



Naturalis

Repositorio Institucional
<http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar>

Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Ciencias Naturales y Museo



Ictiofauna Antártica : Ecología de estadíos juveniles de especies del Suborden Notothenioidei de Caleta Potter, Isla 25 de Mayo

Moreira, María Eugenia

Doctor en Ciencias Naturales

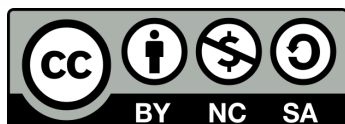
Dirección: Barrera Oro, Esteban

Co-dirección: López, Hugo

Facultad de Ciencias Naturales y Museo
2015

Acceso en:

<http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/id/20160225001432>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional



Naturalis

Repositorio Institucional
FCNyM - UNLP

Tesis Doctoral



Ichthyofauna Antártica: Ecología de estadíos juveniles de especies
del Suborden Notothenioidei de Caleta Potter, Isla 25 de Mayo

Lic. María Eugenia Moreira

Director: Dr. Esteban Barrera Oro.

Codirector: Dr. Hugo López.

Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Ciencias Naturales y Museo
2015



Dedicada a mis padres

AGRADECIMIENTOS

A mis directores de tesis: el Dr. Esteban Barrera Oro por creer en mí y darme la oportunidad de trabajar en lo que amo, por enseñarme y guiarme durante este tiempo; y al Dr. Hugo López por confiar en este proyecto. A los Jurados de esta Tesis, por dedicar desinteresadamente su tiempo, brindando valorables sugerencias a la versión original del manuscrito.

Al Dr. Coco Coria, director del Instituto Antártico Argentino, quien me dio la oportunidad de conocer Antártida, me acompañó en mis inicios y aún lo sigue haciendo.

A Carlos Bellisio por ser una gran compañero y una maravillosa persona. Trabajar con él alegra mis días.

A Carlos de nuevo, Luis Vila y Oscar Gonzáles por el apoyo en las tareas de campo.

Le dedico esta tesis a mis padres, Silvia y Jorge, a quienes les agradezco su apoyo, sacrificio y, por sobre todas las cosas, habernos dado a mí y a mis hermanas la libertad de elegir. Gracias por hacer de mí una mujer feliz!

A Pachi, por estar para mí incondicionalmente y escucharme simulando entender mis razonamientos; y, porque en sus palabras y su sonrisa, siempre encontré la fuerza para seguir adelante... Acá y en Antártida.

A mis hermanas Majó y Belu, y a mi cuñado Rulo; por ayudarme a perseguir mis sueños y simplemente porque siempre están.

A toda mi familia por entender mis ausencias, por su amor y sus palabras de aliento. A mis sobrinos por tantas risas y, en especial a la Chula, por siempre hacerme sentir que era la mejor bióloga del mundo y que todo lo que hacía era importante! Tu luz es nuestra fuerza...

Gracias a mis amigas Marian, Flor, Vivi y Carlita porque su amistad me hace feliz y a mis amigas/os antárticos porque gracias a ellos las campañas siempre fueron memorables; especialmente a Katja, Mecha, Gaby, Marce, Juan, Dolo y Lu por su generosidad y apoyo.

A Marian por su incondicionalidad, por darme momentos de serenidad en mis períodos de crisis y arreglar mis desprolijidades con su excesiva prolijidad. Y por supuesto a su familia, por abrirme las puertas de su casa y hacerme sentir como una hija.

Al Dr. Ricardo Casaux por su ayuda y buena predisposición para responder mis dudas. Al Dr. Enrique Marschoff por sus consejos en los análisis estadísticos. A los Dres. Juan López Gappa, Néstor Landoni, Liliana Quartino; a las Lic. Gabriela Campana, Dolores Deregibus y a la memoria de la Dra. Gloria Alonso, por su ayuda en la identificación de las presas.

Al Instituto Antártico Argentino (Dirección Nacional del Antártico) y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) por el apoyo logístico y financiero. Por último, a la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la UNLP, por darnos la oportunidad de perfeccionarnos pública y gratuitamente.



Índice

AGRADECIMIENTOS	i
RESUMEN	v
ABSTRACT	ix
CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN	- 1 -
CAPÍTULO 2 – ÁREA DE ESTUDIO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES.	- 5 -
OBJETIVO	
2.1 La Antártida	6
2.2 Área de estudio	9
<i>Características físicas oceanográficas</i>	11
<i>Características biológicas</i>	11
2.3 Los Peces Antárticos	13
2.4 Antecedentes e la investigación y especies estudiadas	15
2.4.1 Peces pelágicos	15
2.4.2 Peces bentónicos	16
2.5 Efecto de la acción antropogénica en el ecosistema marino Antártico y relevancia del estudio de estadíos juveniles de peces	20
2.6 Objetivos	22
2.7 Hipótesis	23
CAPÍTULO 3 – MATERIALES Y MÉTODOS	- 24 -
Materiales y Métodos	25
3.1 Trabajo de campo	26
3.2 Trabajo de laboratorio	27
3.2.1 <i>Composición de la muestra</i>	28
3.2.2 <i>Análisis de la edad por medio de otolitos y escamas</i>	28
3.2.3 <i>Determinación del estadio gonadal</i>	30
3.2.4 <i>Determinación del Índice gonadosomático (IGS)</i>	31
3.2.5 <i>Caracterización general y superposición de dieta</i>	31
1. <i>Tamaño de la muestra</i>	31
2. <i>Índice de vacuidad (Iv %)</i>	32

3. Cociente de repleción estomacal (CRE%)	32
4. Frecuencia de ocurrencia de los ítems alimentarios (F%)	32
5. Porcentaje en peso (P%)	33
6. Porcentaje en número (N%)	33
7. Índice Mixto de Hureau (1970) o Coeficiente alimentario Q	33
8. Índice de importancia relativa (IRI%)	34
9. Ítem principal del alimento (MFI%)	34
10. Análisis de caracteres morfológicos: número de ciegos pilóricos y longitud de largo intestinal, Intensidad de alimentación	34
11. Variaciones en la dieta	35
12. Estrategia alimentaria	35
13. Nivel trófico	36
14. Amplitud del nicho trófico	37
15. Diversidad de la dieta	37
16. Análisis de superposición de dieta	38
3.2.6 Interacción con predadores - Ejemplo del cormorán antártico	38
CAPÍTULO 4 – DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	- 40 -
4.1 Introducción	41
4.2 Resultados y Discusión	45
<i>Distribución de las tallas</i>	45
<i>Profundidades a las que habitan</i>	46
<i>Edad y estructura de tallas</i>	47
<i>Sexo y estadio gonadales</i>	51
CAPÍTULO 5 – ECOLOGÍA TRÓFICA	- 56 -
5.1 Introducción	57
5.2 Resultados	62
<i>Tamaño de la muestra</i>	62
<i>Índice de vacuidad (Iv%)</i>	63
<i>Cociente de repleción estomacal (CRE%)</i>	64
<i>Campaña de verano 2008-2009</i>	65
<i>Composición de la dieta</i>	65

<i>Estados de repleción y digestión estomacal</i>	73
<i>Campaña de verano 2009-2010</i>	73
<i>Composición de la dieta</i>	74
<i>Estados de repleción y digestión estomacal</i>	79
<i>Campaña de verano 2010-2011</i>	79
<i>Composición de la dieta</i>	80
<i>Estados de repleción y digestión estomacal</i>	85
<i>Campaña de verano 2011-2012</i>	85
<i>Composición de la dieta</i>	86
<i>Estados de repleción y digestión estomacal</i>	90
<i>Largo intestinal y ciegos pilóricos</i>	91
<i>Variaciones en la dieta</i>	93
<i>Notothenia rossii</i>	93
<i>Lepidonotothen nudifrons</i>	96
<i>Notothenia coriiceps</i>	98
<i>Trematomus newnesi</i>	101
<i>Harpagifer antarcticus</i>	104
<i>Estrategia alimentaria</i>	107
<i>Niveles tróficos</i>	109
<i>Tipos de alimentación y comportamiento alimentario</i>	109
<i>Amplitud del nicho trófico y diversidad dela dieta</i>	110
<i>Superposición de dieta</i>	111
<i>Interacción predador – presa. Ejemplo del cormorán antártico</i>	116
5.3 Discusión	118
CAPÍTULO 6 – CONCLUSIONES FINALES	- 129 -
BIBLIOGRAFÍA	- 133-
ANEXO I	- 155-
ANEXO II	- 156-
ANEXO III	- 157-

Resumen

ICTIOFAUNA ANTÁRTICA: ECOLOGÍA DE ESTADÍOS JUVENILES DE ESPECIES DEL SUBORDEN NOTOTHENIOIDEI DE CALETA POTTER, ISLA 25 DE MAYO

El océano Austral es un ambiente marino peculiar, donde sus características químicas y físicas se mantuvieron prácticamente inalterables durante los últimos 20 millones de años. La ictiofauna antártica esta dominada en términos de diversidad (35%) y biomasa por un grupo endémico demersal costero, el suborden Notothenioidei (Orden Perciformes), el cual incluye seis familias: Nototheniidae, Harpagiferidae, Bathydraconidae, Channichthyidae, Bovichtidae y Artedidraconidae. La presencia de peces pelágicos en este ecosistema es limitada, ya que la mayoría de las especies son demersales.

En la Antártida la acción del cambio climático ha tenido notables consecuencias tales como el aumento de la temperatura atmosférica y de la superficial del mar, así como la disminución de la salinidad. Estos cambios en las condiciones físico-químicas traerían modificaciones en la conformación de las estructuras de las comunidades. El conocimiento en profundidad de las redes tróficas y las interacciones entre los individuos son las principales claves biológicas para comprender las estructuras de las comunidades, identificar especies claves y evaluar la resiliencia de los ecosistemas.

Desde la década de 1990 se han estudiado varios aspectos de la ecología de la ictiofauna de Caleta Potter, principalmente sobre estadíos juveniles avanzados y adultos de nototenoideos. De esta manera, la fase juvenil temprana de las especies, por ejemplo, cuyo largo total promedio es menor a 20 cm, estuvo escasamente representada y en consecuencia prácticamente inexplorada. Es sabido que en general los hábitos ecológicos de los peces varían con la ontogenia y, por lo tanto para estos estudios el análisis de las muestras debería abarcar el mayor rango de tallas posible.

El objetivo general de esta tesis es el de contribuir al conocimiento científico sobre la ecología de la ictiofauna antártica. Comprender las relaciones ecológicas interespecíficas de los peces

costeros del área de las Islas Shetland del Sur, con el fin de aplicar los resultados a la conservación y explotación racional de los recursos. Para estos fines, los objetivos específicos planteados fueron: i) conocer la composición de talla y edad, y estadios gonadales de los estadios juveniles tempranos de las especies ícticas de Caleta Potter; ii) determinar la composición de la dieta de los estadios juveniles tempranos de cada una de las especies; iii) analizar la superposición de dieta y grado de competencia interespecífica en estos peces, como ejemplo/modelo de una comunidad íctica costera de las Islas Shetland del Sur; iv) evaluar el rol ecológico de los peces juveniles tempranos en la trama trófica de Caleta Potter y la relación predador-presa, utilizando el cormorán antártico *Phalacrocorax bransfieldensis* como ejemplo de predador tope.

Este estudio se llevó a cabo en Caleta Potter (62° 14'S y 58° 40'W) en la Isla 25 de Mayo, la cual forma parte del archipiélago de las Islas Shetland del Sur. Se investigaron las especies más abundantes del área: los nototénidos *Notothenia coriiceps*, *Notothenia rossii*, *Lepidonotothen nudifrons*, *Trematomus newnesi* y el harpagiférico *Harpagifer antarcticus*. La especie *Trematomus bernacchii* sólo se incluyó en los análisis de la comparación interespecífica funcional del tracto digestivo (intestino y ciegos pilóricos). Los muestreos se realizaron en un período de cuatro campañas antárticas consecutivas, desde la temporada 2008-2009 a la temporada 2011-2012. Cada temporada abarcó un período de 2 a 4 meses durante la primavera-verano austral.

El estudio de la ecología trófica de los peces por medio del análisis de contenidos estomacales aporta información precisa de los ítem-presa que conforman el espectro trófico de una determinada especie. El resultado de este análisis evidenció que los estadios juveniles tempranos de estos peces son demersales de hábitos bentófagos, presentan una estrategia alimenticia del tipo generalista y predan principalmente sobre anfípodos bentónico-demersales del suborden Gammaridea y también sobre otros invertebrados bentónicos que viven en los colchones de macroalgas. Los anfípodos gammarideos fueron las presas más importantes y frecuentes para todas las especies de peces en todas las temporadas analizadas, constituyendo el alimento principal, siendo los géneros *Gondogeneia* y *Oradarea* los más abundantes. La comunidad algal y su fauna asociada no sólo brinda alimento a los peces sino también protección frente a predadores tope que frecuentan la caleta. El estudio de segmentos del aparato digestivo reveló que las especies *N. rossii*, *N. coriiceps* y *T. bernacchii* poseen un largo intestinal relativo significativamente mayor que el resto de los nototenoideos. Tanto *N. rossii* como *N. coriiceps* consumen algas como alimento principal o secundario, por lo que se consideran especies omnívoras. El análisis de diversidad de dieta y de la amplitud del nicho alimenticio de las especies evidenció una mayor diversidad en las especies *N. rossii* y *N. coriiceps*. El comportamiento alimentario predominante fue el de cazador al acecho y además,

en las especies *N. rossii* y *N. coriiceps*, el de pastoreo. Por los niveles tróficos estimados se ubicó a las especies como consumidores secundarios. Asimismo, se observaron diferencias significativas en la alimentación de todas las especies entre las temporadas, y sólo en *N. rossii* y *T. newnesi* existieron variaciones ontogenéticas.

El análisis de superposición de dieta dentro de la fracción juvenil de peces de la comunidad costera resultó en valores bajos, menores al 40%, notándose que los gammarideos, los copépodos harpacticoideos y el género de alga *Desmarestia* sp. fueron las presas más importantes y recurrentes. Similarmente, la comparación de presas ingeridas al menor nivel taxonómico posible entre pares de nototenoideos indicó que la similitud entre la dieta del 90% de las especies fue menor al 58%, por lo que se considera que existe un bajo nivel de competencia interespecífica.

Respecto a la interacción predador-presa, los nototenoideos ocupan un rol central dentro de los ecosistemas marinos costeros. Los resultados del estudio de dieta del cormorán antártico en base al análisis de regurgitados recolectados en dos localidades cercanas a Caleta Potter en Isla Nelson, evidenciaron que existe una fuerte predación sobre los estadíos juveniles de peces de las especies demersales costeras analizadas en esta tesis, tanto las de mayor como las de menor tamaño. Los peces, incluso los estadíos tempranos, son los principales consumidores del bentos, siendo los encargados de transferir la energía desde los niveles tróficos más bajos a los más altos, de manera que son una fuente importante de alimento para otros peces y para predadores tope, como pingüinos, ciertas aves voladoras y mamíferos marinos.

En Caleta Potter los nototenoideos juveniles de este estudio comparten un rango de profundidad común, desde los 3 m a los 36 m. La separación interespecífica de los nichos tróficos estaría determinada de manera compartida por cierta predominancia diferencial de las especies en su distribución espacial dentro de ese rango y por las diferencias a nivel específico de los ítems presa que consumen. Aunque este trabajo no incluyó un muestreo integral mensual para un análisis dietario a lo largo del año, factores como la estacionalidad y los períodos de luz, al menos en los meses de primavera-verano, parecerían no ser importantes en los estadíos juveniles tempranos que dependen principalmente del bentos marino, donde las presas pelágicas se encuentran prácticamente ausentes en la dieta de estos peces. Por otro lado, el uso diferencial de los recursos biológicos en un gradiente de profundidad y en la columna de agua (incluyendo el colchón de algas) para su alimentación, es la principal diferencia intraespecífica entre los estadíos juveniles tempranos y los adultos para evitar que la competencia por el alimento sea alta.

Si bien hasta el presente, en Antártida, no se han llevado a cabo otros estudios puntuales de este tema sobre ecología general de estadíos inmaduros de peces para su eventual comparación, los

resultados presentes obtenidos con las muestras de Caleta Potter podrían ser representativos de los niveles interespecíficos de superposición de dieta y potencial competencia entre nototenoideos juveniles tempranos de otras comunidades de peces costeros antárticos.

Los análisis de ecología trófica, tallas, edad, maduración gonadal e interacción con predadores, de los estadíos juveniles tempranos de las especies de nototenoideos presentados en esta tesis, proveen información nueva sobre su historia de vida y podrán ser útiles para evaluar posibles cambios en la estructura de sus poblaciones.

Abstract

ANTARCTIC ICHTHYOFAUNA: ECOLOGY OF JUVENILE FISH OF THE SUBORDER NOTOTHENIOIDEI FROM POTTER COVE, KING GEORGE ISLAND/ISLA 25 DE MAYO

The Southern Ocean is a peculiar marine environment, where its chemicals and physics features kept practically unalterable throughout the last 20 million years. The Antarctic ichthyofauna is dominated in terms of diversity (35%) and biomass by an endemic coastal demersal group, the suborder Notothenioidei (Order Perciformes) which includes 6 families: Nototheniidae, Harpagiferidae, Bathydraconidae, Channichthyidae, Bovichtidae and Artedidraconidae. In this ecosystem the presence of pelagic fish is limited, because the most species are demersal.

In Antarctica, the consequences of the climatic change phenomenon, such as the increase of atmospheric and sea surface temperatures, as well as a salinity decrease, are evident. These changes in chemicals and physical conditions could bring modifications in the structure of the Antarctic communities. The deep knowledge of the food webs and of the interactions among individuals, are the main biological keys for the understanding of communities structure, identify key species and assessing of ecosystem resilience.

Since the 1990s, several ecological aspects of the ichthyofauna at Potter Cove have been studied, mainly on late juveniles and adult stages of notothenioids. Hence, the young immature specimens, for example, with an average total length lower than 20 cm, remained scarcely represented and practically unexplored. It is known that in general, fish ecological habits change during ontogeny, therefore in this type of studies the analysis of samples should cover the widest size range possible.

The overall goal of this thesis is to contribute to the scientific knowledge on the ecology of the Antarctic ichthyofauna. Understand the interspecific ecological interactions of costal fish in the South Shetland Islands area, in order to apply the results in conservation and rational use of resources. For these aims, the specific objectives proposed were: i) to know size-age and gonadal stage compositions of the early juvenile stages of the fish species from Potter Cove; ii) to determine diet composition of the early juveniles stages from each of the species; iii) to

analyse the diet overlap and degree of interspecific competition in these fish, as an example/model of the South Shetland Islands coastal fish community; iv) to evaluate the ecological role of the early juveniles stages of fish in the Potter Cove trophic web and the predator-prey interaction, using the Antarctic cormorant *Phalacrocorax bransfieldensis* as an example of top predator.

This study was carried out at Potter Cove (62° 14'S and 58° 40'W) in King George Island/Isla 25 de Mayo, which is part of the South Shetland Islands Archipelago. The most abundant species from the area were investigated: the nototheniids *Notothenia coriiceps*, *Notothenia rossii*, *Lepidonotothen nudifrons*, *Trematomus newnesi* and the harpagiferid *Harpagifer antarcticus*. *Trematomus bernacchii* was only included in the functional interspecific comparison of the digestive tract (pyloric caeca and intestine) analysis. The samples were taken over a period of four consecutive antarctic campaigns, from the 2008-2009 to 2011-2012 season. Each season includes 2 to 4 month period during the austral spring- summer.

Fish trophic ecology studies through the analyses of stomach contents provide accurate information on the prey-items that constitute the trophic spectrum of a species. The results of this analysis showed that the early juvenile stages of fish are demersal and benthophagous, have a generalized type of feeding strategy, and prey chiefly on demersal - benthic amphipods of the suborder Gammaridea and also on other invertebrates of the benthic community associated with macroalgae beds. Gammaridean amphipods were the most important and frequent prey for all fish species in all seasons constituting the main food, being the genus *Gondogeneia* and *Oradarea* the most abundant. The algal community and the associated fauna not only offer food to fish but also protection from higher predators who frequent the cove. The study of the gastrointestinal tract showed that *N. rossii*, *N. coriiceps* and *T. bernacchii* have a significantly greater relative intestinal length than the other notothenioids. Both *N. rossii* and *N. coriiceps* consume algae as primary or secondary food, so they are considered omnivorous species. The diet diversity analysis and the feeding niche breadth of the species revealed more diet diversity in *N. rossii* and *N. coriiceps*. The predominant feeding behaviour in all species was ambush feeding and in *N. rossii* and *N. coriiceps* also grazing. According to the trophic levels of the fish species, they were identified as secondary consumers. Furthermore, significant diet differences were observed in all species between all seasons, and ontogenetic variations were recorded only in *T. newnesi* and *N. rossii*.

The analysis of diet overlap within the juvenile fish portion of the coastal community resulted in values lower than 40% where gammarideans, harpacticoid copepods and algae of the genus *Desmarestia* sp. were the most important and re-occurrent prey. Similarly, the food overlap between pairs of fish species at the lowest taxonomic level possible resulted in a diet similarity

between 90% of the species lower than 58%, thus indicating low levels of interspecific competition.

Regarding the predator - prey interaction, notothenioids play a central role in the coastal marine ecosystem. The diet analysis of Antarctic shags based in the examination of pellets collected in two localities at Nelson Island, close to Potter Cove, showed a strong predation on juvenile fish stages of the coastal demersal species dealt with in this thesis, including those of larger and smaller sizes. Fish, including early stages, are the main consumers of benthos, being responsible of the energy transfer from lower to upper trophic levels, constituting an important food source for other fish and top predators like penguins, certain flying birds and marine mammals.

In Potter Cove, the juvenile notothenioids of this study share a common depth range from 3 m to 36 m. The interspecific trophic niches separation would be determined in part by some differential species predominance in their spatial distribution within that range and by differences, to specific level, of the prey items they consume. Although this study did not include a comprehensive monthly sampling for a dietary analysis throughout the year, factors such as seasonality and light period, at least in spring and summer, seem not to be important in the early juveniles stages which depend mainly on marine benthos, where pelagic prey are practically absent in their diet. On the other hand, the differential use of biological resources in a depth gradient and in the water column (including the macroalgal beds) for their feeding, is the main intraspecific difference between early juvenile and adult fish stages to avoid a high rate of food competition.

Although currently in Antarctica other studies of this kind, focused on general ecology of immature stages of fish, have not been carried out for comparison, the present results obtained with samples from Potter Cove may be representative of the levels of interspecific dietary overlap and potential competition, among early juvenile notothenioids in other Antarctic nearshore fish assemblages.

The analysis of trophic ecology, size, age, gonadal stages and interaction with predators, of the early juveniles stages of the notothenioids species presented in this thesis, provide new information about their life history and could be useful to evaluate possible changes in their population structures.

CAPÍTULO 1

Introducción



Miró

INTRODUCCIÓN

La biología trófica es la disciplina que tiene como objeto de estudio los flujos naturales de materia y energía en los ecosistemas. Tanto la dieta de una especie, los hábitos alimenticios, así como las interacciones biológicas entre los individuos (*i.e.* la predación y la competencia) son aspectos fundamentales que permiten conocer de que manera se relacionan las especies en una comunidad. Además, la composición de especies de una comunidad particular tiene una influencia decisiva sobre el funcionamiento del sistema como un todo. Conocer la manera diferencial en la cual los organismos utilizan el ambiente donde viven es fundamental para evaluar el rol ecológico que cumplen dentro de sus comunidades. Asimismo, a partir del estudio de los hábitos alimenticios se puede conocer el nivel trófico de una especie, es decir, su posición dentro de la trama o red trófica, que a su vez es un conjunto de cadenas tróficas interconectadas que pueden establecerse dentro del ecosistema.

Cada especie dentro de la trama trófica requiere ciertas condiciones y recursos para poder desarrollarse, lo que se conoce como nicho ecológico. El nicho ecológico de una especie es su modo de vida o función en un ecosistema, y se define como un hiperespacio de n dimensiones en el cual se consideran todos los factores que actúan sobre un organismo en su hábitat natural (Hutchinson 1957). Existen ciertas dimensiones que son limitantes y por lo tanto, generan competencia. Por ejemplo, el alimento como recurso limitado puede conducir a una reducción de la supervivencia, reproducción y/o crecimiento de los organismos. Por ello, una de las dimensiones más importantes para analizar es el nicho trófico (Begon *et al.* 1999). Cuantificar los nichos permite evaluar la potencial competencia, tanto entre individuos de la misma especie (intraespecífica) como de diferentes especies (interespecífica), en una escala local. El grado de diferenciación de nichos entre especies de un mismo nivel trófico depende de muchos factores, siendo la disponibilidad de presas uno de los más importantes (Odum 1971).

En los peces, los métodos tradicionales para el estudio de la ecología trófica incluyen la observación de los hábitos alimenticios, experimentos realizados en esta línea con animales en cautiverio y el análisis de contenidos estomacales. Aunque actualmente también se utilizan técnicas más avanzadas (*e.g.* estudios de isótopos radiactivos), el análisis primario de contenidos estomacales permite determinar el nivel que ocupan las especies en la red trófica y conocer sus interacciones. Esta metodología requiere muchas horas de trabajo en el laboratorio, pero es importante que la identificación de las presas se haga hasta el nivel taxonómico más bajo posible, con el fin de obtener conclusiones precisas. La información que se obtiene, aparte de la del espectro trófico, indica los hábitos alimentarios de las especies (bentónicos o pelágicos, inshore u offshore).

Si bien existe una considerable cantidad de trabajos sobre ecología trófica de comunidades de peces adultos y juveniles de edad avanzada del sur del Arco de Scotia, incluyendo a las Islas Shetland del Sur (Moreno y Bahamonde 1975, Moreno y Osorio 1977, Showers *et al.* 1977, Moreno 1980, Moreno y Zamorano 1980, Tarverdiyeva y Pinskaya 1980, Duarte y Moreno 1981, Targett 1981, Daniels 1982, Linkowski *et al.* 1983, Takahashi 1983, Barrera Oro y Tomo 1987, Barrera Oro y Casaux 1990, Casaux *et al.* 1990, Pakhomov y Tseytlin 1992, Kiest 1993, Gröhsler 1994, Takahashi y Iwami 1997, Casaux 1998), los estudios de superposición de dieta que se han llevado a cabo hasta la fecha son limitados. Además, en estos estudios la fase juvenil temprana de las especies no estuvo o quedó escasamente representada y, en consecuencia, fue prácticamente inexplorada.

En este contexto, el presente trabajo aporta nuevos conocimientos sobre aspectos fundamentales de la ecología trófica de los estadios juveniles tempranos (*i.e.* hasta cuatro años de edad dependiendo de la especie) de cinco especies de nototenoideos (suborden Notothenioidei) que habitan las aguas costeras de una localidad antártica situada en las Islas Shetland del Sur. En las especies *Notothenia rossii* (Richardson 1844), *Notothenia coriiceps* (Richardson 1844), *Lepidonotothen nudifrons* (Lönnberg 1905), *Trematomus newnesi* (Boulenger 1902) y *Harpagifer antarcticus* (Nybelin 1947) se estudiaron fundamentalmente la composición de la dieta, los hábitos alimenticios, las estructuras morfológicas del aparato digestivo y la superposición de la dieta entre ellas. Adicionalmente se incorporó a la especie *Trematomus bernacchii* (Boulenger 1902) en el análisis de la morfología del aparato digestivo.

El conocimiento de los hábitos alimenticios de los juveniles tempranos de estas especies no sólo aportará información básica y necesaria sobre esta comunidad íctica, sino que además establecerá puntos de comparación para futuras investigaciones. Asimismo, una mayor comprensión de la función que cumplen estos peces dentro de la red trófica antártica permitirá generar herramientas para desarrollar estrategias efectivas de conservación y políticas adecuadas para una correcta administración de los recursos pesqueros.

El presente trabajo se estructura en seis capítulos. Los dos primeros proveen información general sobre la temática, el área y las especies incluidas, así como los objetivos propuestos. En el tercer capítulo, se exponen los materiales y métodos empleados a lo largo de la tesis. En el cuarto capítulo se realiza una descripción de la composición de la muestra incluyendo los resultados de los análisis que se emplearon para caracterizarla. En el quinto capítulo se exponen los resultados de la determinación y caracterización de la dieta de las diferentes especies, se hace un análisis de superposición y se evalúa el rol de las especies seleccionadas en la trama trófica local y las relaciones con los diferentes componentes de la misma. Tanto en el capítulo cuatro como en el quinto se realiza una breve introducción específica de los temas tratados en

los mismos Por último, el capítulo número seis enlista las conclusiones más importantes obtenidas en este estudio.

CAPÍTULO 2

Área de estudio y descripción de las especies
Objetivos



Mario Gomez

2.1 LA ANTÁRTIDA

El Antártico es un ecosistema único no sólo por las características físicas que lo definen sino también por sus características biológicas y, en el marco del Tratado Antártico (Fogg 1992), ha sido destinado a ser un continente de *paz, ciencia y desarme*. El interés por el denominado “continente blanco” se ha ido acrecentando en las últimas décadas, al igual que los conocimientos adquiridos a partir del inicio de diversas exploraciones de investigación.

La Antártida es el cuarto continente más grande del planeta, con una superficie continental estimada en aproximadamente 14 millones de km². Se sitúa considerablemente alejada del resto de los continentes que conforman la Tierra, siendo el Arco de Scotia¹ la única conexión entre la porción más distal de Sudamérica y la Península Antártica (Tomczak y Godfrey 1994, Arntz *et al.* 2005). El continente está circundado por los océanos Atlántico, Índico y Pacífico, cuyas aguas conforman el océano Austral y, aún hoy, no se tiene un conocimiento profundo de los taxa que habitan en este ecosistema marino. Todas las tierras y barreras de hielo ubicadas al sur de los 60° de latitud Sur son parte del territorio Antártico (Fig. 2.1); las islas que se hallan situadas al norte de este paralelo se denominan islas subantárticas, mientras que aquellas ubicadas al sur del mismo corresponden a las islas antárticas. En el sector atlántico, área de estudio específico de esta tesis, el primer grupo de islas son las Georgias del Sur, Sandwich del Sur y Aurora, y el segundo grupo son las Orcadas del Sur y Shetland del Sur. Todas estas islas, circundadas por el Mar de Scotia, constituyen el arco volcánico oceánico y de cordillera submarina al cual se hizo referencia previamente como Arco de Scotia (Fig. 2.2a).

El continente Antártico es una gran meseta recubierta por hielo con afloramiento de los picos más altos de las montañas que conforman gran parte de su paisaje. Las zonas de hielo que lo rodean presentan diferentes configuraciones a lo largo del año y en consecuencia, hay una pronunciada variación estacional evidenciada en la superficie del mar. Existe una zona de hielo marino permanente (alta Antártida) que no sólo incluye al continente sino también a las zonas contiguas al mismo y una zona de hielo marino estacional, la cual suele derretirse en épocas de verano y se extiende sobre las altas latitudes del continente (Kock 1992). El hielo se adentra hacia el mar formando las grandes barreras cuyo desprendimiento culmina en la formación de icebergs. Más allá de todos los cambios físico-químicos que acarrea la remodelación del paisaje antártico, se sabe que las condiciones geográficas y físico-químicas en los mares, se mantuvieron estables en los últimos 20 millones de años (Dayton 1990).

Debido a su peculiar orografía, la Antártida es el continente más elevado respecto al nivel del mar, a un promedio de 2000 m. El clima es hostil, con escasas precipitaciones que se

¹El Arco de Scotia y el Mar de Scotia deben su nombre al buque de exploración “Scotia”, de origen Escosés, por lo tanto no corresponden a una traducción de esa palabra al español, “Escocia”, como vulgarmente se utiliza.

manifiestan principalmente en forma de nieve, fuertes vientos y muy bajas temperaturas, donde incluso se ha registrado una temperatura de -89°C .

