

## PECES ANTÁRTICOS: LA IMPORTANCIA DE LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACIÓN EN AGUAS COSTERAS

**Eugenia Moreira, Manuel Novillo y Esteban Barrera Oro**

### ABSTRACT

*Los peces antárticos son uno de los recursos vivos explotables de una de las regiones más remotas del planeta. A pesar del esfuerzo que se hace por conservar algunos sectores del Océano Austral, así como de algunas de las especies de peces más emblemáticas, la presión de las pesquerías comerciales es constante. En este contexto incrementar el conocimiento de la ictiofauna antártica es crucial para aportar nuevos elementos que contribuyan en la elaboración de las medidas de conservación del ecosistema antártico en un escenario cambiante, como es el problemático contexto del cambio climático. Los programas de investigación en aguas costeras litorales o “inshore” proveen información valiosa para complementar el conocimiento del ciclo de vida de las especies y su rol en el ecosistema.*

### PALABRAS CLAVES

**Ictiología Antártica, Recursos pesqueros, Ecología trófica, Ecología reproductiva, CCRVMA**

## INTRODUCCIÓN

La Ictiofauna del Océano Austral está conformada por sólo 374 especies que pertenecen a 50 familias. El 88% de las especies son endémicas, es decir que habitan exclusivamente en aguas antárticas. Esta gran área marina, que representa el 10 % de los océanos del mundo, alberga el 1,3% de la ictiofauna mundial. Si tenemos en cuenta que la mitad de los vertebrados son peces y que existen al menos 36000 especies de peces en todo el mundo distribuidas en 482 familias (Fricke et al., 2022), la ictiofauna antártica no es tan diversa como se esperaría al considerar el tamaño y la edad del ecosistema marino antártico. El grupo dominante, en términos de abundancia y biomasa, es un grupo endémico de peces demersales costeros, el Suborden Notothenioidei (vulgarmente conocidos como nototenoideos), constituido por 140 especies de peces de las cuales 110 habitan aguas antárticas y subantárticas (Eastman y Eakin, 2021).

La presencia de peces pelágicos en el ecosistema marino antártico es limitada. La ictiofauna pelágica es principalmente mesopelágica, y está representada en términos de diversidad y biomasa por la familia Myctophidae (peces linterna) y dentro del suborden Notothenioidei por la especie *Pleuragramma antarcticum* y especies criopelágicas del género *Trematomus*. Las especies pelágicas son de gran importancia ecológica dentro de la red antártica debido a que son ítems alimenticios importantes de ciertos predadores tope, sean o no buceadores.

Dentro de los nototenoideos, algunas especies de las familias Nototheniidae y Channichthyidae fueron blanco de pesquerías comerciales en las décadas de 1970 y 1980 (Kock et al., 2007; Collins et al., 2010). La explotación comercial de peces comenzó a alrededor de las Georgias del Sur a fines de la década de 1960, para luego extenderse a las Islas Orcadas del Sur y las Islas Shetland del Sur en el sector atlántico y alrededor de las Islas Kerguelen en el sector índico en las décadas de 1970-1980 (Kock, 1992). Más adelante, principalmente en los años 1990, la pesca se expandió hacia el Mar de Ross en el sector pacífico. La pesca comercial era de tipo multiespecífica, siendo las principales especies objetivo el nototénido *Notothenia rossii*, el pez de hielo *Champsocephalus gunnari* y como fauna acompañante o “bycatch” el nototénido *Gobionotothen gibberifrons* y otros nototenoideos. El impacto que tuvo la pesca comercial sobre las poblaciones de estas especies hizo que para el año 1985 la actividad ya no fuera económicamente rentable (CCRVMA, 1986; Kock, 1992).

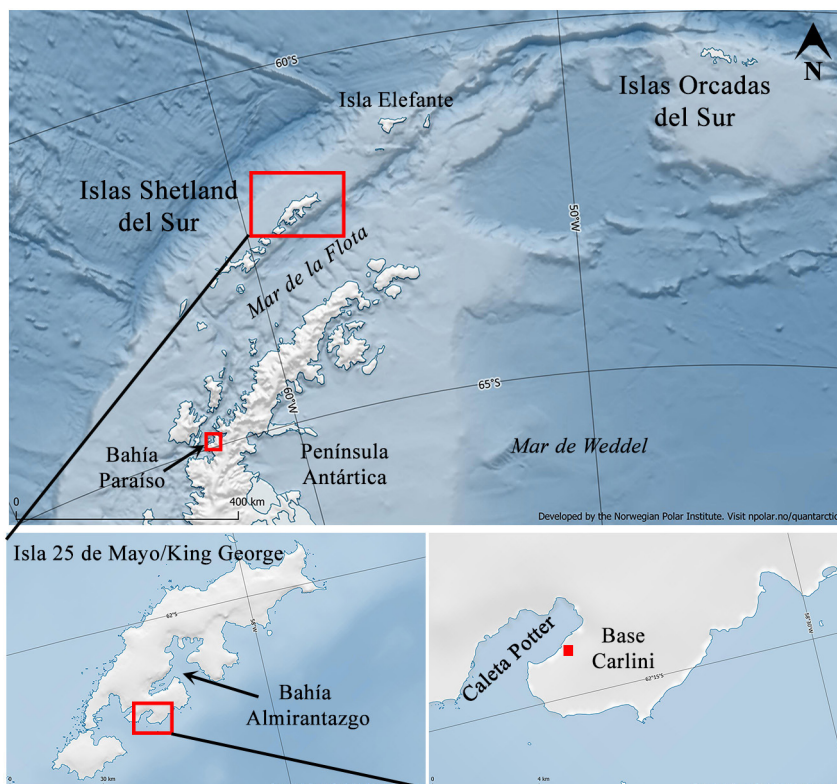
Peces y el krill antártico *Euphausia superba*, son actualmente los únicos recursos que se explotan comercialmente en el Océano Austral. Otros recursos marinos que han sido comercializados son la centolla *Paralomis spinosissima* y el calamar *Martialia hyadesi*, pero se cree que históricamente, el impacto directo de estas pesquerías en el ecosistema ha sido mucho menor al de la pesquería de peces.

