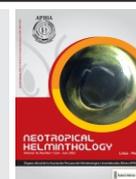




## Neotropical Helminthology



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

### COMPARISON OF THE PARASITE COMMUNITIES OF *NOTOTHENIA ROSSII* RICHARDSON, 1844 (PISCES: NOTOTHENIIDAE) AMONG THREE ANTARCTIC LOCALITIES

### COMPARACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE PARÁSITOS DE *NOTOTHENIA ROSSII* RICHARDSON, 1844 (PISCES: NOTOTHENIIDAE) ENTRE TRES LOCALIDADES ANTÁRTICAS

Catalina Larenas-Órdenes<sup>1</sup>; Matías Alarcón<sup>1</sup>; Andrés Castro<sup>1</sup> & Gabriela Muñoz<sup>1,2\*</sup><sup>1</sup>Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales, Universidad de Valparaíso, Avenida Borgoño 16344, Viña del Mar, Chile<sup>2</sup>Centro de Observación Marino para Estudios de Riesgo del Ambiente (Costa-R), Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile\*Corresponding author: [gabriela.munoz@uv.cl](mailto:gabriela.munoz@uv.cl)/[gabriela.munoz@cienciasdelmar.cl](mailto:gabriela.munoz@cienciasdelmar.cl)Catalina Larenas-Órdenes ID: <https://orcid.org/0000-0002-2052-7681>Matías Alarcón: <https://orcid.org/0000-0001-9931-3645>Andrés Castro: <https://orcid.org/0000-0001-5758-6469>Gabriela Muñoz: <https://orcid.org/0000-0002-9915-7555>

## ABSTRACT

This study describes the parasite communities of the fish *Notothenia rossii* Richardson, 1844 at two Antarctic localities, the Northern Peninsula Antarctic Area (NPA), and Greenwich Island (IGR). In addition, data from Muñoz and Rebolledo (2018) collected from a third locality, King George Island (IRJ). Abundance and species richness of parasite infra-communities, and parasite composition were compared between these three localities. Total length of hosts was included in the analyses. Nineteen parasite species were found in *N. rossii* at NPA and IGR. Most of the species had already been recorded in IRJ. The acanthocephalans *Metacanthocephalus johnstoni* Zdzitowiecki, 1983 and *Aspersentis megarhynchus* (von Linstow, 1892), and the digeneans of *Macvicaria* spp. were the most prevalent and dominant species at different localities, IRJ, NPA and IGR, respectively. Infra-community parasite abundance was significantly different between IRJ and NPA, while parasite richness was similar among the three localities. The total length of *N. rossii* from IRJ was significantly higher than the other two localities. Parasite abundance and species richness were significantly correlated with the fish total length, except the parasite richness at NPA. The Jaccard similarity index between pairs of localities was between 65% and 76%. However, the great abundance differences among parasite species resulted in fish having different proportions in parasite composition between IRJ and IGR. This finding was not due to differences in host total length, but indicates that biotic and abiotic conditions are disparate, and therefore, ecosystem dynamics differ between those localities.

**Key words:** Antarctica – body length – *Notothenia* – parasitological descriptors – relative abundance

Este artículo es publicado por la revista Neotropical Helminthology de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú auspiciado por la Asociación Peruana de Helminología e Invertebrados Afines (APHIA). Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.

doi:10.24039/rmh20221611320

## RESUMEN

En este estudio se describen las comunidades de parásitos de *Notothenia rossii* Richardson, 1844 en dos localidades antárticas, la Zona Norte de la Península Antártica (NPA) y la Isla Greenwich (IGR). Además, se consideró como una tercera localidad los datos de Muñoz y Rebolledo (2018) recolectados en la Isla Rey Jorge (IRJ). Se comparó la abundancia, riqueza de las infracomunidades de parásitos, y la composición parasitaria entre las tres localidades mencionadas. En los análisis se incluyó la longitud de los hospederos. En NPA y IGR se encontró un total de 19 especies de parásitos, la mayoría de estas especies habían sido registradas en IRJ. Los acantocéfalos *Metacanthocephalus johnstoni* Zdzitowiecki, 1983 y *Aspersentis megarhynchus* (von Linstow, 1892), y los digeneos de *Macvicaria* spp. fueron las especies más prevalentes y dominantes en IRJ, NPA e IGR, respectivamente. La abundancia infracomunitaria de parásitos fue significativamente distinta entre las localidades IRJ y NPA, mientras que la riqueza de parásitos fue similar entre las tres localidades. La longitud total de *N. rossii* de IRJ fue significativamente mayor que las otras dos localidades. La abundancia y riqueza de parásitos se correlacionó con la longitud total de peces, excepto la riqueza de parásitos en NPA. El índice de similitud de Jaccard entre pares de localidades varió entre 65% y 76%. Sin embargo, las proporciones de abundancia de las especies de parásitos afectaron la composición de parásitos, especialmente entre IRJ e IGR. Las diferencias en las comunidades de parásitos de *N. rossii* entre localidades no puede ser atribuida a longitud total de los hospederos, si no que indicaría diferencias en las condiciones bióticas o abióticas, por tanto, las dinámicas ecosistémicas serían disímiles entre esas localidades.

**Palabras clave:** Antártica – abundancia relativa – descriptores parasitológicos – longitud corporal – *Notothenia*

## INTRODUCCIÓN

El continente antártico presenta un gran endemismo de especies, de al menos un 88% (Eastman, 2005), debido a la existencia del Frente Polar, que se caracteriza por tener un fuerte gradiente térmico y salino que impide la unión de las masas de agua del océano austral con las aguas del Pacífico y Atlántico. Junto a la dinámica física del océano Austral, se encuentra la Corriente Circumpolar Antártica, una corriente impulsada por los vientos del oeste que dirige el flujo en dirección al este, circundando y aislando el continente (Orsi *et al.*, 1995). Este aislamiento oceanográfico ha reducido las migraciones de peces y han desarrollado las adaptaciones fisiológicas pertinentes para habitar las aguas frías, promoviendo la evolución de linajes locales (Stankovic *et al.*, 2002) y formando un sitio evolutivo único (Eastman, 2005; Alt *et al.*, 2022) que afecta a todos los organismos de este ambiente.

