchado ventralmente, segmento distal ganchudo acabado en punta.

Extremidades birrámeas con tres segmentos en cada rama. Segmentos con márgenes externos membranosos. Pata 1 (Fig. 4 C), endópodo con una seta en el margen interno del segmento basal, carente de setas en el segmento medio y con seis setas en el distal; exópodo con una seta en el margen interno y externo de los segmentos basal y medio y con seis setas en el segmento distal. Pata 2 (Fig. 4 D), endópodo con una seta en el margen interno y externo del segmento basal, una seta en el margen interno del segmento medio y siete setas en segmento distal; exópodo con una seta en el margen interno y externo de los segmentos basal y medio y con seis setas en el segmento distal. Pata 3 (Fig. 4 E), endópodo con una seta en el margen interno y externo de los segmentos basal y medio y ocho setas en segmento distal; exópodo con una seta en el margen interno y externo de los segmentos basal y medio y cinco setas en el segmento distal. Pata 4 (Fig. 4 F), endópodo con una seta en el margen interno y externo de los segmentos basal y medio y siete setas en segmento distal; exópodo con una seta en el margen interno y externo de los segmentos basal y medio y cuatro setas en el segmento distal.

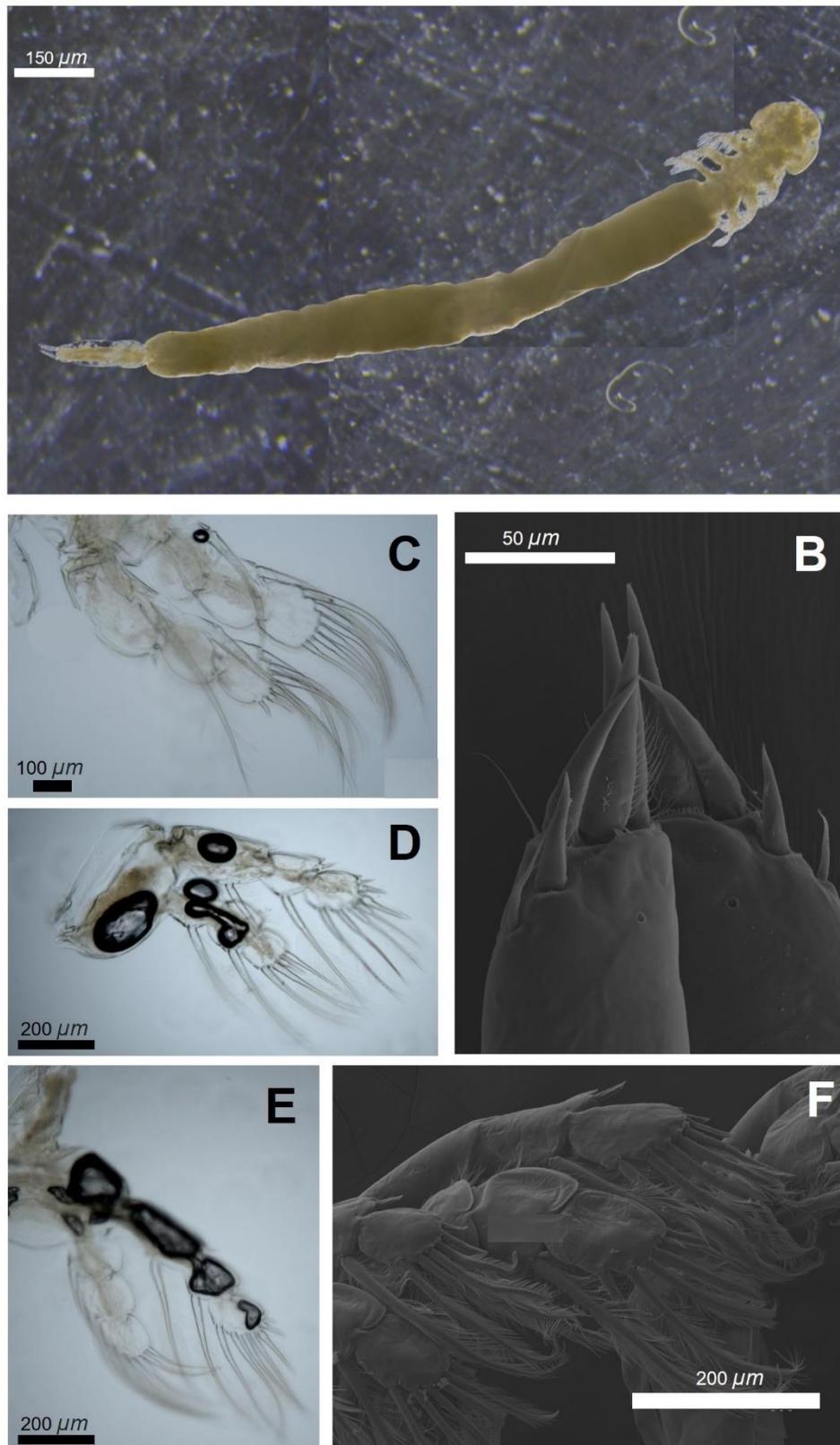
El diagrama setal se expone en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Diagrama setal hembra *Kroeyerina elongata*.

	<b>Endópodo</b>	<b>Exópodo</b>
I	0-1, 0-0, 6	1-1, 1-1, 6
II	0-1, 0-1, 6	1-1, 0-1, 7
III	0-1, 0-1, 5	1-1, 1-1, 8
IV	0-1, 0-1, 4	1-1, 1-1, 7

**Comentarios:** Los ejemplares identificados pertenecen al género *Kroeyerina*, de acuerdo con la descripción de Kabata (1979) por presentar un escudo cefálico subtriangular, una antena quelada en forma de pinza, carencia de estiletes dorsales y presencia de tres segmentos libres en el cefalotórax con cuatro patas nadadoras. Los ejemplares identificados pertenecen a la especie *Kroeyerina elongata* de acuerdo con la descripción de Izawa 2008 ya que presentan un caudal ramus tres veces más largo que ancho con tres setas principales en la parte distal y una seta transversal en el margen dorsomedial. De las nueve especies pertenecientes al género, las especies *K. deetsorum* Benz, Smith & Bullard, 2001 y *K. sudamericana* Irigoitia, Cantatore, Incorvaia & Timi, 2016 se distinguen fácilmente de *K. elongata* por su menor tamaño y la menor proporción entre la longitud total y la longitud del complejo genital. La ornamentación del caudal ramus permite diferenciar *K. elongata* del resto de especies del género, siendo *K. benzorum* Deets, 1987, *K. deborahae*, Deets, 1987 y *K. scottorum* Cressey, 1970 (Kaylan & Anuprasana 2016) las más similares, pero con ausencia de la seta transversal localizada en el margen dorsomedial del caudal ramus, presente en *K. elongata* (Deets 1986).

En este estudio no se encontraron machos de esta especie.



**Figura 4.** **A** *Kroeyerina elongata* individuos completos, **B** Caudal ramus (SEM), **C** Pata 1, **D** Pata 2, **E** Pata 3, **F** Patas, 2-3-4 (SEM). Fotografías obtenidas mediante microscopía óptica excepto especificaciones por microscopía electrónica de barrido (SEM).

**Familia:** Pandaridae Milne Edwards, 1840

**Género:** *Phyllothyreus* Norman, 1903

***Phyllothyreus cornutus*** Milne Edwards, 1840

Hospedador: *Prionace glauca*

Localidad: Mediterráneo occidental (costa levantina; mar balear)

Material estudiado: 7 individuos

Localización en el hospedador: branquias

Parámetros de infección: Prevalencia: 100% - Intensidad media: 8,33

### **Hembra:**

Cuerpo fusiforme ( $14.9 \pm 0,79$ mm de largo) (Fig. 5 A). Escudo cefálico ( $4,1 \pm 0,23$ mm largo y  $6,3 \pm 0,76$  mm ancho) con dos lóbulos laterales semifusionados que protruyen hacia la parte posterior hasta el primer segmento libre. Grandes placas dorsolaterales flexibles (Fig. 5 C) que cubren los segmentos donde se alojan las patas con aspecto de "faldones" Complejo genital circular que supone un 72,7% de la longitud total. Caudal ramus pequeños; dos lóbulos con una espina en la parte más exterior de cada uno; presencia de una placa intermedia que cubre el gonoporo.