La Convergencia Antártica, concepto biogeográfico donde las aguas templadas de los 3 océanos se mezclan con las aguas frías polares, es el límite norte natural del ecosistema antártico y se encuentra, según la longitud, entre los 54° y 62° de latitud Sur (Fig. 2.1). En este sitio se revela una clara división faunística entre las distintas áreas. Se evidencia un cambio brusco en las temperaturas de las aguas superficiales a lo largo de esta línea natural, las cuales poseen unas medias que varían entre los $2,8^{\circ}\text{C}$ a los $5,5^{\circ}\text{C}$. Aquí, las masas de agua más frías al sur de la convergencia poseen una menor salinidad y subyacen bajo las aguas más cálidas que se adentran desde el norte.

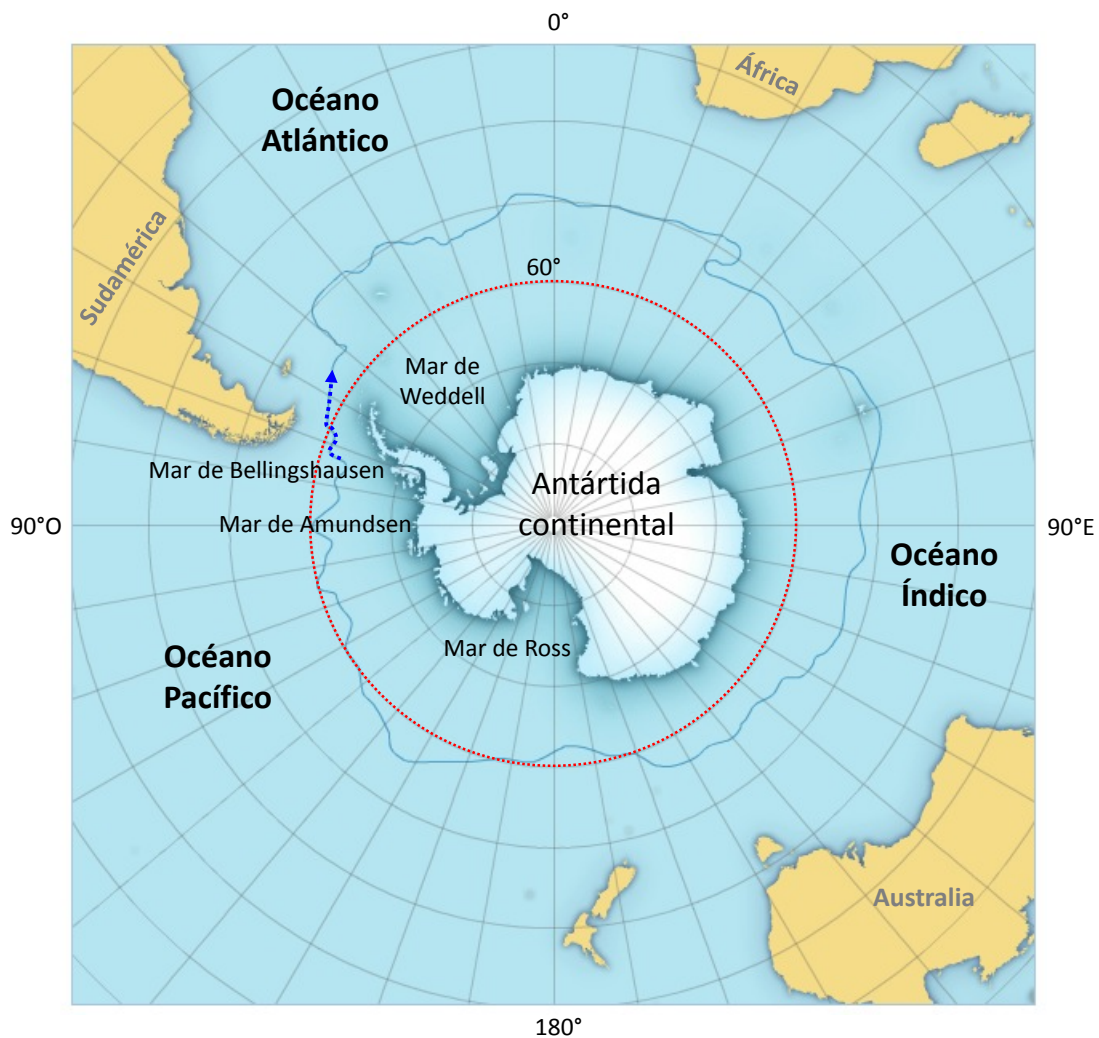


Figura 2.1. Continente antártico, cuyo límite geopolítico está representado por el paralelo 60°S (línea roja punteada). En el mapa también se indica la disposición de los mares antárticos y posición de la Convergencia Antártica (línea celeste continua), límite entre las aguas polares frías y las templadas. Asimismo, se detalla la dirección de circulación la Corriente Circumpolar Antártica (flecha azul punteada).

Los mares que rodean al continente antártico representan un 10% de los océanos del mundo (Eastman 2005). Al este, oeste y norte de la Península Antártica (PA) se encuentran respectivamente los mares de Weddell, Bellingshausen y Scotia. Estos están conectados por la Corriente Circumpolar Antártica (CCA), la cual circula en dirección este (Fig. 2.1). Las Islas Shetland del Sur, área principal de este estudio, están separadas del continente sudamericano por el Pasaje de Drake; en tanto que el Mar de la Flota divide a dichas islas de la Península Antártica (Fig. 2.2b).

La compleja circulación de agua circundante a la Península Antártica se encuentra dominada por una componente proveniente del este que se origina de CCA y del Mar del Bellingshausen. A lo largo de la costa de la Península Antártica, la corriente costera fluye generalmente hacia el oeste y sur (Stein 1995). En el extremo meridional del Mar de Scotia, la confluencia Weddell/Scotia fluye alrededor del Arco de Scotia (Deacon 1937, 1979). La CCA controla la circulación de la región dado que balancea las aguas provenientes de la Península Antártica y el Mar de Weddell (Foster y Middleton 1984, Gordon 1988).

En cuanto a su situación legal, la Antártida está regida por las premisas enunciadas en el Tratado Antártico así como por un conjunto de comisiones internacionales que las complementan; estableciéndose las normas y leyes a seguir en este territorio de carácter cosmopolita. Siendo un instrumento jurídico de reconocimiento internacional, el Tratado Antártico creado en Washington el 1 de Diciembre de 1959 entró en vigencia el 23 de Junio de 1961 al ser ratificado por todos los gobiernos signatarios.

Los acuerdos internacionales referidos son:

- ❖ CONVENCION INTERNACIONAL PARA LA REGULACION DE LA CAZA DE BALLENAS.
- ❖ MEDIDAS CONVENIDAS PARA LA PROTECCION DE LA FLORA Y FAUNA ANTARTICAS.
- ❖ CONVENCION PARA LA CONSERVACION DE LAS FOCAS ANTARTICAS.
- ❖ CONVENCION PARA LA CONSERVACION DE LOS RECURSOS VIVOS MARINOS ANTARTICOS.
- ❖ PROTOCOLO AL TRATADO ANTARTICO SOBRE PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE.

La CONVENCION PARA LA CONSERVACION DE RECURSOS VIVOS MARINOS ANTARTICOS (CCRVMA) fue creada en el año 1980 por las Partes Consultivas del Tratado Antártico para tomar medidas “relacionadas con la protección y conservación de los recursos vivos marinos de la Antártida” y controlar el uso racional de la mayoría de las especies marinas de los océanos del sur. Desde su entrada en vigor en 1982, el objetivo de la convención no sólo fue crear medidas óptimas de

conservación en base a las contribuciones científicas que realizan los diferentes países participantes, sino también regular la explotación de ciertos recursos vivos, como ser los que competen a las pesquerías en las áreas antárticas y subantárticas. La CCRVMA prioriza, ante todo, la conservación de todas las especies a fin de mantener las relaciones ecológicas que las sostienen en el complejo ecosistema marino antártico. Es importante mencionar que la CCRVMA adquirió un enfoque preventivo a fin de evitar cambios irreversibles en el ecosistema en su conjunto y que varias de las medidas de conservación que se adoptaron hasta el presente tienen el propósito de promover la recuperación de las especies de peces sobreexplotadas en décadas pasadas en distintas zonas de la Antártida. Esta convención se ha desarrollado ininterrumpidamente desde su creación y actualmente es considerada como un modelo de cooperación internacional a seguir en el área de pesquerías.

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, por lo que todos los estudios científicos realizados en el área son relevantes para la cooperación en ese ámbito internacional.

2.2 ÁREA DE ESTUDIO

El estudio principal de ecología de la comunidad íctica en su fase juvenil se llevó a cabo en Caleta Potter (62° 14'S y 58° 40'W), a orillas de la cual se sitúa la Base Científica Argentina "Carlini". La caleta se encuentra en la Isla 25 de Mayo que forma parte del archipiélago de las Islas Shetland del Sur, ubicadas al norte de la Península Antártica en el sector atlántico sur (Fig. 2.2). El estudio de la interacción predador-presa entre el cormorán antártico (*Phalacrocorax bransfieldensis*, Murphy 1936) y los peces se realizó en dos localidades de la Isla Nelson, Punta Armonía (62° 18'S y 59° 14'W) y Punta Duthoit (62° 19'S y 58° 48'W), la cual también forma parte del mismo archipiélago (Fig. 2.2c).

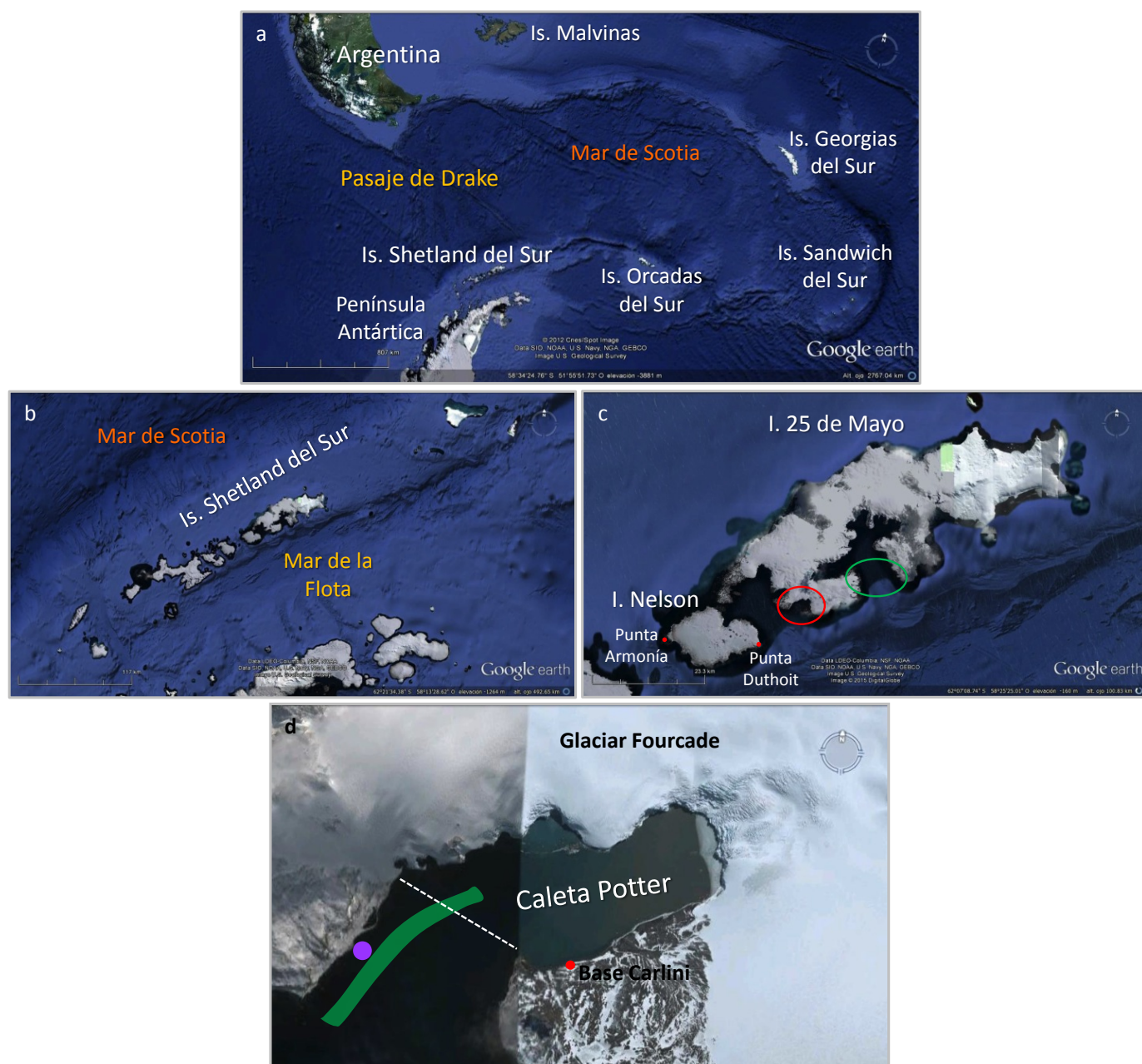


Figura 2.2. **a**, Principales islas antárticas y subantárticas cercanas a la Península Antártica que conforman el Arco de Scotia, sobre el mar homónimo. **b**, Ubicación de las Islas Shetland del Sur y Península Antártica. **c**, Isla 25 de Mayo, donde se señala Caleta Potter (círculo rojo) y Bahía Almirantazgo (círculo verde). Isla Nelson, con indicación de dos zonas de muestreo: Punta Armonía y Punta Duthoit. **d**, Imagen satelital de la caleta con indicación de la zona de muestreo (línea verde: zona de arrastres, punto violeta: zona de trasmallos), por medio de la línea punteada blanca se divide la parte interna y la parte externa.

Características Físicas Oceanográficas

La caleta se extiende en una superficie de 7 km², posee un perfil oceánico en forma de V, donde su eje principal tiene una dirección SW-NE. Su extremo occidental se abre a la bahía Guardia Nacional, la cuál posee 14 km de largo y una abertura de 6 km de ancho donde las profundidades máximas pueden alcanzar los 520 m. Esta bahía conecta con el Mar de la Flota (Fig. 2.2b). El régimen de mareas es mixto preponderantemente semidiurno desigual, es decir, se presentan la mayor parte de los días del año dos pleamares y dos bajamares alternadas en un día lunar y de diferente altura. La amplitud media de las mareas de sicigia es de 148 cm y las de cuadratura de 120 cm (Schöne *et al.* 1998). Las corrientes de marea son pequeñas. Se identificó una circulación ciclónica con una renovación eficiente del agua en el sector norte, donde las aguas de la bahía Guardia Nacional entran en la caleta. Por otro lado, en presencia de vientos con intensidades superiores a 5m/s se genera una circulación de las células verticales, con vientos del este se produce un surgimiento de las aguas y un hundimiento de las mismas en presencia de vientos occidentales (Roese y Drable 1998). La temperatura del agua superficial varía anualmente entre -1,4°C a 1,9°C (Schloss *et al.* 1998, 2012).

El relieve del lecho marino está conformado por tres cuencas, una menor en el extremo noreste y dos principales, separadas por crestas submarinas. La división entre las dos últimas cuencas está dada por una baja cresta menor a 30 m, que divide la caleta en dos partes: una interna y otra externa (Tosonotto *et al.* 2010) (Fig. 2.2c, línea punteada). La profundidad máxima se encuentra por debajo de los 200 m en la parte externa y los 60 m en la parte interna. La parte externa, correspondiente a la entrada de la caleta, evidencia un fondo rocoso cubierto principalmente de macroalgas rojas y marrones. La parte interna, contigua al pie del glaciar Fourcade, presenta un fondo en su mayoría limoso, por lo que se encuentra cubierto de sedimentos glaciares y desprovistos de algas. Debido al derretimiento natural del glaciar, la caleta recibe un aporte de agua dulce de deshielo. Entre los años 1997 y 2010 dicho glaciar sufrió su máxima retracción donde 0,753 km² desaparecieron (Tosonotto *et al.* 2010); motivo por el cual surgieron nuevas áreas de fondo rocoso, las cuales fueron colonizadas por macroalgas (Quartino *et al.* 2013). Cabe destacar que los sitios de muestreos utilizados en esta tesis, tanto de la parte interna como de la parte externa de la caleta, son fondos rocosos cubiertos de comunidades de camas de macroalgas de similar composición (Quartino *et al.* 2013).

Características Biológicas

La fauna asociada a los colchones de algas es rica y diversa, se encuentran poliquetos, anfípodos gamáridos (*e.g.* *Eurymera monticulosa*, Pfeffer 1888; *Bovallia gigantea*, Pfeffer 1888; *Valettia*

coheres, Stebbing 1888), isópodos (e.g. *Serolis* sp.; *Glyptonotus antarcticus*, Eights 1852), cefalópodos, gasterópodos (e.g. *Laevilacunaria bransfieldensis*, Preston 1916; *Margarita antarctica*, Lamy 1905; *Nacella concinna*, Strebel 1908; *Eatoniella caliginosa*, Smith 1875), quitones (*Quiton* sp.), bivalvos (e.g. *Mysella charcoti*, Lamy 1906; *Laternula elliptica*, King y Broderip 1831), ofiuros (e.g. *Amphiura deficiens*, Koehler 1922), asteroideos (e.g. *Odontaster validus*, Koehler 1906; *Labidiaster annulatus*, Sladen 1889; *Cuenotaster involutus*, Koehler 1912; *Lysasterias* spp.; *Porania antarctica glabra*, Sladen), equinodermos (e.g. *Ctenocidaris speciosa*, Mortensen 1910; *Sterechinus neumayeri*, Meissner 1900), tunicados (e.g. *Salpa thompsoni*, Foxton 1961), corales, ascidias y peces (Casaux *et al.* 1990; Moreira, observación personal). Muchos grupos de invertebrados que conforman parte de la fauna del Antártico, al igual que los peces, son también altamente endémicos, como ser, esponjas 51%, poliquetos 57%, anfipodos 72%, moluscos 75%, isópodos 88% y picnogónidos 91% (Arntz *et al.* 1997, Brandt 1999).

Las zonas terrestres aledañas a Caleta Potter albergan una gran riqueza y diversidad biológica. Se encuentran colonias reproductivas de pingüino barbijo (*Pygoscelis antarctica*, Forster 1781), pingüino Adelia (*Pygoscelis adeliae*, Hombron y Jacquinot 1841) y pingüino papúa (*Pygoscelis papua*, Forster 1781). En el área también nidifican el petrel gigante del sur (*Macronectes giganteus*, Gmelin 1789), la paloma antártica (*Chionis alba*, Gmelin 1789), el gaviotín antártico (*Sterna vittata*, Gmelin 1789), distintas especies de escúas (*Stercorarius* sp.), la gaviota cocinera (*Larus dominicanus*, Lichtenstein 1823) y los petreles de las tormentas (*Oceanites oceanicus*, Kuhl 1820 y *Fregueta tropica*, Gould 1844). Las colonias reproductivas del cormorán antártico no se encuentran en las inmediaciones de la caleta, pero la misma es parte del área de forrajeo de las colonias aledañas de dichas aves. Entre los mamíferos, el elefante marino del sur (*Mirounga leonina*, Linnaeus 1758) llega a esta zona para reproducirse durante la primavera austral. Ocasionalmente se observan individuos no reproductores de foca de Weddell (*Leptonychotes weddellii*, Lesson 1826), foca cangrejera (*Lobodon carcinophagus*, Hombron y Jacquinot 1842) y leopardo marino (*Hydrurga leptonyx*, de Blainville 1820), además de ejemplares de lobo marino antártico (*Arctocephalus gazella*, Peters 1875), cuya presencia suele ser más habitual que las especies previamente nombradas. En la zona hay un desarrollo relativamente abundante de comunidades vegetales dominada por líquenes, especialmente en la sucesión rocosa cercana a las playas, y también por musgos, en las superficies planas de las paleoplayas.

2.3 LOS PECES ANTÁRTICOS

La ictiofauna antártica no es tan diversa como se esperaría al considerarse el tamaño y la edad del ecosistema marino antártico (Eastman 1995). Está compuesta por sólo 322 especies representadas en 50 familias (Gon y Heemstra 1990, Eastman 2005. Anexo 1). Asimismo, el 88% de las especies y el 76% de los géneros antárticos son endémicas, lo que significa que habitan exclusivamente los mares que rodean a este continente (Andriashev 1987, Eastman 2005). A pesar de la gran área marina donde viven estas especies (≈ 35 millones de km^2), las mismas representan sólo el 1,3% de la ictiofauna mundial; la cual está conformada por al menos ≈ 25000 - 28000 especies distribuidas en 482 familias (Nelson 1994). Se estima que entre 30 y 60 especies aún no se han descrito para el área, y que la mayoría de éstas pertenecen a la familia Liparidae (peces aguja) (Eschemeyer 1998, Eastman 2005). Roberts (1982) y Eastman (2005) consideran que, en realidad, el número de especies antárticas es elevado si se toma en consideración la carencia de hábitats bentónicos tales como arrecifes de coral, grutas, cuevas, etc.; comunes en mares tropicales y subtropicales.

En el ecosistema marino antártico la presencia de peces pelágicos es limitada dado que la mayoría de las especies son demersales. Los peces antárticos pelágicos están representados, en términos de diversidad y biomasa, por la Familia Myctophidae (Orden Myctophiformes, peces linterna) de hábitos batipelágicos y mesopelágicos (Kock 1992). Dentro del Suborden Notothenioidei, *Pleuragramma antarcticum* (Boulenger 1902) conforma aproximadamente el 90% de la biomasa de peces pelágicos en aguas costeras y presenta una distribución circumpolar (DeWitt 1970, Hubold y Ekau 1987). Las especies pelágicas son de gran importancia ecológica dentro de la red trófica antártica debido a que son ítems alimenticios frecuentemente consumidos por los predadores tope, tanto buceadores como no buceadores (Coria 2006, Daneri *et al.* 2008, entre otros).

Específicamente en la plataforma continental y la parte superior del talud, se encuentran unas 222 especies demersales bentónicas las cuales forman parte de 19 familias donde, coincidentemente, el 88% de la biomasa de esta ictiofauna pertenece a un grupo taxonómico dominante de perciformes, el Suborden Notothenioidei (a partir de aquí referidos como nototenoideos) y a las familias Liparidae y Zoarcidae (Eastman 2005). Al considerar sólo a los nototenoideos el endemismo alcanza el 97% para el caso de las especies (Andriashev 1987). Los nototenoideos dominan no sólo en número de especies sino también en términos de biomasa, y se incluyen en seis familias antárticas: Nototheniidae, Harpagiferidae, Bathydraconidae, Channichthyidae, Bovichtidae y Artedidraconidae (Eastman 2005. Anexo 1). Estas especies habitan aguas costeras o someras, a menos de 120-150 m de profundidad (de aquí en adelante definidas ocasionalmente con el término en inglés “inshore”) y aguas abiertas, comúnmente

hasta los 450-500 m (la gran mayoría) y excepcionalmente 1500 m de profundidad (e.g. *Dissostichus* sp.) (de aquí en adelante “offshore”). Aunque la diversidad de los nototenoideos es limitada en relación al tamaño del ecosistema, no existe otro grupo de peces en el mundo que posea tal diversificación y dominancia en el hábitat de la plataforma continental (Eastman 1995).

Los peces antárticos no sólo se caracterizan por su alto grado de endemismo, sino también por ciertas adaptaciones a la vida marina en aguas gélidas, de carácter eco- fisiológicas. La principal adaptación es la presencia de sustancias anticongelantes en la sangre, glicoproteínas especiales que disminuyen el punto de congelamiento de los fluidos corporales (Eastman y De Vries 1986). Debido al bajo metabolismo de los peces antárticos, la importancia funcional de la hemoglobina comparada con peces de aguas templadas o tropicales, es menor; por lo que existe una reducción de la misma en sangre. Incluso en algunas especies puede estar ausente completamente como es el caso de la familia Channichthyidae, razón por la cual se los suele llamar vulgarmente peces de hielo (Kock 1992). La hemoglobina transporta los gases que intervienen en el proceso respiratorio (CO_2 y O_2) y está formada por un pigmento hemo y una proteína, la globina. Al carecer de ésta, los gases disueltos en la sangre se transportan por un proceso físico. La baja concentración de hemoglobina también ayuda a disminuir la viscosidad de la sangre, la que normalmente se ve aumentada por las bajas temperaturas ambientales.

Los nototenoideos carecen de vejiga natatoria, por lo que la clave de la diversificación dentro de este grupo fueron sus disímiles grados de flotabilidad. Sólo 5 especies poseen flotabilidad neutra en su estado adulto y son miembros permanentes de la columna de agua: *Pleuragramma antarcticum*, *Aethotaxis mitopteryx* (DeWitt 1962), *Dissostichus mawsoni* (Norman 1937), *D. eleginoides* (Smitt 1898) y *Gvozdarus svetovidov* (Balushkin 1989). Los diferentes grados de flotabilidad se deben a una combinación entre la reducción en la mineralización del esqueleto, los depósitos de lípidos (subcutáneos e intramusculares) y el aumento de la superficie de las aletas pectorales (e.g. Channichthyidae) que les permite mantenerse, al menos temporalmente, en la columna de agua y así poder alimentarse de recursos pelágicos ocasionalmente abundantes como el krill antártico (*Euphausia superba*, Dana 1850) (Nybelin 1947). Algunas especies de peces antárticos poseen huevos, larvas y estadios juveniles tempranos pelágicos, por lo que se presume que tienen una flotabilidad aproximadamente neutra; luego en la mayoría de las especies los individuos migran al fondo marino adquiriendo diferentes tipos de vida bentónica, como por ejemplo en *Notothenia rossii*, *Notothenia coriiceps* y *Trematomus bernacchii*.

Los estadios larvales de los peces demersales, así como los peces pelágicos, constituyen una porción menor del epiplancton marino antártico (Morales Nin *et al.* 1995, Hoddell *et al.* 2000, Barrera Oro 2002), es decir, de la porción del plancton que vive entre los 0 y 50 m de

profundidad. El zooplancton está compuesto mayormente por copépodos, salpas, quetognatos y eufausiáceos (Hempel 1985, Siegel *et al.* 1992). Los eufausiáceos son un grupo de crustáceos pelágicos, constituido por más de 80 especies. En el océano Austral se encuentran 7 especies a las que se conoce vulgarmente como “krill”, son de distribución circumpolar y están presentes en una amplia gama de latitudes: *Euphausia superba* (Dana 1850), *E. crystallorophias* (Holt y Tattersall 1906), *E. vallentini* (Stebbing 1900), *E. triacantha* (Holt y Tattersall 1906), *E. frigida* (Hansen 1911), *Thysanoessa vicina* (Hansen 1911) y *T. macrura* (Sars 1883) (Everson 2000). Sólo *E. superba* y *E. crystallorophias* son de especial interés para la pesca comercial y forman habitualmente densos bancos. *Euphausia superba*, comúnmente llamado krill antártico, es la especie más abundante en todo el ecosistema y ocurre principalmente en el sector Atlántico. Se estima que en aguas antárticas los eufausiáceos representan aproximadamente el 50% de la biomasa zooplanctónica total (Holdgate 1970).

2.4 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN Y ESPECIES ESTUDIADAS

La ictiofauna nerítica en la región sur del Arco de Scotia, sector Atlántico Antártico, que incluye las Islas Orcadas del Sur, Islas Shetland del Sur y oeste de la Península Antártica, se caracteriza por una composición similar de unas pocas especies, comúnmente menos de 6, cuyo número puede aumentar con la presencia de macroalgas (Kock 1992). En Caleta Potter, la composición de especies sigue este patrón, y es en general similar en diversidad y abundancias relativas en aguas inshore de todo el archipiélago (Barrera Oro 2002). A continuación se detallan las especies de peces que se registraron específicamente en el área de Caleta Potter.

2.4.1 PECES PELÁGICOS

Ocasionalmente se han capturado ejemplares de *Protomyctophum* sp. (Orden Myctophiformes, familia Myctophidae) y del nototénido (Orden Perciformes, familia Nototheniidae) *Pleuragramma antarcticum*. La presencia del mictófido *Protomyctophum* sp. fue registrada en dos oportunidades, en diferentes años y estaciones. Existen pocos registros que evidencian la presencia de estas especies en aguas inshore (Daniels 1982, Linkowski *et al.* 1983). Ciertos autores (Skora 1993, entre otros), consideran que la presencia de estos peces en aguas someras es ocasional; fenómeno causado por una introducción temporal del nekton proveniente de aguas offshore adyacentes. A partir de observaciones recientes sobre interacciones predador-presa entre aves voladoras y peces, se cree que la presencia de peces pelágicos en aguas someras podría estar subestimada (Barrera Oro 2002; Moreira, observaciones personales). Es posible que

los pocos registros existentes sean una consecuencia de la dificultad para obtener las muestras. Probablemente las artes de pesca utilizadas regularmente en estas aguas no son las adecuadas para capturar este tipo de peces, los cuales poseen mayor capacidad de reacción para eludir redes de arrastre chicas, operadas desde embarcaciones pequeñas.

2.4.2 PECES BENTÓNICOS

Es sabido que en áreas con alta diversidad en macroalgas hay mayor abundancia de peces (Zukowski 1980, Burchett 1983). En Caleta Potter, esto fue confirmado mediante observaciones de buceo y también por registros de ecosonda (Barrera y Casaux 1990). Existe un gradiente de la densidad de algas con la profundidad, donde la fauna asociada es rica y diversa (Wiencke *et al.* 1998, Wiencke *et al.* 2008, Quartino y Boraso de Zaixso 2008). De este modo, en comunidades cercanas a la costa, el medio ambiente algal ofrece a los peces diversidad de presas y refugio frente a potenciales predadores como aves y mamíferos (Casaux *et al.* 1990).

Las especies más frecuentes en Caleta Potter son nototenoideos que pasan su ciclo de vida parcial o íntegramente en aguas costeras, 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 nototenoideos son peces yugulares, es decir, con aletas pélvicas que se originan en un punto anterior al origen de las aletas pectorales; presentan diversas formas corporales como oblonga, alargada y fusiforme; poseen dos aletas dorsales y diferentes configuraciones de la boca que evidencian múltiples modos de vida. Hay familias con y sin escamas. Cuando estas estructuras están presentes, son del tipo ctenoideas, aunque el grado de escamación varía según la especie (Fischer y Hureau 1988, Gon y Heemstra 1990).

Los nototénidos (familia Nototheniidae) *Notothenia coriiceps* (= *N. neglecta*), *Notothenia rossii*, *Lepidonotothen nudifrons*, *Trematomus newnesi*, *Trematomus bernacchii*, y el harpagiférico (familia Harpagiferidae) *Harpagifer antarcticus* son las especies más abundantes. El batidracónido (familia Bathydraconidae) *Parachaenichthys charcoti* (Vaillant 1906), vulgarmente llamado pez dragón y el caenictido *Chaenocephalus aceratus* (pez de hielo, Lönnberg 1906) son especies menos frecuentes. Ocasionalmente se ha registrado la presencia del nototénido de interés comercial *Dissostichus mawsoni*. Asimismo, el nototénido *Gobionotothen gibberifrons* (Lönnberg 1905) 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). En la especie *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).