Desde el establecimiento de la Convención para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA) se adoptaron medidas de conservación para promover la recuperación de las especies de peces que fueron sobreexplotadas. En la actualidad, la pesca comercial en el sector atlántico se reduce al área de las Islas Georgias del Sur, Islas Shag Rocks y en menor proporción Islas Sandwich del Sur, sobre la merluza negra *Dissostichus eleginoides* y el canníctido *Champsocephalus gunnari*. Por otro lado, es sabido que en la pesca dirigida al krill, que está limitada pero no prohibida, se capturan estadios tempranos de peces, por lo que resulta paradójico que actualmente los peces adultos de varias especies están siendo protegidas pero

no así sus larvas y juveniles (CCRVMA, 2013; 2014).

En 1983 el Proyecto de Ictiología del Instituto Antártico Argentino (IAA) y posteriormente, junto con el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) comenzó a evaluar el estado de la comunidad de peces costeros en Caleta Potter (CP), donde la composición ictiofaunística es similar a la de las zonas costeras de todas las Islas Shetland del Sur (ISS). Los resultados de esta evaluación a largo plazo evidenciaron una disminución particular de las especies que fueron sometidas a la actividad pesquera (Barrera-Oro et al., 2017). Estas evidencias contribuyeron a que la CCRVMA adoptara una serie de estrategias de gestión que incluyeron, entre otras, el establecimiento de un área cerrada a la pesquería comercial de peces en las Islas Shetland del Sur (Subárea 48.1 de la CCRVMA) desde 1990 hasta la actualidad (Kock, 1992; CCRVMA, 2021), como un intento de promover la recuperación de estos y otros recursos sobreexplotados.

Caleta Potter ( $62^{\circ} 14'S$  y  $58^{\circ} 40'O$ ) es una localidad costera ubicada en la Isla 25 de Mayo/King George Island y forma parte del archipiélago de las Islas Shetland del Sur, ubicadas al norte de la



**Figura 1.** Vista general de las Islas Shetland del Sur y Península Antártica, con ampliación del sitio de estudio/muestreo en Caleta Potter, Isla 25 de Mayo/ Isla Rey Jorge.

Península Antártica (PA) en el sector atlántico sur (Fig. 1). A orillas de la Caleta se sitúa la Base Científica Argentina “Carlini” (anteriormente llamada “Jubany”), la cual alberga la mayor cantidad de proyectos científicos antárticos de la República Argentina y es reconocida por sus numerosas contribuciones a la ciencia antártica (Wiencke et al., 1998; 2008).

El Proyecto Ictiología del IAA ha abordado, desde sus inicios, varios aspectos de la biología de los nototenoideos del Arco de Scotia; donde la mayoría de sus investigaciones se llevaron a cabo en Caleta Potter. A diferencia de las aguas más profundas de la plataforma continental (a partir de los 200 m de profundidad), donde los cruceros de investigación de peces operan con redes de arrastre bentónicas o semipelágicas, los artes de pesca utilizados para capturar peces demersales en las aguas poco profundas de CP (hasta 110-120 m) han sido redes de enmalle fijas (trasmallos y agalleras), líneas de anzuelos y nasas. En general, los buques de investigación no tienen acceso al muestreo de peces en aguas inshore del antártico (litoral, caletas y fiordos poco profundos) debido a que el lecho marino no es apropiado. Allí, los trasmallos demostraron ser los mejores aparejos, sus ventajas son la captura de peces en poco tiempo, que no daña el bentos, una capturas incidental (bycatch en inglés) de organismos bentónicos insignificante y que son fáciles de operar desde botes inflables. Al ser un dispositivo de obtención de muestras de tipo pasivo, las capturas dependen exclusivamente de la actividad de los peces, que se supone refleja el tamaño de la población.