Anténula con dos segmentos; primero robusto y dos veces largo que ancho, con espinas en el margen anterior distal; segundo fino y corto con seta medial y un penacho de setas finas en la zona distal. Antena grande en forma de gancho (Fig. 5 B), con una pequeña seta en la base. Maxila braquiforme con un segmento basal ancho y un segundo segmento fino que termina en pinza. Maxilípodo con una zona uncinada final junto a una placa de adhesión.

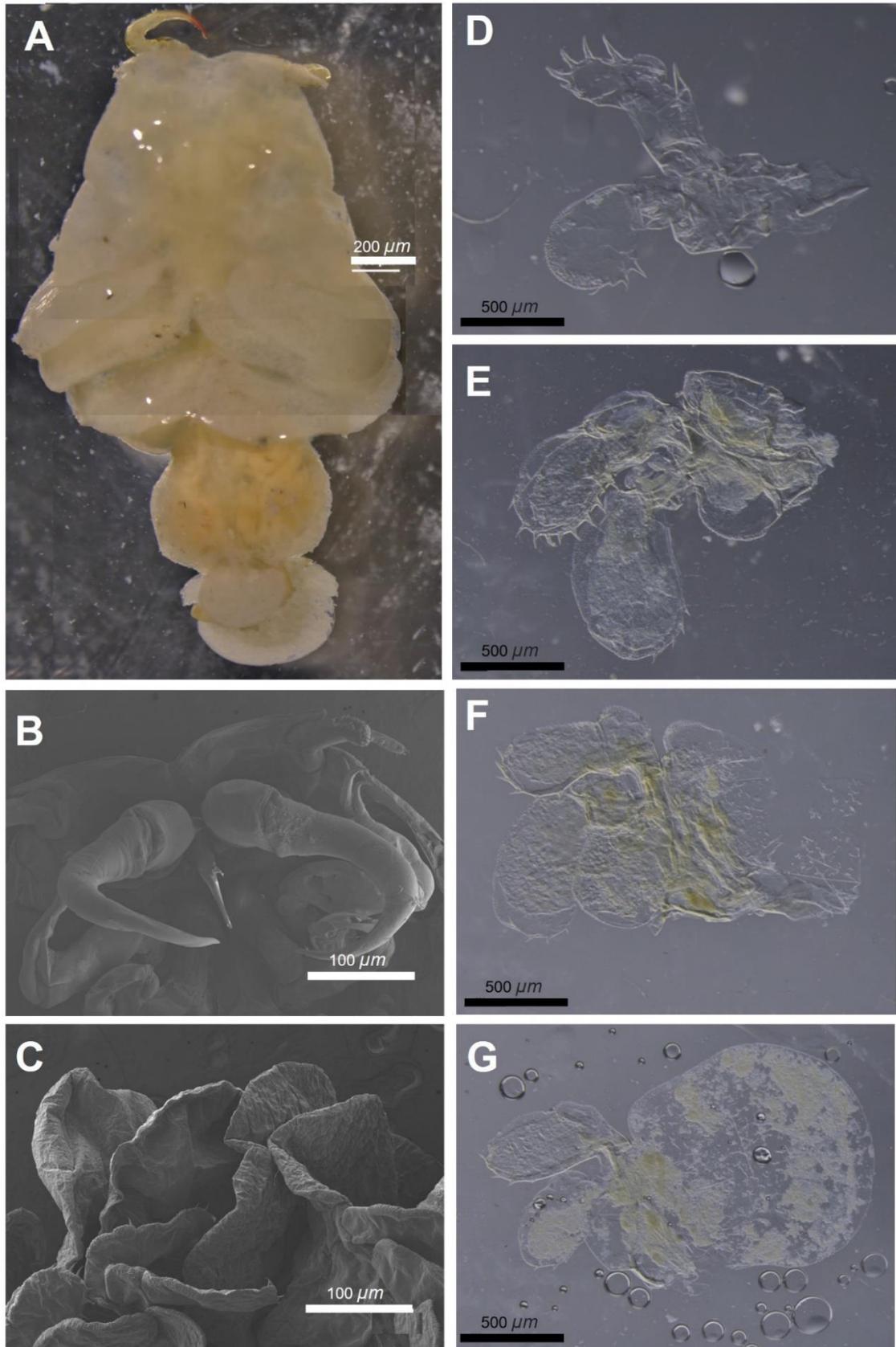
Extremidades birrámeas con endópodos y exópodos bisegmentados; coxa con rugosidades marginales. Patas que aumentan de tamaño con la sucesión de los segmentos corporales. Pata 1 (Fig. 5 D) con protuberancias rugosas en los márgenes externos de los segmentos distales, endópodo sin setas en segmento basal y con tres setas en segmento distal; exópodo con una seta en el margen externo del segmento basal y seis setas en el segmento distal. Pata 2 (Fig. 5E) con protuberancia rugosa en todo el margen externo de los segmentos basal y distal; endópodo sin setas en segmento basal y con cuatro setas en segmento distal; exópodo con una seta en el margen externo del segmento basal y nueve setas en el segmento distal. Pata 3 (Fig. 5 F) con protuberancia rugosa en el margen externo de los segmentos basal y distal; endópodo sin setas en segmento basal y con cuatro setas en segmento distal; exópodo sin setas en el segmento basal y con seis setas en el segmento distal. Pata 4 (Fig. 5 G), con protuberancia rugosa en el margen externo de los segmentos basal y distal; endópodo sin setas en segmento basal y con tres setas en segmento distal; exópodo sin setas en el segmento basal y con cuatro setas en el segmento distal. El diagrama setal se expone en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Diagrama setal hembra *Phyllothyreus cornutus*

	<b>Endópodo</b>	<b>Exópodo</b>
I	0-0, 3	1-0, 6
II	0-0, 4	1-0, 9
III	0-0,4	0-0, 6
IV	0-0, 3	0-0, 4

Comentarios: Los ejemplares identificados pertenecen al género monoespecífico *Phyllothyreus* y a la especie *Phyllothyreus cornutus* de acuerdo con la descripción original de Milne Edwards (1840), por la presencia un escudo cefálico caligiforme, que protruye hasta el primer segmento libre, la presencia de tres placas dorsolaterales, siendo la segunda más larga que la primera, y la presencia de una antena larga y curvada utilizada para el anclaje en el septo branquial.

En este estudio no se encontraron machos de esta especie.



**Figura 5.** **A** *Phyllothyreus cornutus* individuo completo (microscopía óptica), **B** Antenas (SEM), **C** Placas dorsolaterales, **D** Pata 1, **E** Pata 2, **F** Pata 3, **G** Pata 4. Fotografías obtenidas mediante microscopía óptica excepto especificaciones por microscopía electrónica de barrido (SEM).

**Pandaridae** Milne Edwards, 1840  
***Echthrogaleus*** Steenstrup & Lütken, 1861  
***Echthrogaleus coleoptratus*** Guérin-Méneville, 1837

Hospedador: *Prionace glauca*

Localidad: Mediterráneo occidental (costa levantina; mar balear)

Material estudiado: 7 individuos

Localización en el hospedador: piel

Parámetros de infección: Prevalencia: 66% - Intensidad media: 4.67

## **Hembra**

Cuerpo ( $11.9 \pm 0,30\text{mm}$ ) (Fig. 6 A) con un marcado estrechamiento entre cefalotórax y complejo genital. Escudo cefálico caligiforme, circular ( $5,2 \pm 0,27\text{mm}$  ancho y  $5,2 \pm 0,23\text{mm}$  de largo) con una membrana que lo rodea; dos lóbulos laterales que protruyen hasta el tercer segmento libre del cefalotórax. Segmentos libres alojan las patas segunda, tercera y cuarta; con un par de placas dorsolaterales duras, cuadradas, con bordes lisos y margen cóncavo en la parte posterior procedentes del tercer segmento libre. Complejo genital del mismo tamaño que el cefalotórax; se estrecha en la parte posterior, con dos lóbulos rectos sin sobrecruzamiento; supone un 56,2% de la longitud total. Caudal ramus (Fig. 6 B) ventral formado por dos placas ovaladas; con una seta en el margen el margen submedial exterior y una seta posterior; grupo de tres setas distales y una seta en el margen interior.

Anténula con dos segmentos; primero robusto y dos veces largo que ancho, segundo fino con setas gruesas en la parte apical de cada uno de los segmentos, setas coronando ambos segmentos en la parte distal. Antena grande en forma de gancho, con una pequeña seta en la base. Maxila braquiforme con un segmento basal ancho y un segundo segmento más estrecho terminado en pinza. Maxilípedo plano terminado en un lóbulo curvo junto a otro más triangular.