Varios aspectos de la ecología de la ictiofauna de Caleta Potter (Barrera Oro y Casaux 1998, 2008; Barrera Oro *et al.* 2008) se han estudiado, tales como hábitos alimentarios y estadio reproductivo (compilado en Barrera Oro 2002), composición por talla y determinación de la edad (Barrera Oro 1989, Casaux *et al.* 1990, Barrera Oro y Casaux 1992, 1996) e interacción con predadores (Casaux *et al.* 1998). A continuación se detallan las especies elegidas para llevar a cabo este trabajo y en la Tabla 2.1 se resume la información básica disponible de los estadios juveniles avanzados y adultos previamente estudiados (información principal en capítulos 4 y 5):

Orden Perciformes

Familia Nototheniidae

❖ *Notothenia rossii*



Fotografía: Moreira M.E.

Notothenia rossii es una especie de distribución circumpolar, es decir, que habita las aguas que rodean al continente (Gon y Heemstra 1990). En Caleta Potter, se encuentra exclusivamente en su estadio juvenil; luego migra a aguas offshore para unirse y desovar con la parte adulta de la población (Casaux *et al.* 1990, Barrera Oro y Casaux 1992, Kock 1992, Barrera Oro 2002, Barrera Oro *et al.* 2010).

❖ *Notothenia coriiceps*



Fotografía: Moreira M.E.

Notothenia coriiceps es una especie ampliamente distribuida en los sectores antárticos atlántico e índico que habita principalmente en aguas someras (Gon y Heemstra 1990). Es dominante,

tanto en número como en biomasa, en todo el archipiélago de las Islas Shetland del Sur (Barrera Oro 2002, Kock *et al.* 2012). La información sobre su distribución en profundidad en Caleta Potter sugiere que la misma permanece en aguas inshore durante todo su ciclo de vida (Casaux *et al.* 1990). Sin embargo, otros estudios indican que al menos en el área de la Isla Elefante (Islas Shetland del Sur) migra hacia aguas más profundas para desovar, y aquí alcanzan la madurez sexual a los 8 años (Everson 1970, 1994; Hureau 1970; Kock 1992).

❖ *Lepidonotothen nudifrons*



Fotografía: Moreira M.E.

Lepidonotothen nudifrons se distribuye a través del Arco de Scotia, desde la región de la Península Antártica hacia el norte (Gon y Heemstra 1990). Es una especie nerítica de pequeño tamaño.

❖ *Trematomus newnesi*



Fotografía: Moreira M.E.

Trematomus newnesi presenta una distribución circumpolar (Gon y Heemstra 1990). Es una especie semipelágica que ejemplifica la tendencia evolutiva de alejarse de los ambientes bentónicos, típicos de sus ancestros, para habitar la columna de agua. Esta especie se puede encontrar en las áreas de hielo marino permanente y estacionales que rodean la Antártida y en las islas adyacentes, principalmente en las zonas costeras de fondos rocosos con camas de algas (*e.g.* De Witt *et al.* 1990). Es la única especie que presenta plasticidad fenotípica entre los peces

nototenoideos antárticos y se conocen tres morfos. Arriba en la fotografía se muestran: a) morfo típico; b) morfo intermedio y c) morfo grande (Barrera Oro *et al.* 2012).

❖ *Trematomus bernacchii*



Fotografía: Moreira M.E.

Trematomus bernacchii, al igual que *T. newnesi*, presenta una distribución probablemente circumpolar. Es una especie nerítica que se puede encontrar en las aguas de la pendiente de la plataforma (Gon y Heemstra 1990).

Familia Harpagiferidae

❖ *Harpagifer antarcticus*



Fotografía: Moreira M.E.

Harpagifer antarcticus habita en aguas antárticas del sector atlántico (Gon y Heemstra 1990). Es la única especie estrictamente nerítica (< 120 m).

Tabla 2.1. En la tabla se detallan el rango de profundidades, la edad y talla máxima registrada, además de la edad y talla a la madurez sexual, para individuos juveniles avanzados y adultos reproductores de peces nototenoideos en Caleta Potter.

<i>Especie</i>	Rango de profundidad (m)	Edad máx. encontrada (años)	Talla máx. encontrada (cm)	Talla a la madurez sexual (H/M, cm)
<i>N. rossii</i>	5 – 40 ¹	7 ^{2,*}	44 ²	41 / 45 ^{2,3}
<i>N. coriiceps</i>	5 – 40 ¹	14 ^{1,2,*}	55,2 ²	34,5 / 32 ²
<i>L. nudifrons</i>	30 – 45 ⁷	8 ⁴	20,4 ⁴	16 / ND ^{2,5}
<i>T. newnesi</i>	30 – 45 ⁷	7 ⁶	23,3 ^{2,6}	16 / ND ^{2,5}
<i>T. bernacchii</i>	70 – 90 ⁷	ND	33,5 ⁵	ND
<i>H. antarcticus</i>	0 – 20 ⁸	ND	11,3 ⁵	10 / 11,5 ⁴
<i>G. gibberifrons</i>	30 – 45 ²	12 ^{2,*}	35,5 ²	33,5 ²

¹ Eastman *et al.* 2011.

² Casaux *et al.* 1990.

³ Barrera Oro y Casaux 1992.

⁴ Eastman *et al.*, datos no publicados.

⁵ Moreira, observación personal.

⁶ Eastman y Barrera Oro 2010.

⁷ Barrera Oro 1996.

⁸ Casaux 1998.

ND: información no disponible.

* Las sp. alcanzan edades máximas entre 13 a 20 años

Es importante recalcar que en diferentes áreas geográficas costeras del Antártico, como la parte sur del Arco de Scotia, los estudios biológicos de peces realizados hasta el presente (principalmente de alimentación y composición de tallas por edad) se refieren a estadíos adultos o juveniles avanzados y en la mayoría de éstos, con un número limitado de muestras ($N < 50$) (compilados en las revisiones de Kock 1992, Hureau 1994, Barrera Oro 2002, La Mesa *et al.* 2004, Kock *et al.* 2012). De esta manera, la fase juvenil temprana de las especies quedó escasamente representada.

En Caleta Potter hasta el año 2005 los artes de pesca utilizados para la captura de peces demersales han sido, en orden cronológico, líneas de anzuelos, nasas, agalleras y redes de trasmallo, todos depositados en el fondo marino (Barrera Oro y Casaux 1990, Casaux *et al.* 1990, Barrera Oro *et al.* 2000). El uso de redes de enmalle ha sido muy útil, sus ventajas son la captura de una mayor cantidad de peces en un corto período de tiempo, una captura accidental de organismos bentónicos insignificante y la fácil operación desde botes neumáticos. A partir de ese año, se utilizaron redes de arrastre de fondo y de media agua de malla menor. Las primeras, son apropiadas para la captura de peces demersales de un rango de tallas más amplio; las segundas, son aptas para el muestreo de estadíos pelágicos de peces (larvas, postlarvas, juveniles tempranos) y de especies pelágicas (*e.g.* mictófidios), los cuales, como se mencionó, pueden ocurrir temporalmente en la caleta. Por esta razón el campo de la investigación ictiológica se expandió ya que estas redes permiten capturar peces más pequeños, desde aproximadamente 4 cm de longitud total. En base a esta nueva metodología se pudieron llevar a cabo los muestreos programados para alcanzar los objetivos de esta tesis, consistentes en incrementar el conocimiento científico de las especies ícticas de la caleta. Esto permite la comparación de las características ecológicas de las fases juvenil avanzada y adulta, ya descriptas, con la juvenil temprana (esta tesis) aún desconocidas, las cuales son comunes en toda el área costera litoral del archipiélago de las Islas Shetland del Sur.

2.5 EFECTO DE LA ACCIÓN ANTROPOGÉNICA EN EL ECOSISTEMA MARINO ANTÁRTICO Y RELEVANCIA DEL ESTUDIO DE ESTADÍOS JUVENILES DE PECES

El impacto antrópico en el ecosistema marino antártico se refleja ya sea de forma indirecta a través del cambio climático, como directa mediante la sobreexplotación de sus recursos (Ainley y Blight 2009, Mintenbeck *et al.* 2012, entre otros). La sobreexplotación implica una explotación por sobre el límite que se cree sostenible a largo plazo y más allá de la cual existe un alto riesgo de declinación de la población y agotamiento del recurso. Como consecuencia de

la explotación comercial las poblaciones sufren una reducción en el tamaño promedio de los individuos que las conforman (Marschoff *et al.* 2012).

Los efectos puntuales del cambio climático están relacionados a un incremento de la temperatura atmosférica y de la superficie del mar y a una disminución de la salinidad del mismo, producida por el proceso de derretimiento que sufren los hielos antárticos (Smith *et al.* 1996, 1999; Vaughan *et al.* 2003; Meredith y King 2005; Ducklow *et al.* 2007). Estas alteraciones llevarían a variaciones en el ecosistema, como por ejemplo sobre las interacciones tróficas de sus organismos (Constable *et al.* 2014). En la Península Antártica e islas del Arco de Scotia estos cambios son significativos (King 1994, Smith *et al.* 1996, Vaughan *et al.* 2003), ya que se registraron variaciones del tipo espacio-temporales (abundancia, distribución y composición) en la producción primaria y alteraciones en la composición del zooplancton, cuyos componentes son en gran medida presas frecuentes de los peces (Loeb *et al.* 1997, Loeb *et al.* 2009, Nicol *et al.* 2000, Atkinson *et al.* 2004, Moline *et al.* 2004, Reiss *et al.* 2008, Montes *et al.* 2009).

En el océano austral la pesquería comercial de peces tuvo lugar luego de que finalizara la cacería de ballenas y focas, quienes fueron los primeros animales que sufrieron una intensa explotación comercial en la Antártida. La pesquería se inició a fines de la década de 1960 alrededor de las Islas Georgias del Sur en el sector Atlántico y de las Islas Kerguelen en el sector Índico y, a fines de la década de 1970, se extendió en el sur del Arco del Scotia a las Islas Orcadas del Sur, Islas Shetland del Sur y al oeste de la Península Antártica. *Notothenia rossii* fue la primera especie industrializada en la Antártida y sus poblaciones declinaron bruscamente, al igual que las de otros nototenoideos demersales como *G. Gibberifrons*, *C. gunnari* y *C. aceratus*. En las Islas Shetland del Sur, la pesca comercial comenzó en los años 1978-1979 y fue también *N. rossii* la especie más capturada (47,5% del volumen total de pesca). El stock de esta población en el año 1977-1978 fue estimado en 18500 ton (Kock *et al.* 1985) y, luego, en la temporada 1979-1980 estas concentraciones fueron pescadas y se extrajeron aproximadamente 19000 ton (Kock 1991). Posteriormente, en la segunda mitad de la década de 1980 la pesquería se extendió al océano abierto en/o cerca del Frente Polar Antártico sobre los peces mictófididos y al talud continental de las Islas Georgias del Sur y Kerguelen, sobre la merluza negra *Dissostichus eleginoides*. Finalmente, a partir del año 1997 la pesquería se extendió hasta el Mar de Ross en el sector Pacífico Antártico, a fin de capturar las dos especies del género *Dissostichus*, *D. eleginoides* y *D. mawsoni*. Actualmente, la industria pesquera se concentra principalmente en la explotación de estas dos especies, en toda la región circumentártica.

Los nototenoideos se caracterizan por poseer una baja fecundidad y una tasa de crecimiento lenta, características que los hacen particularmente susceptibles a la sobreexplotación (Norse *et al.* 2012). Por ello, luego de los episodios de sobreexplotación las poblaciones de peces de diversas regiones de la Antártida resultaron diezmadas. Específicamente en el área de Caleta Potter desde 1983 hasta 2012, representativa de la zona nerítica de las Islas Shetland del Sur, las poblaciones de las especies comerciales *N. rossii* y *G. gibberifrons* no se han recuperado luego de más de tres décadas del final de la pesca comercial (Barrera Oro *et al.* 2000, Marschoff *et al.* 2012).

El efecto de la acción antropogénica en el ecosistema marino Antártico ha sido estudiado en el marco de la Convención Para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA), cuya Comisión regula actualmente la pesca en los mares australes. La creación de esta comisión y la consecuente implementación de medidas de conservación, fueron de fundamental importancia para el inicio del proceso de recuperación de muchas de las especies. Por ejemplo, a partir del año 1990 se prohibió la pesca comercial en el área de las Islas Shetland del Sur y Península Antártica, veda que continúa vigente en la actualidad (CCRVMA 1990, 2010).

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 status de las poblaciones de peces que allí habitan de manera de obtener una base científica consistente. 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. Sin la regulación adecuada, la reapertura de la pesca comercial de peces en regiones del Antártico que ya fueron sobreexplotadas podría conducir a un colapso de las poblaciones.

2.6 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

En este contexto, el objetivo general de esta tesis es contribuir al conocimiento científico sobre la ecología de la ictiofauna antártica. Comprender las relaciones tróficas de los peces costeros del área de las Islas Shetland del Sur, a fin de mejorar los planes de manejo de los recursos basado en su conservación y explotación racional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

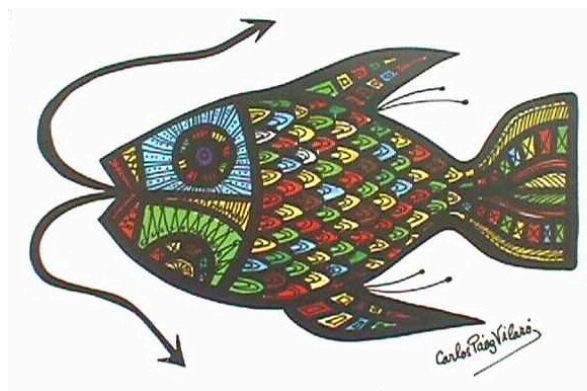
- 1.- Conocer la composición de talla y edad de los estadíos juveniles tempranos de las especies ícticas de Caleta Potter.
- 2.- Determinar la composición de la dieta de los estadíos juveniles tempranos de cada una de las especies elegidas en Caleta Potter.
- 3.- Analizar la superposición de dieta y grado de competencia interespecífica en peces juveniles tempranos de Caleta Potter, como ejemplo/modelo de una comunidad íctica costera de las Islas Shetland del Sur.
- 4.- Evaluar el rol ecológico de los peces juveniles tempranos en la trama trófica de Caleta Potter y la relación predador-presa, utilizando el cormorán antártico *Phalacrocorax bransfieldensis* como ejemplo de predador tope.

2.7 HIPÓTESIS

Como consecuencia de las diferencias existentes en la distribución espacial, el nicho trófico y el rol ecológico dentro de la trama trófica, existe una segregación ecológica que permite la coexistencia entre los estadíos juveniles y adultos de las especies de peces que habitan aguas costeras litorales, como las de Caleta Potter.

CAPÍTULO 3

Materiales y Métodos



MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron ejemplares juveniles tempranos de los nototénidos *Notothenia rossii* y *Notothenia coriiceps* (\leq a 21 cm); *Lepidonotothen nudifrons* y *Trematomus newnesi* (\leq a 17 cm) y el harpagíferido *Harpagifer antarcticus* (\leq a 10 cm) (Fig. 3.1).

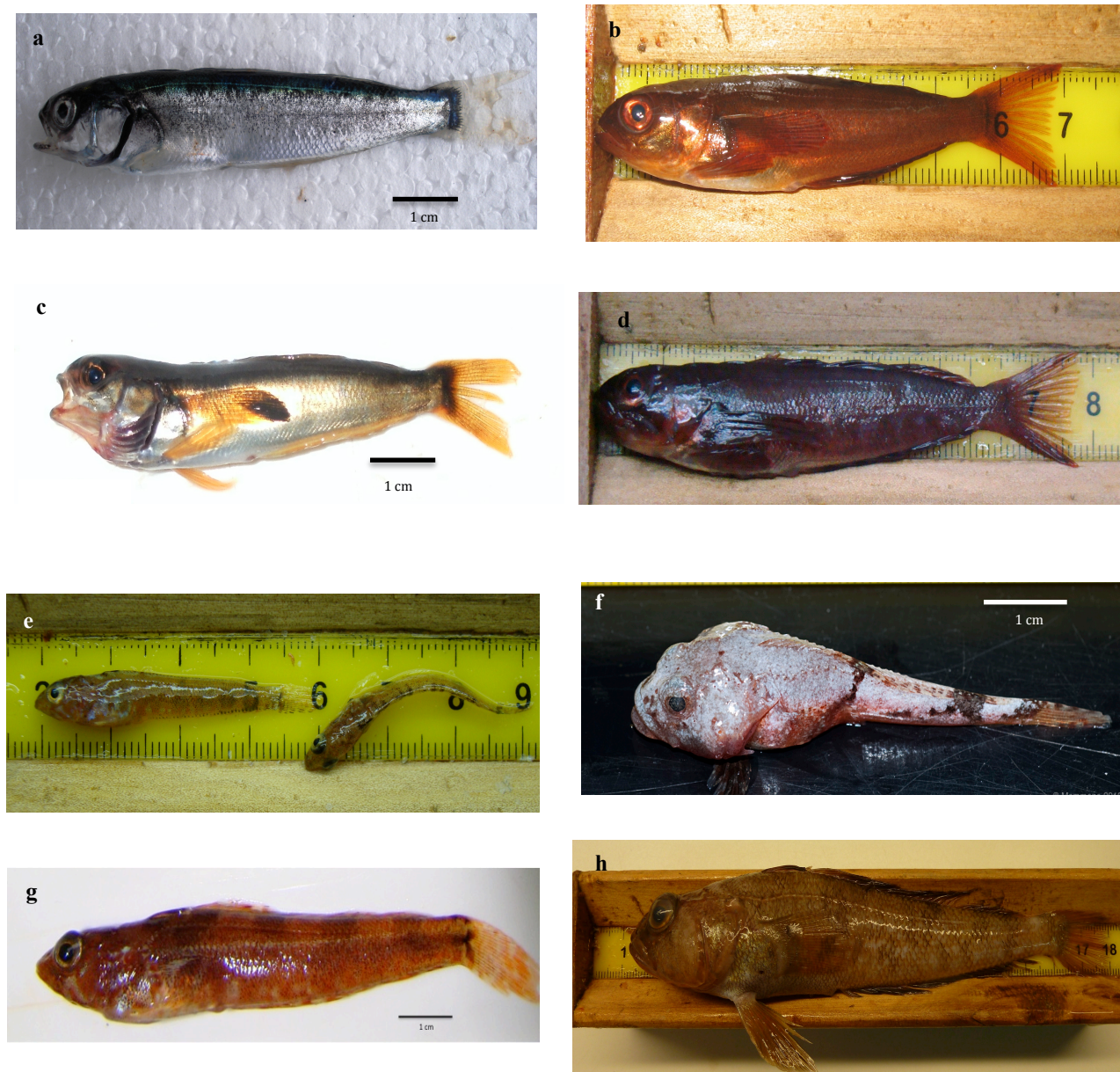


Figura 3.1. Fotografías del estadio juvenil temprano de nototenoideos que habitan Caleta Potter. **a-b**, alevín fase azul y fase marrón de *Notothenia rossii*, respectivamente. **c-d**, *Notothenia coriiceps*. **e**, *Trematomus newnesi*. **f**, *Harpagifer antarcticus*. **g**, *Lepidonotothen nudifrons*. **h**, *Trematomus bernacchii* (fotografías: Moreira M. E.).

De la especie *Trematomus bernacchii* se incluyeron ejemplares sexualmente inmaduros y maduros (Fig. 3.1h). Todos ellos se utilizaron únicamente en los análisis de la comparación interespecífica funcional del tracto digestivo (intestino y ciegos pilóricos) ya que, a diferencia de los otros nototenoideos de este estudio, no existe en la literatura información adecuada sobre la ecología trófica de esta especie en el área.

3.1 TRABAJO DE CAMPO

Para el desarrollo de este estudio se colectaron ejemplares durante 4 campañas antárticas consecutivas, desde la temporada 2008-2009 a la temporada 2011-2012 (Tabla 3.1). Cada temporada abarcó un período de 2 a 4 meses y se llevaron a cabo durante la primavera-verano austral, los meses de luz en los cuales los rayos solares no pierden el contacto con los mares y el continente. Los muestreos se realizaron en las áreas marcadas en la Figura 2.2d, las cuales presentan un fondo rocoso cubierto de camas de algas.

En ambas zonas de la caleta los artes de pesca utilizados fueron redes de arrastre y trasmallos, ambos de fondo (Fig. 2.2d, banda verde y punto violeta respectivamente), operados desde botes neumáticos tipo “Zodiac”. El material provino de 91 lances con red de arrastre de 1 m² de boca x 3 m de largo y 0,6 cm de malla, y 293 lances con trasmallos de 15 m de largo x 1,5 m de alto, dos mallas externas de 12 cm y una malla interna de 2,5 cm. El tiempo efectivo de los arrastres fue de 20 minutos promedio, a diferentes horas del día, entre las 8.30 y 18:30hs a profundidades de entre 2 y 35 m. Se utilizaron 2 trasmallos simultáneamente, los cuales se fijaron con cables de acero a una roca que se encuentra en el área denominada Peñón de Pesca, situada en la entrada de la caleta. Generalmente y dependiendo del clima, estas redes se dejaron en la misma posición por 24hs a profundidades de entre 4 y 60 m.

Tabla 3.1. Número de ejemplares juveniles tempranos de nototenoideos recolectados en cada campaña. NOR, *Notothenia rossii*; NOC, *Notothenia coriiceps*; NOD, *Lepidonotothen nudifrons*; HPF, *Harpagifer antarcticus*; TRN, *Trematomus newnesi*.

	Temporada				Total
	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	
NOR	104	67	93	8	272
NOC	17	31	5	30	83
NOD	23	29	25	0	77
HPF	6	29	67	54	156
TRN	15	85	67	6	174

Parte del material frisado de *L. nudifrons* se perdió a causa de un prolongado corte de luz en la Capital Federal, de manera que la cantidad de estómagos analizados fue menor al número de muestras recolectadas originalmente (N=199). De la especie *T. bernacchii* se capturaron 27 peces durante la campaña 2011-2012, 4 juveniles avanzados y 23 adultos.

3.2. TRABAJO DE LABORATORIO

Luego de la captura, los peces fueron transportados al laboratorio de la Base Carlini. La identificación se hizo según la nomenclatura de Gon y Heemstra (1990). En dicho laboratorio se realizaron las siguientes tareas preliminares:

- Conservación de ejemplares vivos en acuario para toma de fotografías.
- Obtención de medidas morfométricas de cada ejemplar: Largo total (LT), desde el extremo del hocico hasta el extremo de la aleta caudal y largo estándar (Lst), desde el extremo del hocico hasta el comienzo de la aleta caudal, con una precisión de 0,1 cm. Posteriormente se tomó el peso con una balanza electrónica de capacidad-precisión 200g/0,0001g.
- Extracción de escamas y otolitos (*sagittae*), guardados en sobres de papel que fueron rotulados con la información de cada individuo, para su posterior utilización en la determinación de la edad.
- Determinación del sexo y estadio de madurez gonadal.
- Observación y medición del aparato digestivo: se tomó el largo intestinal desde el origen de los sacos pilóricos hasta el ano y se contaron los ciegos pilóricos de cada individuo con el fin de dilucidar las relaciones existentes entre éstos parámetros y los tipos de alimentación.
- Determinación del grado de repleción estomacal (ER) por medio de la siguiente escala: 0=vacío, 1=25%, 2=50%, 3=75% y 4=100%, es decir, completamente lleno.
- Estado de Digestión Estomacal (ED) por medio de la escala: 0=sin digerir, 1=semidigerido y 2=digerido.
- Extracción y pesado del contenido estomacal para posterior determinación de la dieta. El contenido estomacal se pesó al 0,0001g de precisión y se colocó en bolsas tipo ziploc

rotuladas que fueron congeladas a -20°C para su posterior transporte en barco a Buenos Aires.

Luego, las muestras se trasladaron al laboratorio del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia (MACN), donde se analizaron por especie y por temporada.

3.2.1 Composición de la muestra

Se determinó la distribución de profundidades y la frecuencia de distribución de tallas (LT) de cada especie. Los gráficos se realizaron en R 2.9.2 (R Development Core Team 2009) y se utilizó el paquete H. Wickham, ggplot2: elegant graphics for data analysis (Springer New York 2009). Los estadísticos descriptivos (*i.e.* media, mediana, desvío estándar y rango) de los caracteres merísticos de cada especie y en cada temporada se calcularon con el programa Statistica V.7.0.

3.2.2. Análisis de la edad por medio de otolitos y escamas

Se separaron alrededor de 20 escamas de cada espécimen, se sumergieron en una solución de detergente y se dejaron reposar hasta unos 10 minutos de acuerdo a su tamaño. Se utilizó un promedio de 10 escamas por individuo para el conteo de los escleritos (capas de carbonato de calcio depositadas concéntricamente) mediante el uso de una lupa binocular de luz transmitida con aumentos de 12x a 25x. Las escamas fueron limpiadas, secadas y montadas en portaobjetos.

Siguiendo el método de conteo de anillos anuales en escamas, similar al descrito en Barrera Oro y Casaux (1996), se estimaron las edades de las especies *N. rossii*, *N. coriiceps*, *L. nudifrons* y *T. newnesi*.

En las escamas se distinguen dos tipos de zonas de crecimiento principales: unas de escleritos más espaciados entre sí, que se depositan durante el período estival, y otras de escleritos estrechamente espaciados, denominados “checks”, que se depositan en la época invernal. El principio de deposición anual consiste en que durante un año se depositan ambas zonas en forma contigua.

Se contaron los anillos de invierno o checks a lo largo del eje, desde el foco hasta el margen anterior (Fig. 3.2).

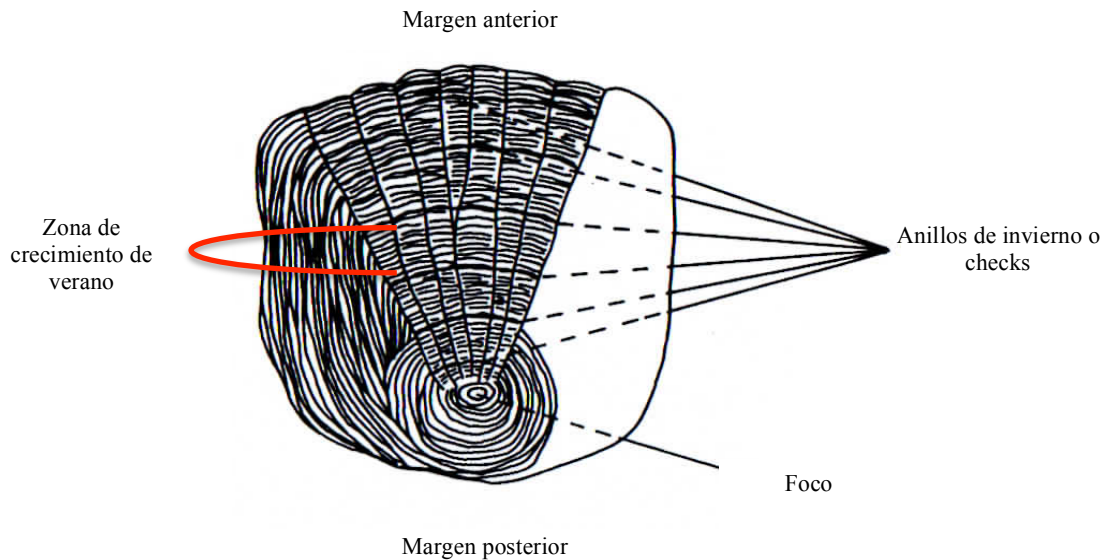


Figura 3.2. Diagrama de una escama con indicación de las zonas de crecimiento.

Para el caso de *N. rossii* y *N. coriiceps*, complementariamente, se cotejó la edad estimada a partir de las escamas con el análisis de los otolitos.

Al tratarse de ejemplares juveniles de tallas pequeñas no fue necesario realizar cortes transversales de los otolitos. Estas estructuras se colocaron en una solución acuosa con detergente alrededor de entre 5 y 20 minutos para remover restos de tejido orgánico. Durante este proceso los tiempos son críticos, pues ante un exceso en la inmersión los otolitos se tornan transparentes de manera irreversible. Utilizando la luz reflejada de una lupa binocular contra un fondo oscuro a 6-25x, los otolitos fueron observados enteros en la cara o lado medial (interno) y los annuli se contaron principalmente en las zonas dorsal y posterior (Fig. 3.3). En algunas ocasiones, se pulió el centro del otolito manualmente con una piedra abrasiva para mejorar la visualización de los anillos. Se reconocieron los anillos opacos y hialinos que conjuntamente conforman una deposición anual.

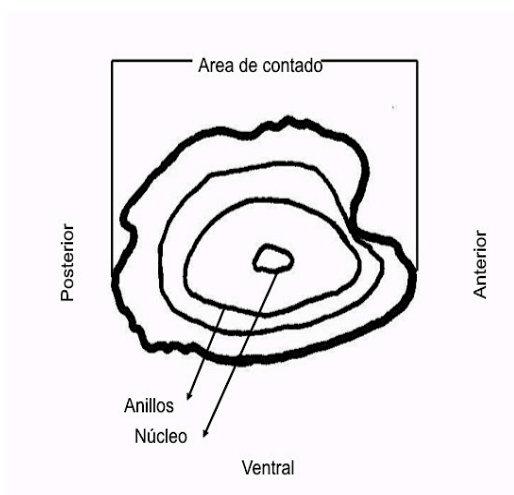


Figura 3.3. Diagrama de un otolito con indicación de las zonas de conteo de los annuli.

En ambas estructuras, la determinación de la edad se llevó a cabo por dos observadores y se estimó el porcentaje de coincidencia entre las repeticiones de lecturas.

3.2.3. Determinación del estadio gonadal

Para la identificación de los estadios de madurez gonadal se siguió la recomendación del Grupo de Trabajo para la Evaluación de las Poblaciones de Peces de la CCRVMA (Anon. 1994, Appendix E), de utilizar la escala de 5 puntos de clasificación realizada por Kock y Kellermann (1991) para nototénidos y caeníctidos en general (Tabla 3.2 y 3.3).

Tabla 3.2. Escala de madurez gonadal para hembras de nototenoideos recomendada por la CCRVMA (Kock y Kellermann 1991).

Estado de Maduración	Descripción
1- Inmaduro	Ovarios pequeños, firmes, sin huevos visibles a simple vista.
2- Virgen en desarrollo o estado adulto en declinación	Ovario más extendido, firme, pequeños ovocitos visibles, dándole al ovario una apariencia granulosa.
3- En desarrollo	Ovario largo, comenzando a extenderse en la cavidad del cuerpo, los colores varían de acuerdo a las especies, contiene huevos de 2 tamaños.
4- Maduro	Ovario largo, llenando o inflando la cavidad del cuerpo, cuando se abre grandes huevos se vierten hacia afuera.
5- Post – puesta (vacío)	Ovario contraído, flácido, contiene pocos huevos residuales y muchos huevos pequeños.

Tabla 3.3. Escala de madurez gonadal para machos de nototenoideos recomendada por la CCRVMA (Kock y Kellermann 1991).

Estado de Maduración	Descripción
1- Inmaduro	Testículos pequeños, translúcidos, blanquecinos, alargados, largas tiras ubicadas cercanas a la columna vertebral
2- Virgen en desarrollo o estado adulto en descanso	Testículos blancos, planos, enrollados, fácilmente visibles a simple vista, ocupando $\frac{1}{4}$ de la cavidad del cuerpo.
3- En desarrollo	Testículos largos, blancos y enrollados, cuando se presiona no se produce esperma.
4- Maduro	Testículos largos, blanco opalescente, cuando se presiona o corta caen gotas de esperma.
5- Post – puesta (vacío)	Testículos retraídos, flácidos, color blanco sucio.