El proyecto tiene como objetivo contribuir al conocimiento científico sobre la ecología general y evolución de las especies y sobre las variaciones de abundancia y estructura poblacional de aquellas que han sido comercializadas y cuyo tiempo de recuperación se desconoce y de otras que son potencialmente explotables. Dentro de ese marco y considerando que el conocimiento de los peces antárticos es limitado, se han desarrollado varias líneas de investigación, las cuales tienen una aplicación directa a la conservación y explotación racional de los recursos ictícolas antárticos regulados por la CCRVMA.

#### LOS PECES DE CALETA POTTER

Las especies más frecuentes en Caleta Potter son nototenoideos que pasan su ciclo de vida parcial o íntegramente en aguas inshore, aunque algunas de ellas también habitan la porción más profunda de la plataforma hasta un rango de profundidad de 200-550 m (Barrera-Oro, 2002). Los nototénidos (familia Nototheniidae) *Notothenia coriiceps*, *Notothenia rossii*, *Nototheniops nudifrons*, *Trematomus newnesi*, *Trematomus bernacchii*, y el harpagiférido (familia Harpagiferidae) *Harpagifer antarcticus* son las especies más abundantes. El batidracónido (familia Bathydraconidae) *Parachaenichthys charcoti*, vulgarmente llamado pez dragón y el cannítido *Chaenocephalus aceratus* (pez de hielo) son especies menos frecuentes. Ocasionalmente se ha registrado la presencia del nototénido de interés comercial *Dissostichus mawsoni*. *Gobionotothen gibberifrons* fue abundante en la caleta, pero a partir de los años 1991-1992 su población comenzó a decrecer. Para el año 2007 la especie prácticamente desapareció de la caleta debido a una disminución de reclutamiento de individuos jóvenes, producto de la declinación en las poblaciones que habitaban aguas afuera causada principalmente por la pesquería comercial que operó en la región (Barrera-Oro et al., 2000; Barrera-Oro y Marschoff, 2007; Marschoff et al., 2012; Barrera-Oro et al., 2017). En *G. gibberifrons* se observó una evidente estratificación de la talla en función de la profundidad; principalmente los

juveniles y parte de la población adulta coexisten en aguas inshore (Barrera-Oro, 1989; Casaux et al., 1990; Kulesz, 1994) (Fig.2).

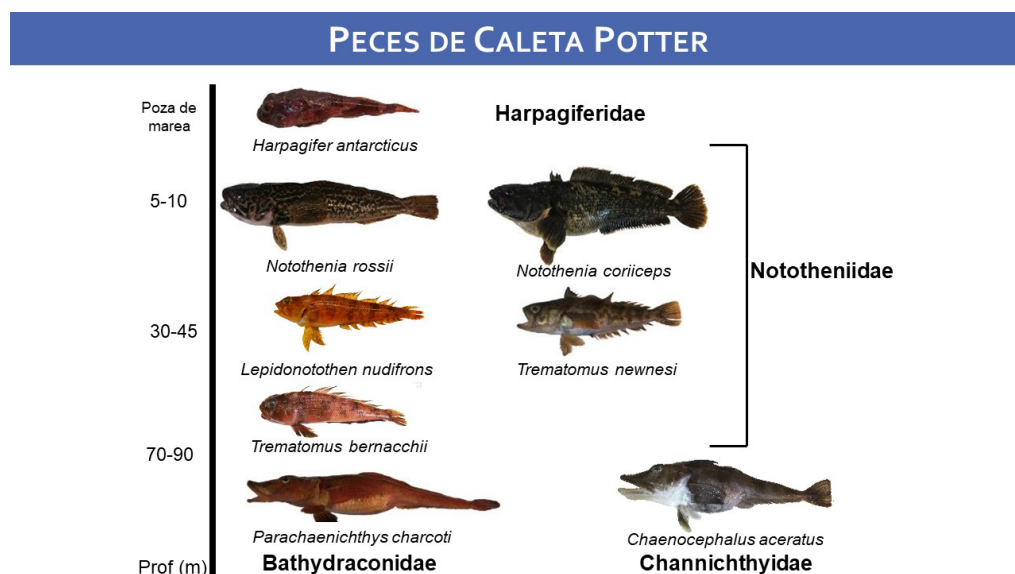


Figura 2. Nototenoideos de Caleta Potter.

#### Presencia de estadios tempranos de peces en Caleta Potter

Los estadios larvales de los peces representan una etapa crítica de su ciclo de vida. Las larvas de los nototenoideos poseen corta vida pelágica y su hábitat está definido principalmente por la topografía, el gradiente termohalino y la distancia a las costas (Loeb et al., 1993; Koubbi et al., 2003). Kock y Kellermann (1991) reportan tres estrategias: (1) especies que producen pocas larvas de gran tamaño con desarrollo pelágico, independientemente de la estacionalidad, (2) especies que producen pequeñas larvas en gran cantidad con desarrollo pelágico restringido a los meses de verano o bien (3) abarcando los meses de invierno. La supervivencia de las larvas también se encuentra influenciada por factores bióticos como la competencia y la depredación. La falta de alimento se considera como una de las principales causas de mortalidad (Koubbi et al., 2009), y está condicionada por la correspondencia espacio-temporal entre las presas (e.g. plancton) y las larvas (Cushing, 1975). Las larvas de algunas especies de nototenoideos se alimentan de huevos de copépodos calanoides y ciclopoideos y, en áreas de desove neríticas, de huevos de krill (*Euphausia superba*) principalmente durante el verano (Kellerman, 1990).