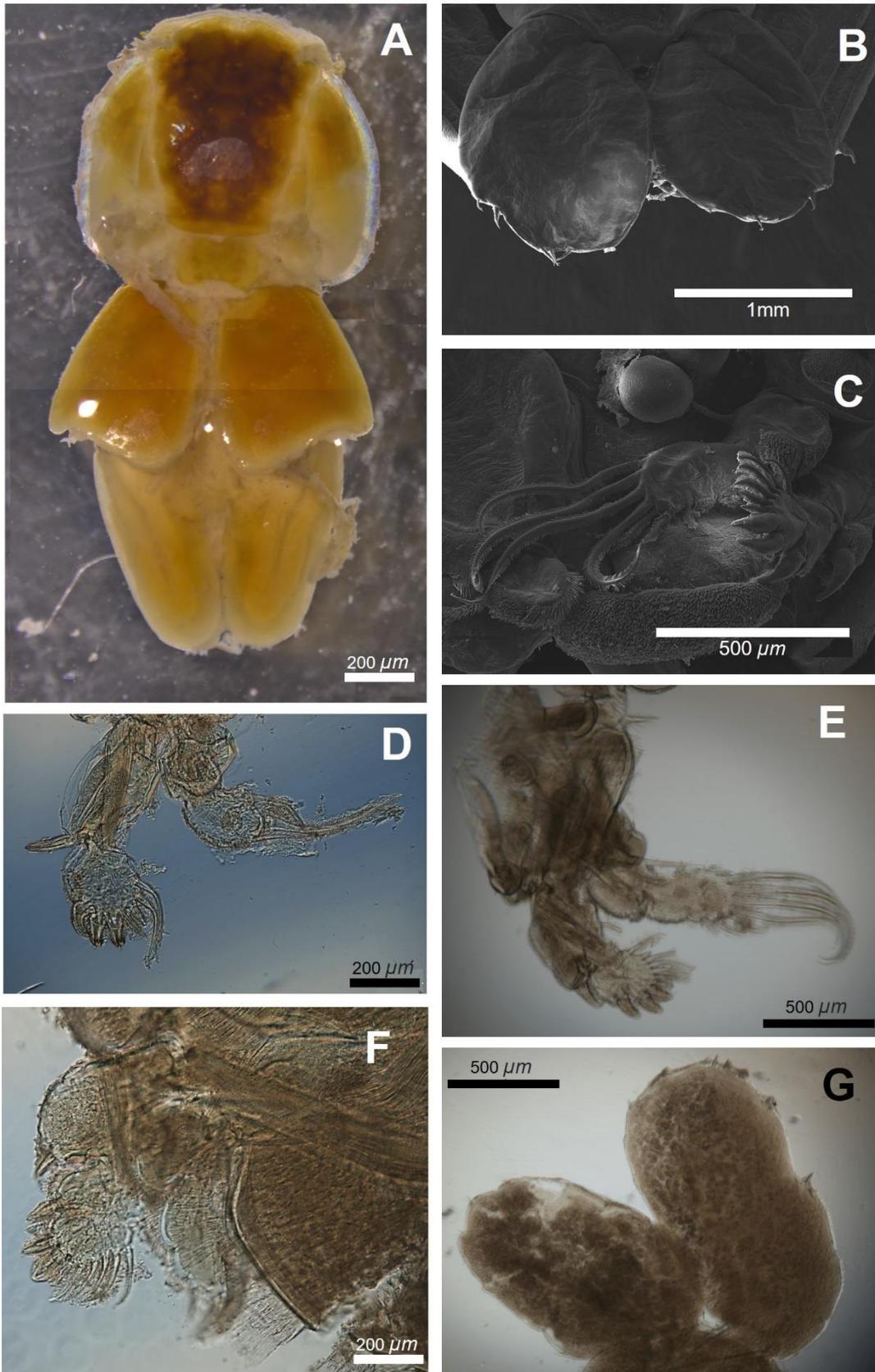
Extremidades birrámeas con endópodo y exópodo bisegmentados; ornamentación compleja. Pata 1 (Fig. 6 D), endópodo de menor tamaño que el exópodo, con una membrana en el margen externo del segmento basal y cuatro setas en el segmento distal; exópodo con una espina roma y larga en el margen externo del segmento basal y seis setas en el segmento distal. Pata 2 (Fig. 6 E), endópodo mayor que el exópodo con una seta en el margen interno del segmento basal y ocho setas en el segmento distal; exópodo con una seta en el margen interno y externo del segmento basal y diez setas en el segmento distal. Pata 3 (Fig. 6 F), con endópodo y exópodo reducidos; endópodo sin setas en el segmento basal y con siete setas en el segmento distal; exópodo con una seta larga en el margen interno del segmento basal y diez setas en el segmento distal. Pata 4 (Fig. 6 G), endópodo con diez setas en el segmento distal; exópodo con tres setas en el segmento distal. El diagrama setal se expone en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Diagrama setal *Echthrogaleus coleoptratus*.

	<b>Endópodo</b>	<b>Exópodo</b>
I	0-1, 6	0-1, 4
II	0-1, 8	1-1, 10
III	0-0, 7	0-1, 10
IV	10	3

**Comentarios:** Los ejemplares identificados pertenecen al género *Echthrogaleus* de acuerdo con la descripción de Kabata et al. (1970) por la ornamentación de las patas nadadoras y por presentar un escudo cefálico caligiforme que protruye por los laterales hasta el segundo segmento libre, placas de adhesión en las antenas y anténulas y un par de placas dorsolaterales que nacen del primer segmento libre. Entre las siete especies del género *Echthrogaleus* podemos distinguir *Echthrogaleus coleoptratus* de *E. spinulis* Morales-Serna, Crow, Montes & González, 2019 por la menor longitud de las placas dorsolaterales que nunca alcanzan más de la mitad del complejo genital en *E. coleoptratus* y lo sobrepasan en *E. spinulis*. Se diferencia también de *Echthrogaleus asiaticus* Ho, Liu & Lin, 2012 y *Echthrogaleus mitsukurinae* Izawa, 2012 por la ausencia de sobrecruzamiento en los lóbulos posterolaterales carácter que comparte con *E. denticulatus* Smith S.L., 1873, *E. discairai* Benz & Deets, 1987 y *E. torpedinus* Benz & Deets, 1987 (Benz & Deets 1986, Pratt 2010 Izawa 2012, Morales-Serna et al 2019). *Echthrogaleus coleoptratus* se diferencia de estas especies por la forma ovalada y la ornamentación del caudal ramus con setas espiniformes dispuestas a lo largo del margen en grupos de dos, tres y una desde el margen externo hacia el interior (Izawa 2012) (Fig. 6 B).

En este estudio no se encontraron machos de esta especie.



**Figura 6.** *Echthrogaleus coleoptratus*. A cuerpo entero, B caudal ramus (SEM), C placas (SEM), D-E-F-G patas I a IV respectivamente. Fotografías obtenidas mediante microscopía óptica excepto especificaciones por microscopía electrónica de barrido (SEM).

## Análisis molecular

Los análisis moleculares permitieron obtener un total de 7 secuencias del gen mitocondrial citocromo c oxidasa subunidad I (411-649 pares de bases) de las 10 muestras de copépodos analizadas. Del total de secuencias obtenidas, tres secuencias idénticas (633-649 pb) pertenecían a los ejemplares identificados como *K. lineata* en base a criterios morfológicos, dos secuencias (554 pb) a ejemplares de *E. coleopratus* mientras que sólo se obtuvo una secuencia tanto para los ejemplares de *Kroyeria carchariaeglauci* (642 pb) como para los ejemplares de *P. cornutus* (411 pb). La comparación de las nuevas secuencias con las secuencias disponibles en Genbank únicamente permitió una identificación a nivel especie en el caso de las secuencias de *E. coleopratus*. En particular, las secuencias más similares con las obtenidas en este estudio para *E. coleopratus* fueron OL348230 y OL348231, con un 100% de similitud y solapamiento del 93%), ambas de ejemplares de *E. coleopratus* en tintorera. Para el resto de secuencias, sólo pudo evaluarse su similitud con otras especies del género o familia debido a la falta de secuencias disponibles en la base de datos para estas especies. En el caso de las secuencias obtenidas para *Kroyerina lineata*, las secuencias más similares fueron las pertenecientes a FJ447361 *K. dispar* Wilson C.B., 1935, otra especie del género *Kroyeria* Beneden, 1853, con un 81,64% de similitud y un solapamiento del 98%. Las secuencias más similares a *Phyllothyreus cornutus* se correspondieron con las secuencias disponibles para otras especies de la familia Pandaridae Milne Edwards, 1840; FJ447388 *Pandarus smithii* Rathbun, 1886 (87,80% similitud y 89% solapamiento), FJ447391 *Pandarus satyrus* Dana, 1849-1852 (84,30% similitud y 96% solapamiento), FJ447389-90 *Pandarus sinuatus* Say, 1818 (82,65%-83,54% similitud y 95%-96% solapamiento). Por último, las secuencias más similares a las obtenidas para *Kroyerina carchariaeglauci* fueron FJ447362 *Kroyeria papilipes* Wilson C.B. (82,82% similitud y 95% solapamiento) y FJ447365 *Kroyeria decepta* Deets, 1994 (81,86% similitud y 92% solapamiento), ambas pertenecientes a otras especies de la familia Kroyeriidae Kabata, 1979.