De la fauna antártica registrada, existen aproximadamente 320 especies de peces, cinco de las ocho familias existentes allí son del suborden

Notothenioidei. La familia Nototheniidae es endémica de la región Antártica y representa el 45% de la diversidad de especies bentónicas (Eastman, 2005). Estos peces son hospederos de varios taxones parasitarios, y pueden ser hospederos primarios, secundarios o definitivos para muchas de estas especies, permitiendo la persistencia y diversidad de parásitos en el ambiente (Palm *et al.*, 1998; 2007). La interacción entre parásitos y hospederos son constantes en el tiempo (Merino, 2002), y esta interacción se describe a través de descriptores cuantitativos en una muestra de individuos hospederos, lo que permite comprobar la asociación con factores biológicos de los parásitos y de los hospederos, así como con las condiciones ambientales y oceanográficas. De esta forma se podría entender la dinámica poblacional y comunitaria de parásitos en el tiempo y el espacio. Sin embargo, el conocimiento entre parásitos y hospederos en peces antárticos aun es bastante limitada, pese a la gran diversidad de parásitos que existe en esa zona (Zdzitowiecki, 1997; Muñoz & Cartes, 2020).

Existen dos especies de peces del género *Notothenia* que son comunes en las costas de la

península antártica e islas cercanas, *N. coriiceps* Richardson, 1844 y *N. rossii* Richardson, 1844 (DeWitt *et al.*, 1990). Con respecto a las comunidades de parásitos, se tiene mucho más conocimiento en *N. coriiceps* (Szidat, 1965, Palm *et al.*, 1998 Laskowski & Zdzitowiecki, 2005; Henríquez-Zarate, 2016; Muñoz & Rebolledo, 2018; Kuzmina *et al.*, 2020; 2022), mientras que solo un estudio comunitario de parásitos existe para *N. rossii* (Muñoz & Rebolledo 2018). Los cambios temporales y espaciales de parásitos se relacionan a las características ambientales del ecosistema (Kuzmina *et al.*, 2022), pero también a las condiciones de pesca y contaminación que alteran las relaciones interespecíficas en donde los parásitos participan (Cross *et al.*, 2001; Wood *et al.*, 2014).

La similitud en la composición de la comunidad de parásitos en una misma especie disminuye con la distancia geográfica (Poulin, 2007). Henríquez-Zarate (2016) registraron diferencias significativas entre las comunidades de parásitos del pez *N. coriiceps* entre Bahía Fildes y Rada Covadonga, de la Antártica, que están a 140 millas náuticas de distancia (= 259,3 Kms), en vista de que ambos sitios tienen distintos recursos y porque además los peces de *Notothenia* viven en zonas costeras aunque con un amplio rango de profundidad (5-350 m), por lo que la composición de las comunidades parasitarias son un buen indicador de las condiciones ambientales y de las migraciones del hospedero (Poulin, 2007).

El objetivo de este estudio fue describir, cualitativa y cuantitativamente las comunidades de parásitos de *N. rossii* en dos localidades antárticas no estudiadas anteriormente, zona norte de la península Antártica e Isla Greenwich, distanciadas por 130 km, y por el Estrecho de Bransfield (Fig. 1). Las comunidades de parásitos fueron comparadas entre localidades y se consideró una tercera localidad, la isla Rey Jorge, en donde previamente se analizaron los parásitos de *N. rossii* (Muñoz & Rebolledo, 2018). La isla Rey Jorge se encuentra a 46 km de distancia de la Isla Greenwich y a 136 km de la Zona Norte de la Península antártica. En las comparaciones de las comunidades de parásitos también se incluyó la longitud de los hospederos, dado a su influencia en la composición parasitaria.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los peces de *N. rossii* fueron recolectados en dos localidades de la Antártica, seis ejemplares en la Zona Norte de la Península Antártica (NPA) (63°19'15"S, 57°53'59"O) en 2018, y 37 ejemplares en la Isla Greenwich (IGR) (62°28'43"S., 59°39'48"O) en el 2019. Estos muestreos fueron posibles debido a las campañas de verano (ECA 54 y 55), entre enero y febrero, organizadas por el Instituto Antártico Chileno. También se consideró una tercera localidad, Isla Rey Jorge (IRJ) (62°12'57"S, 58°57'35"O), de la cual existen datos parasitológicos, de 45 ejemplares de *N. rossii*, publicados por Muñoz & Rebolledo (2018) y los respectivos datos, lo que permite la comparación de datos comunitarios de parásitos de los peces de las tres localidades mencionadas (Fig. 1).

La pesca se realizó desde un bote zodiac con motor, utilizando anzuelos y carnadas (peces), a 10-20 m de profundidad. Los peces fueron eutanasiados con sobredosis de anestésico (Isoeugenol al 1%) e individualizados en bolsas plásticas. El 10% de las muestras fueron disectadas en fresco y el resto congeladas hasta su posterior análisis parasitológico. Los peces fueron identificados según DeWitt *et al.* (1990). Posteriormente fueron medidos en su longitud corporal total. Se revisó la superficie y branquias de cada ejemplar para detectar ectoparásitos, y sus órganos internos fueron disectados para hallar a los endoparásitos. Se hizo una búsqueda exhaustiva de todos los parásitos utilizando un microscopio estereoscópico.

Los parásitos fueron identificados de acuerdo con la literatura indicada en Muñoz & Rebolledo (2018). Entre 1 a 3 ejemplares de cada especie de parásito encontrado en este estudio, fueron depositados en el Museo Nacional de Historia Natural de Chile (MNHNCL). Posteriormente, los parásitos fueron contabilizados por especie en cada individuo hospedero. Se calcularon los descriptores parasitológicos por especie de parásito (prevalencia y abundancia media) en cada muestra de hospedero. Para describir la comunidad componente de parásitos, se utilizó la abundancia y riqueza de especies infracomunitaria por individuo hospedero, de acuerdo con Bautista-Hernández *et al.* (2015). También se obtuvo la abundancia

relativa, que es el porcentaje total de individuos parásitos de cada taxón que aportó en cada infracomunidad, por lo tanto, se pueden inferir las especies dominantes en las infracomunidades. La abundancia relativa fue calculada como el total de parásitos de una especie dividido por el total de parásitos en una muestra de hospederos, multiplicado por 100 (George-Nascimento *et al.*, 2009).

La mayoría de los datos (*e.g.* longitud de los hospederos, abundancia y riqueza de especies parásitas) no tuvieron distribución normal en cada muestra de peces, en consecuencia, se utilizó solo análisis no paramétricos (Zar, 2010). Para comparar la longitud total de los peces entre las localidades, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis y las diferencias entre los grupos fue determinada a través de la prueba de comparaciones múltiples de Dunn no paramétrico. Para determinar la importancia de la longitud total de los hospederos con respecto a la riqueza y la abundancia de parásitos, se realizó una correlación de Spearman por cada muestra de peces.