En Caleta Potter se identificaron huevos y larvas, no sólo de especies que en sus estadios adultos son parte de la comunidad íctica costera sino también de especies que no son frecuentes en el área. Se registró la presencia de larvas de la especie *Harpagifer antarcticus*, *Psilodraco breviceps*,

Lepidonotothen squamifrons, Pleuragramma antarcticum y Trematomus scotti; así como también la existencia de huevos de *Notothenia coriiceps* que eclosionaron en el acuario de la base (Piacentino et al., 2018, ver Figura 3).



**Figura 3.** Huevos de *Notothenia coriiceps* capturados en *Caleta Potter* y larva eclosionada en acuario de *Base Carlini*.

#### ASPECTOS DE LA ECOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LOS PECES DE CALETA POTTER

La información reproductiva indica que los nototenoideos antárticos demoran mucho en alcanzar la madurez sexual, luego de lo cual las hembras liberan pocos huevos de gran tamaño, generalmente sobre el sustrato en formato de nidos muy simples o asociado a otros organismos bentónicos (e.g. esponjas), los cuales son fertilizados por el macho. Una característica particular de este grupo de peces es el comportamiento de cuidado parental, donde el macho o la hembra cuidan el nido y protegen los huevos de sus depredadores para así aumentar la supervivencia de su descendencia.

Si bien el conocimiento sobre la biología reproductiva de los nototenoideos es amplio, la información proviene principalmente de cruceros científicos que concentraron sus muestreos en aguas abiertas (offshore en inglés), donde las profundidades son mayores, dejando las zonas costeras litorales antárticas poco estudiadas. Los estudios realizados en aguas poco profundas de Caleta Potter describieron a nivel macroscópico los estadios de madurez gonadal de algunos nototénidos (Casaux et al., 1990; Barrera-Oro y Casaux, 2008) y además se documentó por primera vez el cuidado parental del pez dragón *Parachaenichthys charcoti* (Barrera-Oro y Lagger, 2010; ver Figura 4). En los últimos años, se realizaron estudios del ciclo gonadal de los nototenoideos desde un punto de vista microscópico, es decir incluyendo técnicas histológicas que permiten observar con mayor detalle el proceso reproductivo bajo microscopio. Estos estudios evidenciaron que Caleta Potter es un sitio de desove de algunas especies de nototenoideos, como el pez dragón *P. charcoti* (Novillo et al., 2018), el pez de hielo *Chaenocephalus aceratus* (Novillo et al., 2019) y el nototénido *Nototheniops nudifrons* (Novillo et al., 2021a). A su vez, resultados preliminares indicarían que esta área sería también un sitio reproductivo para el nototénido *N. coriiceps* y los trematómidos *Trematomus bernacchii* y *T. newnesi*. Por lo tanto, la información reproductiva registrada resalta la importancia de las zonas costeras de poca profundidad en la reproducción de los nototenoideos antárticos.

#### RELACIONES TRÓFICAS: EL ROL ECOLÓGICO DE LOS NOTOTENOIDEOS EN CALETA POTTER

En Caleta Potter se estudiaron diversos aspectos de la ecología trófica de los nototénidos *Notothenia rossii*, *N. coriiceps*, *Nototheniops nudifrons*, *Trematomus newnesi*, *T. bernacchii* y el harpagíferido *Harpagifer antarcticus* (compilado en Barrera-Oro, 2002; 2003; Barrera-Oro et al., 2019; Moreira, 2015; Moreira et al., 2014; 2020; 2021). Históricamente la problemática se abordaba por medio del estudio convencional de los contenidos estomacales de los individuos, mientras que en los últimos estudios se incorporó la utilización de biomarcadores (análisis de perfiles de ácidos grasos e isótopos estables). En estos trabajos (FSA-WG-CCRVMA 2019; Moreira et al., 2021) se evidenció que el uso combinado de biomarcadores tróficos resulta esencial para comprender las interacciones tróficas. La combinación del análisis convencional de los contenidos estomacales con el de ácidos grasos e isótopos estables, permiten caracterizar la dieta de los taxa considerando las ventajas y limitaciones de cada una de esas técnicas. La dieta de una especie puede variar por una conjunción de factores tales como la capacidad mecánica diferencial para ingerir presas durante la ontogenia, disponibilidad estacional de las mismas y su origen geográfico (Kock, 1992). El propósito de estos estudios no es sólo conocer la composición de la dieta y los hábitos alimenticios de estos peces, sino también definir la posición de las especies ícticas en las redes tróficas marinas antárticas.