3.2.4. Determinación del Índice Gonadosomático (IGS)

Este índice brinda una estimación aproximada del estado de madurez gonadal de un individuo al estimar la relación porcentual entre el tamaño del cuerpo y el tamaño de la gónada entera, de acuerdo a la fórmula:

$$\text{IGS} = (\text{peso gónada} * 100) / \text{peso total}$$

Los gráficos se realizaron con el programa R 2.9.2 (R Development Core Team 2009), utilizando el paquete H. Wickham. ggplot2: elegant graphics for data analysis (Springer New York 2009).

3.2.5. Caracterización general y superposición de dieta

Los contenidos se volcaron en una cápsula de Petri de 100 x 15 mm con agua, para facilitar la separación del alimento. Cada ítem alimentario fue aislado y almacenado en su respectivo recipiente para luego ser pesado al momento de finalizar la determinación de todos los contenidos de la misma especie de pez. Para la identificación de las presas hasta el menor nivel taxonómico posible se utilizaron una lupa binocular, claves de identificación de especies y material de referencia del Instituto Antártico Argentino (IAA). Para la identificación de los organismos ingeridos se contó con la colaboración de especialistas en diversos grupos taxonómicos: Dra. Gloria Alonso, anfípodos; Dra. Liliana Quartino y Licenciadas Gabriela Campana y Dolores Deregibus (Proyecto de Macroalgas del IAA), algas; Dr. Juan López Gappa, isópodos; Dr. Néstor Landoni, moluscos.

1. TAMAÑO DE LA MUESTRA

Se evaluó el tamaño mínimo de la muestra de los estómagos analizados en cada especie, para conocer si el número de ejemplares muestreados por especie es representativo para describir y analizar sus respectivas dietas (Ferry y Caillet 1996, Cortés 1997). Para ello se construyeron curvas acumulativas de presas en función del número de estómagos de individuos muestreados al azar (999 repeticiones). Esta metodología se basa en el hecho de que a medida que aumenta el tamaño de la muestra, la variación o diversidad de presas tiende a disminuir. Se consideró que el tamaño de la muestra fue representativo cuando la curva acumulada alcanzó la asíntota. Este análisis se llevo a cabo con el software PRIMER (Clarke y Warwick 2001).

2. ÍNDICE DE VACUIDAD (IV%)

Se estimó el índice de vacuidad gástrica como el porcentaje de estómagos vacíos en la muestra de cada una de las especies para cada temporada (Moura *et al.* 2008), a fin de caracterizar la frecuencia de la actividad alimentaria de cada una de las especies.

$$IV \% = (E_v / E_T) * 100$$

Donde E_v es el número de estómagos vacíos y E_T es el número de estómagos analizados.

Se evaluó la variabilidad interanual por medio del test exacto de Fisher utilizando el programa Statistica V.7.0.

3. COCIENTE DE REPLECIÓN ESTOMACAL (CRE%)

Este cociente expresa el peso del alimento como una proporción del peso total del individuo y es un indicador del nivel de repleción y saciedad (Angelescu 1982) y, con ello, de la intensidad de alimentación. Estos cocientes se calcularon para cada individuo por medio de la fórmula:

$$CRE\% = Pa / Pt * 100$$

Donde Pa corresponde al peso del contenido estomacal y Pt es el peso total del individuo.

Se realizaron los test de homocedasticidad y homogeneidad de varianzas para chequear los supuestos de análisis paramétricos, al no cumplirse estos supuestos se aplicaron análisis no paramétricos, *i.e.* test de Kruskal-Wallis de múltiples comparaciones de muestras independientes utilizando el programa Statistica V.7.0.

4. FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE LOS ÍTEMS ALIMENTARIOS (F%, Dragovitch 1970)

Por el cuál se determina en qué porcentaje del total de los estómagos con alimento se observó cada uno de los componentes de la dieta. La fórmula es:

$$F\% = N_i / N_s * 100$$

donde N_i = número de estómagos conteniendo el ítem presa i ; y N_s = número total de estómagos con contenido (no vacíos) analizados.

5. PORCENTAJE EN PESO (P%, Tyler 1972)

Calculado como el porcentaje del peso de una presa determinada i con respecto al peso total de todas las presas.

6. PORCENTAJE EN NÚMERO (N%, Dragovitch 1970)

Porcentaje del número de individuos de la presa i en relación con el número total de presas.

7. ÍNDICE MIXTO DE HUREAU (1970) O COEFICIENTE ALIMENTARIO Q

Expresa el producto entre el número y el peso de cada tipo de presa en porcentaje (C_n y C_p respectivamente). La fórmula es:

$$Q = C_n \times C_p, \text{ donde } C_n = \frac{N_{ni}}{N_p} \times 100$$

$$C_p = \frac{P_i}{P_{sc}} \times 100$$

siendo N_{ni} = número de individuos de la presa i

N_p = número total de presas ingeridas

P_i = peso total de los individuos de la presa i

P_{sc} = peso total de todas las presas ingeridas

El coeficiente Q permite establecer la importancia de cada ítem alimentario. Esto se determina en función de los valores obtenidos de Q :

$Q > 200$ = alimento principal

$200 > Q > 20$ = alimento secundario

$Q < 20$ = alimento ocasional o accidental

8. ÍNDICE DE IMPORTANCIA RELATIVA (IRI, Pinkas *et al.* 1971)

Índice que enfatiza la frecuencia de ocurrencia.

Calculado como:

$$IRI = F\% * (N\% + P\%)$$

Este índice se expresó en porcentaje (IRI%, Cortés 1997).

$$IRI\% = 100 * IRI / \Sigma IRI$$

9. ÍTEM PRINCIPAL DEL ALIMENTO (MFI%, Zander 1982)

Este índice permite estimar la importancia de cada alimento en la dieta. Asimismo, acentúa la importancia del porcentaje en peso,

$$MFI\% = \sqrt{[(N\% + F\%) / 2]} * P\%$$

Este índice considera cuatro categorías: ítem esencial ($MFI\% > 75$), principal ($51 < MFI\% < 75$), secundario ($26 < MFI\% < 50$) y accesorio ($MFI\% < 26$).

10. ANÁLISIS DE CARACTERES MORFOLÓGICOS: NÚMERO DE CIEGOS PILÓRICOS Y LONGITUD DE LARGO INTESTINAL

Los valores de largo intestinal se expresaron en primer lugar como el porcentaje relativo a la longitud estándar. Se verificó la normalidad de los datos a partir de la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas por medio del test de Levene. Dado que estos cocientes no se distribuyeron de manera normal, se compararon los valores de las medias entre especies a partir de un test no paramétrico de Kruskal-Wallis para múltiples muestras independientes, seguido de un test de múltiples comparaciones de *p-valor* (Sokal y Rohlf 1969). Estos análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el programa Statistica V.7.0. El nivel de significancia fue fijado en $p \leq 0,05$. Se calcularon por temporada y por especie, la media, el desvío estándar y el rango de los parámetros medidos en cada individuo. Se calculó el coeficiente de variación para el número de ciegos pilóricos como,

$$CV\% = (\text{desviación estándar} / \text{media}) * 100$$

11. VARIACIONES EN LA DIETA

Se analizaron las variaciones temporales en la dieta de las especies. Asimismo, se llevó a cabo un análisis a nivel intraespecífico de la dieta en la ontogenia para lo cual se definieron diferentes grupos de tallas en base a las estructuras de edades. Debido a que los individuos eran sexualmente inmaduros no se realizó el análisis de la variación de la dieta respecto al sexo. Para este análisis sólo se utilizaron los estómagos que presentaron contenido estomacal y, además, se utilizaron los pesos de las presas de aquellos grupos que fueron alimento principal o secundario en la dieta de estas especies. Los datos fueron estandarizados utilizando una transformación logarítmica ($\log X+1$) para minimizar el efecto que poseen los ítems muy abundantes, mientras se retiene la naturaleza cuantitativa de los datos (Clarke y Gorley 2006). Las variaciones entre especies fueron analizadas utilizando una técnica de ordenación multivariada no paramétrica denominada MDS (multidimensional scaling). A fin de evaluar si las diferencias observadas en el MDS eran significativas se realizó el test de permutación ANOSIM (Análisis de similitudes) utilizando el índice de similitud de Bray Curtis y ligamento promedio (Clarke y Warwick 2001), considerando como significativo a un valor de P menor al 5%. Entre grupos con diferencias significativas en la dieta, se llevó a cabo un análisis de similitud de porcentajes (SIMPER) a fin de identificar aquellas presas que contribuyeron tanto a la similitud como a la disimilitud en la composición de los diferentes grupos. Todos los análisis se realizaron con el software PRIMER (v. 6, Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research, Clarke and Warwick 2001).

12. ESTRATEGIA ALIMENTARIA

Estas estrategias se definieron mediante el método gráfico de Amundsen *et al.* (1996) (Fig. 3.4). El método consta de graficar la abundancia específica de la presa (Pe%) vs la frecuencia de ocurrencia (F%). Pe% se define como el porcentaje del peso total de la presa *i* dividido por el peso de todas las presas presentes en aquellos individuos que contenían la presa *i*. A partir de este gráfico bidimensional se puede evaluar que tipo de estrategia de alimentación (*i.e.* generalista o especialista) utilizan las especies, la importancia que poseen las diferentes presas que ingieren (si son dominantes o raras) y la contribución de los componentes inter e intraespecíficos a la amplitud de la dieta. Este análisis se realizó con todos los grupos taxonómicos presentes en cada especie para cada una de las temporadas.

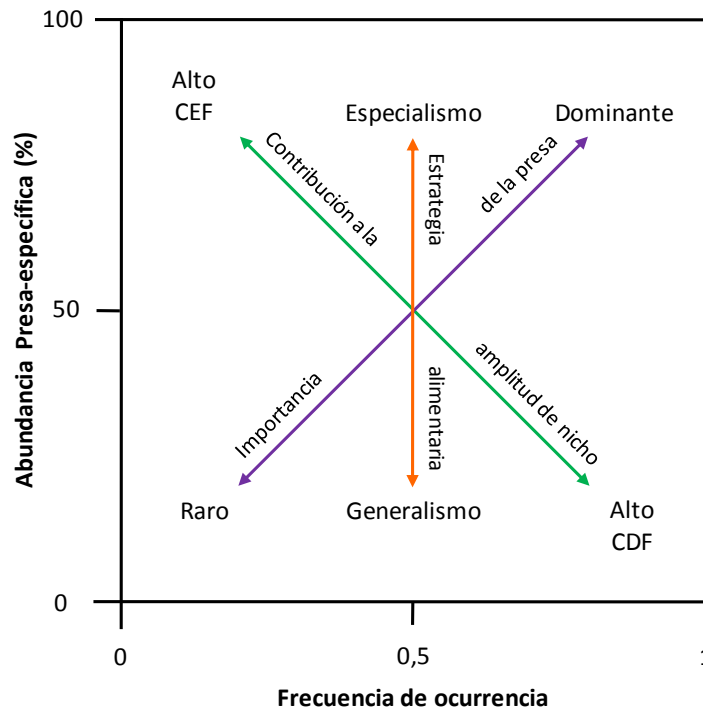


Figura 3.4. Gráfico esbozado por Amundsen *et al.* (1996) con el fin de interpretar las estrategias alimentarias de las especies. CEF = componentes interindividuales, CDF = componentes intraindividuales.

13. NIVEL TRÓFICO (Cortés 1999)

A fin de evaluar el status de cada una de las especie dentro de la comunidad se calculó el nivel trófico de las mismas como:

$$NT_j = 1 + \sum_{i=1}^S NT_i * p_{ij}$$

donde NT_i es el nivel trófico de la presa i , p_{ij} es la proporción de la presa i en la dieta del depredador j y S es el número total de especies tróficas. En los sistemas marinos, las algas son los productores primarios y corresponden a los NT de 1, luego en los NT 2 se hallan los consumidores primarios (*e.g.* zooplancton herbívoro, peces filtradores), en los NT 3 los consumidores secundarios (*e.g.* zooplancton carnívoro, peces zooplantívoros) y por último, los niveles tróficos superiores $NT = 4-5$ corresponden a los predadores tope (*i.e.* peces, aves, mamíferos marinos) (Lindeman 1942). Los valores de niveles tróficos de las presas pertenecientes a la red de Caleta Potter fueron brindados por el grupo de trabajo en redes tróficas de IMCONET.

14. AMPLITUD DEL NICHOTRÓFICO

La medición de la amplitud o tamaño del nicho trófico pretende evaluar de manera cuantitativa si ciertos organismos son más especialistas que otros. En este trabajo se utilizaron 2 índices:

- Índice de diversidad de dieta H' (Shanon y Weaver 1949)

$$H = -\sum_i p_i (\log p_i)$$

Donde p_i es la proporción del ítem presa i en la dieta.

- Índice de Levins estandarizado (B_{est} , Krebs 1989).

Calculado como:

$$B_{est} = \frac{(B-1)}{(n-1)}$$

Donde B es el índice de Levins:

$$B = \frac{1}{\sum_{i=1}^n p_i^2}$$

Donde p_i es la proporción en peso de cada categoría de presa y n el número de categorías presa de la dieta. Los valores de índice de Levins estandarizado varían entre 0 (dieta altamente específica) y 1 (gran amplitud de la dieta).

15. DIVERSIDAD DE LA DIETA

- Se expresó mediante el número de taxos de presas (P), que se encontraron en los contenidos estomacales para cada una de las especies.
- Índice de diversidad de Margalef (D_{MG}), el cual se calcula de la siguiente manera:

$$D_{MG} = \frac{S-1}{\ln N}$$

Donde S = número de especies y N = número total de individuos con contenido de todos los muestreos.

16. ANÁLISIS DE SUPERPOSICIÓN DE DIETA

- Índice de Linton o también llamado Índice “S” (Linton *et al.* 1981)

Este índice se utilizó para realizar el análisis de la superposición de dieta entre dos especies de peces, a partir de la identificación de sus presas al menor nivel taxonómico posible. Siendo:

$$S = 100 (1 - 0,5 \sum |Px_{xi} - Py_{yi}|)$$

Donde Px_{xi} y Py_{yi} es la proporción de la especie x e y en las dietas de las especies de peces respectivamente, de la presa i. El índice S se estima a partir de la contribución en peso de las diferentes presas a la dieta de cada especie de pez. El índice va desde 0, cuando ninguna presa es compartida, hasta 100 cuando la dieta de dos especies de peces es idéntica. Los valores mayores e iguales al 60% se consideran biológicamente significativos (Zaret y Rand 1971, Wallace y Ramsey 1983, Warburton y Blaber 1992, Dolbeth *et al.* 2008). Este índice de solapamiento se utilizó como indicador de competencia (Lawlor 1980).

- Índice de Tyler (1972)

Este índice se utiliza para efectuar las comparaciones entre más de dos especies de peces. Las reocurrencias de las presas o el porcentaje de superposición entre las especies predadoras es el número de reocurrencias de las presas entre los predadores dividido por el número de reocurrencias posibles. Una reocurrencia significa que un taxón presa aparece en 2 especies predadoras y el número total de reocurrencias posibles es el número de predadores menos 1 multiplicado por el número de presas.

3.2.6. Interacción con predadores – Ejemplo del cormorán antártico

Se recolectaron 33 regurgitados del cormorán antártico durante el verano austral 2010-2011 en dos localidades de la Isla Nelson, Islas Shetland del Sur (Fig. 2.2c): Punta Duthoit y Punta Armonía.

Los regurgitados fueron congelados a -20°C y trasladados a los laboratorios de Buenos Aires para su posterior análisis. Se secaron en una estufa a 60°C y luego se clasificaron los ítems presas mediante el uso de una lupa binocular. La determinación de los otolitos fue realizada en consulta con el Dr. Ricardo Casaux, siguiendo la metodología descrita en Casaux y Barrera Oro (1993). Los otolitos rotos fueron descartados del análisis. El largo total (LT en cm), de los peces de las distintas especies fue calculado a partir de la longitud de los otolitos (LO), utilizando las ecuaciones reproducidas de Casaux *et al.* (1998):

Notothenia coriiceps

$$LT = -11,4918 + 11,31757 * LO \text{ cm}$$

Harpagifer antarcticus

$$LT = 3,268603 + 1,812654 * LO \text{ cm}$$

Lepidonotothen nudifrons

$$LT = 0,37 + 3,19 * LO \text{ cm}$$

Trematomus newnesi

$$LT = 1,568699 + 4,166653 * LO \text{ cm}$$

Gobionotothen gibberifrons

$$LT = 17,64 * LO^{1,468} \text{ mm}$$

Notothenia rossii

$$LT = 66,14 * LO^{1,2} \text{ mm}$$

Los datos de las dos localidades se trataron conjuntamente y las muestras fueron separadas de acuerdo a los meses en las que se recolectaron.

CAPÍTULO 4

Descripción de la muestra



4.1 INTRODUCCIÓN

Los nototenoideos antárticos son longevos, pueden vivir hasta los 30 años de edad (Kock y Everson 1998); poseen una tasa de crecimiento baja y, en general, maduran sexualmente entre los 3 a 7 años de edad a una talla de entre el 50% y el 80% de su largo total (Kock 1992). Las especies seleccionadas para este estudio llegan a la madurez sexual entre los 4 a 6 años de edad (Hourigan y Radtke 1989, Casaux *et al.* 1990, Kock 1992). Los peces que habitan ambientes fríos extremos, como los del ártico y antártico, poseen características reproductivas distintivas comunes tales como retraso en la maduración, gametogénesis prolongada, bajas tasas de fecundidad, tamaño de huevos vitelinos y larvas grandes e iteroparidad (Kock 1992).

La edad, talla y el ritmo de crecimiento son parámetros esenciales de la dinámica poblacional de peces cuyo conocimiento es necesario para un buen manejo de las pesquerías.

Talla

La ictiofauna antártica en general está dominada por especies de pequeño tamaño. Un 45% de los nototenoideos pueden alcanzar tamaños mayores a 45 cm de longitud total (LT) en las zonas de hielo marino estacional e islas del norte; mientras que en la zona de hielo permanente, el 90% de las especies miden menos de 45 cm y el 65% no llega a alcanzar más de 30 cm (Kock 1992). Las especies aquí estudiadas son de tamaño pequeño, que no sobrepasa los 24 cm, *Harpagifer antarcticus*, *Lepidonotothen nudifrons* y *Trematomus newnesi*; intermedio, con tallas máximas entre 34 y 42 cm, *T. bernacchii*; y grande, hasta los 44–75 cm, *Notothenia rossii*, *Notothenia coriiceps* y *Gobionotothen gibberifrons*.

Edad

En los sistemas marinos que presentan marcados cambios estacionales en la temperatura, la luz o en la fuente de recursos alimenticios, los peces muestran períodos de crecimiento anual claramente identificables en sus estructuras duras. Los otolitos, escamas, rayos de las aletas, así como otros huesos del cuerpo muestran patrones rítmicos de crecimiento que pueden relacionarse con cambios diarios, estacionales o anuales en la vida de un individuo (Luque y Ramirez 1996, Kock y Everson 1998). Como método convencional, la edad de los peces se ha determinado por la interpretación y conteo de anillos de crecimiento anuales (*annuli*) en dos estructuras originadas por deposiciones calcáreas, tales como escamas y otolitos. Los otolitos son estructuras que no se regeneran ni se reabsorben con los años, permitiendo una interpretación de la edad menos conflictiva y sobre todo,

pueden ser usados en especies que carecen de escamas (*e.g.* harpagiféridos). Se debe considerar la posibilidad de que algunas especies no desarrollan escamas durante el primer año de vida, de manera de no subestimar la edad de los individuos y por otra parte, en peces de edades avanzadas puede existir reabsorción y regeneración de escamas que suele generar errores en su interpretación. Sin embargo, se ha demostrado que la técnica de conteo de anillos en escamas es muy efectiva y simple principalmente en ejemplares juveniles de pocos años, como por ejemplo en *N. rossii* (Barrera Oro y Casaux 1992).

En los vertebrados existen tres pares de otolitos que se encuentran en el sistema vestibular (la *sagitta* en el sáculo, la *lapillus* en el utrículo, el *asteriscus* en la lagena). Los pares de *sagittae* son los más utilizados en la determinación de la edad. Sus características morfológicas en peces antárticos sirven para caracterizar especies y evidenciar diferentes patrones eco-morfológicos relacionados con el ambiente y, por lo tanto, son consideradas una herramienta muy útil en ciertos estudios de ecología (Volpedo *et al.* 2008). Es común que en la fase juvenil de muchas especies los *annuli* puedan visualizarse en otolitos enteros, sin la necesidad del uso de técnicas de seccionamiento. Este procedimiento más simple, al igual que con las escamas, se ha demostrado también en la especie *N. rossii* (Barrera Oro y Casaux 1992).

Un requisito fundamental en los estudios de edad y crecimiento donde se utilizan otolitos y/o escamas, es que la deposición anual de los presumiblemente “*annuli*” debe ser validada. Métodos de validación de la edad en estas estructuras se han realizado con éxito en la mayoría de las especies de esta tesis para el área de las Shetland del Sur y Península Antártica. Mediante la técnica de captura y recaptura se validó la edad en escamas y otolitos de *N. coriiceps* (Barrera Oro y Casaux 1996) y *N. rossii* (Moreira *et al.* 2014) de Caleta Potter. A partir del análisis de microincrementos en otolitos se validó la edad en *T. newnesi* (Radtke *et al.* 1989), *L. nudifrons* (Radtke y Hourigan 1990), *H. antarcticus* (White 1991) y *N. rossii* (Barrera Oro *et al.* 2014).

Aspectos reproductivos

Los nototenoideos presentan procesos bianuales de maduración de las gónadas (uno principal y otro secundario), aunque la liberación de huevos ocurre probablemente en un sólo momento, dando lugar a un lote de huevos anual por individuo. La mayoría de las especies tiene huevos demersales (Everson 1984), mientras que otros son pelágicos/criopelágicos (Vacchi *et al.* 2012). Los de *Notothenia rossii* y *N. coriiceps* son, al menos temporariamente, pelágicos (Camus y Duhamel 1985, Kellermann 1990, Moreira, observación personal, Fig. 4.1).

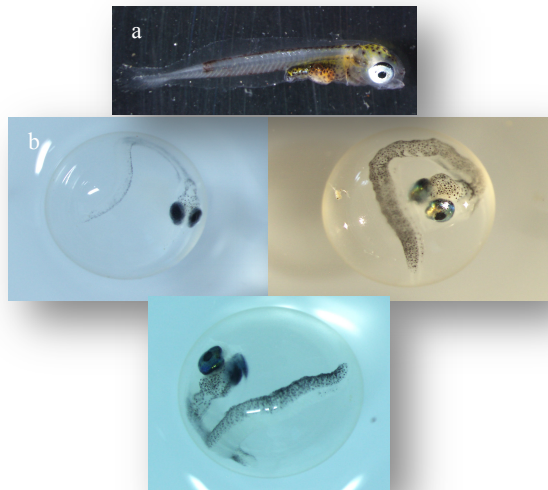


Figura 4.1. Larvas pelágicas y huevos de nototenoideos colectados en Caleta Potter en los meses de noviembre, diciembre y enero. **a**, *Harpagifer antarcticus*; **b**, *Notothenia coriiceps*. (Fotografías: Moreira M.E.)

En la Tabla 4.1 se resumen algunos aspectos de la reproducción de las especies de este estudio.

Hay una tendencia latitudinal en la estación de desove desde aguas subantárticas a aguas de alta Antártida, al menos en el sector Atlántico. Por otro lado, algunas especies migran hacia aguas afuera más profundas para desovar (*e.g. N. rossii*), mientras que otras desovan en aguas someras cerca de la costa (*e.g. P. charcoti*) (compilado en Kock y Kellermann 1991).

En los estudios de dinámica poblacional, por convención, se considera que la fecha de nacimiento de los peces que forman parte de los ecosistemas marinos del hemisferio sur es el 1° de Julio, mientras que para los peces del hemisferio norte es el 1° de enero.

Tabla 4.1. Aspectos reproductivos de los nototenoideos que habitan Caleta Potter. Resultados correspondientes a los estudios realizados en las Islas Shetland del Sur y alrededores (extraídos de Kock y Kellerman 1991, Barrera Oro 1996, Barrera Oro *et. al.* 2014*). IGS: índice gonadosómico. ND: no disponible.

<i>Especie</i>	Período de incubación (días)	IGS al desove (rango)	Período desove (meses)	Fecha aprox. de eclosión (meses)
<i>N. rossii</i>	70 – 100	30 – 50	abr. – may. jun. – jul.	jul.* sept.-nov. feb. – mar*.
<i>N. coriiceps</i>	150	21 – 27	may. – jun.	nov. – dic.
<i>L. nudifrons</i>	120	20 – 25	abr. – may.	sept.
<i>T. newnesi</i>	ND	ND	mar. – abr.	oct. – nov.
<i>T. bernacchii</i>	90 – 100	ND	nov.	ND
<i>H. antarcticus</i>	126	7 – 12	jun. – agost.	oct. – ene.

* estudio preliminar

El índice gonadosómico (IGS) de los machos en períodos de desove varía según la especie, por ejemplo en *N. rossii* es similar en ambos sexos, mientras que en especies como *H. antarcticus* el IGS corresponde al 15 - 20% del que presentan las hembras. Las especies consideradas en este

estudio tienen períodos cortos de desove intensivo (2 a 4 semanas); mientras que en otras el período es mucho más largo, pudiéndose identificar en algunas especies doble picos de puesta de huevos (Kock y Kellermann 1991).

Muchas especies de peces no antárticos construyen y cuidan de sus nidos, estrategia que le permite asegurarse el éxito reproductivo cuando la puesta consiste en un número reducido de huevos (Potts 1984). En el caso de los nototenoideos antárticos, todavía no se conoce en profundidad la biología reproductiva de todas las especies ni los lugares de puesta, pero se comprobó que existe cuidado parental del nido hasta la eclosión en *T. bernacchii* (Moreno 1980), *H. antarcticus* (Daniels 1978, 1979; White y Burren 1992), *L. nudifrons* (Hourigan y Radtke 1989), *Chaenocephalus aceratus* (Detrich *et al.* 2005), *Chaenodraco wilsoni* (Kock *et al.* 2008), *Gymnodraco acuticeps* (Evans *et al.* 2005) y *P. charcoti* (Barrera Oro y Lager 2010). El diámetro de los huevos fecundados mide entre 2 mm en *L. nudifrons* hasta 5 mm en *N. rossii*.

La principal causa de mortalidad de los huevos de peces es la predación. De acuerdo a las estrategias reproductivas y supervivencia de las larvas, los nototenoideos pueden dividirse en dos grupos: 1) especies con una alta fecundidad relativa que producen un gran número de huevos y larvas, ambos de pequeño tamaño; 2) desovantes de un número menor de huevos que liberan larvas más grandes (Kellermann 1990).

Las larvas de los peces antárticos son grandes en comparación con la de las especies tropicales y templadas y el tiempo de reabsorción del vitelo se estima de unas 3 a 5 semanas. El período que trascurren como larvas pelágicas depende de cada especie, luego algunas desarrollan estadios juveniles tempranos pelágicos para, posteriormente, transformarse en juveniles tempranos demersales. Los estadios juveniles tempranos son peces cuya morfología sigue a la etapa postlarval y, aunque son inmaduros, ya poseen los caracteres merísticos definitivos del adulto (*e.g.* números de radios de las aletas). La etapa juvenil temprana pelágica es diferente de la juvenil temprana demersal, mostrando características propias de la vida pelágica como una aleta caudal ahorquillada.

Hasta el presente, se han estudiado varios aspectos de la ecología reproductiva de la ictiofauna antártica (Hureau 1970, Kock y Kellermann 1991, Kock 1992, Everson *et al.* 1996, Kulesz 1999, Sapota 1999, Kamler 2002, entre otros). Estudios de reproducción que incluyan la descripción de la gametogénesis en las especies que habitan Caleta Potter son escasos y se refieren a peces de otras regiones antárticas donde las épocas de desove, fecundidad y otros parámetros de la reproducción pueden ser diferentes a los del área de estudio. En Caleta Potter específicamente, los estudios sobre reproducción se han limitado a la identificación macroscópica de las fases de madurez gonadal de algunos nototénidos adultos (Casaux *et al.* 1990, Barrera Oro y Casaux 2008) y a la descripción del cuidado parental del pez dragón *P. charcoti* (Barrera Oro y Lager 2010). Otros estudios de reproducción en el área se refieren a la caracterización de comunidades de peces en aguas offshore,

que fueron muestreadas desde cruceros científicos (Takahashi 1983; Nast *et al.* 1988; Skora 1988; Balguerías 1989; Tiedtke y Kock 1989; Gröhsler 1994; Takahashi e Iwami 1997; Jones *et al.* 1998, 2001, 2003; Kock 1989, 1998; Kock *et al.* 2002, 2007). En estos estudios, los peces inmaduros jóvenes de las comunidades ícticas no fueron muestreados adecuadamente ya que, debido a la inaccesibilidad de los fondos, los buques de investigación generalmente no arrastran sus redes en aguas inshore a profundidades menores a los 120 m.

A continuación se detallan diferentes aspectos de la composición de la muestra (*i.e.* distribución de tallas, profundidad, edades y estadios gonadales) utilizados en este estudio. Las metodologías empleadas se describen en el capítulo tres (ver puntos 3.3.1 a 3.3.4); la edad se determinó mediante la lectura de escamas y, para algunas especies, también de otolitos enteros. Se presenta información nueva sobre la composición etaria de los estadios juveniles tempranos y los rangos de tallas correspondientes. Los resultados del análisis macroscópico de los estadios gonadales aportan información relevante sobre los parámetros morfométricos de estos estadios inmaduros. Esta información complementa la ya referida y publicada sobre juveniles tardíos y adultos de nototenoideos que habitan Caleta Potter, dando evidencia de que se trata de los primeros años de vida de esas especies.

4.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución de las tallas

Las distribuciones de frecuencia de tallas de los peces analizados por especie se muestran en la Figura 4.2. El rango de LT para cada especie fue: *H. antarcticus* entre 3 cm y 10,5 cm; *N. coriiceps* entre 6,9 cm y 19,9 cm; *L. nudifrons* entre 4,2 cm y 16,3 cm; *N. rossii* de 6,3 cm a 21,7 cm y *T. newnesi* de 5,50 cm a 15,40 cm. La representatividad de la distribución de los peces de acuerdo a los grupos de edad identificados no fue homogénea, dependiendo de la temporada de muestreo algunas especies presentaron una distribución uni o bimodal.