La comparación de la prevalencia de parásitos entre muestras de peces se realizó a través de tablas de contingencia de  $3 \times 2$  y la probabilidad exacta de Fisher, donde las variables fueron número de peces por localidad y condición parasitaria (con y sin parásitos). La abundancia de cada especie de parásito fue comparada entre las tres localidades mediante la prueba de Kruskal-Wallis y en caso de obtener diferencia entre los grupos, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Dunn. Estas mismas pruebas estadísticas fueron aplicadas para la comparación de la abundancia y la riqueza de especies parásitas infracomunitarias entre las tres localidades.

Para el análisis de la composición parasitaria entre localidades se calculó el índice de similitud de Jaccard en base a la cantidad de especies parásitas compartidas dividida por el total de especies entre dos muestras de peces, expresada en porcentaje. Posteriormente, la composición de especies parásitas, en base a la abundancia de cada especie, se determinó con un análisis de componentes principales (ACP). Para aplicar este análisis hubo dos consideraciones; se utilizó aquellas especies de parásitos con una prevalencia de al menos el 5% en toda la muestra ( $n= 88$ ) y las abundancias de

parásitos fueron transformadas a  $\log_{10} + 1$ . Posteriormente, se realizó otro ACP considerando las muestras de peces de un mismo rango de longitud total, con el propósito de reducir el potencial efecto de la longitud de los hospederos en los datos parasitológicos.

Todos los análisis fueron realizados en el programa estadístico PAST 4.09 (<https://www.nhm.uio.no/english/research/infrastructure/past/>), y en todos los análisis se aplicó el nivel de significancia estadística de 0.05 (Zar, 2010).

**Aspectos éticos:** los procedimientos de captura y eutanasia de los peces utilizados en este estudio fueron aprobados por el comité de bioética de la Universidad de Valparaíso (Acta # 69/2017) y el permiso de captura de peces en aguas antárticas fue otorgado por el Instituto Antártica de Chile (permiso #75/2018 y #82/2019).

## RESULTADOS

Se obtuvieron seis ejemplares de la especie *Notothenia rossii* en NPA y 37 en IGR. En ellos se encontró un total de 19 especies de parásitos; los endoparásitos eran de Cestoda, Digenea, Acanthocephala y Nematoda, y los ectoparásitos eran de Monogenea, Isopoda e Hirudinea (Tabla 1). Del total de especies encontradas en *N. rossii*, el 62% estaban en estado larval. Los registros de muestras de parásitos depositados en el Museo Nacional de Historia Natural de Chile se indican en la Tabla 1.

En el conjunto de muestras de NPA e IGR, se encontraron seis especies de parásitos de baja representatividad, que no habían sido registrados en los peces de IRJ: *Ellytrophaloides oatesi* (Leiper & Atkinson, 1914), *Diphyllobothriidea* gen. sp., *Anisakis* sp, *Corynosoma beaglense* Laskowski, Jeżewski & Zdzitowiecki, 2008, *C. shackletoni* Zdzitowiecki, 1978 y *C. australe* Johnston, 1937 (Tabla 2). El porcentaje de especies de parásitos compartidas entre localidades (índice de Jaccard) fue relativamente alta; 65% entre IGR e IRJ, 71% entre NPA e IGR y 76% entre IRJ y NPA. Cinco especies de parásitos tuvieron prevalencias sobre el 59% en NPA e IGR. Hubo diferencias

significativas en la prevalencia de especies parásitas entre las localidades; cuatro especies fueron más prevalentes en IRJ que en las otras dos localidades ( $P < 0,033$ ): *Platybdellinae* gen. sp., *Pseudobedenia nototheniae* Johnston, 1931, *Metacanthocephalus johnstoni* Zdzitowiecki, 1983, y *Corynosoma hamanni* (Linstow, 1892). Dos especies de parásitos, *Macvicaria* spp. y *Corynosoma arctocephali* Zdzitowiecki, 1984, fueron significativamente más prevalentes en IGR ( $P < 0,006$ ) que en otras localidades (Tabla 1).

Considerando las abundancias infracommunitarias, se encontró que cuatro especies de parásitos fueron significativamente diferentes entre localidades ( $5,9 < H < 38,6$ ;  $P < 0,05$ ), siendo *M. johnstoni*, *Aspersentis megarhynchus* (von Linstow, 1892) y *C. hamanni* altamente abundantes en IRJ, mientras que *Macvicaria* spp. fue más abundante en IGR ( $H = 33,13$ ;  $P < 0,001$ ) (Tabla 1). Con respecto a las abundancias relativas, en cada localidad dominó una especie distinta, los acantocéfalos *M. johnstoni* (46,43%) y *A. megarhynchus* (48,76%) fueron dominantes en IRJ y NPA, respectivamente,

mientras que digéneos de *Macvicaria* spp. (51,23%) lo fueron en IGR (Fig. 2).

La longitud total de *N. rossii* tuvo diferencias significativas entre las tres localidades (Tabla 2), siendo los peces de IRJ de mayor longitud (Dunn,  $P < 0,05$ ). No hubo diferencias en la longitud total de peces entre NPA e IGR. La abundancia infracommunitaria de parásitos presentó diferencias significativas entre IRJ y NPA (Dunn  $P < 0,05$ ), mientras que los de IGR no se diferenciaron con respecto a las otras dos localidades (Tabla 2). La riqueza de parásitos no tuvo diferencias significativas entre las localidades (Tabla 2). La abundancia de especies de parásitos se correlacionó significativamente con la longitud total de peces hospederos en las tres localidades (Tabla 3). La riqueza de parásitos se correlacionó significativamente con la longitud total de los hospederos de IRJ e IGR, pero no en NPA (Tabla 3).