Todas las especies que forman parte de una comunidad están conectadas a través de las relaciones tróficas. Estas conexiones son las interacciones biológicas claves que determinan la función y estructura de un ecosistema. En aguas inshore, los nototenoideos juegan un rol significativo en el flujo de energía debido a que son los principales depredadores del bentos, alimentándose de todos los organismos presentes por debajo de su nivel trófico desde plancton (principalmente krill) hasta peces, así también como sobre el zooplancton que habita en la columna de agua (Barrera-Oro, 2002; Moreira, 2015).





**Figura 4.** Cuidado parental del pez Dragón, *Parachaenichthys charcoti*, a 30 mts de profundidad en Caleta Potter (Barrera-Oro y Lager 2010).

En base a los estudios realizados en el marco del proyecto se evidenció que los anfípodos gammarideos constituyen el ítem alimenticio principal en las especies y tallas de peces de Caleta Potter. Asimismo, se observaron diferencias entre los taxones que consumen estos peces a lo largo de su ontogenia. Las presas pequeñas, como copépodos y gasterópodos, son consumidas por los peces más chicos de algunas especies (juveniles tempranos), pero no así por los peces más grandes (juveniles avanzados y adultos). Contrariamente, presas de mayor tamaño como krill (LT~ 5 cm) y peces son ítems presa principales en la dieta de los estadios adultos y juveniles avanzados de la mayoría de las especies de Caleta Potter, siendo para los estadios juveniles tempranos presas ausentes o insignificantes. En el caso de *H. antarcticus*, se evidenció que no existen cambios sustanciales en la dieta de acuerdo a su talla debido a que la capacidad mecánica de la boca para ingerir presas de distinto tamaño básicamente no varía en su ontogenia ya que es una especie de pequeño tamaño. Aunque la mayoría de los peces antárticos son principalmente carnívoros, varias de las especies que habitan Caleta Potter consumen deliberadamente macroalgas, por lo que son omnívoros.

A la fecha, el enfoque de biomarcadores se utilizó para analizar la dieta de las especies simpátricas,





**Figura 5.** Trabajo de campo del Proyecto de Ictiología del IAA en Caleta Potter, y vista de la Base Carlini en la Isla 25 de Mayo/Isla Rey Jorge, Islas Shetland del Sur.

*N. rossii* y *N. coriiceps*. Los resultados no fueron consistentes con los arrojados por los estudios convencionales ya que no se identificó a los anfípodos gammarideos como la presa principal de estos nototénidos. Ninguna de las presas analizadas fue la fuente principal de lípidos para ambas especies, indicando la necesidad de seguir investigando otras fuentes de alimento, así como de evaluar la capacidad de bioconversión en estas especies.

Los peces de CP son principalmente bentófagos demersales y ocupan el nivel trófico de consumidores secundarios; cazan a sus presas (excepto a las algas) y poseen diferentes intensidades en el comportamiento de pastoreo. Tienen disímiles grados de flotabilidad que a ciertas especies (i.e. *N. rossii*, *Nototheniops nudifrons*, *Trematomus newnesi*) les permite hacer incursiones en la columna de agua para alimentarse de presas pelágicas cuando éstas son asequibles en el área.

Debido a la importancia de los anfípodos gammarideos como presa, la competencia interespecífica por el alimento parecería ser alta. Sin embargo, entre especies generalistas con patrones alimenticios bentófagos, la competencia está mitigada por la partición de los recursos. En varios estudios se observó que diferentes especies de gammarideos son presa de diferentes especies de peces. El hecho de que sean especies generalistas, sin duda les confiere a estos peces una mayor plasticidad trófica y en consecuencia una mayor capacidad de resiliencia.

En aguas inshore los peces demersales constituyen una fuente de alimento importante para algunos predadores tope del ecosistema marino antártico. Son presas de aves buceadoras como el cormorán antártico *Phalacrocorax bransfieldensis* y el pingüino papúa *Pygoscelis papua* y de pinnípedos tales como el elefante marino *Mirounga leonina*, el leopardo marino *Hydrurga leptonyx*, la foca de Weddell *Leptonychotes weddellii* y el lobo de dos pelos *Arctocephalus gazella*. De esta manera, la energía fluye desde el bento a la tierra a través de las acciones de los predadores de niveles más altos en forma de restos de pescado, pellets, regurgitados y heces.

## CONSIDERACIONES

La acción del cambio climático ha tenido notables consecuencias en la Antártida como ser el aumento de la temperatura atmosférica y superficial del mar, así como la disminución de la salinidad. Estos cambios en las condiciones físico-químicas traerán modificaciones en la conformación de las estructuras de las comunidades. Conocer en profundidad las redes tróficas y cómo los individuos interactúan entre sí es fundamental para comprender las estructuras de las comunidades, identificar especies claves y evaluar la resiliencia de los ecosistemas. El entendimiento tanto de las relaciones tróficas como el conocimiento de la ecología reproductiva de los peces, son aspectos cruciales para promover el manejo exitoso y la conservación de sus poblaciones y ecosistemas.