## Análisis patológico

El análisis de los tejidos no reveló patologías macroscópicas aparentes: no se observaron zonas necróticas o ulceradas, petequias, hemorragias, secreción mucosa excesiva o inflamación en ninguno de los tejidos analizados. En los tejidos branquiales tampoco se observó hiperplasia, fusión lamelar o palidez notable. En relación con el grado de ocupación parasitaria las narinas estaban ocupadas al 60% mientras que las branquias y la piel mostraron un grado de ocupación menor, aproximadamente de un 10%.

## Análisis ecológico

Todas las tintoreras analizadas presentaron al menos dos especies de copépodos. En general las prevalencias fueron superiores al 33% con *Kroyerina elongata* siendo la especie menos prevalente. Los parásitos branquiales *Kroyeria*

*carchariaeglauci* y *P. cornutus* presentaron la prevalencia más alta (P%=100%) al estar presentes en todas las tintoreras muestreadas, aunque los niveles de intensidad y abundancia medias fueron marcadamente diferentes entre ambas especies. Mientras que encontramos más de cien ejemplares de *Kroyeria carchariaeglauci* por tiburón de media (Tabla 5 A), *P. cornutus* no supera los diez individuos de media (Tabla 5 A). En general, la abundancia media varió entre 139 parásitos/hospedador en el caso de *Kroyeria carchariaeglauci* y 4.67 parásitos/hospedador en el caso de *E. coleopratus* (Tabla 5 A). Los niveles de intensidad siguieron el mismo patrón descrito para la abundancia, con *Kroyeria carchariaeglauci* presentando niveles de intensidad más altos y los más bajos, aunque las cargas parasitarias cuando consideramos únicamente las tintoreras infectadas fueron superiores tanto en *Kroeyerina elongata* como en *E. coleopratus*. Por otra parte, no se detectaron diferencias en la prevalencia de los ejemplares macho y hembra de *Kroyeria carchariaeglauci*, aunque tanto la intensidad como la abundancia media fueron notablemente menores en los machos (40 copépodos/tintorera) que en las hembras (99 copépodos/tintorera) (Tabla 5 B).

En relación con la distribución de los parásitos branquiales en los diferentes arcos, no se observaron diferencias notables en el número de parásitos por arco ni para *Kroyeria carchariaeglauci* ni para *P. cornutus*. El número promedio de ejemplares de *Kroyeria carchariaeglauci* por arco fue  $13,7 \pm 6,0$  en el arco 1,  $15,3 \pm 6,8$  en el arco 2,  $17,6 \pm 3,0$  en el arco 3,  $13,3 \pm 8,7$  en el arco 4 y  $8,5 \pm 5,7$  en el arco 5. En el caso de *Phyllothyreus cornutus* el número de parásitos fue también similar entre los distintos arcos;  $0,7 \pm 1$  en el arco 1,  $0,3 \pm 0,5$  en el arco 2,  $1,2 \pm 0,8$  en el arco 3,  $0 \pm 0$  en el arco 4 y  $0,3 \pm 0,5$  en el arco 5. En congruencia con estos resultados, no se detectó ninguna diferencia estadística en el número de parásitos entre los diferentes arcos branquiales ni en el caso de *Kroyeria carchariaeglauci* (pvalor= 0,198) ni en *P. cornutus* (0,54).

**Tabla 5A.** Índices de infección para las especies del estudio.

	<i>Kroyeria carchariaeglauci</i>	<i>Kroeyerina elongata</i>	<i>Phyllothyreus cornutus</i>	<i>Echthrogaleus coleopratus</i>
<i>Prevalencia</i>	100% (0.368-1)	33% (0.02-0.87)	100% (0.37-1)	66.7% (0.135-0.98)
<i>Intensidad media</i>	139 (101-173)	81 (-)	8,33 (3-12,30)	7 (3-7)
<i>Abundancia media</i>	139 (101-173)	27 (0-54)	8,33 (3-12,30)	4,67 (0-8,33)

**Tabla 5B.** Índices de infección en *Kroyeria carchariaeaglauci* por sexos.

	<i>Kroyeria carchariaeaglauci</i> ♀	<i>Kroyeria carchariaeaglauci</i> ♂
<i>Prevalencia</i>	100% (0.37-1)	100% (0.37-1)
<i>Intensidad media</i>	99,31 (54-124)	40 (9-60.30)
<i>Abundancia m.</i>	99,3 (154-124)	40 (9-60.30)

## DISCUSIÓN

La tintorera es un tiburón pelágico de gran interés para la exhibición en acuarios. Las infecciones parasitarias pueden ser un inconveniente para la estabulación o disminuir el bienestar de las tintoreras por lo que deben considerarse previamente y durante todo el proceso de adaptación a las condiciones de exhibición. Este estudio supone un nuevo registro de la parasitofauna de *P. glauca* en el Mediterráneo occidental, una región carente de información parasitológica, en la que el número de muestreos es comparativamente escaso respecto al del Atlántico. En concreto, este trabajo constituye el primer análisis de copépodos en la tintorera realizado en el área circundante a la Comunidad Valenciana y ha permitido registrar un nuevo copépodo de tintorera para el Mediterráneo: *Kroeyerina elongata*. Además, se ha obtenido el primer registro molecular de cuatro especies de copépodos de la tintorera (*Kroyeria carchariaeaglauci*, *Kroeyerina elongata*, *Echthrogaleus coleoptratus* y *Phyllothyreus cornutus*) proveyendo nuevas secuencias comparativas para estudios futuros. El análisis de estos copépodos permite evaluar los riesgos potenciales para el mantenimiento de las tintoreras en cautividad, mediante la selección de las especies más patogénicas y las que presentan parámetros de infección más elevados, así como elaborar las recomendaciones para mantener la salud y el bienestar de la tintorera y el resto de los tiburones susceptibles, en cautividad.

El análisis morfológico permitió la identificación taxonómica de las especies, siendo los resultados consistentes con los estudios previos. No obstante, para algunas de las especies analizadas se detectó un amplio rango de variabilidad en el tamaño de los ejemplares. En *Kroyeria carchariaeaglauci* la longitud total (6,6mm en hembras, h; 4,6mm en machos, m) fue mayor que la de los ejemplares de estudios previos realizados en Japón (4,3mm, h; 3,9mm, m) (Izawa 2008) e incluso mayor que la de los ejemplares descritos en la costa francesa (5,0mm, h.) en la descripción original (Hesse 1878). Sin embargo, las proporciones corporales cefalotórax-complejo genital fueron similares entre ellos: 63% (h.) y 59% (m.) (presente estudio) vs. 59.8 (h.) y 57,1 (m.) (Izawa 2008). Los parámetros biométricos de *Kroeyerina elongata* mostraron una mayor discrepancia con los estudios previos (Branch Wilson, 1932 Deets & Gregory 1987, Izawa 2008) llegando a triplicar longitud total entre los diferentes registros. Las dimensiones y la