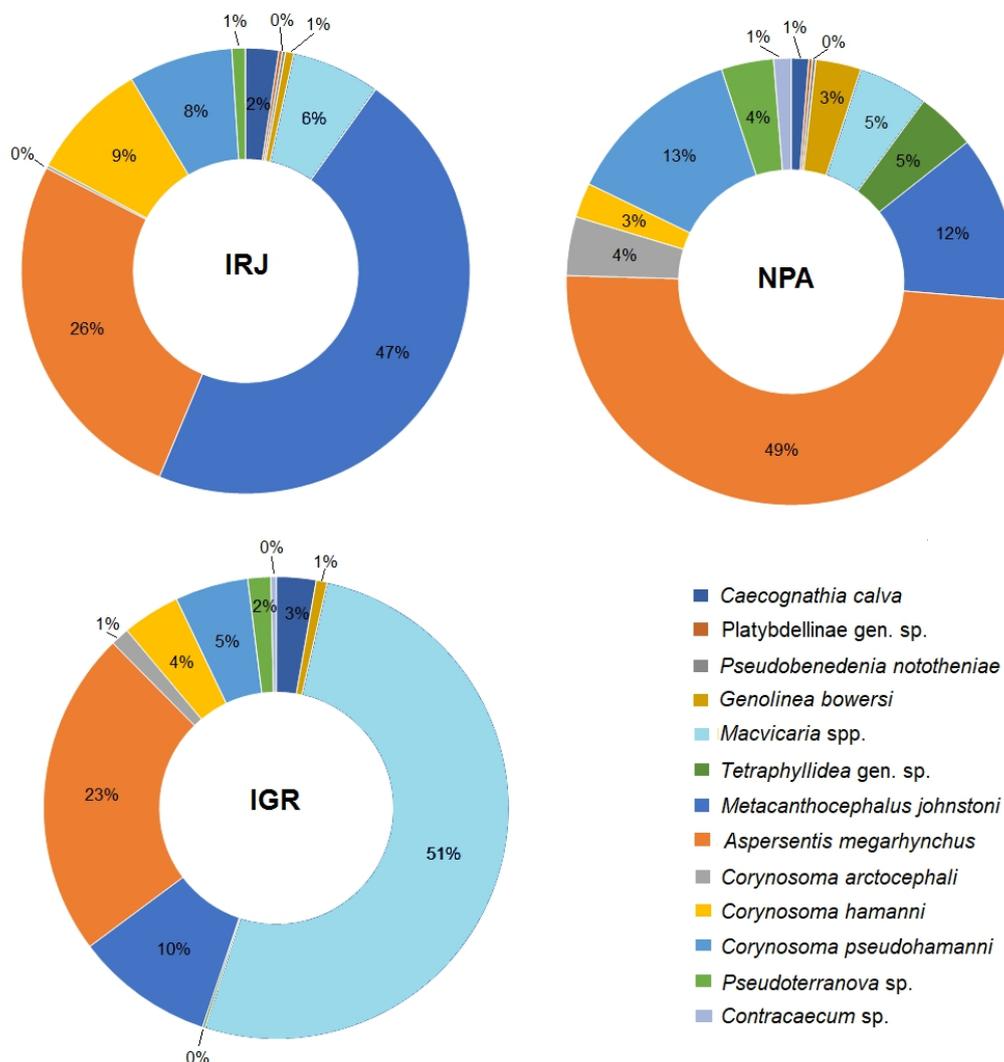
El ACP mostró que las muestras de peces de IRJ e IGR se superponen solo parcialmente entre sí, mientras que la muestra de peces de NPA se encuentra en la zona de superposición de datos con



**Figura 1.** Área de estudio en la Antártica, las flechas rojas indican la ubicación de extracción de ejemplares *N. rossii* en: NPA, Zona Norte de la Península Antártica; IRJ, Isla Rey Jorge; IGR, Isla Greenwich.

las otras dos localidades (Fig. 3) que tienden a estar cerca del centro del gráfico. Los parásitos que representan a las muestras de peces son aquellos que se alejan del centro del gráfico y que están mas cerca de alguna de las muestras, es decir, *M. johnstoni* y *C. hamanni* representan mejor a IRJ, mientras que *Macvicaria* spp. representa a la muestra de IGR. Como los peces de distinta localidad tenían diferencias en sus longitudes corporales totales, un segundo análisis de componentes principales se centró en un rango de longitud similar entre IRJ e IGR (10,5 cm- 32,5 cm), sin considerar la muestra NPA.

En este análisis se observó un patrón similar de distribución de datos entre las dos muestras, es decir, que las comunidades de parásitos en hospederos de IRJ e IGR están levemente sobrepuestas, y sus diferencias en el primer eje composicional (Fig. 3A) se deben a la abundancia de las especies de parásitos, ya que *Macvicaria* spp. representa a los peces de IGR mientras que *M. johnstoni* representa a los peces de IRJ, pero *C. hamanni* tiene menos representatividad que el primer análisis de componentes principales. Ahora, sobresale *C. pseudohamanni*, que representa mejor a la muestra de IRJ en el segundo eje composicional (Fig. 3B).



**Figura 2.** Abundancias relativas de las especies de parásitos (en porcentaje) en cada una de las localidades consideradas, Isla Greenwich (IGR), Isla Rey Jorge (IRJ) y Zona Norte de la Península Antártica (NPA). \* datos de Muñoz & Rebolledo (2018). Porcentajes en cero indican ausencia de la especie de parásito (según indica su color) en esa localidad.

**Tabla 1.** Prevalencia (%) y abundancia media ( $\pm$ DE, desviación estándar) de 19 taxa de parásitos en *Notothenia rossii* en la Zona Norte de la Península Antártica (NPA) e Isla Greenwich (IGR). Se indica solo la presencia de taxa parasitarios de IRJ de acuerdo con Muñoz & Rebolledo (2018). El estado de desarrollo del parásito está en paréntesis, L: larva; J: juvenil, A: adulto.