Los estudios sobre el impacto de las pesquerías, conjuntamente con la información sobre la ecología general obtenida a lo largo de décadas por el Proyecto de Ictiología del IAA, resaltan la importancia de las zonas costeras en el ciclo de vida de los nototenoideos antárticos. Particularmente, las características reproductivas propias de los nototenoideos - maduración retardada y fecundidad baja - los convierte en especies especialmente susceptibles a la sobreexplotación antrópica. La sobrepesca, sumada a factores naturales tales como la predación, son los fenómenos responsables de que las poblaciones que fueron diezgadas no se hayan podido recuperar, como es el caso de *G. gibberifrons* en Caleta Potter. Por lo que, considerando la importancia de la reproducción, como evento biológico clave en el ciclo de vida de los peces para su supervivencia, se destaca la necesidad de ampliar el conocimiento reproductivo de los nototenoideos antárticos, con fines de conservación. En particular, profundizar en la comprensión de las ventanas espacio-temporales en las que ocurre la reproducción de las especies de nototenoideos antárticos es particularmente importante, ya que la protección de las áreas reproductivas de peces ha demostrado ser una de las estrategias más efectivas de gestión para la explotación sostenible y la conservación de las poblaciones y sus ecosistemas marinos.

Ante las presiones ejercidas por diferentes países pesqueros para la reapertura de la pesca comercial en áreas antárticas actualmente restringidas, es relevante profundizar los conocimientos sobre el estado de las poblaciones de peces que allí habitan, y de esta manera proveer la mejor ciencia disponible en el ámbito de la CCRVMA para la correcta toma de decisiones. Un requerimiento puntual es la adopción de estrategias de manejo para preservar las áreas de cría y crecimiento de peces juveniles, a fin de asegurar una explotación sustentable del recurso. Al existir un número importante de vertebrados ictiófagos, la potencial reapertura de la pesca comercial en cualquiera de las regiones del Antártico que ya fueron sobreexplotadas implicaría una competencia directa por el recurso entre la industria pesquera y estos predadores, que podría conducir a un nuevo desequilibrio en el ecosistema (ver Anley y Blight 2009).

Argentina es uno de los países signatarios del Tratado Antártico, participa activamente de la Reunión Consultiva del Tratado Antártico (RCTA), del Comité de Protección Ambiental (CPA) y de las reuniones de la CCRVMA y SCAR (Scientific Committee on Antarctic Research). Nuestro proyecto de Ictiología del IAA contribuye, mediante la investigación científica, en estos ámbitos de cooperación internacional, como por ejemplo, en la propuesta de establecimiento de un Área Marina Protegida en la región de la Península Antártica (CCRVMA AMP Dominio 1).

### PRÓXIMOS DESAFÍOS

La importancia ecológica del ambiente costero de Caleta Potter para los nototenoideos antárticos no sería un caso aislado. Recientemente, la localidad costera de Bahía Paraíso, en la costa Danco, al Oeste de la Península Antártica, donde se encuentra la Base Científica Argentina “Almirante Brown” (Fig. 1), fue identificada como sitio de desove para el trematómido *T. bernacchii* y el harpagiférido *H. antarcticus* (Novillo et al., 2021; 2022). Estos primeros resultados resaltan la importancia de los ambientes costeros en general en los ciclos de vida de los nototenoideos antárticos. Por lo tanto, creemos firmemente en la necesidad de seguir explorando otras áreas costeras para poder identificar nuevas áreas de cría y desove de peces, a fin de garantizar la protección de estos sitios en términos de conservación y gestión de las poblaciones.

Asimismo, estamos desarrollando investigaciones con un enfoque ecofisiológico que determinen la relación entre los procesos biológicos de peces antárticos y los factores ambientales, para poder entender y predecir cambios en los patrones biológicos de sus poblaciones, en respuesta al escenario actual de calentamiento global.

### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente al Sr. Carlos Bellisio responsable de las tareas técnicas del Proyecto de Ictiología del IAA.

### REFERENCIAS

Ainley, D.G., Blight, L.K. (2009). Ecological repercussions of historical fish extraction from the Southern Ocean. *Fish Fish* 10:13-38

Barrera-Oro, E.R. (1989). Age determination of *Notothenia gibberifrons* from the South Shetland Islands, Antarctic Peninsula Subarea (Subarea 48.1). *CCAMLR Selected Scientific Papers*, 1988, 2: 143-160.

Barrera-Oro, E.R. (2002). The role of fish in the Antarctic marine food web: differences between inshore and offshore waters in the southern Scotia Arc and west Antarctic Peninsula. *Antarct. Sci* 14(4): 293-309.

Barrera-Oro, E.R. (2003). Analysis of dietary overlap in Antarctic fish (Notothenioidae) from the South Shetland Islands: no evidence of food competition. *Polar Biol* 26 (10): 631-637.