proporción de cefalotórax-complejo genital del presente estudio se corresponden mejor con los descritos por Izawa (2008), (Longitud: 10,5mm en el presente estudio; 11,3mm en Izawa 2008; Proporción: 65,6% y 67% respectivamente). Los registros de *P. cornutus* muestran diferencias en las dimensiones de los ejemplares procedentes de diferentes regiones siendo los ejemplares del atlántico de mayor tamaño, 14.6mm (Cresseyi 1967), y los del índico más pequeños, entre 10,3mm y 11,6mm de longitud total (Pillai 1985, Hewitt 1967). La longitud de los ejemplares del presente estudio (14.9mm) coincide con la de los ejemplares del atlántico. Por último, en *E. coleopratus* existe un consenso claro para las mediciones (Hewitt 1967, Ho et al 2012, Izawa 2010) oscilando todas entre 10 y 12mm de longitud con promedios similares a los registrados en el presente estudio (11,5mm vs. 11,9mm). La variabilidad morfológica descrita podría estar relacionada con factores como la plasticidad morfológica, la localidad de procedencia de los ejemplares, el tamaño de los tiburones u otros factores ambientales. La discusión de los resultados biométricos es de carácter preliminar, ya que, aunque parece haber patrones de tamaños distintos entre poblaciones de *Kroyeria carchariaeglauci* y *P. cornutus*, se necesitaría un mayor número de muestras para poder evaluar las diferencias de forma consistente. La combinación de los resultados de los análisis morfológicos y datos moleculares permitieron discriminar entre las cuatro especies encontradas y completar la identificación inequívoca de los especímenes. El presente estudio aporta el primer registro molecular de *Kroyeria elongata*, *Kroyeria lineata* y *Phyllothyreus cornutus* que se incluirá en la base de datos del GenBank.

Los estudios sobre copépodos parásitos realizados hasta la fecha en tintorera documentan un total de 20 especies pertenecientes a 12 géneros y 7 familias (Tabla A1 y 2). En la región Mediterránea, los estudios previos muestran registros para tres especies: *E. coleopratus*, *K. carchariaeglauci* y *P. cornutus*. Entre ellas, *E. coleopratus* es la más abundante, ya que se ha encontrado en todas las localidades muestreadas: mar Adriático, costa balear (junto con *P. cornutus*) y costa francesa (junto con *K. carchariaeglauci*) (Deboutteville & Nunes-Ruivo 1953; Raibaut et al 1998; Pegoraro de Macedo 1998; Palomba et al 2022). Las tres especies de copépodo registradas en el presente trabajo coinciden, por tanto, con las descritas previamente en la región y, además se documenta por primera vez la presencia de *K. elongata*, que representa un nuevo registro para el Mediterráneo (Tabla A1). Todas estas especies se podrían considerar cosmopolitas en su distribución: tres de ellas, *K. carchariaeglauci*, *P. cornutus* y *E. coleopratus* se encuentran en los tres océanos principales: Índico, Atlántico y Pacífico, mientras que *K. elongata* se distribuye entre el Atlántico y el Pacífico (Tabla A2). De hecho, todas las especies de copépodos registradas hasta la fecha en la tintorera presentan un amplio rango de distribución geográfica y podrían considerarse cosmopolitas (Tabla A2). El carácter altamente móvil de la tintorera (Carey & Scharold 1990) y su comportamiento migratorio permitiría el transporte de parásitos de una localidad a otra con facilidad. Considerando la amplia distribución del parásito no se podría descartar que cualquier tiburón capturado en ambientes salvajes estuviera infectado y pudiera ser una fuente de transmisión de copépodos.

Las cuatro especies de copépodos de *P. glauca* encontradas en el presente estudio parasitan diversos hospedadores (Tabla A3), la mayoría pertenecientes al orden de *P. glauca*: Carcharhiniformes, aunque también representantes de otros órdenes como

Lamniformes y Squaliformes (Tabla A3). Los registros previos muestran que hasta 19 especies de tiburones están infectadas por uno o más de los cuatro parásitos estudiados siendo *E. coleopratus* la especie que infecta un mayor número de hospedadores (N=11), seguido de *K. carchariaeagluci* (N=8), *P. cornutus* (N=4) y por último *K. elongata* (N=1). El escaso nivel de especificidad sugiere que el parentesco no es un factor significativo para determinar la susceptibilidad a la infección. Por el contrario, los factores ecológicos y comportamentales podrían ser más relevantes en la transmisión del parásito ya que el conjunto de los hospedadores comparte un nicho parecido en el ambiente marino, siendo depredadores pelágicos en ecosistemas nerítico-oceánicos de mar abierto (IUCN 2024). La escasa especificidad de las especies analizadas permitiría ampliar la distribución parasitaria e incrementaría los reservorios de especies transmisoras para la tintorera ya que *K. carchariaeagluci*, *P. cornutus* y *E. coleopratus* podrían infectar a tiburones incluso de órdenes distintos.

Los copépodos son parásitos tegumentarios, en muchos casos infectan órganos vitales, responsables de la protección del medio externo, como la piel o de la respiración y el equilibrio osmótico, como las branquias y sensoriales, como las narinas. El impacto potencial de los patógenos sobre estos tejidos podría tener notables consecuencias en el bienestar de sus hospedadores, ya que son órganos críticos para la supervivencia. El daño que puede producir un parásito tegumentario es directamente proporcional al tamaño del área de adhesión, la morfología del órgano de anclaje al hospedador, el tamaño del propio parásito, el tiempo de adhesión y los parámetros de infección (Kinne 1984). Adicionalmente, los efectos del parásito no pueden separarse de la magnitud y severidad en la respuesta del hospedador, que también contribuye a determinar el impacto de la infección. *Echthrogaleus coleopratus* coloniza la piel de los hospedadores y tiene una superficie de adhesión comparativamente más ancha que el resto de pandáridos (Figueredo et al 2023) por lo que la presencia del parásito durante periodos extendidos puede producir daños en el tegumento además de aumentar considerablemente la producción de mucus en las zonas colindantes (Kinne 1984). En la tintorera, la zona de implantación, y por tanto la más dañada, se localiza en torno a las aletas pélvicas (Carrier et al 2012), donde la acumulación de individuos podría provocar irritación y heridas. *Kroeyeria elongata* parasita las narinas de los tiburones anclándose sobre el tejido y se dispone a favor del flujo del agua (McElwain et al 2010). La problemática de esta especie no es el daño provocado por la implantación, sino que radica en la obstrucción que pueden causar en la roseta olfativa, ya que esto reduce considerablemente su capacidad sensorial, impidiendo el normal flujo de odorantes a los centros quimiorreceptores (Ascirai et al 2020). Esta merma podría afectar a la capacidad alimentaria de la tintorera, ya que la olfacción un componente esencial en la localización de alimento (Carrier et al 2012) y en casos de infección severa el bulbo olfativo de los peces infectados podría atrofiarse por falta de estímulos (Ascirai et al 2020). Los copépodos *Kroyeria carchariaeagluci* y *Phyllothyreus cornutus* se han relacionado con diversas patologías de las branquias (Kinne 1984). En primer lugar, la oclusión de la circulación correcta de sangre por la branquia, asociada a la lesión causada por la adhesión, obstruye parcialmente los vasos, palidece la branquia y, con el tiempo, puede derivar en necrosis. En el caso de *K. carchariaeagluci* este problema es menor, ya que se adhiere a las laminillas secundarias causando daños localizados

en la zona basal (Benz, Dupree 1987) mientras que en *P. cornutus* las obstrucciones y heridas son mucho mayores ya que se adhiere al septo interbranquial sobre el que se sustentan las laminillas y provoca perforaciones más profundas utilizando sus antenas unciformes (Pregoraro do macedo et al 2023). Por otra parte, *K. carchariaeaglauci* es móvil y utiliza el canal efluente (Benz & Dupree 1987) por lo que su tiempo de implantación será menor mientras que la mayoría de las hembras de los pandáridos, como *P. cornutus*, son sésiles (Borucinska & Benz 1999), provocando daños mayores en el lugar de implantación. Las pérdidas de fluidos o tejido asociadas directamente a la actividad trófica de los parásitos no parecen producir grandes perjuicios al hospedador. Sin embargo, los hospedadores reaccionan a la acción de estos copépodos produciendo hiperplasia y proliferación del tejido epitelial, así como secreción excesiva de mucus que reducen la funcionalidad del tejido impidiendo el correcto intercambio de gases (Kinne 1984). En base a las características descritas. *P. cornutus* presentaría un mayor potencial patológico a nivel local mientras que *K. carchariaeaglauci* sería la que presentaría menores efectos potenciales. No obstante, cabe destacar que la movilidad de *K. carchariaeaglauci* permitiría extender las lesiones por el tejido branquial.