Especies de parásitos	N° MNHNCL	IRJ (N= 45)	NPA (n= 6)		IGR (n= 37)	
		Presentes	Prevalencia (%)	Abundancia media $\pm$ DE	Prevalencia (%)	Abundancia media $\pm$ DE
<i>Caecognathia calva</i> (L)	ISO-15136	X	66,7	0,83 $\pm$ 0,75	62,2	2,24 $\pm$ 3,21
Platybdellinae gen. sp. (J)	ANN-15037	X	16,7	0,17 $\pm$ 0,41		
<i>Pseudobenedenia nototheniae</i> (A)	PLAT-15051	X	16,7	0,17 $\pm$ 0,41		
<i>Genolinea bowersi</i> (A)	PLAT-15053	X	33,3	2,17 $\pm$ 3,37	35,1	0,62 $\pm$ 1,16
<i>Ellytrophalloides oatesi</i> (A)	PLAT-15055	X	16,7	0,17 $\pm$ 0,41	2,7	0,03 $\pm$ 0,16
<i>Macvicaria</i> spp. (A)	PLAT-15054	X	66,7	3,33 $\pm$ 4,46	89,2	41,81 $\pm$ 48,24
Diphyllobothriidea gen. sp. (L)	PLAT-15052		16,7	0,17 $\pm$ 0,41		
Tetraphyllidae plerocercoids (L)	PLAT-15056	X*	33,3	2,83 $\pm$ 4,92	2,7	0,14 $\pm$ 0,82
<i>Metacanthocephalus johnstoni</i> (A)	ACAN-15014	X	100,0	8 $\pm$ 6,20	59,5	7,84 $\pm$ 15,40
<i>Aspersentis megarhynchus</i> (A)	ACAN-15013	X	83,3	32,67 $\pm$ 55,81	100,0	18,57 $\pm$ 12,24
<i>Corynosoma beaglense</i> (L)	**				5,4	0,05 $\pm$ 0,23
<i>Corynosoma shackletoni</i> (L)	ACAN-15012				5,4	0,14 $\pm$ 0,67
<i>Corynosoma arctocephali</i> (L)	ACAN-15009	X	50,0	2,83 $\pm$ 4,67	37,8	1,05 $\pm$ 1,81
<i>Corynosoma hamanni</i> (L)	ACAN-15011	X	50,0	1,67 $\pm$ 2,42	46,0	3,27 $\pm$ 6,67
<i>Corynosoma pseudohamanni</i> (L)	ACAN-15010	X	66,7	8,5 $\pm$ 12,18	70,3	4,14 $\pm$ 5,52
<i>Corynosoma australe</i> (L)	ACAN-15008		16,7	0,17 $\pm$ 0,41		
<i>Pseudoterranova</i> sp. (L)	NEM-15027	X	33,33	2,5 $\pm$ 5,21	40,5	1,3 $\pm$ 2,74
<i>Anisakis</i> sp. (L)	NEM-15025				2,7	0,14 $\pm$ 0,82
<i>Contracaecum</i> sp. (L)	NEM-15025		33,33	0,83 $\pm$ 1,33	18,9	0,3 $\pm$ 0,78

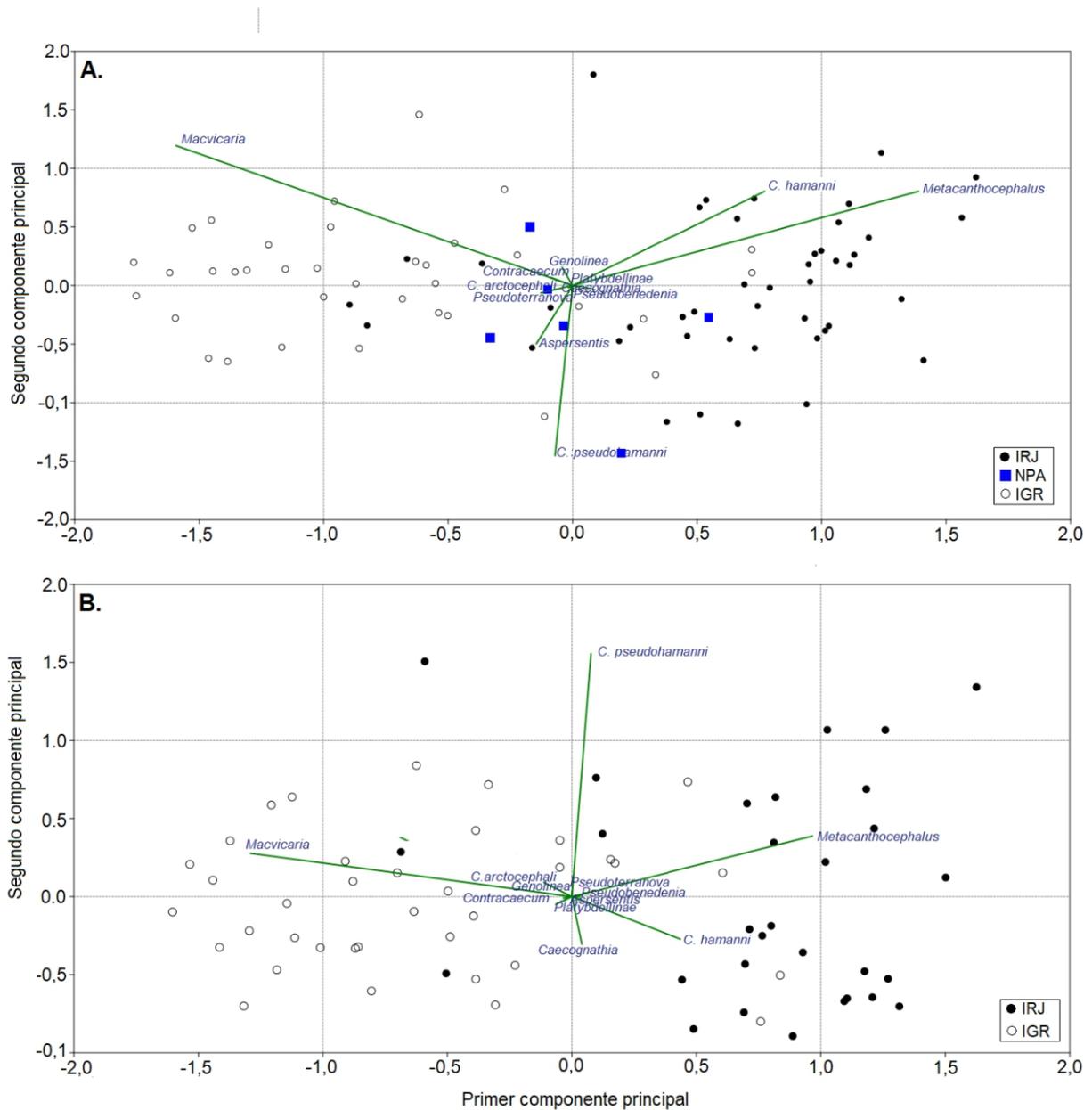
\*como *Onchobothrium* sp.; \*\*solo un ejemplar no disponible para depósito en museo

**Tabla 2.** Mediana y rango de la longitud de hospederos, la abundancia y la riqueza de parásitos muestreados en Isla Greenwich (IGR), Isla Rey Jorge (IRJ) y Zona Norte de la Península Antártica (NPA); H= estadígrafo de Kruskal-Wallis, grados de libertad: N= 88, k-1=2, P= probabilidad estadística. Superíndices a y b en los valores de mediana indican diferencias entre los grupos cuando tienen letras diferentes ( $P < 0,05$ ), y sin diferencias cuando tienen la misma letra.