Barrera-Oro, E., Casaux, R. (2008). General ecology of coastal fish from the South Shetland Island and west Antarctic Peninsula areas. In: *The Antarctic ecosystem of Potter Cove, King-George Island (Isla 25 de Mayo)*. *Berichte zur Polar und Meeresforschung*, 571: 95-110

Barrera-Oro, E., Lager, C. (2010). Egg-guarding behaviour in the Antarctic bathydraconid Dragon fish *Parachaenichthys charcoti*. *Polar Biol* 33: 1585-1587. DOI 10.1007/s00300-010-0847-3

Barrera-Oro E., Marschoff, E. (2007). Information on the status of fjord *Notothenia rossii*, *Gobionotothen gibberifrons* and *Notothenia coriiceps* in the lower South Shetland Islands, derived from the 2000-2006 monitoring program at Potter Cove. *CCAMLR Sci.*, Vol. 14, 83-87.

Barrera-Oro, E., Marschoff, E., Casaux, R. (2000). Trends in relative abundance of fjord *Notothenia rossii*, *Gobionotothen gibberifrons* and *Notothenia coriiceps* at Potter Cove, South Shetland Islands, after commercial fishing in the area. *CCAMLR Sci.* Vol. 7, 43-52

Barrera-Oro, E., Marschoff, E., Ainley, D. (2017). Changing status of three notothenioid fish at the South Shetland Islands (1983-2016) after impacts of the 1970-80s commercial fishery. *Polar Biol*, 40 (10):2047-2054. DOI 10.1007/s00300-017-2125-0

Barrera-Oro, E., Moreira, E., Seefeldt, M., Valli-Francione, M., Quartino, M. (2019). The importance of macroalgae and associated amphipods in the selective benthic feeding of sister rockcod species *Notothenia rossii* and *N. coriiceps* (Nototheniidae) in West Antarctica. *Polar Biol*, 42:317-334. <https://doi.org/10.1007/s00300-018-2424-0>

Casaux, R., Mazzotta, A., Barrera-Oro, E. (1990). Seasonal aspects of the biology and diet of nearshore nototheniid fish at Potter Cove, South Shetland Islands, Antarctica. *Polar Biol*, 11: 63-72

CCRVMA (Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos). 1986. "Draft summary of catch and effort statistics". *Sci Comm Conserv Antarct Mar Liv Res No. VIBG/8*, 1-64

CCRVMA (Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos). 2013. Report of the thirty-two meeting of the scientific committee (SC-CAMLR XXXII). Hobart

CCRVMA (Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos). 2014. Report of the thirty-three meeting of the scientific committee (SC-CAMLR XXXIII). Hobart

CCRVMA (Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos). 2021. Report of the forty meeting of the Scientific Committee (SC-CAMLR XXXX). Hobart, Australia. Access: [www.ccamlr.org](http://www.ccamlr.org)

Collins, M.A., Brickle, P., Brown, J., Belchier, M. (2010). The Patagonian Toothfish: Biology, ecology and fishery. *Adv Mar Biol* 58:227-300

Cushing, D.H. (1975). *Mar. Ecol. Fish.* Cambridge University Press, Cambridge

Eastman, J., Eakin, R. (2021). Checklist of the species of notothenioid fishes. *Antarct. Sci.*, 33(3), 273-280. doi:10.1017/S0954102020000632

Fricke, R., Eschmeyer, W.N., Van Der Laan, R.(eds).(2022). *ESCHMEYER'S CATALOG OF FISHES: GENERA, SPECIES, REFERENCES.* Electronic versión.

Kellermann, A. (1990). Catalogue of early life stages of Antarctic notothenioid fishes. *Ber Polarforsch* 67:45-136

Kock, K.H. (1992). *Antarctic Fish and Fisheries.* Cambridge University Press, Cambridge: 359.

Kock, K.H., Appel, J., Busch, M., Klimpel, S., Holst, M., Pietschok, D., Pshenichnov, L.V., Riehl, R., Schöling, S. (2007). Composition and standing stock estimates of finfish from the Polarstern bottom trawl survey around Elephant Island and the South Shetland Islands (subarea 48.1, 19 December 2006 to 3 January 2007). *Comm. Conserv. Antarct. Mar. Liv. Res., Doc. WG-FSA-07/22.* Hobart, Australia

Kock, KH, Kellermann, A. (1991). Reproduction in Antarctic notothenioid fish. *Antarct Sci* 3(2):125-150.

Koubbi, P., Duhamel, G., Harlay, X., Eastwood, P., Durand, I., Park, Y.-H. (2003). Distribution of larval *Krefftichthys anderssoni* (Myctophidae, Pisces) at the Kerguelen archipelago (Southern Indian Ocean) modelled using GIS and habitat suitability. In: Huiskes, A.H.L., Gieskes, W.W.C., Rozema, J., Shorno, R.M.L., Van der Vies, S.M. (Eds.), *Antarctic Biology in a global context*. Backhyus Publisher, Leiden, NL, pp. 215–223.