Las elevadas intensidades de infección pueden agravar las patologías locales incrementando la extensión de los daños y causando heridas mayores que pueden facilitar las infecciones secundarias. Las especies que afectan a la piel pueden llegar a provocar úlceras y hemorragias en infecciones graves mientras que las de las narinas o las branquias pueden disminuir la eficiencia de estos órganos tras su obstrucción, o la detención del flujo sanguíneo por la respuesta inflamatoria. Por lo tanto, los parámetros de infección deberían ser uno de los aspectos más relevantes a la hora de determinar la severidad de los efectos asociados a los copépodos. En este estudio los datos obtenidos son preliminares, debido al bajo número de hospedadores analizados, pero pueden servir como indicadores para futuros trabajos. La elevada intensidad de *Kroyeria carchariaeaglauci* y *Kroeyerina elongata* (>70 parásitos por pez) podría provocar un impacto notable en los tejidos infectados, aunque esta debería ser analizada en proporción a la superficie del tejido disponible en el hospedador, potencialmente mayor en *Kroeyerina elongata*. Además, la alta prevalencia de *Kroyeria carchariaeaglauci* sería indicativa de la amplia distribución de la especie entre las tintorerías, en comparación con *Kroeyerina elongata*. Por el contrario, los bajos niveles de intensidad de *E. coleopratus* y *P. cornutus* (<10 parásitos/pez) indicarían una afectación local de los ejemplares y menor extensión potencial de los daños mientras que las altas prevalencias sugerirían una amplia distribución de estos parásitos entre las tintorerías de la región.

Los resultados del presente estudio son congruentes con los parámetros de infección de los estudios previos. Las altas prevalencias encontradas son comparables a las registradas en el Atlántico norte a excepción de la de *Kroeyerina elongata* que presenta valores más elevados en aguas del Atlántico (McElwain 2012). Las intensidades variaron en el caso del género *Kroyeria* ya que Henderson et al. (2002) encontró 61 individuos de media en sus muestreos, menos de la mitad de los encontrados en este estudio. En el caso de *Phyllothyreus cornutus* y *Echthrogaleus coleopratus* las intensidades de 2.2 y 1 respectivamente también son bajas en comparación con las que podemos encontrar en el presente estudio (Tabla 5 A). En base a los parámetros de infección, *Kroyeria carchariaeaglauci* y en segundo término *Kroeyerina elongata* serían las especies con mayor potencial para proliferar y las que podrían llegar a causar unos

efectos más severos sobre los tejidos en los ejemplares infectados mientras que *E. coleoptratus* y *P. cornutus* se relacionarían con daños más locales con diferentes grados de severidad.

El modo más efectivo de impedir infecciones problemáticas es la prevención (Kebede et al 2023). Los protocolos de profilaxis son de mayor efectividad e importancia en la introducción de nuevos ejemplares en el acuario por lo que es necesario hacer el examen completo a los animales que llegan al acuario en la fase de cuarentena inicial (Benz & Bullard 2004). En estos análisis es necesario conocer los parásitos que el individuo puede llevar al tanque, la gravedad de la infección de cada uno, las especies a las que son capaces de infectar y su susceptibilidad. La recomendación para parásitos emergentes, en este caso los copépodos, es proceder a su eliminación durante la cuarentena, previa introducción al tanque o cuando estos suponen un problema para el hospedador o para el resto de las cohabitantes del acuario, poniendo los esfuerzos si es necesario en mantener la intensidad de parásitos en poblaciones no lesivas (Benz & Bullard 2004). El control de los niveles de infección se puede realizar aplicando de tratamientos antiparasitarios mediante baños y realizando un seguimiento continuo de las poblaciones de copépodos para evitar la aparición de resistencias (Shariff & Kabata 1986), especialmente en el caso de *Kroeyerina elongata* y *Phyllothyreus cornutus*. No obstante, la naturaleza generalista de tres de las cuatro especies de copépodos analizadas (*Kroyeria carchariaeaglauci*, *P. cornutus* y *E. coleoptratus*) sugiere que los riesgos de infección cruzada (Tabla A3) y la procedencia de los ejemplares (Tablas A1 y A3) deberían ser considerados preventivamente, además de la posibilidad de coinfección por otras especies (Tabla A2). Los resultados del presente estudio deberían considerarse para la evaluación de riesgos previa a la introducción de las tintorerías en los acuarios.

## CONCLUSIONES

- Se registran y describen cuatro especies de copépodos del orden Siphonostomatoida: *Kroyeria carchariaeaglauci*, *Kroeyerina elongata*, *Echthrogaleus coleoptratus* y *Phyllothyreus cornutus*, siendo tres de ellas nuevos registros en la costa peninsular española y *K. elongata* un nuevo registro en el Mediterráneo.
- Se identifican molecularmente por primera vez las cuatro especies de copépodos y se aportan sus secuencias para futuros estudios.
- *Phyllothyreus cornutus* es la especie con mayor capacidad lesiva a nivel local, aunque el resto de las especies presentan un alto potencial patológico, especialmente en altas densidades, ya que afectan a órganos vitales.
- Todas las especies de copépodos registradas en la tintorería del Mediterráneo occidental son generalistas y presentan un ciclo de vida directo por lo que pueden transmitirse fácilmente en cautividad.
- Se recomienda aplicar protocolos preventivos de cuarentena, así como el monitoreo de los tiburones tras la introducción en la instalación.

## BIBLIOGRAFÍA

Aicardi, S., Amaroli, A., Gallus, L., & Ferrando, S. (2020). Effects of nasal parasite species in the small-spotted catshark *Scyliorhinus canicula* (Scyliorhinidae; Carcharhiniformes). *Journal of Vertebrate Biology*, 69(4). <https://doi.org/10.25225/jvb.20052>

Altschul, S. (1997). Gapped BLAST and PSI-BLAST: A new generation of protein database search programs. *Nucleic Acids Research*, 25(17), 3389–3402. <https://doi.org/10.1093/nar/25.17.3389>

Baylina, N., Pereira, N., Batista, H., & Correia, J. (2017). Collection, transport and husbandry of the blue shark, *Prionace glauca*. In M. Smith, D. Warmolts, D. Thoney, R. Hueter, M. Murray, & J. Ezcurra (Eds.), *The Elasmobranch husbandry manual II: Recent advances in the care of sharks, rays, and their relatives* (pp. 43–52). Ohio Biological Survey, Inc.

Benz, G. W. (1992). How Pandarus Species (Copepoda: Pandaridae) Attach to Their Shark Hosts. *The Journal of Parasitology*, 78(2), 368. <https://doi.org/10.2307/3283492>

Benz, G. W., & Deets, G. B. (1986). *Kroyeria caseyi* sp.nov. (Kroyeriidae: Siphonostomatoida), a parasitic copepod infesting gills of night sharks (*Carcharhinus signatus* (Poey, 1868)) in the western North Atlantic. *Canadian Journal of Zoology*, 64(11), 2492–2498. <https://doi.org/10.1139/z86-369>

Benz, G. W., & Bullard, S. A. (2004). Metazoan parasites and associates of chondrichthyans with emphasis on taxa harmful to captive hosts. In M. Smith, D. Warmolts, R. Hueter, & D. Thoney (Eds.), *Elasmobranch husbandry manual: Captive care of sharks, rays, and their relatives* (Vol. I, pp. 325–416). Ohio Biological Survey, Inc.

Borucinska, J. D., & Benz, G. W. (1999). Lesions Associated with Attachment of the Parasitic Copepod *Phyllothyreus cornutus* (Pandaridae: Siphonostomatoida) to Interbranchial Septa of Blue Sharks. *Journal of Aquatic Animal Health*, 11(3), 290–295. [https://doi.org/10.1577/1548-8667\(1999\)011<0290:LAWAOT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8667(1999)011<0290:LAWAOT>2.0.CO;2)

Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M., & Shostak, A. W. (1997). Parasitology Meets Ecology on Its Own Terms: Margolis et al. Revisited. *The Journal of Parasitology*, 83(4), 575. <https://doi.org/10.2307/3284227>

Carey, F. G., Scharold, J. V., & Kalmijn, Ad. J. (1990). Movements of blue sharks (*Prionace glauca*) in depth and course. *Marine Biology*, 106(3), 329–342. <https://doi.org/10.1007/BF01344309>

Carrier, J. C., Musick, J. A., & Heithaus, M. R. (Eds.). (2012). *Biology of sharks and their relatives* (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b11867>

Choromanski, J. M. (2004). Collecting elasmobranchs: Legislation, permitting, ethics, and commercial collectors. In M. Smith, D. Warmolts, R. Hueter, D. Thoney, & D. Warmolts (Eds.), *Elasmobranch husbandry manual: Captive care of sharks, rays, and their relatives* (Vol. I, pp. 43–52). Ohio Biological Survey, Inc.