VARIABLES	LOCALIDAD	MEDIANA	RANGO	H (88, 2)	P
Longitud	IRJ	30,8 <sup>a</sup>	10,6-38,8	20,54	<000,1
	NPA	21,9 <sup>b</sup>	8,6-31,6		
	IGR	27,2 <sup>b</sup>	10,28-32,5		
Abundancia	IRJ	100,5 <sup>a</sup>	32-354	10,22	0,006
	NPA	49,0 <sup>b</sup>	3-192		
	IGR	68,0 <sup>a,b</sup>	21-297		
Riqueza	IRJ	6,0	3-8	1,69	0,428
	NPA	7,5	2-11		
	IGR	6,0	2-9		

**Tabla 3.** Correlación de Spearman de la abundancia infracomunitaria de parásitos, la riqueza de especies de parásitos con respecto a la longitud total de *Notothenia rossii* obtenidos en Isla Rey Jorge (IRJ) y Zona Norte de la Península Antártica (NPA) e Isla Greenwich (IGR), rs= coeficiente de correlación de Spearman, P= probabilidad estadística, \* correlaciones significativas.

Abundancia vs LT	n	rs	P
IRJ ‡	45	0,05 > 0,35	P > 0,02*
NPA	6	0,05 > 0,94	P > 0,02*
IGR	37	0,05 > 0,37	P > 0,02*
<b>Riqueza vs LT</b>			
IRJ ‡	45	0,46	P < 0,002*
NPA	6	0,71	P > 0,100
IGR	37	0,02 > 0,36	P > 0,01*



**Figura 3.** Primeros dos ejes del análisis de componentes principales en base de la abundancia de especies parásitas (en  $\log_{10} +1$ ) en *N. rossii*: A) muestras de tres localidades antárticas, B) muestras de dos localidades considerando un mismo rango de longitud corporal (entre 10,5 cm y 32,5 cm). Localidades: Isla Rey Jorge (IRJ), Zona Norte de la Península Antártica (NPA) e Isla Greenwich (IGR). En letras azules se indican las especies parásitas representativas en los ejes composicionales.

## DISCUSIÓN

Las muestras de peces de *N. rossii* de NPA e IGR no tenían ninguna especie de parásito que no haya sido registrada previamente en el género *Notothenia*. El acantocéfalo *C. beaglense*, que tuvo baja prevalencia y abundancia, fue el único parásito que no había sido registrado en *N. rossii* (Oğuz *et al.*, 2015; Laskowski & Zdzitowiecki, 2017).

*Notothenia rossii* de las tres localidades analizadas mostró una alta similitud de especies de parásitos (entre 65% y 76%), sin embargo, las especies de parásitos dominantes fueron distintas. Cuatro especies de parásitos fueron compartidas entre las tres localidades, *M. johnstoni*, *A. megarhynchus*, *C. hamanni* y *Macvicaria* spp. pero mostraron significativas diferencias en la abundancia, especialmente entre IRJ e IGR, lo que en consecuencia hace que la composición de las comunidades de parásitos sea diferente entre las localidades debido a la proporción de estas especies de parásitos. Particularmente, las comunidades de parásitos de *N. rossii* de NPA tenían a *A. megarhynchus* como parásito dominante. Sin embargo, las comunidades de parásitos de esta muestra de peces no difirieron de las otras localidades, posiblemente al bajo tamaño muestral que se obtuvo, lo que tiene un bajo peso estadístico.

Las grandes diferencias en abundancia de parásitos entre las localidades de IRJ e IGR se mantienen a pesar de reducir el efecto de la longitud, al considerar un rango de longitudes similares. Esto indica que las diferencias en la composición de parásitos no están asociadas a la longitud total de los hospederos. En consecuencia, las diferencias en las abundancias y prevalencias de parásitos en *N. rossii* de IRJ e IGR son importantes ya que a través de estas se pueden inferir diferencias en sus hábitats (Poulin, 2007). Los parásitos más abundantes y prevalentes en IRJ fueron acantocéfalos, tales como *M. johnstoni* y *A. megarhynchus* en estado adulto, y *C. pseudohamanni* Zdzitowiecki, 1984 en estado larval, mientras que el parásito más abundante en IGR fueron digeneos adultos de *Macvicaria*. Las diferencias de sus ambientes pueden ser entendidas si se analizan los ciclos de vida de los parásitos.

Los acantocéfalos usualmente tienen un hospedero intermediario, de hecho, se han encontrado cistacantos de *M. johnstoni*, *A. megarhynchus* y *Corynosoma* spp. en varias especies de anfípodos (Zdzitowiecki & Presler, 1991; Laskowski *et al.*, 2010). Además, la dieta de los peces de *Notothenia* se compone en gran parte de anfípodos Gammaridae, de hecho, en un estudio se analizó una muestra de 108 peces que en conjunto tenían más de 6 mil de estos crustáceos (Moreno & Zamorano, 1980). Por lo tanto, las abundancias y la composición de especies hospederas que participan en el ciclo de vida de los acantocéfalos podrían dar cuenta de las abundancias parasíticas (Zdzitowiecki, 1991).

Los digeneos de *Macvicaria* requiere de dos hospederos intermediarios, un molusco como primer hospedero intermediario, y usualmente otro invertebrado, como un crustáceo, un gasterópodo o erizo (Jousson *et al.*, 1999) como segundo hospedero intermediario, antes de alcanzar al pez que es su hospedero definitivo. Por la cantidad de hospederos involucrados en el ciclo de vida de un digeneo, se deduce que las interacciones interespecíficas son distintas para la transmisión de parásitos, porque los estadios larvales de las cercarias de digeneos son de unas horas de vida y de natación limitada, eso implica que los hospederos intermediarios secundarios deben estar cerca de los moluscos para que la infección con larvas cercarias sea exitosa. Por otro lado, existe evidencia de que factores ambientales, tales como temperatura, luz, olas, afectan la capacidad de nado de las larvas cercarias e influyen notablemente en la infección al siguiente hospedero (Rea & Irwin, 1992; Morley, 2020). No se tiene certeza sobre los hospederos de metacercarias de *Macvicaria*, en lo general, desde el segundo hospedero intermediario al pez es pasiva, ya que implica que el pez se alimente de un hospedero intermediario secundario parasitado. En definitiva, esta parte del ciclo de vida implica otras dinámicas de interacción y transmisión entre hospederos y parásitos, de lo cual muy poco podemos decir dado a la falta de información que existe en parásitos antárticos (Sandaña *et al.*, 2018). En general, el ambiente antártico ha sido poco intervenido y sin contaminación, lo que implica que las interacciones parásito-hospedero no tengan alteraciones por esta causa, al menos (Cross *et al.*, 2001).