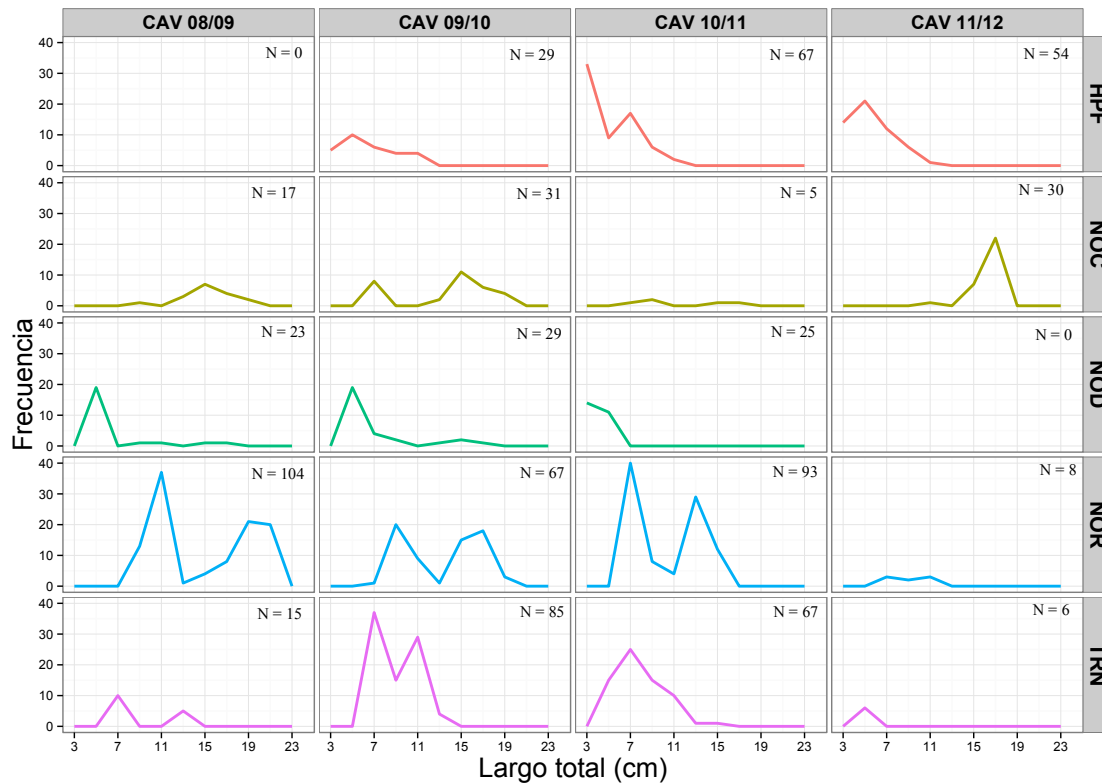


Figura 4.2. Distribución de frecuencias absolutas de tallas (cm) de los nototenoideos que habitan Caleta Potter correspondientes a las 4 temporadas de muestreo (desde la temporada 2008/09 a la 2011/12). CAV: campaña antártica de verano. HPF: *Harpagifer antarcticus*, NOC: *Notothenia coriiceps*, NOD: *Lepidonotothen nudifrons*, NOR: *Notothenia rossii*, TRN: *Trematomus newnesi*.

El estudio preciso de las distribuciones de tallas, más allá de la descripción somera presentada en la Figura 4.2, requiere disponer de un elevado número de ejemplares a fin de suavizar las curvas y permitir, *inter alia*, obtener intervalos de confianza para el número y posición de las modas (Thompson *et al.* 1990, Efron y Tibshirani 1993). Este procedimiento requiere, además, la aplicación de técnicas de remuestreo (bootstrap) que escapen a los objetivos planteados para este trabajo de tesis.

Profundidades a las que habitan

En todas las temporadas de estudio, las especies fueron capturadas en un rango de profundidad variable: *H. antarcticus*, 3-26,5 m; *N. coriiceps*, 3-16 m; *L. nudifrons*, 6-36 m; *N. rossii*, 3-36 m; *T. newnesi*, 4-30 m. Aunque *L. nudifrons* se encontró a mayores profundidades, se evidenció que todas las especies de estudio comparten un hábitat común caracterizado por un fondo rocoso con algas arraigadas. En general, la distribución en profundidad de cada una de las especies se mantuvo constante en todas las temporadas (Fig. 4.3).

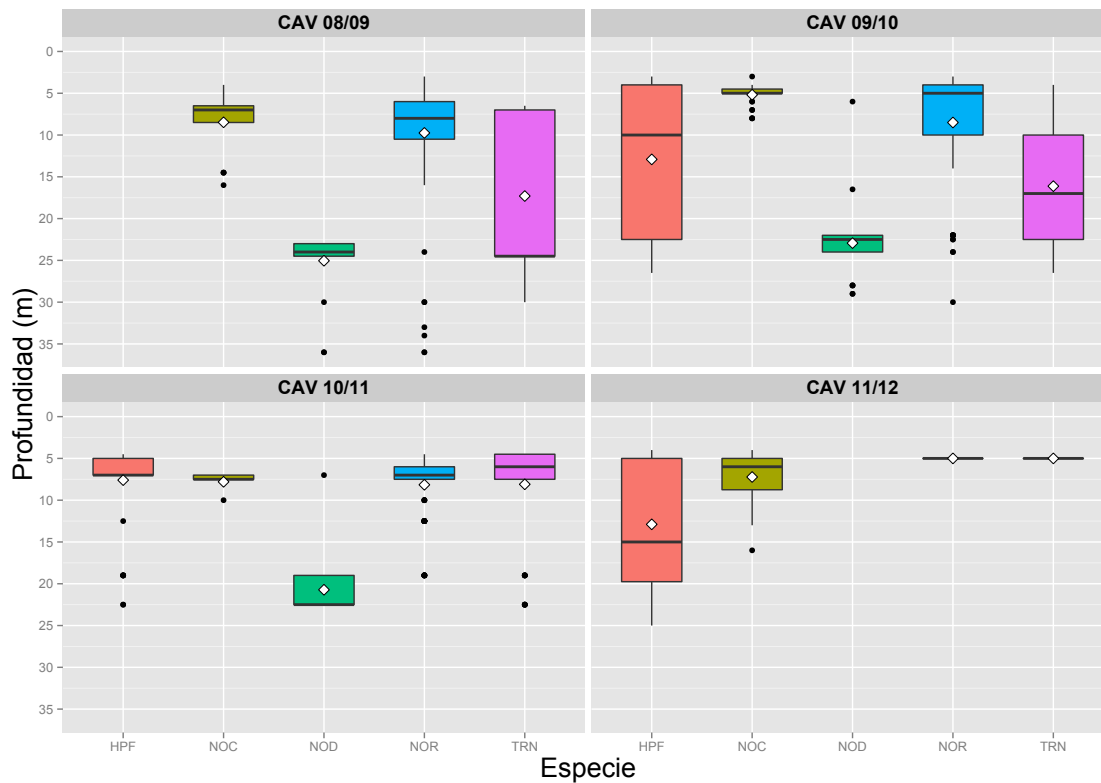


Figura 4.3. Distribución de los nototenoideos con la profundidad durante las 4 temporadas de muestreo (desde la temporada 2008/09 a la 2011/12) en Caleta Potter. CAV: campaña antártica de verano. HPF: *Harpagifer antarcticus*, NOC: *Notothenia coriiceps*, NOD: *Lepidonotothen nudifrons*, NOR: *Notothenia rossii*, TRN: *Trematomus newnesi*. En el gráfico, la caja representa el rango intercuartil, dentro de la misma la línea horizontal representa la mediana y los rombos las medias. Los puntos representan los outliers.

Edad y estructura de tallas

Se determinaron las edades de 606 individuos de las especies *N. rossii*, *N. coriiceps*, *T. newnesi* y *L. nudifrons* (Tabla 4.2).

Tabla 4.2. Estructura de edades (años) de las especies de nototenoideos incluidos en esta tesis en base al análisis de escamas. Tallas expresadas como largo total (LT) en cm.

Grupo de edad	N	<i>Notothenia rossii</i>	
		Rango	Media \pm DS
0	7	6,5 – 7,1	6,9 \pm 0,22
1	133	6,3 – 12,0	9,2 \pm 1,57
2	93	11,5 – 18,2	14,9 \pm 1,82
3	39	18,0 – 21,7	19,9 \pm 0,84
Total	272		

Tabla 4.2. Continuación. Estructura de edades (años) de las especies de nototenoideos incluidos en esta tesis en base al análisis de escamas. Tallas expresadas como largo total (LT) en cm.

Grupo de edad	<i>Notothenia coriiceps</i>		
	N	Rango	Media \pm DS
0	7	6,3 – 7,0	6,6 \pm 0,20
1	7	7,4 – 12,1	9,3 \pm 1,69
2	22	13,3 – 15,4	14,6 \pm 0,62
3	47	15,5 – 19,9	16,8 \pm 1,04
Total	83		

Grupo de edad	<i>Trematomus newnesi</i>		
	N	Rango	Media \pm DS
0	104	4,1 – 8,3	6,8 \pm 0,98
1	62	8,8 – 12,6	10,5 \pm 1,01
2	7	12,9 – 15,4	13,6 \pm 0,77
Total	173		

Grupo de edad	<i>Lepidonotothen nudifrons</i>		
	N	Rango	Media \pm DS
0	63	3,6 – 5,9	4,6 \pm 0,59
1	4	6,3 – 7,8	7,0 \pm 0,62
2	3	8,4 – 11,4	9,5 \pm 1,65
3	4	9,2 – 15,2	13,0 \pm 2,72
4	3	15,6 – 16,3	16,1 \pm 0,40
Total	77		

Los resultados de la determinación de los grupos de edad a partir de la lectura de escamas en las cuatro especies analizadas evidenciaron que un 30% de los individuos pertenecen al grupo de edad 0, o sea sin exhibir aún la deposición contigua de una zona de verano y zona de invierno; un 55% están distribuidos entre los grupos de edad 1 y 2; y un 15% pertenecen a los grupos de edad 3 y 4, de manera que todos estos grupos corresponden a los primeros años de vida de estas especies.

La morfología de las escamas de estos estadios tempranos de nototenoideos fue similar en las cuatro especies, siendo el patrón de escleritos equivalente entre los mismos grupos de edad,

independientemente de la especie. Diferentes escamas de un mismo individuo mostraron, como es de esperar, patrones de escleritos similares. Los patrones que se observan en la Figura 4.4a y b, son los que presentaron los grupos de edad 0 y 1 respectivamente.

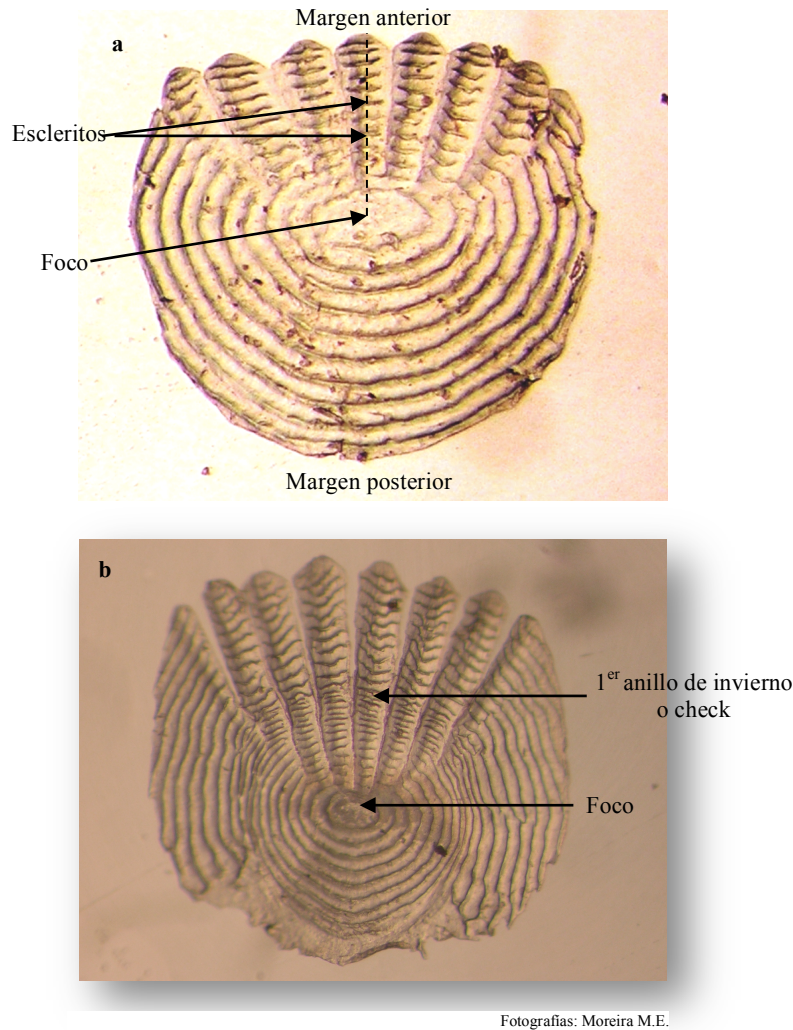
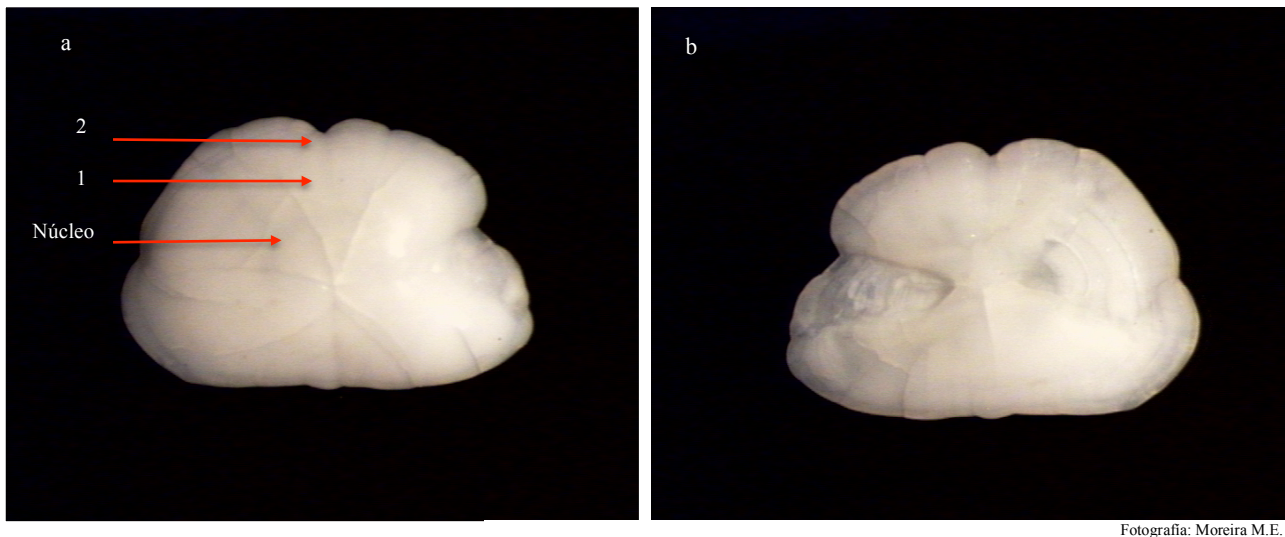


Figura 4.4. Imágenes de las escamas de la especie *Notothenia rossii* tomadas durante el proceso de lectura en el laboratorio. **a**, individuo del grupo de edad 0; **b**, individuo del grupo de edad 1.

En el caso de *N. rossii* y *N. coriiceps*, la comparación de las edades estimadas a partir de las escamas y de los otolitos sagitales por individuo, dio un 100% de coincidencia.

En ambas especies el núcleo del otolito se vio opaco con borde hialino, seguido hacia afuera por bandas opacas (verano) y anillos hialinos (invierno) sucesivamente. Un anillo opaco y otro hialino contiguo se interpretó como una deposición anual o *annulus* (Fig. 4.5).



Fotografía: Moreira M.E.

Figura 4.5. Lado distal (a) y medial (b) del otolito sagital derecho de un estadio juvenil temprano fase marrón de *Notothenia rossii* (19,1 cm LT) capturado en Caleta Potter. Las flechas indican la posición de los anillos hialinos, evidenciando que tiene 2 años de edad.

Algunos otolitos de la especie *N. rossii* también se utilizaron en un estudio de análisis de microincrementos diarios que tuvo como objetivo principal el de retro calcular las fechas de nacimiento de los individuos. De ese estudio, considerado como preliminar, se infirió que *N. rossii* en el área de las Islas Shetland del Sur tendría dos épocas de eclosión larval (nacimiento) por año y que el estadio juvenil temprano pelágico de fase azul duraría al menos unos 8 meses, para luego transformarse en el estadio juvenil temprano demersal de fase marrón, constituyendo ésta, información relevante sobre el ciclo de vida de esta especie (Barrera Oro *et al.* 2014).

Asimismo, la concordancia entre las repetidas lecturas realizadas, tanto en escamas como en otolitos, fue superior al 95%.

Por tratarse de individuos jóvenes las escamas de las especies analizadas en esta tesis pudieron ser leídas con claridad, permitiendo la identificación de los *annuli* y la determinación de la edad. En todas las especies, la alta proporción de individuos pertenecientes a los grupos de edad 0, 1 y 2, documenta que el material de este estudio consistió principalmente de estadios juveniles tempranos. En el caso de *L. nudifrons* estuvieron incluidos algunos pocos individuos de la fase juvenil avanzada o tardía (grupo de edad 4) pero que aún eran sexualmente inmaduros.

Sexo y estadios gonadales

Se determinaron el sexo y estadio de madurez gonadal de un total de 748 individuos pertenecientes a los nototénidos *Notothenia rossii*, *Notothenia coriiceps*, *Lepidonotothen nudifrons* y *Trematomus newnesi* y al harpagiférico *Harpagifer antarcticus* (Tabla 4.3).

Además, se obtuvo el peso gonadal de 663 individuos a partir del cual se calculó el índice gonadosomático (IGS), que dio valores de 0,00 - 4,37 para hembras y 0,00 - 0,32 para machos, considerando a todas las especies (Tabla 4.4).

Tabla 4.3. Estadios de madurez y proporciones de sexos encontrados en las 4 temporadas de estudio en Caleta Potter.

Especie	CAV 08-09		CAV 09-10		CAV 10-11		CAV 11-12	
	Proporción	Estadios de	Proporción	Estadios de	Proporción	Estadios de	Proporción	Estadios de
	de sexos (M/F)	madurez gonadal	de sexos (M/F)	madurez gonadal	de sexos (M/F)	madurez gonadal	de sexos (M/F)	madurez gonadal
<i>N. rossii</i>	0,79	I-II	0,35	I-II	0,14	I-II	3,50	I
<i>N. coriiceps</i>	1,13	I-II	0,19	I-II	0,00	I-II	0,43	I-II
<i>L. nudifrons</i>	0,77	I-II	0,93	I-II	0,71	I	-	-
<i>T. newnesi</i>	0,86	I-II	1,18	I-II	0,53	I-II	1,50	I
<i>H. antarcticus</i>	-	-	0,38	I-II	0,91	I-II	0,69	I-II

Tabla 4.4. Rango de datos de longitud total (LT), peso e índice gonadosomático (IGS) de los nototenoideos estudiados.

	NOR	NOC	TRN	NOD	HPF
LT (cm)	6,5 – 21,4	6,3 – 19,9	4,1 – 15,4	3,7 – 16,3	3,0 – 11,3
Peso total (g)	2,79 – 125,90	2,34 – 109,70	0,27 – 39,21	0,302 – 55,30	0,35 – 18,31
IGS Hembras (%)	0,010 – 2,046	0,024 – 0,545	0,000 – 2,241	0,000 – 1,103	0,000 – 4,366
IGS Machos (%)	0,000 – 0,210	0,014 – 0,238	0,000 – 0,151	0,000 – 0,318	0,000 – 0,075
N	260	83	150	45	125

Todos los peces analizados fueron sexualmente inmaduros y se encontraron en los estadios I (inmaduro) y II (virgen en desarrollo) de las etapas de desarrollo gonadal.

Se evidenció una relación lineal positiva entre el peso gonadal en relación a la longitud total (LT) de cada individuo ($p\text{-valor} < 0,05$ para todas las comparaciones), tanto en hembras como machos, independientemente del estadio de madurez gonadal. Estas relaciones manifiestan que las gónadas no se encuentran creciendo de forma diferencial en las tallas consideradas, de manera que dan evidencia de que se trata de la fracción no reproductiva de las especies. Existió poca amplitud de rango para los valores encontrados para una misma LT en estos individuos juveniles (Fig. 4.6).

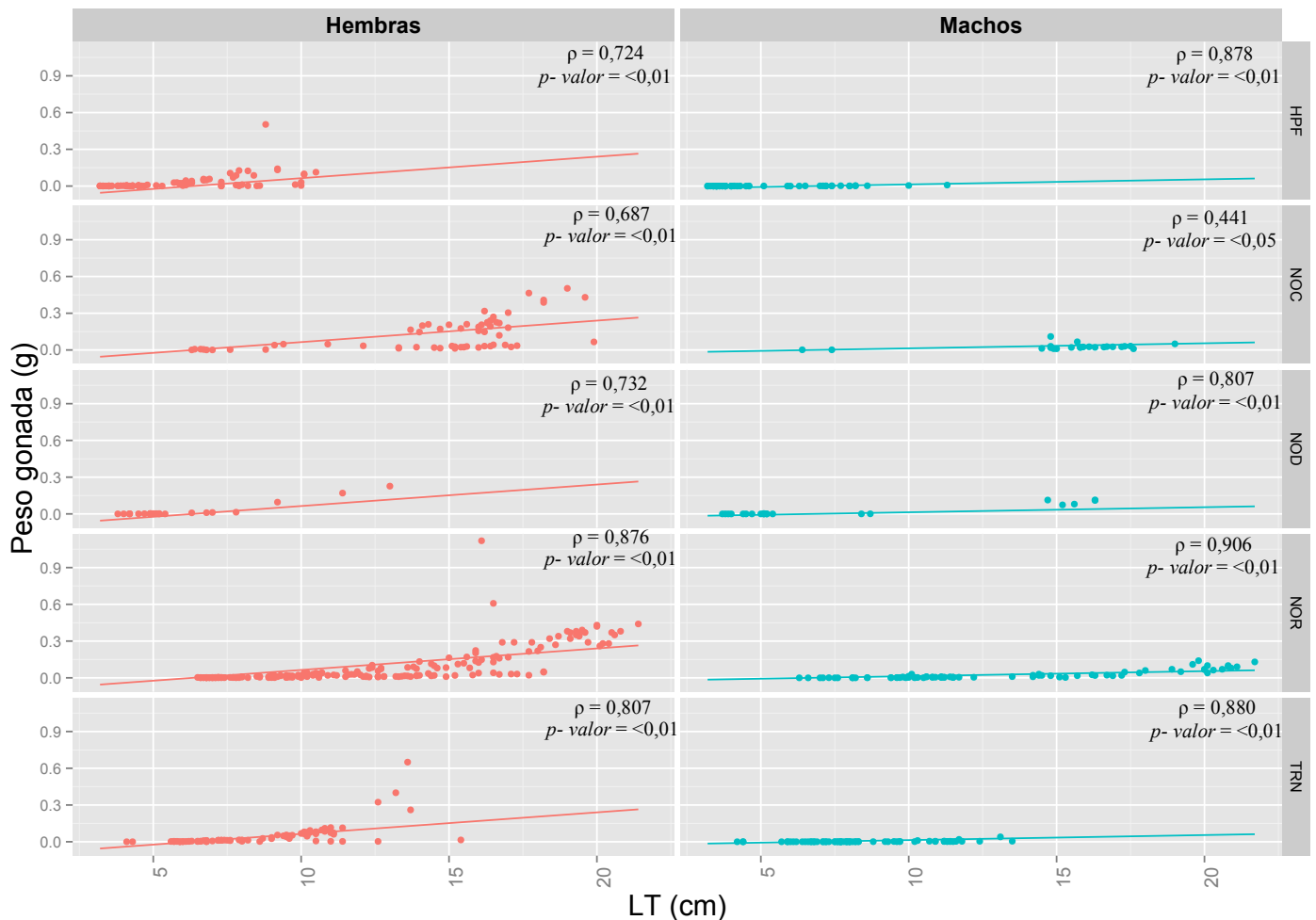


Figura 4.6. Peso gonadal de los nototenoideos recolectados en Caleta Potter durante todo el período de muestreo, en función de la longitud total (LT) de los mismos. Se muestra el coeficiente de correlación de Spearman (ρ) y $p\text{-valor}$ asociados para cada uno de los sexos en cada especie. HPF: *Harpagifer antarcticus*, NOC: *Notothenia coriiceps*, NOD: *Lepidonotothen nudifrons*, NOR: *Notothenia rossii*, TRN: *Trematomus newnesi*.

En la Figura 4.7 se presenta la estructura reproductiva (estadios gonadales) en relación con las tallas.

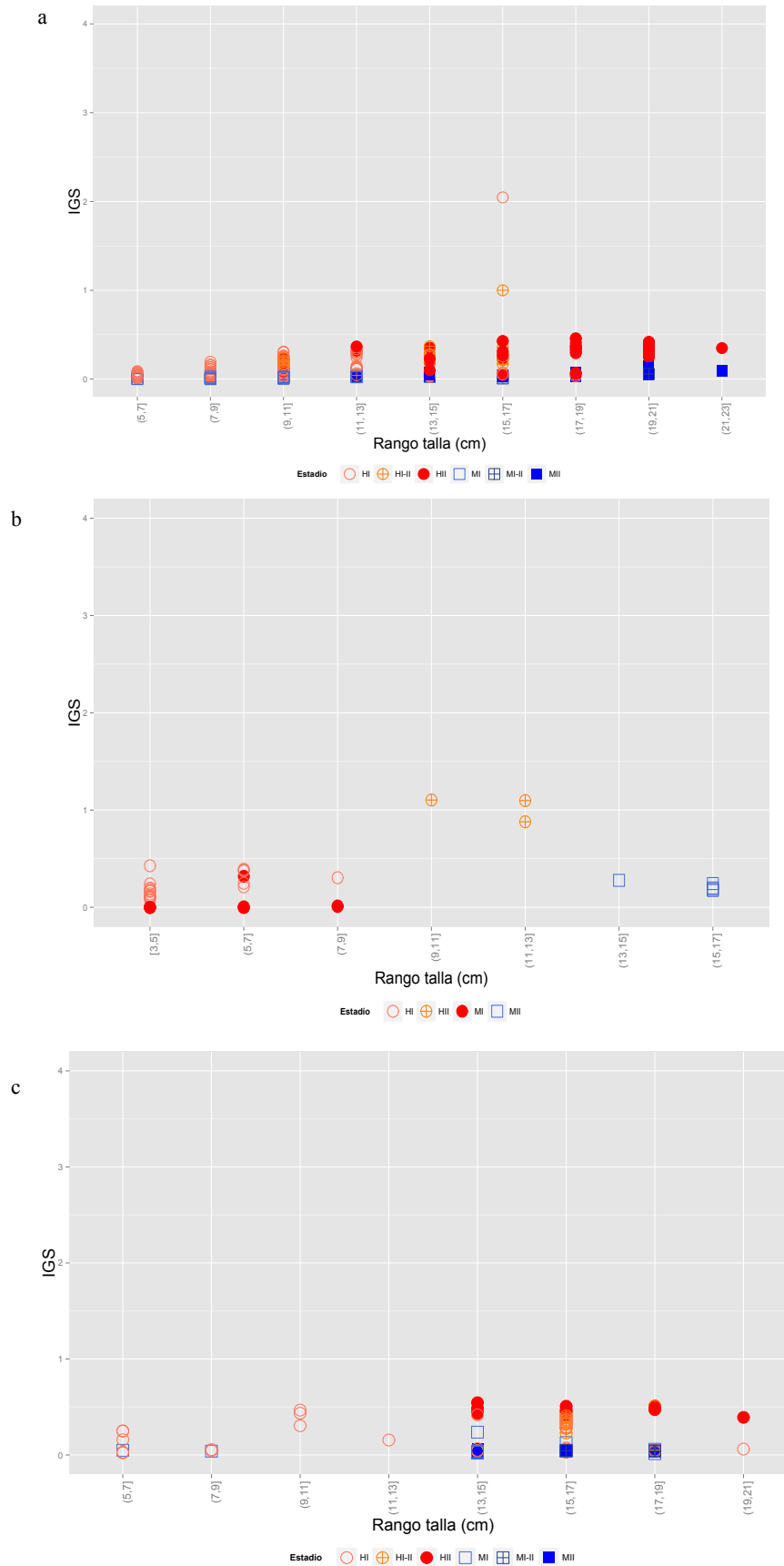


Figura 4.7. Relación entre el índice gonadosomático (IGS) y la longitud total (LT) de los individuos. a) *Notothenia rossii*, b) *Lepidonotothen nudifrons*, c) *Notothenia coriiceps*, d) *Trematomus newnesi*, e) *Harpagifer antarcticus*.

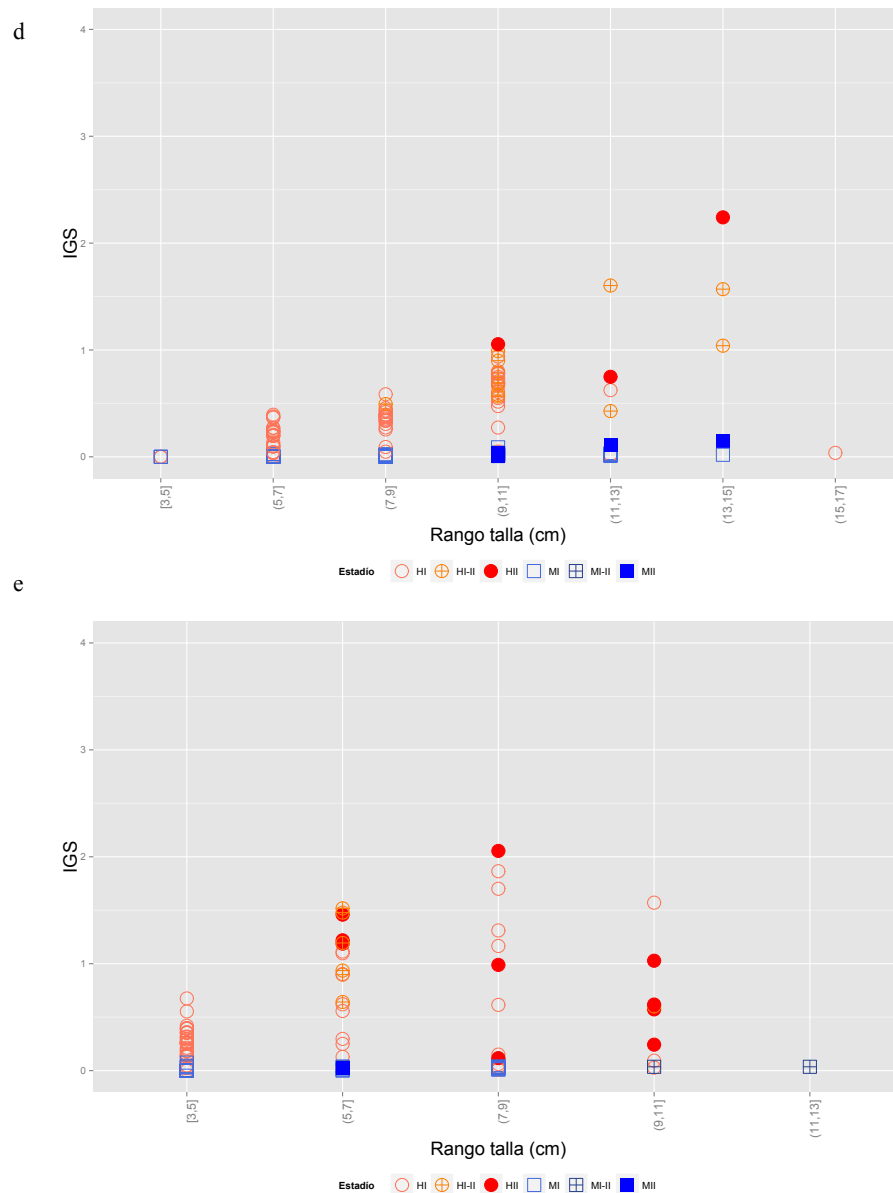


Figura 4.7. Continuación. Relación entre el índice gonadosomático (IGS) y la longitud total (LT) de los individuos. a) *Notothenia rossii*, b) *Lepidonotothen nudifrons*, c) *Notothenia coriiceps*, d) *Trematomus newnesi*, e) *Harpagifer antarcticus*.