Coelho, R., Fernandez-Carvalho, J., Lino, P. G., & Santos, M. N. (2012). An overview of the hooking mortality of elasmobranchs caught in a swordfish pelagic longline fishery in the Atlantic Ocean. *Aquatic Living Resources*, 25(4), 311–319. <https://doi.org/10.1051/alr/2012030>

Deboutteville, C. D., & Nunes-Ruivo, L. (1953). Copépodes parasites des poissons méditerranéens (3e série). *Vie et Milieu*, 1953, 201–218. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02559234>

Dehart, A. (2004). Species selection and compatibility. In M. Smith, D. Warmolts, R. Hueter, & D. Thoney (Eds.), *Elasmobranch husbandry manual: Captive care of sharks, rays, and their relatives* (Vol. I, pp. 15–24). Ohio Biological Survey, Inc.

Dezfuli, B. S., Giari, L., Lui, A., Lorenzoni, M., & Noga, E. J. (2011). Mast cell responses to *Ergasilus* (Copepoda), a gill ectoparasite of sea bream. *Fish & Shellfish Immunology*, 30(4–5), 1087–1094. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2011.02.005>

Dippenaar, S. (2004). Reported Siphonostomatoid Copepods Parasitic on Marine Fishes of Southern Africa. *Crustaceana*, 77(11), 1281–1328. <https://doi.org/10.1163/1568540043165985>

Fields, A. T., Fischer, G. A., Shea, S. K. H., Zhang, H., Abercrombie, D. L., Feldheim, K. A., Babcock, E. A., & Chapman, D. D. (2018). Species composition of the international shark fin trade assessed through a retail-market survey in Hong Kong. *Conservation Biology*, 32(2), 376–389. <https://doi.org/10.1111/cobi.13043>

Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R., & Vrijenhoek, R. (1994). DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 3(5), 294–299.

Froese, R., & Pauly, D. (Eds.). (2024). *Prionace glauca*. FishBase. Retrieved August 5, 2024, from <https://fishbase.mnhn.fr/summary/Prionace-glauca.html>

Gendron, S. M., & Menzies, S. (2004). Elasmobranch acclimatization and introduction. In M. Smith, D. Warmolts, R. Hueter, & D. Thoney (Eds.), *Elasmobranch husbandry manual: Captive care of sharks, rays, and their relatives* (Vol. I, pp. 151–162). Ohio Biological Survey, Inc.

Grassmann, M., McNeil, B., & Wharton, J. (2017). Sharks in Captivity: The Role of Husbandry, Breeding, Education, and Citizen Science in Shark Conservation. In *Advances in Marine Biology* (Vol. 78, pp. 89–119). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.amb.2017.08.002>

Heegaard, P. (1962b). Parasitic Copepoda from Australian waters. *Records of the Australian Museum*, 25(9), 149–233. <https://doi.org/10.3853/j.0067-1975.25.1962.661>

Henderson, A. C., Flannery, K., & Dunne, J. (2002). Parasites of the blue shark (*Prionace glauca* L.), in the North-East Atlantic Ocean. *Journal of Natural History*, 36(16), 1995–2004. <https://doi.org/10.1080/00222930110078834>

Hewitt, G. C. (1967). Some New Zealand parasitic Copepoda of the family Pandaridae. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 1(2), 180–264. <https://doi.org/10.1080/00288330.1967.9515202>

Ho, J. H., Liu, W. C., & Lin, C. L. (2011). Redescription of *Pagina tunica* Cressey, 1964: A parasitic copepod (Pandaridae) found on sharks of Taiwan. *Journal of the Fisheries Society of Taiwan*, 38(4). <https://doi.org/10.29822/JFST.201112.0005>

Ho, J. S., Liu, W. C., & Lin, C. L. (2012). Two species of *Echthrogaleus* (Copepoda: Siphonostomatoida: Pandaridae) parasitic on five species of sharks off the east coast of Taiwan. *Journal of the Fisheries Society of Taiwan*, 39(4). <https://doi.org/10.29822/JFST.201212.0004>

Holmes, J. M. C., & Gotto, R. V. (1998). A checklist of the Siphonostomatoida (Crustacea: Copepoda) of Ireland. *Bulletin of the Irish Biogeographical Society*, 24, 2–42.

Huys, R., & Boxshall, G. A. (1991). *Copepod evolution*. The Ray Society.

IUCN. (2024). *Prionace glauca* (Blue Shark). *The IUCN Red List of Threatened Species 2018*: e.T39381A2915850. Retrieved July 18, 2024, from <https://www.iucnredlist.org/species/39381/2915850>

Izawa, K. (2008). Redescription of four species of Kroyeria and Kroeyerina (Copepoda, Siphonostomatoida, Kroyeriidae) infecting Japanese sharks. *Crustaceana*, 81(6), 695–724. <https://doi.org/10.1163/156854008784513465>

Izawa, K. (2009). Free-Living Stages of the Parasitic Copepod, Kroyeria Elongata Pillai, 1967 (Siphonostomatoida, Kroyeriidae) Reared from Eggs. *Crustaceana*, 82(4), 439–447. <https://doi.org/10.1163/156854008X380291>

Izawa, K. (2012). *Echthrogaleus mitsukurinae* sp. nov. (Copepoda, Siphonostomatoida, Pandaridae) infesting the goblin shark *Mitsukurina owstoni* Jordan, 1898 in Japanese waters. *Crustaceana*, 85(1), 81–87. <http://www.jstor.org/stable/23212883>

Johnson, S., Treasurer, J., Bravo, S., Nagasawa, K., & Kabata, Z. (2004). A review of the impact of parasitic copepods on marine aquaculture. *Zoological Studies*, 43(2), 229–243.

Kebede, I., Fesseha, H., Ahmed, A., Kebede, S., & Dahesa, G. (2023). External parasites of fish: A comprehensive overview. *Veterinary Medicine - Open Journal*, 8(1), 66-73. <https://doi.org/10.17140/VMOJ-8-179>

Kalyan, C., & Anuprasanna, V. (2016). A Morphological Study of Kroyeria minuta Pillai, 1968 (Copepoda: Eudactylinidae) Infecting the Milk Shark, Rhizoprionodon acutus Rüppell, 1937 off Nellore Coast, Bay of Bengal, India. *Journal of Applied Life Sciences International*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.9734/JALSI/2016/29012>

Kik, M. J. L., Janse, M., & Benz, G. W. (2011). The sea louse *Lepeophtheirus acutus* (Caligidae, Siphonostomatoida, Copepoda) as a pathogen of aquarium-held elasmobranchs. *Journal of Fish Diseases*, 34(10), 793–799. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2011.01295.x>

Kinne, O. (1984). *Diseases of marine animals: Volume IV, Part 1: Introduction, Pisces* (pp. 1–32). Westholsteinische Verlagsdruckerei Boyens & Co.

Koob, T. J. (2004). Elasmobranchs in the public aquarium: 1860 to 1930. In M. Smith, D. Warmolts, R. Hueter, D. Thoney, & D. Warmolts (Eds.), *Elasmobranch husbandry manual: Captive care of sharks, rays, and their relatives* (Vol. I, pp. 1–14). Ohio Biological Survey, Inc.