Todas las especies parásitas halladas en *N. rossii* son generalistas, es decir, habitan varias especies de peces, aves y mamíferos (Zdzitowiecki, 1990; 1991; Oğuz *et al.*, 2015). Solo como dato, los acantocéfalos de *C. arctocephali*, *C. hamanni* y *C. pseudohamanni* parasitan entre 15 y 20 taxones de peces (Oğuz *et al.*, 2015), mientras que digeneos de *Macvicaria* habitan en más de 40 especies de hospederos (Oğuz *et al.*, 2015). Sin embargo, muy pocos antecedentes existen sobre las infecciones parasitarias en invertebrados, lo que limita explicar las diferencias de parásitos en las diferentes localidades. En todo caso, las diferencias de las abundancias de diferentes especies de parásitos en las localidades muestreadas indican que el ambiente o abundancia de los hospederos son diferentes, lo que conlleva a dinámicas de interacción propias de cada lugar. En ese aspecto, podemos afirmar que al menos las localidades de IRJ e IGR son diferentes en alguno de los factores mencionados, lo que se reflejó en las comunidades de parásitos.

Por último, es importante mencionar además el rol de los peces en el ciclo de vida de los parásitos (Palm *et al.*, 1998), ya que peces del género *Notothenia* albergan varios parásitos en estados larvales (como *Corynosoma*, nemátodos anisákidos, y larvas de cestodos) que maduran en aves y mamíferos (Rocka, 2006). Debido a las bajas abundancias y prevalencias de parásitos en invertebrados antárticos (Zdzitowiecki & Presler, 1991; Laskowski *et al.*, 2010, Flores *et al.*, 2019) así como en otros lugares (Muñoz & Olmos, 2008), se puede especular que muchas especies de parásitos también podrían ser generalistas en sus hospederos intermediarios, ya que de esa forma podría entenderse las altas prevalencias o abundancias de parásitos que se han registrados en peces, aves y mamíferos (Dailey & Vogelbein, 1991; Díaz *et al.* 2017). A pesar de que la explicación de las diferencias de la composición de parásitos entre localidades es un tanto especulativa, queda claro que aún falta conocer mucho más de las transmisiones de parásitos, sus ciclos de vida y las dinámicas comunitarias de los parásitos-hospederos en la zona antártica.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al proyecto CIDI # 12,

Centro de Observación Marino para Estudios de Riesgo del Ambiente por el financiamiento parcial de este estudio, y al Instituto Antártico Chileno por la colaboración en terreno para la extracción de las muestras.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alt, KG, Cunze, S, Kochmann, J & Klimpel S. 2022. Parasites of three closely related antarctic fish species (Teleostei: Nototheniinae) from Elephant Island. *Acta Parasitologica*, vol. 67, pp. 218-232.
- Bautista-Hernández, CE, Monks S, Pulido-Flores, G & Rodríguez-Ibarra, AE. 2015. Revisión bibliográfica de algunos términos ecológicos usados en parasitología, y su aplicación en estudios de caso. En Pulido-Flores, G, Monks, S & López-Herrera, M. (eds.). *Estudios en Biodiversidad, Volumen I*. University of Nebraska, Lincoln.
- Cross, MA, Irwin, SWB, & Fitzpatrick, SM. 2001. Effects of heavy metal pollution on swimming and longevity in cercariae of *Cryptocotyle lingua* (Digenea: Heterophyidae). *Parasitology*, vol. 123 (Pt 5), pp. 499-507.
- Dailey, MD, & Vogelbein, WK. 1991. Parasite fauna of 3 species of Antarctic whales with reference to their use as potential stock indicators. *Fishery Bulletin*, vol. 89, pp. 355-365.
- DeWitt, HH, Heemstra, PC, & Gon, O. 1990. Nototheniidae. In: Gon, O & Heemstra, PC. (eds.). *Fishes of the Southern Ocean*. J. L. B. Smith Institute of Ichthyology.
- Díaz, JI, Fusaro, B, Vidal, V, González-Acuña, D, Schneider Costa E, Dewar, M, Gray, R, Power M, Miller G, Blyton M, Vanstreels R, & Barbosa A. 2017. Macroparasites in Antarctic Penguins. In Klimpel, S, Kuhn, T & Melhorn, H. (eds). *Biodiversity and evolution of parasitic life in the Southern Ocean*. Parasitology Research Monograph, vol. 9, chapter 9, Cham: Springer.
- Eastman, JT. 2005. The nature of the diversity of Antarctic fishes. *Polar Biology*, vol. 28, pp. 93-107.
- Flores, K, López, Z, Levicoy, D, Muñoz-Ramírez,