Koubbi, P., Duhamel, G., Hecq, J.-H., Beans, C., Loots, C., Pruvost, P., Tavernier, E., Vacchi, M., Vallet, C. (2009). Ichthyoplankton in the neritic and coastal zone of Antarctica and Subantarctic islands: A review. *J. Mar. Syst.* 78: 547-556,

Kulesz, J. (1994). Seasonal biology of *Notothenia gibberifrons*, *N. rossii* and *Trematomus newnesi*, as well as respiration of young fish from Admiralty Bay (King George, South Shetland Islands). *Pol Arch Hydrobiol* 41: 79-102.

Loeb, V.J., Kellermann, A., Koubbi, P., North, A.W., White, M. (1993). Antarctic larval fish assemblages: a review. *Bull Mar Sci* 53:416–449.

Marschoff, E., Barrera-Oro, E., Alescio, N., Ainley, D. (2012). Slow recovery of previously depleted demersal fish at the South Shetland Islands, 1983-2010. *Fish. Res.* 125–126:206–213. DOI:10.1016

Moreira, E. (2015). *Ictiofauna Antártica: Ecología de estadios juveniles de especies del Suborden Notothenioidei de Caleta Potter, Isla 25 de Mayo*. Tesis doctoral. FCNyM, Universidad Nacional de la Plata

Moreira, E., Juarez, M., Barrera-Oro, E. (2014). Dietary overlap among early juvenile stages in an Antarctic notothenioid fish assemblage at Potter Cove, South Shetland Islands. *Polar Biol.* 37:1507–1515. <https://doi.org/10.1007/s00300-014-1545-3>. ISSN 0722-4060

Moreira, E., Novillo, M., Eastman, J., Barrera-Oro, E. (2020). Degree of herbivory and intestinal morphology in nine notothenioid fishes from the western Antarctic Peninsula. *Polar Biol.* 43:535–544 <https://doi.org/10.1007/s00300-020-02655-w>

Moreira, E., Novillo, M., Mintenbeck, K., Aluralde, G., Barrera-Oro, E., De Troch, M. (2021). New insights into the autecology of the two sympatric fish species *Notothenia coriiceps* and *N. rossii* from western Antarctic Peninsula: A trophic biomarkers approach. *Polar Biol.* 44(8):1591-1603 <https://doi.org/10.1007/s00300-021-02903-7>

Novillo, M., Desvignes, T., Moreira, E., Barrera-Oro, E. (2022). Egg predation in Antarctic fish: the ingestion by *Notothenia coriiceps* of an entire *Trematomus bernacchii* spawn identified by molecular techniques. *Estuar Coast Shelf Sci* 266, 107742.

Novillo, M., Elisio, M., Moreira, E., Macchi, G., Barrera-Oro, E. (2021a) New insights into reproductive physiology in Antarctic fish: a trial in *Lepidonotothen nudifrons*. *Polar Biol* 44: 1127–1139

Novillo, M., Moreira, E., Macchi, G., Barrera-Oro, E. (2018). Reproductive biology in the Antarctic bathydraconid dragonfish *Parachaenichthys charcoti*. *Polar Biol* 41:2239-2248

Novillo, M., Moreira, E., Macchi, G., Barrera-Oro, E. (2019). Reproductive effort in *Chaenocephalus aceratus* validated by gonadal histology: inshore sites serve as spawning grounds for some notothenioids. *Polar Biol* 42:1959–1972

Novillo, M., Moreira, E., Macchi, G., Barrera-Oro, E. (2021b) Histological analysis provides further insights into *Harpagifer antarcticus* reproductive biology at the western Antarctic Peninsula. *Polar Biol* 44:2165–2175 <https://doi.org/10.1007/s00300-021-02953-x>

Piacentino, G., Moreira, E., Barrera-Oro E. (2018). Early stages of notothenioid fish from Potter

Cove, South Shetland Islands. *Polar Biol* 41:2607-261

Wiencke, C., Ferreyra, G.A., Arntz, W., Rinaldi, C. (1998). *The Potter Cove coastal ecosystem, Antarctica: synopsis of research performed within the frame of the Argentinean - German cooperation at the Dallmann Laboratory and Jubany Station (King George Island, Antarctica, 1991-1997)*. *Berichte zur Polarforschung (Reports on Polar Research)*, Bremerhaven, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, 299, 326 p. doi: 10.2312/BzP\_0299\_1998

Wiencke, C., Ferreyra, G.A., Abele, D., Marensi, S. (2008). *The Antarctic ecosystem of Potter cove, King-George Island (Isla 25 de Mayo): Synopsis of research performed 1999-2006 at the Dallmann Laboratory and Jubany Station*. *Berichte zur Polar- und Meeresforschung (Reports on Polar and Marine Research)*, Bremerhaven, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, 571 , 411 p. doi: 10.2312/BzPM\_0571\_2008