Los órganos reproductores de los estadios juveniles tempranos de los nototenoideos de esta tesis, tanto en machos como en hembras, presentaron una apariencia interespecífica similar. El aspecto de las gónadas en la fase referida fue de color traslúcido a blanquecino (Fig. 4.8). Se evidenció una variación interespecífica en el grado de fusión de la base de los lóbulos de la gónada de las hembras, donde algunas estaban unidas sólo en su base (e.g. *N. rossii*) y otros estaban unidos hasta la mitad de sus lóbulos (e.g. *H. antarcticus*).

Figura 4.8. Aspecto de la gónada de una hembra de *N. rossii*, estadio gonadal II, LT 15,7 cm, como ejemplo del color observado en los nototenoideos de Caleta Potter.



El análisis de los datos morfométricos de largo total y peso gonadales y de los estadios gonadales I y II e IGS respalda que los peces de este estudio (utilizados en el análisis de dieta y competencia) corresponden a ejemplares juveniles tempranos inmaduros, caracterizando la fracción no reproductiva de la comunidad íctica de Caleta Potter. Al tratarse de individuos juveniles tempranos los IGS no se acercan a los valores de maduración gonadal reportados en investigaciones previas sobre las fases maduras de las poblaciones realizadas cerca del área de estudio (compilado en Kock y Kellermann 1991, Kock 1992).

Las proporciones de sexo determinadas para los diferentes períodos sugieren que no existe segregación sexual en los estadios jóvenes tempranos de estas especies. Asimismo, se observó una tendencia lineal en el aumento del IGS para todas las especies, a medida que aumenta la longitud total de los individuos.

CAPÍTULO 5

Ecología trófica



Rita Rodriguez

5.1. INTRODUCCIÓN

El krill antártico ocupa un rol ecológico central dentro de la trama trófica antártica debido a que es la principal fuente de alimento de los vertebrados, desde los peces hasta los grandes mamíferos marinos. Allí, los peces antárticos en su función de predadores y presas ocupan un nivel trófico intermedio (Kock *et al.* 2012).

En aguas abiertas, los peces demersales son menos accesibles a los predadores y dependen menos del bentos, alimentándose principalmente del zooplancton (*i.e.* organismos que nadan pasivamente) y del necton (*i.e.* organismos que nadan activamente, en su mayoría peces y calamares). Las especies ictícolas mesopelágicas que poseen un alto valor energético, tales como los mictófidos (peces linterna) y el nototénido dominante en la columna de agua, *Pleuragramma antarcticum*, tienen una posición clave en la red trófica al ser presas comunes de predadores tope buceadores y no buceadores (DeWitt 1970, Hubold 1984, Eastman 1985, Barrera Oro 2002, La Mesa *et al.* 2004, Mintenbeck 2008). Los peces linterna son los principales predadores del mesozooplancton y de éstos, *Electrona antárctica* (Cocco 1829) es considerada la especie más relevante ya que es de gran abundancia y es la más frecuentemente predada (Van de Putte *et al.* 2006, Mintenbeck 2008). En cambio, en las zonas neríticas las comunidades ícticas demersales tienen un rol más importante en la trama trófica (DeWitt 1970, Hubold 1984, Barrera Oro 2002, La Mesa *et al.* 2004, Eastman 2005, Mintenbeck 2008). Allí, los nototénidos adultos y juveniles avanzados son los principales predadores del bentos, alimentándose de todos los organismos que se encuentran por debajo de su propio nivel trófico desde algas hasta peces, así también como sobre el zooplancton que habita en la columna de agua (Barrera Oro 2002, Kock *et al.* 2012). De esta manera, la energía fluye desde el bentos 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.

La mayoría de los peces antárticos son carnívoros, por lo que exhiben en el tracto digestivo características morfológicas adaptadas para ese tipo de dieta. No existe ningún pez antártico que sea estrictamente herbívoro, contrariamente a lo que ocurre en otros ecosistemas marinos tropicales y templados donde los peces herbívoros constituyen hasta un 40% de la ictiofauna (Moreno *et al.* 1979, Horn 1989, Muñoz y Ojeda 1997, entre otros). 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). La fase adulta y juvenil avanzada de la comunidad íctica de Caleta Potter ha sido bien estudiada, observándose variaciones estacionales en la dieta (Casaux *et al.* 1990, Casaux 1998). La presa principal durante la mayor parte del año son los anfípodos del Suborden Gammaridea, comúnmente llamados gammarideos, que incluye a varias familias

además de la Gammaridae. Durante el verano austral los peces aprovechan la ocurrencia estacional de krill y otros organismos pelágicos (*e.g.* anfípodos hipéridos) que pasan a ser alimento secundario o principal dependiendo de la especie (Barrera Oro y Casaux 1990, Casaux *et al.* 1990). En este contexto, debido a la importancia de los anfípodos gammarideos como presa, la competencia interespecífica por el alimento parecería ser alta (Casaux *et al.* 1990). Sin embargo, entre especies generalistas con patrones alimenticios bentófagos, la competencia esta mitigada por la partición de los recursos. En varios estudios se observó que diferentes especies de gammarideos son presa de diferentes especies de peces (Iken *et al.* 1997, Barrera Oro 2003).

Al carecer de vejiga natatoria los nototénidos han desarrollado una gama de estrategias alimentarias que les permite utilizar diferentes tipos de alimento en diversos hábitats. En su estudio de ecología trófica sobre peces de la Península Antártica, Daniels (1982) definió los tipos de alimentación como bentófaga, bento-zooplancófaga y zooplancófaga; y los tipos de comportamiento alimentario como de succionador, cazador al acecho, pastoreo y en columna. Siguiendo esta clasificación, en las Tablas 5.1 y 5.2 se resumen los tipos de alimentación y comportamiento alimentario que han sido definidos previamente para la porción adulta y juvenil avanzada de las mismas especies de este estudio (Barrera Oro 1996). Algunas especies usan alternativamente o combinan más de una estrategia para alimentarse de un amplio espectro de organismos.

Tabla 5.1. Tipos de alimentación y presas de los nototenoideos adultos y juveniles avanzados de Caleta Potter (Barrera Oro 1996).

Bentófaga		Bento – zooplancófaga	
Peces	Presas	Peces	Presas
<i>N. coriiceps</i>	Algas, poliquetos, gasterópodos, lapas, bivalvos, cefalópodos, isópodos, ascideas, gammarideos. Ocasionalmente en verano: krill, hipéridos y salpas	<i>N. rossii</i>	Algas, poliquetos, gasterópodos, gammarideos, isópodos, krill, hipéridos, cefalópodos y peces
<i>L. nudifrons</i>	Poliquetos, gammarideos, isópodos	<i>T. newnesi</i>	Algas, poliquetos, gasterópodos, gammarideos, isópodos, krill, hipéridos.
<i>H. antarcticus</i>	Gammarideos	<i>T. bernacchii</i>	Algas, poliquetos, gasterópodos, gammarideos, isópodos, krill, hipéridos.

Tabla 5.2. Clasificación del comportamiento alimentario de los nototenoideos adultos y juveniles avanzados de Caleta Potter (Barrera Oro 1996).

Especie	Cazador al acecho	Pastoreo	En columna
<i>Notothenia rossii</i>	X	X	X
<i>Notothenia coriiceps</i>	X	X	
<i>Lepidonotothen nudifrons</i>	X		
<i>Trematomus bernacchii</i>	X	X	X
<i>Trematomus newnesi</i>			X
<i>Harpagifer antarcticus</i>	X		

La superposición de dieta no necesariamente indica competencia, pero ante ciertas condiciones puede evidenciarla. En situación de recursos limitados, las estrategias de alimentación previamente mencionadas así como la disposición espacial de los individuos ayudan a disminuir la competencia interespecífica.

Los estudios de superposición de nichos tróficos en la porción adulta y juvenil avanzada de comunidades ícticas tanto entre pares de especies (Vacchi *et al.* 1994 y La Mesa *et al.* 1997, en el Mar de Ross; Moreno y Bahamonde 1975, en las Islas Shetland del Sur) como entre multiespecies (más de dos especies) (Daniels 1982, Casaux y Barrera Oro 2013, en el oeste de la Península Antártica; Rakusa-Suszczewski y Piasek 1973, Barrera Oro 2003, en las Islas Shetland del Sur; Targett 1981, en las Islas Orcadas; Schwarzbach 1988, en el Mar de Weddell) remarcan que los niveles de competencia son bajos.

Interacción predador-presa

A raíz de los episodios de sobreexplotación mencionados (ver capítulo 2) algunas especies de peces prácticamente desaparecieron de las capturas en aguas abiertas y costeras durante dos décadas y actualmente se encuentran en proceso de recuperación. Asimismo, en algunas regiones antárticas, las poblaciones de algunos de sus predadores fueron indirectamente afectadas, disminuyendo marcadamente (*e.g.* Casaux y Barrera Oro 2006).

El comportamiento alimentario y la dinámica poblacional de los predadores de niveles tróficos superiores son altamente sensibles a los cambios en la disponibilidad de sus presas (Montevecchi 1993, Croxall *et al.* 1999). Es por ello que el estudio de aspectos poblacionales, reproductivos y alimentarios de predadores ictiófagos es de suma utilidad para monitorear tendencias en las comunidades de peces e identificar procesos de cambio estacional, sean estos de origen natural o antrópico.

En Caleta Potter y alrededores se pueden encontrar varias especies de predadores tope ictiófagos. Los mamíferos marinos que frecuentan esta área, tales como la foca de Weddell, el lobo marino antártico y el elefante marino del sur, presentan en sus dietas una alta frecuencia de ocurrencia de peces, siendo éstos ítems alimenticios principales o secundarios. Estos predadores consumen en cierto grado peces demersales, pero se alimentan principalmente de peces pelágicos asociados a las agregaciones de krill antártico (Casaux *et al.* 1997a, Daneri y Carlini 2002, Daneri *et al.* 2008).

Los pingüinos que habitan el área de estudio se alimentan principalmente de krill, mientras que el consumo de peces muestra una variación interanual. El pingüino Papúa come más peces demersales y pelágicos que el pingüino Adelia (Juárez 2013). Se registró una mayor flexibilidad en el comportamiento de alimentación del pingüino Papúa, la cual le permitiría afrontar las temporadas de baja disponibilidad de krill, aumentando el consumo de peces y minimizando así los potenciales efectos negativos sobre la supervivencia y crecimiento de los pichones (Miller *et al.* 2009, Juárez 2013).

Muchas aves voladoras, como los petreles y los escúas, comen peces pelágicos (Santos *et al.* 2012), lo que evidencia un hábito alimentario de superficie. En el área de estudio, los peces pelágicos representan al menos un 30% en biomasa de la dieta del petrel gigante (Coria 2006).

La única ave voladora que se alimenta mayoritariamente de peces costeros demersales, todos ellos nototenoideos, es el cormorán antártico (Anexo 2). En las Islas Shetland del Sur esta interacción predador-presa se estudió desde los años 1970 e intensamente en la década de 1990 mediante el análisis de contenidos estomacales del cormorán (Casaux *et al.* 1995a, Coria *et al.* 1995, Favero *et al.* 1998) y la identificación de otolitos en sus regurgitados (Schlatter y Moreno 1976; Casaux y Barrera Oro 1993, 1995a, 1995b; Barrera Oro y Casaux 1996; Casaux *et al.* 1995a, 1995b). Estas investigaciones evidenciaron que el cormorán es de suma importancia como indicador biológico del estado del ecosistema, dado que permite evaluar cambios en la disponibilidad de sus presas (*i.e.* peces) (Casaux y Barrera Oro 1995b, Casaux y Barrera 1996).

El número de parejas reproductivas del cormorán antártico en las colonias de Punta Duthoit y Punta Armonía (Isla Nelson) declinaron marcadamente desde el final de los 80' hasta el año 2004 y luego ambas poblaciones se estabilizaron en los valores históricos más bajos (Casaux y Barrera Oro 2012). Esta tendencia poblacional parece relacionarse, al menos en parte, con la disminución en las poblaciones de peces costeros antárticos. Varios estudios realizados en el área (compilados en Casaux y Barrera Oro 2006) evidencian que los nototenoideos más frecuentes en la dieta del cormorán en estas dos colonias son *N. coriiceps*, *H. antarcticus* y especies de los géneros *Trematomus* y *Lepidonotothen* (Casaux y Barrera Oro 1993). En cambio, las especies *N. rossii* y *G. gibberifrons* estuvieron ausentes o escasamente

representadas (Barrera Oro *et al.* 2000). Tal como se mencionó anteriormente, estas últimas fueron blanco de la pesquería comercial en aguas inshore de las Islas Shetland del Sur, por lo que sus poblaciones disminuyeron marcadamente en las capturas de trasmallo en los últimos 30 años (Barrera Oro *et al.* 2000, Marschoff *et al.* 2012). Estas especies fueron probablemente dos presas importantes del cormorán antártico antes del impacto de la pesquería comercial (Shaw 1985, Casaux y Barrera Oro 1993). No resulta sorprendente que como consecuencia de los cambios en la estructura de las comunidades costeras de peces (Marschoff *et al.* 2012), la especie *N. coriiceps*, que no fue pescada comercialmente, proliferó marcadamente en aguas costeras y se convirtió en el alimento principal del cormorán en la región. Es importante destacar que en aguas inshore, *N. coriiceps* es de tamaño, contenido energético y hábitos ecológicos similares a *N. rossii* y *G. gibberifrons* (Casaux y Barrera Oro 2008, 2012).

Estos resultados son consistentes con la alta incidencia de *G. gibberifrons* en la dieta del cormorán y en las capturas de trasmallo, ambos en la Costa Danco, Península Antártica oeste, reflejando mayor abundancia de esta especie en un área lejana de los caladeros históricos de pesca en las Islas Shetland del Sur (Islas Livingston y 25 de Mayo) (Casaux *et al.* 2002, Casaux y Barrera Oro 2006). La distribución geográfica de *N. rossii* apenas alcanza la Costa Danco (DeWitt *et al.* 1990), en línea con su baja frecuencia en la dieta de *P. bransfieldensis* allí (Casaux *et al.* 2002).

El cormorán antártico es un predador potencialmente indicador de la distribución y abundancia del recurso que explota (Casaux y Barrera Oro 1998, CCAMLR 2001), siendo su profundidad máxima de buceo de unos 140 m, similar al límite de distribución de sus presas en aguas inshore (Croxall *et al.* 1991, Wanless *et al.* 1992, Casaux *et al.* 2001).

En el contexto teórico hasta aquí expuesto, a continuación se describe la composición general de la dieta del estadio juvenil temprano de los nototenoideos que habitan Caleta Potter. Asimismo, se determina la superposición de dieta y grado de competencia interespecífica entre ellos y se compara la información obtenida con la pertinente de la fracción adulta referida en la literatura. Por último, se discute y evalúa el rol de estos peces en la trama trófica local, incluyendo un ejemplo de interacción predador-presa por medio del análisis de la relación que existe entre los cormoranes y los nototenoideos de este estudio.

5.2. RESULTADOS

■ TAMAÑO DE LA MUESTRA

Las curvas acumulativas de diversidad de presas no alcanzaron la asíntota en todas las especies (Fig. 5.1).

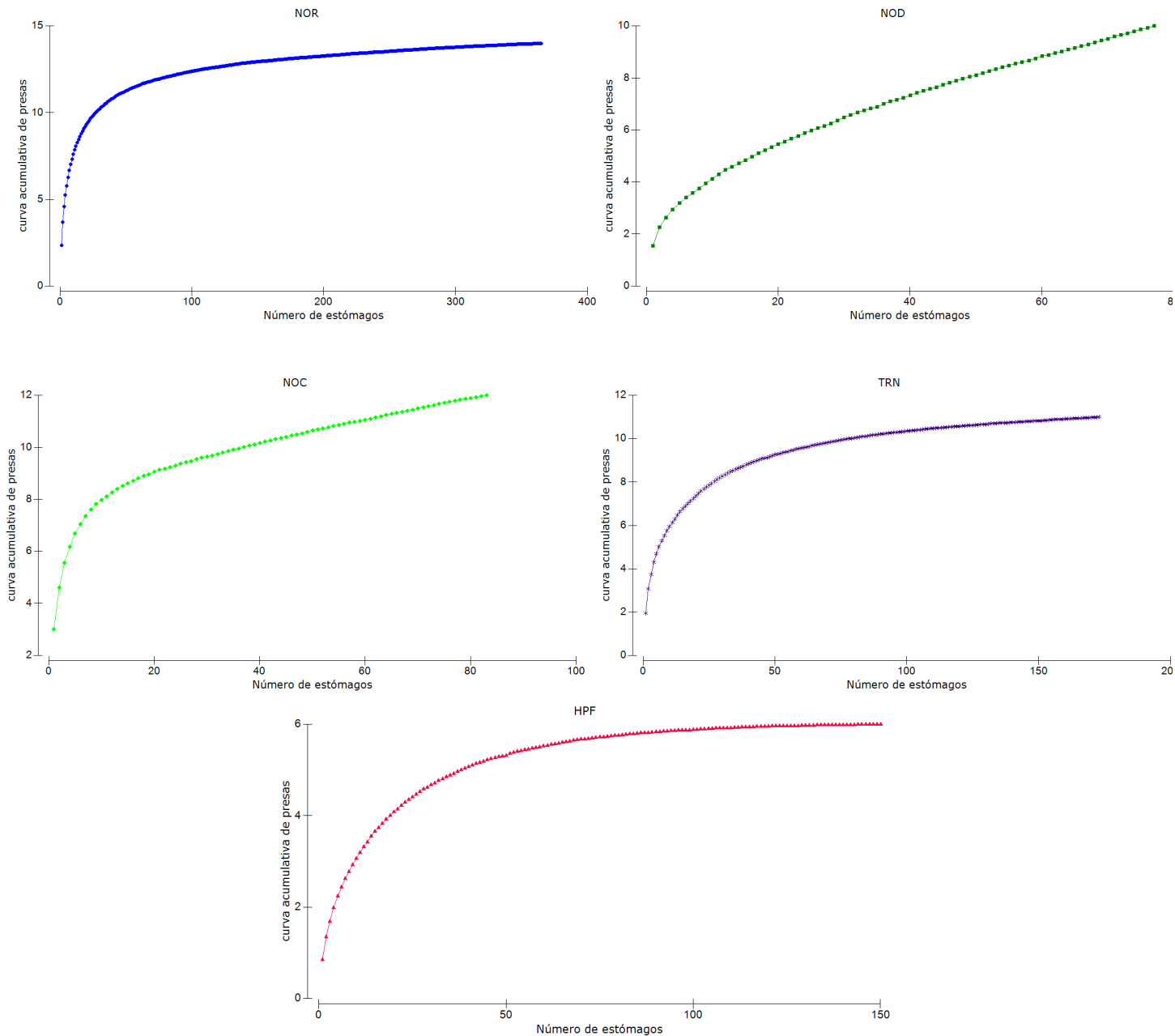


Figura 5.1 Curvas acumulativas de presas en función del número de estómagos, para evaluar el número de ejemplares necesarios para el estudio de ecología trófica de los nototenoideos. NOR, *Notothenia rossii*; NOD, *Lepidonotothen nudifrons*; NOC, *Notothenia coriiceps*; TRN, *Trematomus newnesi*; HPF, *Harpagifer antarcticus*.

En las especies *N. rossii*, *T. newnesi* y *H. antarcticus* las curvas acumulativas de presas alcanzaron la asíntota a diferentes niveles, mientras que en *L. nudifrons* y *N. coriiceps*, no se alcanzó ese valor debido a la presencia de algunos grupos-presa raros u ocasionales, que se registraron en una muy baja frecuencia en sus dietas. Teniendo en cuenta los valores de las asíntotas y los del 90% acumulado de las curvas, respectivamente para los dos grupos de especies, se estimó un n mínimo de aproximadamente 110 estómagos como el necesario para una descripción representativa de las dietas.

▪ ÍNDICE DE VACUIDAD (IV)

El mayor índice de vacuidad se registró en la especie *T. newnesi* durante la temporada 2011-2012 con un valor próximo al 17% (Fig. 5.2). Sin embargo, todos los valores obtenidos fueron bajos, lo que sugiere que hubo una alta frecuencia de alimentación, una alta disponibilidad de presas o bien que su evacuación gástrica es relativamente lenta en relación a su ritmo de ingesta de presas. Para los casos en los cuales las comparaciones fueron posibles, no se evidenció una diferencia interanual en la proporción de estómagos vacíos registrados en cada especie (Test exacto de Fisher $p > 0,05$ en todos los casos).

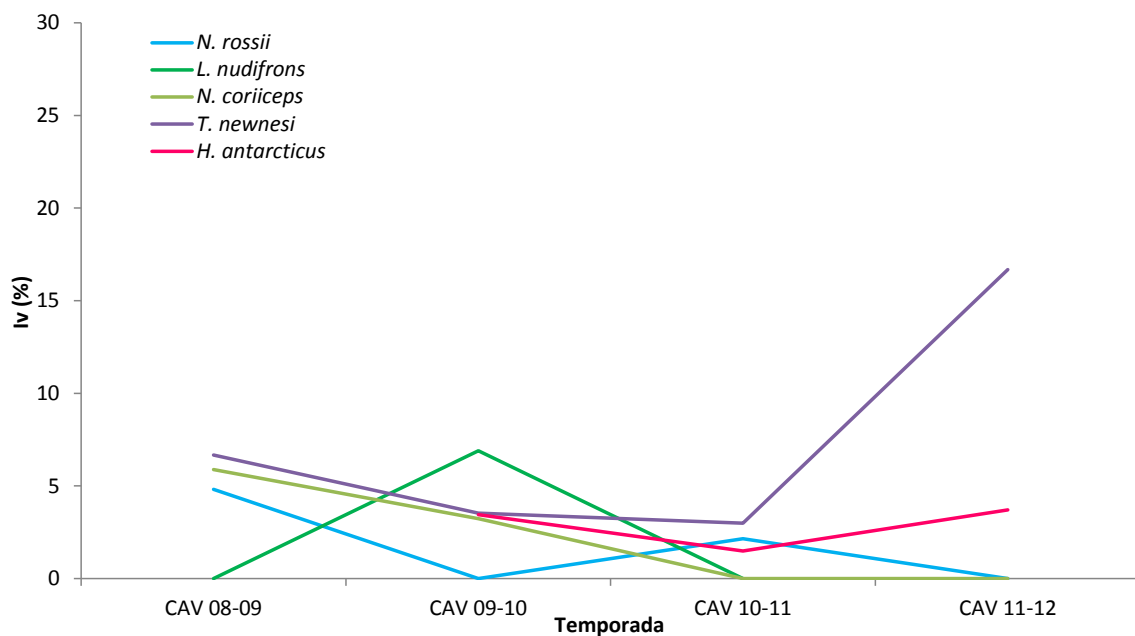


Figura 5.2 Índices de vacuidad expresados en porcentaje (Iv%) de las especies de nototenoideos estudiadas para cada campaña antártica de verano (CAV) en las distintas temporadas.

■ COCIENTE DE REPLECIÓN ESTOMACAL (CRE)

Cambios en el cociente de repleción estomacal evidencian diferencias en la intensidad de alimentación de las especies. La especie *T. newnesi* presentó el mayor cociente de repleción promedio (3,77%, Fig. 5.3) para todos los años y especies analizadas.

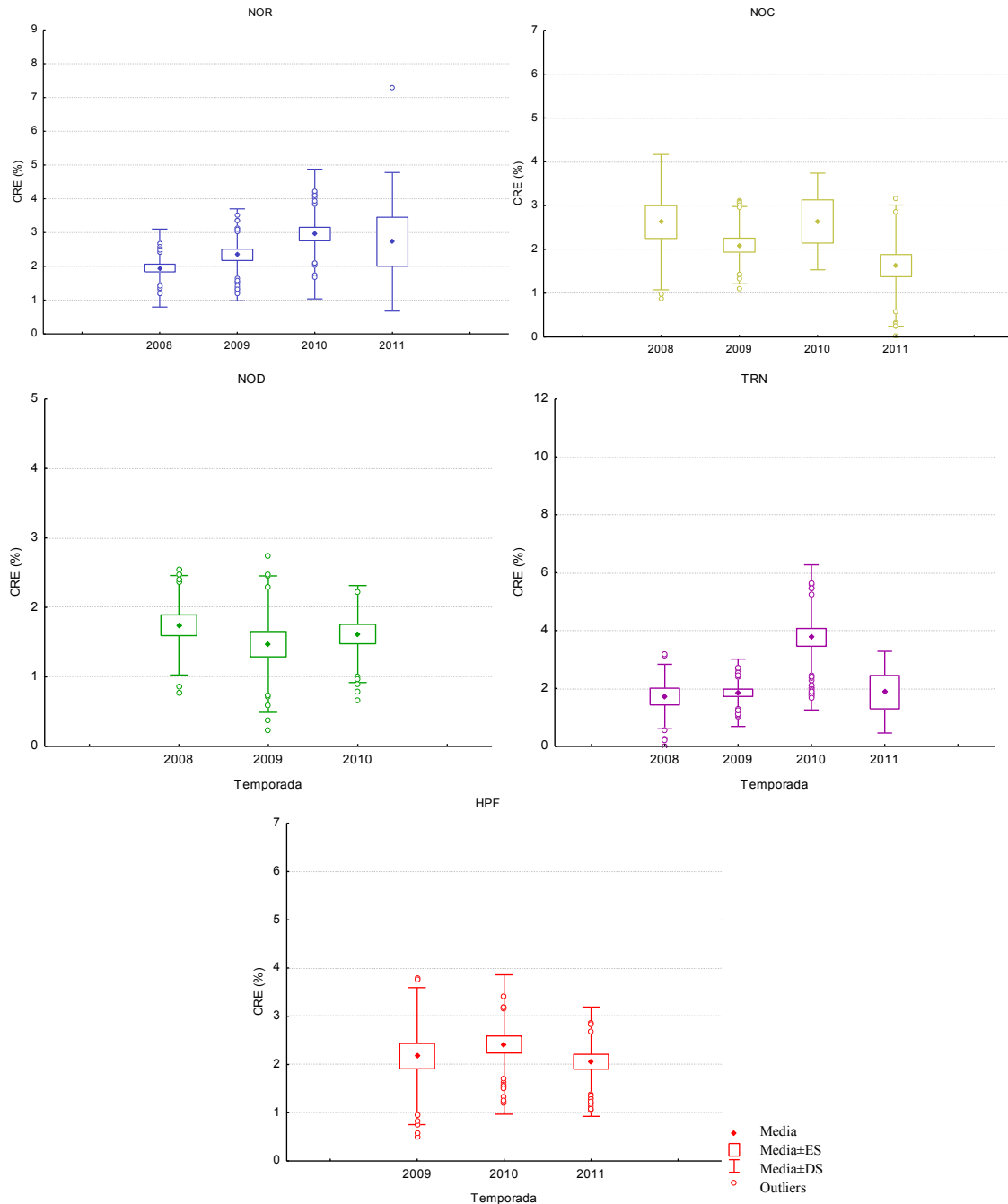


Figura 5.3. Cocientes de repleción estomacal (CRE) expresados en porcentaje (%) de las especies de estudio en las distintas temporadas. NOR, *Notothenia rossii*; NOD, *Lepidonotothen nudifrons*; NOC, *Notothenia coriiceps*; TRN, *Trematomus newnesi*; HPF, *Harpagifer antarcticus*. Temporadas de estudio: 2008=CAV 2008-2009, 2009=CAV 2009-2010, 2010=CAV 2010-2011, 2011=CAV 2011-2012.

Sólo en las especies *Notothenia rossii*, *Notothenia coriiceps* y *Trematomus newnesi* se evidenciaron diferencias interanuales significativas en los CRE para algunas temporadas de estudio (Test de Kruskal-Wallis $p < 0,05$. Tabla 5.3).

Tabla 5.3. Valores de significancia de las comparaciones múltiples *a posteriori* del test de Kruskal-Wallis obtenidos al analizar las variaciones interanuales del cociente de repleción estomacal. NOR, *Notothenia rossii*; NOC, *Notothenia coriiceps*; TRN, *Trematomus newnesi*. Temporadas de estudio: 08-09=CAV 2008-2009, 09-10=CAV 2009-2010, 10-11=CAV 2010-2011, 11-12=CAV 2011-2012.

	NOR			NOC			TRN		
	09-10	10-11	11-12	09-10	10-11	11-12	09-10	10-11	11-12
08-09	0,70	<0,001	1,00	1,00	1,00	0,04	1,00	0,03	1,00
09-10	-	0,36	1,00	-	1,00	0,21	-	<0,01	1,00
10-11		-	1,00		-	0,30		-	0,45

CAMPAÑA DE VERANO 2008-2009

Durante la primera campaña se capturaron 4 de las 5 especies estudiadas, los datos generales de la muestra se presentan en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4. Estadísticos descriptivos del largo total de los peces juveniles tempranos de Caleta Potter y número de estómagos correspondientes a la temporada 2008-2009.

Especies	Largo total (cm)		N° de estómagos		
	Modas	Rango	Vacíos	Con alimento	
			N	N	%
<i>N. rossii</i>	10,6 20,0	8,60 – 21,70	5	99	95,19
<i>L. nudifrons</i>	4,50	4,30 – 16,30	0	23	100
<i>N. coriiceps</i>	14,80/15,80*	9,10 – 19,60	1	16	94,12
<i>T. newnesi</i>	6,80 13,70	6,20 – 13,70	1	14	93,33

* Distribución unimodal=valores representados de igual manera.

Composición de la dieta

Se identificaron 13 grupos taxonómicos en la dieta de las todas las especies de los cuales sólo unos pocos constituyeron ítems alimenticios importantes. Los datos completos del espectro

trófico de la comunidad de peces juveniles de la temporada 2008-2009 se muestran en la Tabla 5.5.

Para las especies *N. rossii*, *L. nudifrons*, *N. coriiceps* y *T. newnesi* la presa principal y más frecuente fueron los anfípodos bentónicos-demersales, predominantemente los del suborden Gammaridea ($F\% > 57$, $Q > 222$, $MFI\% > 216$, $IRI\% > 40$). Al considerar el ítem principal del alimento ($MFI\%$), los anfípodos gammarideos se clasificaron como alimento esencial de la dieta en todas las especies.

Para *N. rossii* las algas siguieron en importancia, se encontraron en una alta frecuencia en los estómagos y fueron alimento secundario ($F\% 57,58$; $Q 73,24$; $IRI\% 19,82$). Al considerar el $MFI\%$, el cual enfatiza el aporte en peso de cada ítem-presa, se evidenció que las algas eran un ítem esencial de la dieta de esta especie. Los gasterópodos (Fam. Littorinidae) y los copépodos harpacticoideos le siguieron tanto en frecuencia de ocurrencia como en importancia ($F\% > 41$, $IRI\% > 3,31$). Teniendo en cuenta el índice Q , ambos grupos presa fueron alimento secundario ($200 > Q > 20$). Sin embargo, al considerar el $MFI\%$, los gasterópodos fueron alimento secundario pero los copépodos harpacticoideos se clasificaron como alimentos accesorios ($MFI\% < 7$). El resto de los grupos presas fueron ítems ocasionales o accesorios considerando la contribución que realizaron los mismos a la dieta de esta especie.

En el caso de *L. nudifrons*, además de los anfípodos gammarideos, los copépodos harpacticoideos fueron importantes tanto en su frecuencia de ocurrencia como en la contribución general a la dieta ($F\% 69,57$; $IRI\% 34,73$), pero debido a su bajo peso se consideran presas ocasionales u accesorias ($Q < 0,00$; $MFI\% 0,00$).

Para *N. coriiceps* las algas ($F\% 87,50$; $IRI\% 33,82$; $Q 248,23$; $MFI\% 338,59$) y los gasterópodos ($F\% 68,75$; $IRI\% 20,13$; $Q 428,18$; $MFI\% 129,62$) también fueron alimento frecuente y principal; así como los isópodos fueron presas secundarias ($F\% 56,27$; $IRI\% 3,80$; $Q 21,00$), pero que al considerar su bajo $MFI\%$ de 19,10, a estos últimos organismos se los clasificó como presas accesorias.