- CP, González-Wevar, C, Oliva, ME, & Cárdenas, L. 2019. *Identification assisted by molecular markers of larval parasites in two limpet species (Patellogastropoda: Nacella) inhabiting Antarctic and Magellan coastal systems*. Polar Biology, vol. 42, pp. 1175-1182.
- George-Nascimento, M, Mellado, A, Saavedra, S & Carvajal, J. 2009. *Variabilidad de las comunidades de parásitos metazoos del róbalo Eleginops maclovinus (Cuvier & Valenciennes, 1830) (Pisces: Eleginopidae) en Chile*. Revista Chilena de Historia Natural, vol. 82, pp. 199-207.
- Henríquez-Zarate, Y. 2016. *Parásito fauna del pez Notothenia coriiceps Richardson, 1844 (Perciformes: Nothotenoidei) recolectados desde la Península Antártica, entre los años 2015 -2016*. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia. Chile.
- Jousson, O, Bartoli, P, & Pawlowski, J. 1991. *Molecular identification of developmental stages in Opecoelidae (Digenea)*. International Journal for Parasitology, vol. 29(11), pp. 1853-1858.
- Kuzmina, TA., Salganskij, OO, Lisitsyna, OI, & Korol, EM. 2020. *Helminths of antarctic rockcod Notothenia coriiceps (Perciformes, Nototheniidae) from the akademik Vernadsky station area (Argentine Islands, West Antarctica): new data on the parasite community*. Zoodiversity, vol. 54, pp. 99-110.
- Kuzmina, TA, Laskowski, Z, Salganskij, OO, Zdzitowiecki, K, Lisitsyna, OI, & Kuzmin, Y. 2022. *Helminth assemblages of the Antarctic Black Rockcod, Notothenia coriiceps (Actinopterygii: Nototheniidae) in coastal waters near Galindez Island (Argentine Islands, West Antarctic): Temporal changes in the endoparasite community*. Acta Parasitologica, vol. 67, pp. 207-217.
- Laskowski, Z, & Zdzitowiecki, K. 2005. *The helminth fauna of some notothenioid fishes collected from the shelf of Argentine Islands, West Antarctica*. Polish Polar Research, vol. 26, pp. 315-324.
- Laskowski, Z, & Zdzitowiecki, K. 2017. *Acanthocephalans in Sub-Antarctic and Antarctic*. In: Klimpel, S, Kuhn, S & Mehlhorn, H (eds.). *Biodiversity and evolution of parasitic life in the Southern Ocean*. Springer International Publishing, Cham.
- Laskowski, Z, Jeżewski, W, & Zdzitowiecki, K. 2010. *New data on the occurrence of Acanthocephala in Antarctic Amphipoda*. Acta Parasitologica, vol. 55, pp. 161-166.
- Merino, S. 2002. *Evolución de la interacción parásito-hospedador*. En: Soler, M (ed). *Evolución: la base de la biología*. Proyecto Sur, Madrid.
- Moreno, CA & Zamorano, JH. 1980. *Selección de los alimentos en Notothenia coriiceps neglecta del cinturón de macroalgas de Bahía South, Antártica*. Instituto Antártico Chileno, vol. 25, pp. 33-44.
- Morley, NJ. 2020. *Cercarial swimming performance and its potential role as a key variable of trematode transmission*. Parasitology, vol. 147, pp. 1369-1374.
- Muñoz, G, & Olmos, V. 2008. *Revisión de especies endoparásitas y hospedadoras de sistemas acuáticos de Chile*. Revista de Biología Marina y Oceanografía, vol. 43, pp. 173-245.
- Muñoz, G & Rebolledo, M. 2018. *Comparison of the parasite community of two nototheniids Notothenia rossii and N. coriiceps (Pisces: Nototheniidae) from the King George Island, Antarctica*. Journal of Helminthology, vol. 93, pp. 732-737.
- Muñoz, G & Cartes, F. 2020. *Parasitic diversity from the Southern Ocean: is it really low in Antarctic fish?*. Journal of Helminthology, vol. 94, e180.
- Oğuz, MC, Tepe, Y, Belk, MC, Heckmann, RA, Aslan, B, Gürgen, M, Bray, RA & Akgül, Ü. 2015. *Metazoan parasites of Antarctic fishes*. Türkiye Parazitoloji Dergisi, vol. 39, pp. 174-178.
- Orsi, AH, Whitworth, T & Nowlin, WD. 1995. *On the meridional extent and fronts of the Antarctic Circumpolar Current*. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, vol. 42, pp. 641-673.
- Palm, HW, Reimann, N, Spindler, M, & Plötz, J. 1998. *The role of the rock cod Notothenia coriiceps Richardson, 1844 in the life-cycle of Antarctic parasites*. Polar Biology, vol. 6, pp. 399-406.
- Palm, HW, Klimpel, S & Walter, T. 2007. *Demersal*

- fish parasite fauna around the South Shetland Islands: high species richness and low host specificity in deep Antarctic waters.* Polar Biology, vol. 30, pp. 1513-1522.
- Poulin, R. 2007. *Evolutionary Ecology of Parasites*. Princeton University Press, New Jersey.
- Rea, JG, & Irwin, SWB. 1992. *The effects of age, temperature, light quantity, and wavelength on the swimming behaviour of the cercariae of Cryptocotyle lingua (Digenea: Heterophyidae)*. Parasitology, vol. 105(01), pp. 131-137.
- Rocka A. 2006. *Helminths of Antarctic fishes: Life cycle biology, specificity and geographical distribution*. Acta Parasitologica, vol. 51(1), pp. 26–35.
- Sandaña, AA. 2018. *Biodiversidad de parásitos digeneos en tres especies de invertebrados endémicos de la antártica*. Tesis de Grado de Licenciado en Biología Marina y Título Profesional de Biólogo Marino. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Stankovic, A, Spalik, K, Kamler, E, Borsuk, P, & Weglenski, P. 2002. *Recent origin of sub-Antarctic notothenioids*. Polar Biology, vol. 25, pp. 203-205.
- Szidat, L. 1965. *Estudios sobre la fauna de parásitos de peces antárticos. I - Los parásitos de Notothenia neglecta Nybelin*. Servicio de Hidrografía Naval, República de Argentina, vol. H910, pp. 1-84.
- Wood, CL, Sandin, SA, Zgliczynski, B, Guerra, AS, & Micheli, F. 2014. *Fishing drives declines in fish parasite diversity and has variable effects on parasite abundance*. Ecology, vol. 95, pp. 1929-1946.
- Zar, JH. 2010. *Biostatistical Analysis (5<sup>th</sup> Edition)*. Prentice Hall/ Pearson.
- Zdzitowiecki, K. 1990. *Antarctic representative of the genus Macvicaria Gibson & Bray, 1982 (Digenea: Opecoelidae), with descriptions of two new species*. Systematic Parasitology, vol. 16, pp. 169-179.
- Zdzitowiecki, K. 1991. *Antarctic Acanthocephala, keys and notes for the identification of the species, vol. 3*. In: Wägele JW & Sieg J (eds). *Synopsis of the Antarctic benthos*. Koeltz Scientific Books.
- Zdzitowiecki, K, & Presler, P. 1991. *Occurrence of Acanthocephala in intermediate hosts, Amphipoda, in Admiralty Bay, South Shetland Islands, Antarctica*. Polish Polar Research, vol. 22, pp. 205-212.
- Zdzitowiecki, K. 1997. *Antarctic Digenea, Parasites of Fishes, vol. 8*. In: Wägele JW & Sieg J (eds.). *Synopses of the Antarctic Benthos*. Koeltz Scientific Books.

Received February 11, 2022.  
Accepted April 26, 2022.