Love, Milton S. and Moser, Mike, "A Checklist of Parasites of California, Oregon, and Washington Marine and Estuarine Fishes" (1983). Faculty Publications from the Harold W. Manter Laboratory of Parasitology. 750. <https://digitalcommons.unl.edu/parasitologyfacpubs/750>

Luque, J. L., Cruces, C., Chero, J., Paschoal, F., Alves, P. V., Da Silva, A. C., Sanchez, L., & Iannacone, J. (2016a). Lista de verificación de los metazoos parásitos de peces de Perú. *Neotropical Helminthology*, 10(2), 301–375. <https://doi.org/10.24039/rnh2016102751>

McElwain, A., Kohl, J. W., Bojkovic, J., & Benz, G. W. (2010). Distribution of *Kroeyerina elongata* (Kroyeriidae: Siphonostomatoida, Copepoda) in the Olfactory Sacs of the Blue Shark, *Prionace glauca*. *Journal of Parasitology*, 96(5), 887–896. <https://doi.org/10.1645/GE-2361.1>

Milne Edwards, H. (1840). Ordre des Copepodes. In *Histoire naturelle des Crustacés, comprenant l'anatomie, la physiologie et la classification de ces animaux* (Vol. 3, pp. 411-529). Retrieved from <https://www.biodiversitylibrary.org/page/16103940>

Morales-Serna, F. N., Crow, G. L., Montes, M. M., & González, M. T. (2019). Description of *Echthrogaleus spinulus* n. sp. (Copepoda: Pandaridae) parasitic on a torpedo ray from the central Pacific Ocean utilising a morphological and molecular approach. *Systematic Parasitology*, 96(9), 777–788. <https://doi.org/10.1007/s11230-019-09885-5>

Morris, A. L., Livengood, E. J., & Chapman, F. A. (2011). Sharks for the Aquarium and Considerations for Their Selection: FA179/FA179, 12/2010. *EDIS*, 2011(2). <https://doi.org/10.32473/edis-fa179-2010>

Muñoz, G., & Olmos, V. (2007). Revisión bibliográfica de especies ectoparásitas y hospedadoras de sistemas acuáticos de Chile. *Revista de biología marina y oceanografía*, 42(2). <https://doi.org/10.4067/S0718-19572007000200001>

Oldewage, W. H., & Smale, M. J. (1993). Occurrence of piscine parasitic copepods (Crustacea) on sharks taken mainly off Cape Recife, South Africa. *South African Journal of Marine Science*, 13(1), 309–312. <https://doi.org/10.2989/025776193784287310>

Orrell, D. L., Questel, J. M., Smoot, C. A., Simpson, T., & Hussey, N. E. (2023). *Alebion carchariae* (Copepod: Caligidae) host plasticity and distribution: a new host and locality record from Ascension Island. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 103, e3. <https://doi.org/10.1017/S0025315422001060>

Palomba, M., Insacco, G., Zava, B., & Santoro, M. (2022b). Occurrence and Molecular Characterization of Some Parasitic Copepods (Siphonostomatoida: Pandaridae) on Pelagic Sharks in the Mediterranean Sea. *Frontiers in Marine Science*, 8, 778034. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.778034>

Pegoraro De Macedo, M. R., Palomba, M., & Santoro, M. (2023). The Current State of Knowledge on Parasitic Copepods (Siphonostomatoida: Pandaridae) of Elasmobranchs. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 26(2), 475–509. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2022.12.006>

Pratt, J., McAlpine, D., Turnbull, S., & Emery, P. (2010). Prevalence, Intensity, and Site of Infection of *Echthrogaleus Coleoptratus* (Guérin-Méneville, 1837) (Siphonostomatoida, Pandaridae), Ectoparasitic on the Porbeagle Shark (*Lamna Nasus*) in the Bay of Fundy, Canada. *Crustaceana*, 83(3), 375–379. <https://doi.org/10.1163/001121610X12627655658203>

Pollerspöck, J. (2012). *Bibliography database of living/fossil sharks, rays and chimaeras (Chondrichthyes: Elasmobranchii, Holocephali) – Host-parasites list* (Version 08/2012). Shark References. Consultado Agosto 15, 2024, en <https://shark-references.com/species/listValidRecent/A>

Raibaut, A., Combes, C., & Benoit, F. (1998). Analysis of the parasitic copepod species richness among Mediterranean fish. *Journal of Marine Systems*, 15(1–4), 185–206. [https://doi.org/10.1016/S0924-7963\(97\)00079-1](https://doi.org/10.1016/S0924-7963(97)00079-1)

Reiczigel, J., Marozzi, M., Fábíán, I., & Rózsa, L. (2019). Biostatistics for Parasitologists – A Primer to Quantitative Parasitology. *Trends in Parasitology*, 35(4), 277–281. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2019.01.003>

Rodríguez, E., Espinoza, H., Fuentes, J. L., & Lira, C. (2019). *Copépodos parásitos asociados a tiburones capturados en pesquerías artesanales de la Isla de Margarita, Venezuela*.

Rokicki, J., & Bychawska, D. (1991). Parasitic copepods of Carcharhinidae and Sphyridae (Elasmobranchia) from the Atlantic Ocean. *Journal of Natural History*, 25(6), 1439–1448. <https://doi.org/10.1080/00222939100770911>

RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.

Silva, T., Lessa, R., & Santana, F. (2021). Current knowledge on biology, fishing, and conservation of the blue shark (*Prionace glauca*). *Neotropical Biology and Conservation*, 16, 71–88. <https://doi.org/10.3897/neotropical.16.e58691>

Skomal, G., & Bernal, D. (2010). Physiological responses to stress in sharks. In J. C. Carrier, J. A. Musick, & M. R. Heithaus (Eds.), *Sharks and their relatives II: Biodiversity, adaptive physiology, and conservation* (pp. 459–490). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420080483-c11>

Van As, J. G., & Van As, L. L. (2019). Adaptations and types of crustacean symbiotic associations. In N. J. Smit, N. L. Bruce, & K. A. Hadfield (Eds.), *Parasitic*

*Crustacea: State of Knowledge and Future Trends* (pp. 135–164). Springer.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-17385-2>

Véliz, C., López, Z., González, M. T., & Acuña, E. (2018a). Copépodos parásitos (Siphonostomatoida: Pandaridae) de *Prionace glauca* e *Isurus oxyrinchus*, capturados en la costa central de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 53, 51.  
<https://doi.org/10.22370/rbmo.2018.53.0.1254>

Veríssimo, A., Sampaio, Í., McDowell, J. R., Alexandrino, P., Mucientes, G., Queiroz, N., da Silva, C., Jones, C. S., & Noble, L. R. (2017). World without borders—genetic population structure of a highly migratory marine predator, the blue shark (*prionace glauca*). *Ecology and Evolution*, 7(13), 4768–4781.  
<https://doi.org/10.1002/ece3.2987>

Vinoliya, C., Ahilan, B., Alwinpeter, M., & Pavinkumar, P. (2021). Ecological importance of sharks. *Journal of Aquaculture in the Tropics*, 36(1-4), 31-38.  
<https://doi.org/10.32381/JAT.2021.36.1-4.4>

Wilson, C. B. (1944). *Parasitic copepods in the United States National Museum. Proceedings of the United States National Museum*, 94(3177), 529–582.  
<https://doi.org/10.5479/si.00963801.94-3177.529>

## ANEXOS

**Tabla A1** Parásitos de *Prionace glauca* encontrados en el estudio y sus ubicaciones conocidas en estudios hasta la fecha.

Fuente	Ubicación	<i>K. carchariaeglauci</i>	<i>K. elongata</i>	<i>P. cornutus</i>	<i>E. coleoptratus</i>
Benz & Dupre 1987	Nueva York	*		*	
Deboutteville & Nunes-Ruivo 1953	Mediterráneo francés	*			*
Deets 1987	Atlántico norte		*		
Dippenaar 2004	Madagascar	*			
Dippenaar 2004	Sudáfrica				*
Heegaard 1962	Sur de Australia				*
Henderson et al 2002	Mar Céltico/ costa irlandesa			*	*
Hewitt 1967	Nueva Zelanda				*
Ho et al 2012, Ho et al 2011	Taiwán				*
Izawa 2008	Japón	*			
Izawa 2009	Japón	*	*		
Izawa 2010	Japón				*
Luque et al 2016	Perú				
McElwain et al 2010	Atlántico norte estadounidense		*		
Montú 1996	Sur de Brasil				*
Orrell et al 2023	Islas Galápagos				
Muñoz & Olivos 2007	Chile	*			*
Palomba et al 2022	Mediterráneo (costas baleares)			*	*
Pillai et al 1985	India			*	*
Pratt et al 2010	Bahía de Fundy, Canadá				*
Pregoraro do macedo et al 2023	Mediterráneo (sin especificar)				*
Pregoraro do Macedo et al 2023	Hawái			*	
Pregoraro do Macedo et al 2023	Océano Índico			*	
Ribaut et al 1998	Adriático y Mediterráneo occidental	*			*
Rokicki & Bychawska 1991	Atlántico central	*		*	
Véliz et al 2018	Chile			*	*
Wilson 1944	Atlántico norte estadounidense		*		