Finalmente, en la especie *T. newnesi*, más allá de que los anfípodos gammarideos fueron presas frecuentes y principales, aún más importantes fueron los copépodos bentónicos harpacticoideos ($F\% 78,54$; $Q 4089,46$; $IRI\% 77,15$; $MFI\% 402,33$). Las algas y los isópodos también estuvieron representados en sus dietas y fueron alimento ocasional.

Entre los gammarideos las familias Gammarellidae y Eusiridae fueron las más representadas, siendo *Gondogeneia* sp., *Oradarea* sp. y *Gondogeneia antarctica* las especies dominantes. Entre las algas, el género *Desmarestia* fue el más representado (Figs. 5.4, 5.5 y 5.6). Otros taxa como poliquetos, tanaidaceos, ostrácodos, bivalvos y krill, fueron alimento ocasional y algunos incluso fueron de importancia despreciable.

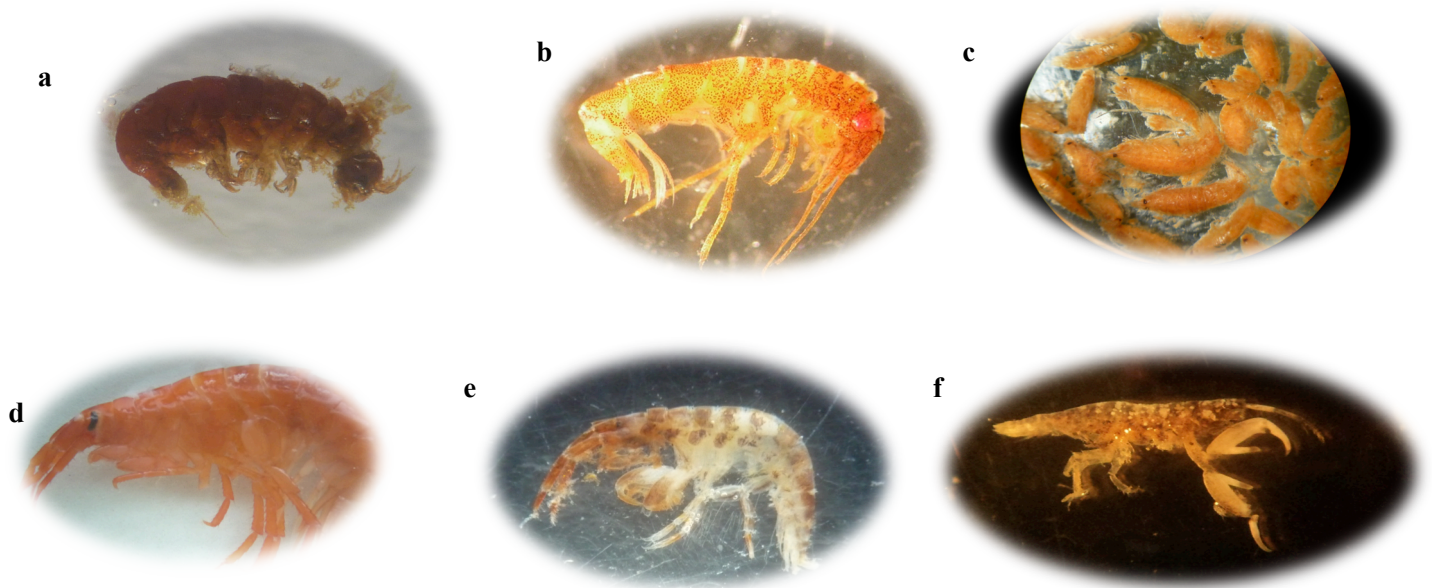


Figura 5.4. Fotografía de algunos de los anfípodos ingeridos por los nototenoideos de Caleta Potter. **a**, *Bircenna* sp.; **b**, *Oradarea* sp.; **c**, *Vibilea* sp.; **d**, *Gondogeneia* sp.; **e-f**, *Jassa* sp. Fotografías: Moreira M.E.

Figura 5.5. Fotografía de algunos de los organismos ingeridos por los nototenoideos de caleta Potter. **a**, Gasterópodo *Laevitorina antarctica*; **b**, Ostrácodo; **c**, Isópodo *Gnathia* sp.; **d**, Tanaidáceo. Fotografías: Moreira M.E.

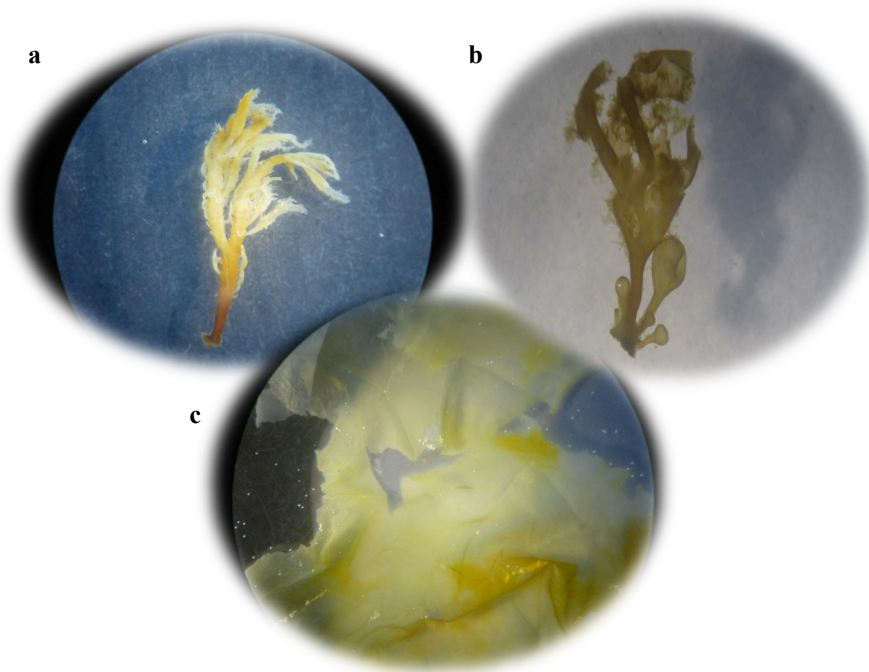
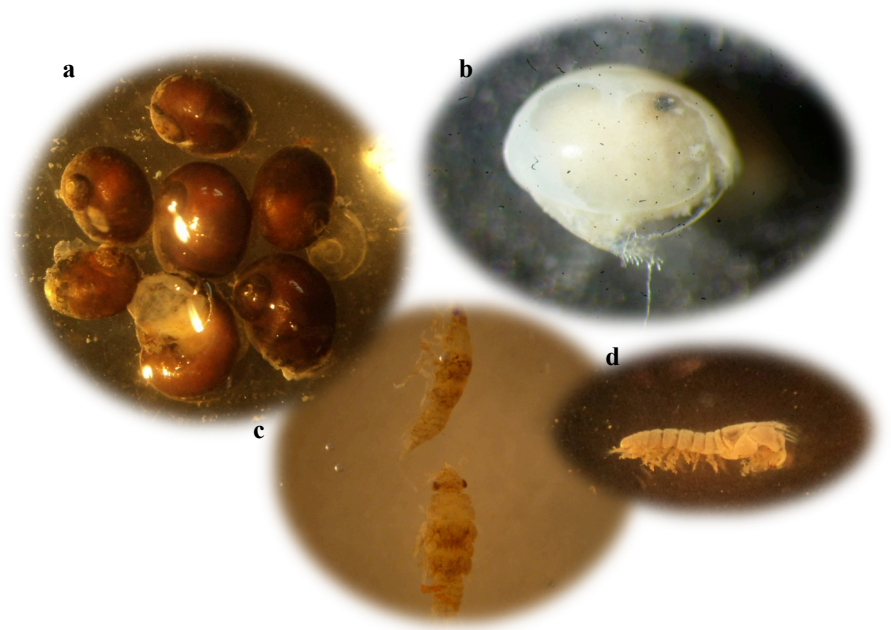


Figura 5.6. Fotografía de algunas de las algas ingeridas por los nototenoideos de caleta Potter. **a**, *Georgella confluence*; **b**, *Adenocystis* sp.; **c**, *Desmarestia antarctica*. Fotografías: Moreira M.E.

Tabla 5.5. Dieta de los nototenoideos juveniles tempranos de Caleta Potter durante la campaña 2008-2009, con indicación de la frecuencia de ocurrencia (F%), número (N%), peso (P%), coeficiente dietario “Q”, índice de importancia relativa (IRI%) y el ítem principal del alimento (MFI%).

Ítem presa	<i>N. rossii</i>						<i>L. nudifrons</i>					
	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%
Algae	57,58	1,58	46,38	73,24	19,82	252,26						
<i>Palmaria</i> sp.	23,23	0,39	16,79	6,49	2,86	57,69	8,70	1,71	0,16	0,27	0,13	0,36
<i>Desmarestia antarct.</i>	27,27	0,45	24,70	11,20	4,92	91,96						
<i>Phaerus antarcticus</i>	9,09	0,15	4,18	0,63	0,28	8,98						
<i>Desmarestia</i> sp.	29,29	0,49	0,14	0,07	0,13	0,55						
<i>Georgiella confluens</i>	3,03	0,05	0,54	0,03	0,01	0,68						
<i>Plocanium</i> sp.	3,03	0,05	0,03	<0,00	<0,00	0,04						
Briozoo + georgiella	1,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,00	0,00						
Cl. Polychaeta	10,10	0,35	0,21	0,08	0,04	0,49						
Cl. Gastropoda	42,42	4,07	7,12	28,96	3,41	34,34						
Fam. Littorinidae	41,41	4,01	7,11	28,54	3,31	33,88						
<i>Laevilitorina antarct.</i>	22,22	0,89	6,98	6,22	1,26	23,74						
<i>Laevilitorina</i> sp.	29,29	3,12	0,12	0,39	0,68	0,50						
Fam. Eatoniellidae												
<i>Eatoniella</i> sp.	3,03	0,05	0,01	<0,01	<0,00	0,02						
Cl. Bivalvia	4,04	0,07	<0,01	<0,01	<0,00	0,00						
Subcl. Copepoda	59,60	42,25	0,92	38,70	18,46	6,54						
Or. Calanoida	1,01	0,12	0,06	0,01	<0,00	0,04						
Or. Harpacticoida	59,60	42,13	0,86	36,13	18,38	6,12	69,57	62,39	<0,00	<0,00	34,73	0,00
Cl. Ostracoda	25,25	1,43	0,01	0,02	0,26	0,05	4,35	0,85	0,47	0,40	0,05	0,76
Or. Amphipoda												
Subor. Gammaridea	86,87	48,11	44,02	2117,59	57,43	361,59	60,87	34,19	99,37	3397,37	65,06	685,09
Fam. Gammarellidae	80,81	36,20	35,84	1297,30	45,79	274,11	26,09	11,97	97,49	1166,58	22,85	425,26
<i>Gondogeneia antarct.</i>	62,63	20,90	17,88	373,65	17,43	115,55	4,35	0,85	0,33	0,28	0,04	0,53
<i>Gondogeneia</i> sp.	58,59	15,30	17,96	274,79	13,98	109,14	21,74	11,11	97,16	1079,59	18,84	393,78
Fam. Phoxocephalidae	12,12	1,46	2,70	3,94	0,36	7,03						
Fam. Stenothoidae	39,39	3,81	0,27	1,05	1,16	1,28	30,43	12,82	0,34	4,42	3,21	1,60
Fam. Iphimediidae	1,01	0,02	0,17	<0,01	<0,00	0,12						

Tabla 5.5. Continuación.

Ítem presa	<i>N. rossii</i>						<i>L. nudifrons</i>					
	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%
Fam. Ischyroceridae												
<i>Jassa</i> sp.	7,07	0,20	0,10	0,02	0,02	0,18	4,35	1,71	0,34	0,59	0,07	0,60
Cf. Ampeliscidae	1,01	0,02	0,03	<0,01	<0,00	0,02						
Or. Isopoda	29,29	2,08	0,64	1,33	0,57	2,52						
Fam. Gnathiidae												
<i>Gnathia</i> sp.	13,13	0,79	0,09	0,07	0,08	0,23						
Fam. Munnidae												
<i>Munna</i> sp.	9,09	0,35	0,20	0,07	0,04	0,43						
Fam. Plakarthriidae	17,17	0,92	0,35	0,32	0,16	1,04						
<i>Plakarthrium</i> sp.	14,14	0,67	0,26	0,17	0,09	0,71						
<i>Limnoria</i> sp.	6,06	0,25	0,09	0,02	0,01	0,15						
Fam. Sphaeromatidae												
<i>Cymodocella</i>	1,01	0,02	<0,00	<0,00	<0,00	0,00						
Or. Sipunculida							4,35	0,85	<0,00	<0,00	0,03	0,00
Or. Tanaidacea	1,01	0,02	0,01	<0,00	<0,00	0,00						
Or. Euphausiacea												
<i>Euphausia superba</i>	2,02	0,03	0,69	0,02	0,01	0,69						

Tabla 5.5. Continuación.

Ítem presa	<i>N. coriiceps</i>						<i>T. newnesi</i>					
	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%
Algae	87,50	4,99	49,79	248,23	33,82	338,59						
<i>Adenocystis</i> sp.	6,25	0,29	0,24	0,07	0,02	0,43						
<i>Palmaria</i> sp.	6,25	0,29	2,03	0,60	0,10	3,68						
<i>Desmarestia antarct.</i>	18,75	0,88	46,17	40,62	6,22	144,64						
<i>Desmarestia</i> sp.	75,00	3,52	1,35	4,74	2,58	8,44	7,14	0,19	1,26	0,24	0,07	2,41
Cl. Gastropoda	68,75	22,29	19,21	428,18	20,13	129,62						
Fam. Littorinidae	62,50	20,82	18,68	388,94	17,42	120,57						
<i>Laevitorina antarct.</i>	37,50	14,96	18,35	274,43	8,81	93,97						
<i>Laevitorina</i> sp.	31,25	5,87	0,33	1,94	1,37	1,42						
Fam. Eatoniellidae												
<i>Eatoniella</i> sp.	6,25	0,29	0,02	0,01	0,01	0,04						
Indeterminado sp1.	6,25	0,88	0,03	0,02	0,04	0,05						
Indeterminado sp2.	6,25	0,29	0,48	0,14	0,03	0,87						
Cl. Bivalvia	12,50	0,59	0,01	0,01	0,05	0,04						
Subcl. Copepoda												
Or. Harpacticoida	25,00	1,76	0,01	0,01	0,31	0,03	78,57	94,57	43,24	4089,46	77,15	402,33
Cl. Ostracoda	25,00	7,92	0,04	0,33	1,40	0,17	14,29	0,39	<0,00	<0,00	0,04	0,00
Or. Amphipoda												
Subor. Gammaridea	68,75	56,01	27,38	1533,55	40,45	216,24	57,14	4,46	49,87	222,31	22,12	276,79
Fam. Gammarellidae	62,50	42,82	21,05	901,28	28,16	152,75	21,43	1,74	33,50	58,43	5,38	114,03
<i>Gondogeneia antarct.</i>	25,00	21,70	1,44	31,27	4,08	6,96	7,14	0,19	1,68	0,33	0,10	3,22
<i>Gondogeneia</i> sp.	62,50	21,11	19,61	414,04	17,96	126,79	21,43	1,55	31,82	49,34	5,10	107,86
Fam. Eusiridae												46,24
<i>Oradarea</i> sp.	25,00	2,93	3,21	9,41	1,08	11,99	28,57	1,94	11,84	22,94	2,80	46,24
Fam. Stenothoidae	43,75	4,69	0,17	0,78	1,50	1,81	7,14	0,19	0,25	0,05	0,02	0,48
Fam. Ischyroceridae												
<i>Jassa</i> sp.	31,25	5,57	2,96	16,47	1,88	12,68	14,29	0,58	4,28	2,49	0,50	11,67
Or. Isopoda	56,25	6,16	3,42	21,05	3,80	19,10	14,29	0,39	5,63	2,18	0,61	15,24
Fam. Gnathiidae												
<i>Gnathia</i> sp.	6,25	0,29	<0,00	<0,00	0,01	0,00						
Fam. Munnidae												
<i>Munna</i> sp.	31,25	1,47	0,62	0,91	0,46	2,52	7,14	0,19	0,92	0,18	0,06	1,77

Tabla 5.5. Continuación.

Ítem presa	<i>N. coriiceps</i>						<i>T. newnesi</i>					
	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%
Fam. Plakarthriidae												
<i>Plakarthrium</i> sp.	25,00	1,76	0,15	0,26	0,34	0,53						
<i>Limnoria</i> sp.							7,14	0,19	4,70	0,91	0,25	9,01
Fam. Sphaeromatidae												
<i>Cymodocella</i>	18,75	2,64	2,65	6,99	0,70	8,66						
Or. Tanaidacea	6,25	0,29	0,13	0,04	0,02	0,24						
Peces (otolitos)	6,25	0,29	<0,00	<0,00	0,01	0,01						

Estados de repleción y digestión estomacal

Un 60-95,6% de los estómagos se clasificaron como grado III-IV, mientras que sólo el 0-6,7% estuvieron totalmente vacíos (grado de repleción 0) (Tabla 5.6). En un 79-94% de los estómagos el alimento estuvo sin digerir o solamente semidigerido (ED=0-1) (Tabla 5.6), por lo cual las presas pudieron identificarse satisfactoriamente. Sólo en un 6-21% de los estómagos el alimento estuvo totalmente digerido (ED=2) y no fue posible su identificación.

Tabla 5.6. Estados de repleción (ER) y digestión (ED) estomacal de los nototenoideos juveniles tempranos de *Caleta Potter* en la campaña 2008-2009. NOR, *Notothenia rossii*; NOD, *Lepidonotothen nudifrons*; TRN, *Trematomus newnesi*; NOC, *Notothenia coriiceps*. N=número de estómagos analizados y el valor porcentual (%) de los mismos para cada ER y ED respectivamente.

ER	NOR		NOD		TRN		NOC	
	N	%	N	%	N	%	N	%
0	5	4,81	0	0	1	6,67	1	5,88
1	9	8,65	0	0	2	13,33	0	0
2	13	12,50	1	4,35	3	20,00	3	17,65
3	45	43,27	7	30,43	3	20,00	8	47,06
4	32	30,77	15	65,22	6	40,00	5	29,41
Total	104	100	23	100	15	100	17	100
ED	NOR		NOD		TRN		NOC	
	N	%	N	%	N	%	N	%
0	19	19	1	4	0	0	5	31
1	71	72	18	78	11	79	10	63
2	9	9	4	17	3	21	1	6
Total	99	100	23	100	14	100	16	100

Escala de ER: 0=estómago vacío, 1, 2, 3 y 4=25%, 50%, 75% y 100% del estómago con contenido, respectivamente.

Escala de ED: 0=alimento sin digerir, 1=alimento semidigerido, 2=alimento digerido.

CAMPAÑA DE VERANO 2009-2010

Los datos generales de los peces recolectados en la campaña 2009-2010 se presentan en la Tabla 5.7.

Tabla 5.7. Estadísticos descriptivos del largo total de los peces juveniles tempranos de Caleta Potter y número de estómagos correspondientes a la temporada 2009-2010.

Especies	Largo total (cm)		N° de estómagos		
	Modas	Rango	Vacios	Con alimento	
			N	N	%
<i>N. rossii</i>	8,60 16,50	7,80 – 19,10	0	67	100
<i>L. nudifrons</i>	5,00	4,20 – 16,30	2	27	93,1
<i>N. coriiceps</i>	6,40 16,20	6,30 – 19,90	1	30	96,77
<i>T. newnesi</i>	7,20	6,70 – 13,50	3	82	96,47
<i>H. antarcticus</i>	4,10	3,40 – 10,50	1	28	96,55

Composición de la dieta

De los 11 grupos taxonómicos representados en la dieta sólo unos pocos fueron alimentos importantes. En la Tabla 5.8 se presenta el espectro trófico de la comunidad de peces juveniles tempranos de la temporada 2009-2010. La principal y más frecuente presa de todos los peces fueron los anfípodos gammarideos bentónicos-demersales ($IRI\% > 56$, $Q > 2900$, $MFI\% > 381$, $F\% > 39$); los gastrópodos (principalmente *Laevitorina antarctica*) para *N. coriiceps* y los copépodos calanoideos (pelágicos) y harpacticoideos (bentónicos) para *T. newnesi*. Las familias de gammarideos Gammarellidae, Eusiridae, Lysianassidae (sp2) y Iphimediidae fueron las más representadas, siendo las especies dominantes *Gondogeneia* sp., *Oradarea* sp. y *Gondogeneia antarctica*.

Para *N. rossii* y *N. coriiceps* las algas fueron el alimento que siguió en importancia ($F\% > 43$, $IRI\% > 12$), dónde el valor de índice Q indica que se trata de presas secundarias; sin embargo el MFI% evidencia que se trata de un ítem esencial en la dieta de estas especies. Entre las algas, *Desmarestia* sp., *Phaerus antarcticus* y *Palmaria* sp. fueron las especies más ingeridas. Algunos taxa como poliquetos, tanaidáceos, ostrácodos, quitones y bivalvos fueron ingeridos ocasionalmente ($Q < 20$, $MFI\% < 26$, $IRI\% < 2$).

En la dieta de *H. antarcticus*, además de los gammarideos, sólo estuvieron representados las algas y los copépodos harpacticoideos pero su contribución a la dieta fue insignificante, por lo que fueron alimento ocasional u accesorios ($Q < 20$, $MFI\% < 26$, $IRI\% < 5$).

Tabla 5.8. Dieta de los nototenoideos juveniles tempranos de Caleta Potter durante la campaña 2009-2010, con indicación de la frecuencia de ocurrencia (F%), número (N%), peso (P%), coeficiente dietario “Q”, índice de importancia relativa (IRI%) y el ítem principal del alimento (MFI%).

Ítem presa	<i>N. rossii</i>						<i>L. nudifrons</i>						<i>N. coriiceps</i>					
	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%
Algae	43,28	3,47	41,07	142,71	13,70	198,58	11,11	3,08	1,94	5,98	0,51	5,18	66,67	5,97	14,97	89,41	12,10	90,21
<i>Adenocystis</i> sp.	2,99	0,13	0,17	0,02	0,01	0,21							6,67	0,34	0,09	0,03	0,02	0,17
<i>Palmaria</i> sp.	23,88	1,03	8,86	9,13	1,68	31,28							30,00	1,54	3,69	5,67	1,36	14,66
<i>Desmarestia antarctica</i>	11,94	0,51	15,62	8,04	1,37	38,99							13,33	0,68	10,04	6,86	1,24	26,59
<i>Phaerus antarcticus</i>	11,94	0,51	15,81	8,14	1,39	39,46												
<i>Desmarestia</i> sp.	19,40	0,84	0,27	0,22	0,15	0,85	11,11	2,31	1,56	3,59	0,39	4,03	50,00	2,56	0,69	1,77	1,41	3,55
<i>Georgiella confluens</i>	5,97	0,26	0,29	0,08	0,02	0,52	3,70	0,77	0,39	0,30	0,04	0,58	6,67	0,34	0,01	<0,00	0,02	0,01
<i>Plocamium</i> sp.	1,49	0,06	<0,00	<0,00	<0,00	0,00							6,67	0,34	0,07	0,02	0,02	0,13
Indeterminado	2,99	0,13	0,05	0,01	<0,00	0,06							3,33	0,17	0,37	0,06	0,02	0,50
Cl. Polychaeta	2,99	0,19	0,06	0,01	0,01	0,08	3,70	0,77	0,56	0,43	0,04	0,84	20,0	2,05	2,65	5,43	0,81	8,80
Cl. Polyplacophora													3,33	0,34	0,14	0,05	0,01	0,19
Cl. Gastropoda	25,37	3,99	1,19	4,76	0,93	4,57							63,33	20,14	12,33	248,19	17,82	79,63
Fam. Rissoidae																		
<i>Onoba</i> sp.	1,49	0,06	<0,00	<0,00	<0,00	0,00							3,33	0,17	0,01	<0,00	0,01	0,01
Fam. Littorinidae	25,37	3,93	1,19	4,67	0,92	4,55							63,33	18,94	12,23	231,63	17,11	78,43
<i>Laevilitorina antarctica</i>	16,42	2,19	1,06	2,33	0,38	3,25							50,00	12,63	11,51	145,32	10,46	64,40
<i>Laevilitorina</i> sp.	14,93	1,74	0,12	0,22	0,20	0,36	3,70	2,31	1,40	3,22	0,12	2,42	23,33	6,31	0,72	4,55	1,42	2,77
Fam. Eatoniellidae																		
<i>Eatoniella</i> sp.													3,33	0,51	0,03	0,02	0,02	0,05
Indeterminado sp1.													6,67	0,51	0,06	0,03	0,03	0,11
Cl. Bivalvia	2,99	0,13	<0,00	<0,00	<0,00	0,00	3,70	1,54	0,78	1,21	0,08	1,27	16,67	1,54	0,51	0,78	0,30	1,53
Subcl. Copepoda	40,30	12,03	0,22	2,69	3,51	1,14												
Or. Calanoida	2,99	0,13	<0,00	<0,00	<0,00	0,00												
Or. Harpacticoideo	38,81	11,90	0,22	2,62	3,34	1,11	25,93	14,62	0,50	7,28	3,56	2,24	30,00	5,12	0,07	0,35	1,35	0,29
Cl. Ostracoda	7,46	0,39	<0,00	<0,00	0,02	0,00							20,0	1,88	0,04	0,08	0,33	0,14
Or. Amphipoda	85,07	77,61	57,11	4431,92	81,45	515,05							60,0	58,70	68,01	3992,57	65,89	523,97
Subor. Gammaridea	85,07	77,48	57,03	4418,91	81,33	514,19	62,96	70,77	94,16	6663,43	94,31	769,94	60,0	58,53	49,57	2901,44	56,21	381,61

Tabla 5.8. Continuación.

Ítem presa	<i>N. rossii</i>						<i>L. nudifrons</i>						<i>N. coriiceps</i>					
	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%
Fam. Gammarellidae	74,63	59,78	49,93	2984,59	58,18	409,28							50,0	39,42	22,03	868,57	26,63	147,33
<i>Gondogeneia antarct.</i>	31,34	10,42	1,40	14,61	2,63	6,41							26,67	7,85	1,30	10,17	2,11	5,38
<i>Gondogeneia</i> sp.	68,66	49,36	48,52	2394,95	47,76	372,74	18,52	4,62	12,92	59,63	2,95	43,94	50,0	31,57	20,74	654,70	22,67	132,44
Fam. Eusiridae																		
<i>Oradarea</i> sp	32,84	5,66	1,56	8,85	1,69	6,86	44,44	33,85	6,34	214,62	16,22	39,67	23,33	3,75	3,35	12,57	1,44	12,32
Fam. Lysianassidae																		
sp2.							7,41	23,85	74,41	1774,42	6,61	294,15	6,67	0,68	0,68	0,47	0,08	1,31
Fam. Phoxocephalidae																		
Fam. Stenothoidae	44,78	10,04	0,46	4,66	3,34	2,43	22,22	6,92	0,17	1,21	1,43	0,67	30,0	6,48	0,61	3,92	1,84	2,58
Fam. Iphimediidae	2,99	0,45	4,48	2,02	0,10	5,87							20,0	3,41	19,57	66,80	3,98	66,97
Fam. Eopliantidae																		
<i>Bircenna</i> sp.	2,99	0,13	0,02	<0,00	<0,00	0,02	3,70	1,54	0,31	0,48	0,06	0,50						
Fam. Ischyroceridae																		
<i>Jassa</i> sp.	16,42	1,42	0,58	0,83	0,23	1,74							33,3	4,78	3,33	15,89	2,34	14,52
Indeterminado	2,99	0,13	0,07	0,01	<0,00	0,09							3,33	0,17	18,44	3,15	0,54	24,41
Or. Isopoda	20,90	2,19	0,34	0,75	0,38	1,16							30,0	4,10	1,19	4,89	1,38	4,93
Fam. Gnathiidae																		
<i>Gnathia</i> sp.	4,48	0,19	0,01	<0,00	0,01	0,02												
Fam. Munnidae																		
<i>Munna</i> sp.	5,97	0,39	0,04	0,01	0,02	0,07	22,22	6,15	0,54	3,30	1,35	2,02	16,67	2,05	0,24	0,50	0,33	0,74
Fam. Plakarthriidae																		
<i>Plakarthrium</i> sp.	13,43	1,61	0,29	0,47	0,18	0,81							16,67	1,37	0,30	0,41	0,24	0,89
Fam. Sphaeromatidae																		
Cymodocella													10,00	0,68	0,65	0,45	0,12	1,51
Or. Tanaidacea							3,70	0,77	0,12	0,10	0,03	0,19	3,33	0,17	0,09	0,02	0,01	0,12

Tabla 5.8. Continuación

Ítem presa	<i>T. newnesi</i>						<i>H. antarcticus</i>					
	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%
Algae	6,10	0,31	3,75	1,17	0,18	6,72						
<i>Phaerus antarcticus</i>	1,22	0,06	3,57	0,22	0,03	2,86						
<i>Desmarestia</i> sp.	4,88	0,25	0,18	0,05	0,02	0,29	21,43	12,50	1,47	18,36	4,36	6,05
Cl. Polychaeta	6,10	0,93	0,44	0,41	0,06	0,82						
Cl. Gastropoda												
Fam. Littorinidae												
<i>Laevilitorina</i> sp.	4,88	0,31	0,09	0,03	0,01	0,14						
Cl. Bivalvia	1,22	0,06	0,02	<0,00	<0,00	0,02						
Subcl. Copepoda	56,10	41,70	10,78	449,75	21,26	75,42						
Or. Calanoida	17,07	13,98	8,45	118,15	2,76	33,29						
Or. Harpacticoida	51,22	27,72	2,34	64,74	11,11	14,67	3,57	20,83	0,02	0,42	1,09	0,07
Cl. Ostracoda	8,54	0,56	0,02	0,01	0,04	0,05						
Or. Amphipoda												
Subor. Gammaridea	78,05	55,31	83,79	4634,89	78,38	684,24	39,29	66,67	98,51	6567,41	94,55	717,01
Fam. Gammarellidae	54,88	25,67	35,44	909,71	24,21	224,91						
<i>Gondogeneia antarct.</i>	24,39	9,14	9,23	84,35	3,23	37,80						
<i>Gondogeneia</i> sp.	45,12	16,53	26,21	433,28	13,92	145,52	17,86	27,08	53,24	1442,00	20,90	252,39
Fam. Eusiridae												
<i>Oradarea</i> sp.	50,00	24,98	40,27	1006,19	23,55	246,59	21,43	33,33	7,09	236,25	12,62	37,09
Fam. Lysianassidae	3,66	0,25	0,74	0,18	0,03	1,04						
sp1.	1,22	0,12	0,38	0,05	<0,00	0,32						
sp3.	2,44	0,12	0,36	0,04	0,01	0,40						
Fam. Phoxocephalidae	1,22	0,06	0,01	<0,00	<0,00	0,01						
Fam. Stenothoidae	12,20	1,80	0,40	0,72	0,19	1,05	3,57	2,08	0,62	1,30	0,14	1,05
Fam. Iphimediidae	14,63	1,74	6,32	11,00	0,85	18,09	7,14	4,17	37,56	156,49	4,34	89,31
Fam. Eopliantidae												
<i>Bircenna</i> sp.	3,66	0,19	0,12	0,02	0,01	0,17						
Fam. Ischyroceridae												
<i>Jassa</i> sp.	8,54	0,62	0,48	0,30	0,07	1,03						

Tabla 5.8. Continuación.

Ítem presa	<i>T. newnesi</i>						<i>H. antarcticus</i>					
	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%
Or. Isopoda	7,32	0,62	0,68	0,42	0,07	1,36						
Fam. Gnathiidae												
<i>Gnathia</i> sp.	1,22	0,06	0,01	<0,00	<0,00	0,01						
Fam. Munnidae												
<i>Munna</i> sp.	4,88	0,50	0,52	0,26	0,04	0,85						
Fam. Plakarthriidae												
<i>Limnoria</i> sp.	1,22	0,06	0,15	0,01	<0,00	0,12						
Or. Tanaidacea	2,44	0,12	0,01	<0,00	<0,00	0,01						
Or. Euphausiacea												
<i>Euphausia superba</i>	1,22	0,06	0,41	0,03	<0,00	0,33						

Estados de repleción y digestión estomacal

El 68,7-86,2% de los estómagos se encontraron en grado III-IV, mientras que sólo el 0-6,9% estuvieron totalmente vacíos (Tabla 5.9). En un 50-89% de los estómagos el alimento presentó un estado de digestión (ED) de 0-1 (Tabla 5.9) y fue posible la identificación de la mayoría de los organismos ingeridos. En el 10-50% de los estómagos el proceso de digestión estuvo avanzado, en ED 2, impidiéndose la identificación de las presas.

Tabla 5.9. Estados de repleción (ER) y digestión (ED) estomacal de nototenoideos juveniles tempranos de Caleta Potter, CAV 2009-2010. NOR, *Notothenia rossii*; NOD, *Lepidonotothen nudifrons*; TRN, *Trematomus newnesi*; NOC, *Notothenia coriiceps*; HPF, *Harpagifer antarcticus*. N=número de estómagos analizados y el valor porcentual (%) de los mismos para cada ER y ED respectivamente.

ER	NOR		NOD		TRN		NOC		HPF	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
0	0	0	2	6,90	3	3,53	1	3,23	1	3,45
1	6	8,96	0	0	10	11,76	0	0	4	13,79
2	15	22,39	2	6,90	12	14,12	7	22,58	0	0
3	16	23,88	8	27,59	29	34,12	12	38,71	7	24,14
4	30	44,78	17	58,62	31	36,47	11	35,48	17	58,62
Total	67	100	29	100	85	100	31	100	29	100
ED	NOR		NOD		TRN		NOC		HPF	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
0	7	10	0	0	3	4	1	3	2	7
1	53	79	19	70	68	83	25	83	12	43
2	7	10	8	30	11	13	4	13	14	50
Total	67	100	27	100	82	100	30	100	28	100

Escala de ER: 0=estómago vacío, 1, 2, 3 y 4=25%, 50%, 75% y 100% del estómago con contenido, respectivamente.

Escala de ED: 0=alimento sin digerir, 1=alimento semidigerido, 2=alimento digerido.

CAMPAÑA DE VERANO 2010-2011

Los datos generales de los peces recolectados en la CAV 2010-2011 se presentan en la Tabla 5.10.

Tabla 5.10. Estadísticos descriptivos del largo total de los peces juveniles tempranos de Caleta Potter y número de estómagos correspondientes a la temporada 2010-2011.

Especies	Largo total (cm)		N° de estómagos		
	Modas	Rango	Vacíos	Con alimento	
			N	N	%
<i>N. rossii</i>	6,80 12,20	6,30 – 15,20	2	91	97,84
<i>L. nudifrons</i>	3,90	3,60 – 5,90	0	25	100
<i>N. coriiceps</i>	NA*	7,60 – 17,30	0	5	100
<i>T. newnesi</i>	5,70/5,90**	5,50 – 15,40	2	65	97,01
<i>H. antarcticus</i>	3,50	3,00 – 10,00	1	66	98,51

* NA: No aplica el cálculo de la moda (Media=11,74 cm)

** Distribución unimodal=valores representados de igual manera

Composición de la dieta

De los 11 grupos taxonómicos representados en la dieta sólo unos pocos constituyen ítems alimenticios importantes. En la Tabla 5.11 se muestran los datos del espectro trófico de los peces juveniles tempranos de la temporada 2010-2011.

La principal y más frecuente presa para todas las especies ícticas estudiadas fueron los anfípodos gammarideos (IRI% > 56, Q > 1008, MFI% > 109, F% > 54); los isópodos (principalmente la Familia Sphaeromatidae) para *N. coriiceps* y los copépodos harpacticóideos para *L. nudifrons*. La especie *N. rossii* presentó un consumo importante de krill durante esta temporada (F% 18,68; Q 174,83; IRI% 7,17; MFI% 136,99). Presas secundarias fueron las algas para *N. coriiceps* y los copépodos (principalmente calanoideos) para *T. newnesi*. Otros taxa como poliquetos, ostrácodos, gasterópodos, bivalvos y ascideas fueron ítems alimenticios ocasionales y muchos de ellos de importancia despreciable (IRI% < 1, Q < 0,1, MFI% < 26, F% < 4). Entre los gammarideos las familias Gammarellidae, Eusiridae, Iphimediidae, Stenothoidae y Vibiliidae fueron las más representadas, siendo las especies dominantes *Gondogeneia* sp., *Oradarea* sp., *Gondogeneia antarctica* y *Vibilea* sp.

Tabla 5.11. Dieta de los nototenoideos juveniles tempranos de Caleta Potter durante la campaña 2010-2011, con indicación de la frecuencia de ocurrencia (F%), número (N%), peso (P%), coeficiente dietario “Q”, índice de importancia relativa (IRI%) y el ítem principal del alimento (MFI%).

Ítem presa	<i>N. rossii</i>						<i>L. nudifrons</i>						<i>N. coriiceps</i>					
	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%
Algae	25,27	1,33	5,04	6,69	1,38	18,38							60,00	2,37	8,58	20,32	3,99	47,93
<i>Adenocystis</i> sp.	1,10	0,05	0,01	<0,00	<0,00	0,01												
<i>Palmaria</i> sp.	10,99	0,49	2,10	1,03	0,24	5,03							20,00	0,59	7,55	4,47	0,99	24,24
<i>Desmarestia antarctica</i>	2,20	0,10	2,26	0,22	0,04	2,42												
<i>Phaerus antarcticus</i>	1,10	0,05	0,56	0,03	0,01	0,43												
<i>Desmarestia</i> sp.	12,09	0,54	0,09	0,05	0,07	0,22							60,00	1,78	1,03	1,83	1,02	5,72
<i>Plocamium</i> sp.	2,20	0,10	0,02	<0,00	<0,00	0,03												
Cl. Polychaeta	3,30	0,15	0,25	0,04	0,01	0,33							20,00	2,96	1,39	4,10	0,53	4,70
Cl. Gastropoda	8,79	1,82	0,66	1,20	0,19	1,52												
Fam. Rissoidae																		
<i>Onoba</i> sp.	1,10	0,20	0,06	0,01	<0,00	0,05												
Fam. Littorinidae	8,79	1,62	0,60	0,98	0,17	1,38												
<i>Laevilitorina antarctica</i>	4,40	0,44	0,24	0,11	0,03	0,38							20,00	0,59	4,09	2,42	0,57	13,11
<i>Laevilitorina</i> sp.	6,59	1,18	0,36	0,42	0,09	0,71												
Cl. Bivalvia	2,20	0,89	0,22	0,19	0,02	0,27												
Subcl. Copepoda	42,86	12,89	0,73	9,35	5,01	3,83												
Or. Calanoida	4,40	0,74	0,41	0,30	0,04	0,66												
Or. Harpacticoida	39,56	12,15	0,31	3,82	4,23	1,60	84,00	55,61	13,69	761,56	32,77	114,42	60,00	2,96	0,07	0,22	1,11	0,41
Cl. Ostracoda	7,69	0,98	0,01	0,01	0,07	0,02	4,00	0,49	0,43	0,21	0,02	0,64	40,00	1,18	<0,00	<0,00	0,29	0,00
Or. Amphipoda	78,02	76,24	52,15	3975,80	86,02	457,98	92,00	43,90	85,88	3770,22	67,21	707,91						
Subor. Gammaridea	72,53	73,00	40,71	2971,90	70,82	347,29	92,00	43,41	85,16	3697,37	66,59	700,77	100,00	78,11	47,65	3721,51	76,40	449,63
Fam. Gammarellidae	62,64	61,63	33,42	2059,70	51,13	263,43	32,00	6,34	19,97	126,65	4,74	87,44						
<i>Gondogeneia antarct.</i>	26,37	19,09	4,22	80,62	5,28	20,14	4,00	0,49	1,43	0,70	0,04	2,14						
<i>Gondogeneia</i> sp.	56,04	42,55	29,19	1242,17	34,53	204,98	32,00	5,85	18,54	108,56	4,39	80,68	80,00	30,77	38,30	1178,33	33,57	285,00
Fam. Eusiridae																		
<i>Oradarea</i> sp.	25,27	7,33	2,33	17,08	2,10	9,41	92,00	33,66	64,05	2155,87	50,60	507,70	60,00	3,55	3,68	13,06	2,63	20,73

Tabla 5.11. Continuación.

Ítem presa	<i>N. rossii</i>						<i>L. nudifrons</i>						<i>N. coriiceps</i>					
	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%
Fam. Lysianassidae sp1.	3,30	0,25	0,28	0,07	0,01	0,37												
Fam. Phoxocephalidae	4,40	0,44	1,08	0,48	0,06	1,68												
Fam. Stenothoidae	19,78	2,66	0,21	0,55	0,49	0,69	12,00	3,41	1,14	3,90	0,31	3,17	60,00	42,01	2,55	107,26	16,24	18,23
Fam. Iphimediidae	3,30	0,30	3,34	0,99	0,10	4,48							20,00	0,59	2,04	1,21	0,32	6,54
Fam. Eophliantidae <i>Bircenna</i> sp.	1,10	0,05	0,02	<0,00	<0,00	0,02												
Fam. Ischyroceridae <i>Jassa</i> sp.	6,59	0,34	0,03	0,01	0,02	0,06							40,00	1,18	1,08	1,28	0,55	4,91
Subor. Hyperiididae Fam. Vibiliidae <i>Vibilea</i> sp.	8,79	3,25	11,43	37,12	1,11	28,05												
Indeterminado							4,00	0,49	0,71	0,35	0,03	1,07						
Or. Isopoda	8,79	1,23	0,36	0,44	0,12	0,80							60,00	11,24	34,19	384,36	16,56	204,05
Fam. Gnathiidae <i>Gnathia</i> sp.	2,20	0,34	0,03	0,01	0,01	0,03												
Fam. Munnidae <i>Munna</i> sp.	2,20	0,10	0,03	<0,00	<0,00	0,03							40,00	2,37	1,65	3,90	0,98	7,59
Fam. Plakarthriidae <i>Plakarthrium</i> sp.	5,49	0,79	0,30	0,23	0,05	0,53												
<i>Limnoria</i> sp.	4,40	0,74	0,29	0,21	0,04	0,46												
<i>Limnoria</i> sp.	1,10	0,05	0,01	<0,00	<0,00	0,01												
Fam. Sphaeromatidae <i>Cymodocella</i>													20,00	8,88	32,54	288,80	5,03	123,64
Or. Euphausiacea																		
<i>Euphausia superba</i>	18,68	4,33	40,39	174,83	7,17	136,99												
Ascideas													20,00	0,59	4,03	2,39	0,56	12,95
Peces (huevos)	2,20	0,15	0,20	0,03	0,01	0,21												

Tabla 5.11. Continuación.

Ítem presa	<i>T. newnesi</i>						<i>H. antarcticus</i>					
	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%
Algae	6,15	0,44	0,02	0,01	0,03	0,03						
<i>Desmarestia</i> sp.	6,15	0,35	0,02	0,01	0,02	0,03	12,12	7,08	1,21	8,58	0,98	3,76
<i>Georgiella confluens</i>	1,54	0,09	<0,00	<0,00	<0,00	0,00						
Cl. Gastropoda												
Fam. Littorinidae												
<i>Laevilitorina</i> sp.	1,54	0,18	0,01	<0,00	<0,00	0,01	1,52	0,88	0,15	0,13	0,02	0,16
Subcl. Copepoda	52,31	14,24	4,91	69,96	9,59	28,35						
Or. Calanoida	32,31	9,64	4,79	46,17	4,46	21,94						
Or. Harpacticoida	27,69	4,60	0,12	0,57	1,25	0,50	1,52	2,65	<0,00	<0,00	0,04	0,00
Cl. Ostracoda	1,54	0,09	<0,00	<0,00	<0,00	0,00	1,52	0,88	<0,00	<0,00	0,01	0,00
Or. Amphipoda												
Subor. Gammaridea	64,62	78,07	12,92	1008,77	56,29	109,14	54,55	86,73	98,37	8531,28	98,89	826,76
Fam. Gammarellidae	55,38	67,02	7,26	486,85	39,39	56,83	42,42	53,98	55,15	2977,09	45,35	382,89
<i>Gondogeneia antarct.</i>	20,00	1,59	0,44	0,69	0,39	1,43	3,03	10,62	0,29	3,09	0,32	0,76
<i>Gondogeneia</i> sp.	50,77	65,43	6,83	446,76	35,12	52,05	39,39	43,36	54,86	2378,82	37,90	352,88
Fam. Eusiridae												
<i>Oradarea</i> sp.	29,23	8,40	3,96	33,23	3,46	17,16	30,30	26,55	12,98	344,47	11,73	69,18
Fam. Lysianassidae												
sp1.							1,52	0,88	1,12	0,99	0,03	1,22
sp2.	3,08	0,18	0,01	<0,00	0,01	0,01						
Fam. Phoxocephalidae	7,69	1,33	1,13	1,50	0,18	2,40						
Fam. Stenothoidae	1,54	0,09	<0,00	<0,00	<0,00	0,00	1,52	0,88	0,06	0,05	0,01	0,06
Fam. Oedicerotidae	7,69	1,06	0,56	0,59	0,12	1,17	1,52	0,88	0,62	0,55	0,02	0,68
Fam. Iphimediidae							1,52	0,88	28,08	24,85	0,43	30,76
Fam. Ischyroceridae												
<i>Jassa</i> sp.							3,03	2,65	0,37	0,98	0,09	0,62
Or. Isopoda												
Fam. Gnathiidae												

Tabla 5.11. Continuación.

Ítem presa	<i>T. newnesi</i>						<i>H. antarcticus</i>					
	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%
<i>Gnathia</i> sp.	1,54	0,09	0,01	<0,00	<0,00	0,01						
Fam. Munnidae												
<i>Munna</i> sp.							3,03	1,77	0,27	0,48	0,06	0,42
Or. Euphausiacea												
<i>Euphausia superba</i>	40,00	6,90	82,13	566,42	34,09	397,70						

Estados de repleción y digestión estomacal

El 73-100% de los estómagos se clasificaron como grado III-IV, mientras que sólo el 0-3% de los estómagos se encontraron totalmente vacíos (Tabla 5.12). El grado de digestión estomacal fue variado (Tabla 5.12). La identificación de presas no pudo realizarse satisfactoriamente en todas las especies. En casi el 50% de los estómagos de *H. antarcticus* el alimento se encontró en un avanzado estado de digestión (ED=2). No obstante, en el 86-100% de los estómagos de las otras especies el alimento se pudo indentificar debido a que sus estados de digestión no eran avanzado (ED de 0-1).

Tabla 5.12. Estados de repleción (ER) y digestión (ED) estomacal de nototenoideos juveniles tempranos de Caleta Potter en la campaña 2010-2011. NOR, *Notothenia rossii*; NOD, *Lepidonotothen nudifrons*; TRN, *Trematomus newnesi*; NOC, *Notothenia coriiceps*; HPF, *Harpagifer antarcticus*. N=número de estómagos analizados y el valor porcentual (%) de los mismos para cada ER y ED respectivamente.

ER	NOR		NOD		TRN		NOC		HPF	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
0	2	2,15	0	0	2	2,99	0	0	1	1,49
1	5	5,38	0	0	2	2,99	0	0	5	7,46
2	4	4,30	5	20,00	4	5,97	0	0	12	17,91
3	23	24,73	9	36,00	17	25,37	4	80,00	13	19,40
4	59	63,44	11	44,00	42	62,69	1	20,00	36	53,73
Total	93	100	25	100	67	100	5	100	67	100
ED	NOR		NOD		TRN		NOC		HPF	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
0	9	10	1	4	10	15	1	20	0	0
1	69	76	24	96	46	71	4	80	37	56
2	13	14	0	0	9	14	0	0	29	44
Total	91	100	25	100	65	100	5	100	66	100

Escala de ER: 0=estómago vacío, 1, 2, 3 y 4=25%, 50%, 75% y 100% del estómago con contenido, respectivamente.

Escala de ED: 0=alimento sin digerir, 1=alimento semidigerido, 2=alimento digerido.

CAMPAÑA DE VERANO 2011-2012

Los datos generales de los peces juveniles tempranos recolectados en la última campaña, 2011-2012, se presentan en la Tabla 5.13. Se incluye también información sobre *T. bernacchii*, especie que fue excluida del análisis específico de dieta debido a que el rango de tallas muestreado abarcó ejemplares juveniles avanzados y adultos.

Tabla 5.13. Estadísticos descriptivos del largo total de los peces juveniles tempranos de Caleta Potter y número de estómagos correspondientes a la temporada 2011-2012.

Especies	Largo total (cm)		N° de estómagos		
	Modas	Rango	Vacíos	Con alimento	
			N	N	%
<i>N. rossii</i>	11,50	6,90 – 11,50	0	8	100
<i>N. coriiceps</i>	16,30	10,90 – 17,50	0	30	100
<i>T. newnesi</i>	4,20/4,40*	4,10 – 4,40	1	5	83,33
<i>H. antarcticus</i>	4,50	3,00 – 11,30	2	52	96,30
<i>T. bernacchii</i>	25,30	16,30 -32,00	7	20	74,07

* Distribución unimodal=valores representados de igual manera

Composición de la dieta

De los 9 grupos taxonómicos representados en la dieta, sólo unos pocos fueron ítems alimenticios importantes. En la Tabla 5.14 se muestran los datos del espectro trófico de la comunidad de peces juveniles tempranos estudiados de la temporada 2011-2012. Las presas principales y más frecuentes fueron los anfípodos bentónicos-demersales, predominantemente gammarideos (IRI% > 63, Q > 3300, MFI% > 729, F% > 69) y para *T. newnesi*, también los copépodos harpacticoideos (bentónicos). Las algas se encontraron en una alta frecuencia en los estómagos de *N. coriiceps* e hicieron un aporte importante a su dieta (F% 70,00; IRI% 4,10; Q 14,09; MFI% 35,33). Presas secundarias fueron los copépodos calanoideos para *T. newnesi*. Otros taxa como algas, poliquetos, ostrácodos, gasterópodos, bivalvos, isópodos y tanaidáceos fueron ítems alimenticios ocasionales y algunos incluso despreciables (IRI% > 3; Q < 0,1; MFI% < 26, F% < 2). Entre los gammarideos las familias Gammarellidae, Eusiridae y Oedicerotidae fueron las más representadas, siendo *Gondogeneia* sp., *Oradarea* sp. y *Gondogeneia antarctica* las especies dominantes. Entre las algas, predominó la especie *Desmarestia* sp.

Tabla 5.14. Dieta de los nototenoideos juveniles tempranos de Caleta Potter durante la campaña CAV 2011-2012, con indicación de la frecuencia de ocurrencia (F%), número (N%), peso (P%), coeficiente dietario “Q”, índice de importancia relativa (IRI%) y el ítem principal del alimento (MFI%).

Ítem presa	<i>N. rossii</i>						<i>N. coriiceps</i>					
	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%
Algae							70,00	2,40	5,87	14,09	4,10	35,33
<i>Adenocystis</i> sp.							6,67	0,15	0,06	0,01	0,01	0,10
<i>Palmaria</i> sp.							13,33	0,30	0,36	0,11	0,06	0,94
<i>Desmarestia antarctica</i>							3,33	0,07	4,03	0,30	0,10	5,27
<i>Desmarestia</i> sp.	25,00	1,19	0,07	0,08	0,19	0,24	60,00	1,35	1,30	1,75	1,13	7,19
<i>Plocamium</i> sp.							13,33	0,30	0,05	0,02	0,03	0,14
Indeterminado sp1.							10,00	0,22	0,05	0,01	0,02	0,12
Indeterminado sp2.							3,33	0,07	0,02	<0,00	<0,00	0,02
Cl. Polychaeta	12,50	0,60	0,74	0,44	0,10	1,89	16,67	0,67	0,29	0,20	0,11	0,86
Cl. Gastropoda							36,67	3,22	2,43	7,84	1,47	10,86
Fam. Rissoidae												
<i>Onoba</i> sp.							3,33	0,37	0,12	0,04	0,01	0,16
Fam. Littorinidae							33,33	2,55	2,20	5,61	1,12	9,32
<i>Laevilitorina antarctica</i>							26,67	1,42	1,96	2,80	0,64	7,35
<i>Laevilitorina</i> sp.	12,50	0,60	0,04	0,03	0,05	0,11	23,33	1,12	0,24	0,27	0,23	0,83
Fam. Eatoniellidae												
<i>Eatoniella</i> sp.							6,67	0,22	0,05	0,01	0,01	0,10
Fam. Nacellidae												
<i>Nacella</i> sp.							3,33	0,07	0,06	<0,00	<0,00	0,08
Cl. Bivalvia							3,33	0,07	0,01	<0,00	<0,00	0,01
Subcl. Copepoda												
Or. Harpacticoida	37,50	4,17	0,05	0,22	0,95	0,25	10,00	0,60	0,02	0,01	0,04	0,04
Cl. Ostracoda							20,00	0,67	0,03	0,02	0,10	0,09
Or. Amphipoda							73,33	89,51	88,62	7931,54	92,58	799,60
Subor. Gammaridea	87,50	87,50	97,83	8560,11	97,69	915,11	73,33	89,43	85,18	7617,61	90,76	768,42
Fam. Gammarellidae	87,50	66,67	95,37	6357,91	85,41	837,31	70,00	75,79	67,35	5104,14	71,02	575,00

Tabla 5.14. Continuación.

Ítem presa	<i>N. rossii</i>						<i>N. coriiceps</i>					
	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%
<i>Gondogeneia antarct.</i>	50,00	38,10	8,58	326,78	14,06	56,93	30,00	14,84	4,79	71,17	4,18	22,70
<i>Gondogeneia</i> sp.	87,50	28,57	86,79	2479,74	60,81	661,18	70,00	60,94	62,55	3812,29	61,27	506,15
Fam. Eusiridae												
<i>Oradarea</i> sp.	12,50	3,57	1,79	6,38	0,40	5,06	23,33	4,20	1,85	7,75	1,00	6,85
Fam. Lysianassidae							13,33	0,82	0,48	0,40	0,12	1,28
sp1.							6,67	0,15	0,10	0,02	0,01	0,19
sp2.							6,67	0,67	0,38	0,26	0,05	0,73
Fam. Phoxocephalidae							3,33	0,07	0,01	<0,00	<0,00	0,01
Fam. Stenothoidae	62,50	16,67	0,58	9,62	6,49	3,63	26,67	3,97	0,96	3,80	0,93	3,74
Fam. Iphimediidae							33,33	1,72	11,47	19,78	3,12	48,03
Fam. Eophliantidae												
<i>Bircenna</i> sp.	12,50	0,60	0,10	0,06	0,05	0,25	3,33	0,15	0,03	<0,00	<0,00	0,04
Fam. Ischyroceridae												
<i>Jassa</i> sp.							40,00	2,70	3,04	8,20	1,63	14,04
Indeterminado							3,33	0,07	3,44	0,26	0,08	4,49
Or. Isopoda	25,00	5,36	1,01	5,39	0,96	3,92	40,00	2,85	2,74	7,81	1,58	12,69
Fam. Gnathiidae												
<i>Gnathia</i> sp.	12,50	0,60	0,05	0,03	0,05	0,13	10,00	0,22	0,02	<0,00	0,02	0,05
Fam. Munnidae												
<i>Munna</i> sp.							20,00	0,75	0,34	0,25	0,15	1,09
Fam. Plakarthriidae												
<i>Plakarthrium</i> sp.	25,00	4,76	0,96	4,56	0,86	3,69	16,67	1,12	0,44	0,49	0,18	1,31
Fam. Sphaeromatidae												
<i>Cymodocella</i>							6,67	0,75	1,94	1,46	0,13	3,75
Or. Tanaidacea	12,50	0,60	0,26	0,15	0,06	0,66						

Tabla 5.14. Continuación.

Ítem presa	<i>T. newnesi</i>						<i>H. antarcticus</i>					
	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%	F%	N%	P%	Q	IRI%	MFI%
Algae												
<i>Desmarestia</i> sp.							9,62	3,01	1,44	4,33	0,36	3,61
Cl. Gastropoda												
Indeterminado sp1.							1,92	1,20	0,40	0,48	0,03	0,50
Subcl. Copepoda	100,00	59,46	12,08	718,11	36,16	107,84						
Or. Calanoida	20,00	5,41	7,97	43,09	1,35	28,41						
Or. Harpacticoida	80,00	54,05	4,11	221,96	23,52	33,62	19,23	16,27	0,33	5,34	2,66	1,38
Cl. Ostracoda							7,69	2,41	<0,00	<0,00	0,15	0,00
Or. Amphipoda												
Subor. Gammaridea	100,00	37,84	87,92	3326,81	63,57	729,91	69,23	74,10	93,10	6898,40	96,31	788,13
Fam. Gammarellidae												
<i>Gondogeneia</i> sp.	60,00	8,11	18,84	152,76	8,17	109,95	50,00	27,11	64,25	1741,61	38,01	398,92
Fam. Eusiridae												
<i>Oradarea</i> sp.	20,00	8,11	14,73	119,47	2,31	55,24	50,00	45,18	25,48	1151,36	29,40	175,80
Fam. Lysianassidae												
sp1.							1,92	0,60	0,71	0,43	0,02	0,80
Fam. Phoxocephalidae							1,92	0,60	2,60	1,57	0,05	2,92
Fam. Stenothoidae							1,92	0,60	0,06	0,03	0,01	0,06
Fam. Oedicerotidae	100	21,62	54,35	1175,09	38,40	423,81						
Or. Isopoda							7,69	3,01	4,74	14,27	0,50	10,96
Fam. Munnidae												
<i>Munna</i> sp.	20,0	2,70	<0,00	<0,00	0,27	0,00	3,85	1,20	0,12	0,15	0,04	0,20
Fam. Serolidae												
<i>Serolis</i>							3,85	1,81	4,61	8,34	0,21	7,76

Estados de repleción y digestión estomacal

El 57-100% de los estómagos se clasificaron como grado III-IV, mientras que sólo el 0-17% se encontraron totalmente vacíos (Tabla 5.15). En un 79-100% de los estómagos el alimento estuvo en un ED de 0-1 (Tabla 5.15) y fue posible la identificación de la mayoría de las presas ingeridas. Sólo en un 7-21% de los estómagos el proceso de digestión estuvo avanzado, en ED 2, impidiéndose la identificación de las presas.

Tabla 5.15. Estados de repleción (ER) y digestión (ED) estomacal de nototenoideos juveniles tempranos de *Caleta Potter* en la campaña 2011-2012. NOR, *Notothenia rossii*; TRN, *Trematomus newnesi*; NOC, *Notothenia coriiceps*; HPF, *Harpagifer antarcticus*. N=número de estómagos analizados y el valor porcentual (%) de los mismos para cada ER y ED respectivamente.

ER	NOR		TRN		NOC		HPF	
	N	%	N	%	N	%	N	%
0	0	0	1	16,67	0	0	2	3,70
1	0	0	0	0	7	23,33	1	1,85
2	0	0	1	16,67	6	20,00	9	16,67
3	3	37,50	2	33,33	10	33,33	27	50,00
4	5	62,50	2	33,33	7	23,33	15	27,78
Total	8	100	6	100	30	100	54	100
ED	NOR		TRN		NOC		HPF	
	N	%	N	%	N	%	N	%
0	2	25	4	80	0	0	4	8
1	5	63	1	20	28	93	37	71
2	1	13	0	0	2	7	11	21
Total	8	100	5	100	30	100	52	100

Escala de ER: 0=estómago vacío, 1, 2, 3 y 4=25%, 50%, 75% y 100% del esóomago con contenido, respectivamente.

Escala de ED: 0=alimento sin digerir, 1=alimento semidigerido, 2=alimento digerido.

En todas las temporadas de estudio, se encontraron larvas de acantocéfalos en los estómagos de todas las especies analizadas (F%=17. Anexo III). Esta especie no fue considerada ítem presa ya que la presencia de estos endoparásitos se ha registrado previamente y se considera un hecho común en peces antárticos (Kock 2005 A,B).

LARGO INTESTINAL Y CIEGOS PILÓRICOS

En la Tabla 5.16 y Figuras 5.7 y 5.8 se muestran los resultados del análisis de las estructuras del aparato digestivo de los nototenoideos de este estudio en las cuatro temporadas de muestreo.

Tabla 5.16. Datos del largo intestinal y número de ciegos pilóricos de los nototenoideos juveniles tempranos de las especies *Notothenia rossii*, *Harpagifer antarcticus*, *Trematomus newnesi*, *Notothenia coriiceps*, *Lepidonotothen nudifrons* y de juveniles tardíos/adultos de la especie *Trematomus bernacchii*.

Especies	N° de individuos examinados	Largo intestinal (cm)		(LI/LST)*100	N° de individuos examinados	N° de ciegos pilóricos	
		Media ± DE	Rango	Media ± DE		Media ± DE	Rango
<i>N. rossii</i>	272	8,45 ± 3,88	2,80 - 21,10	75,76% ± 12,67	266	5,93 ± 0,54	5-7
<i>H. antarcticus</i>	156	2,42 ± 1,15	1,1 - 6,6	52,61% ± 8,13	143	3,00 ± 0,00	3-3
<i>T. newnesi</i>	174	3,63 ± 1,42	1,4 - 8,9	50,04% ± 9,11	160	6,79 ± 0,55	5-8
<i>N. coriiceps</i>	83	9,05 ± 3,02	2,7 - 20,1	70,34% ± 12,47	83	6,00 ± 0,47	5-7
<i>L. nudifrons</i>	77	2,26 ± 1,78	1,00 - 8,80	43,22% ± 7,85	66	6,00 ± 0,66	5-7
<i>T. bernacchii</i>	27	15,64 ± 5,39	6,8 - 28,3	71,80% ± 14,80	27	7,00 ± 0,83	6-9

Se evidenciaron diferencias interespecíficas significativas entre los valores medios del largo intestinal relativo (Test de Kruskal-Wallis; $H_{5,789}=496,19$; $p < 0,001$). *Lepidonotothen nudifrons* posee un largo intestinal menor que el resto de las especies; *H. antarcticus* y *T. newnesi* tienen valores similares e intermedios; mientras que *N. rossii*, *N. coriiceps* y *T. bernacchii*, presentaron una media de largo relativo intestinal mayor (Test *a posteriori*; $p < 0,01$ para todas las comparaciones. Fig. 5.7). En *H. antarcticus* se registraron 3 ciegos pilóricos (CP) en todos los ejemplares, constituyendo un número menor respecto de las otras especies (CV%=0). El promedio de CP en la mayoría de los nototenoideos fue de 6 o 7, siendo *L. nudifrons* el que presentó mayor coeficiente de variación (CV%=11); mientras que *N. coriiceps* presentó menor variabilidad (CV%=7,80) (Fig. 5.8).

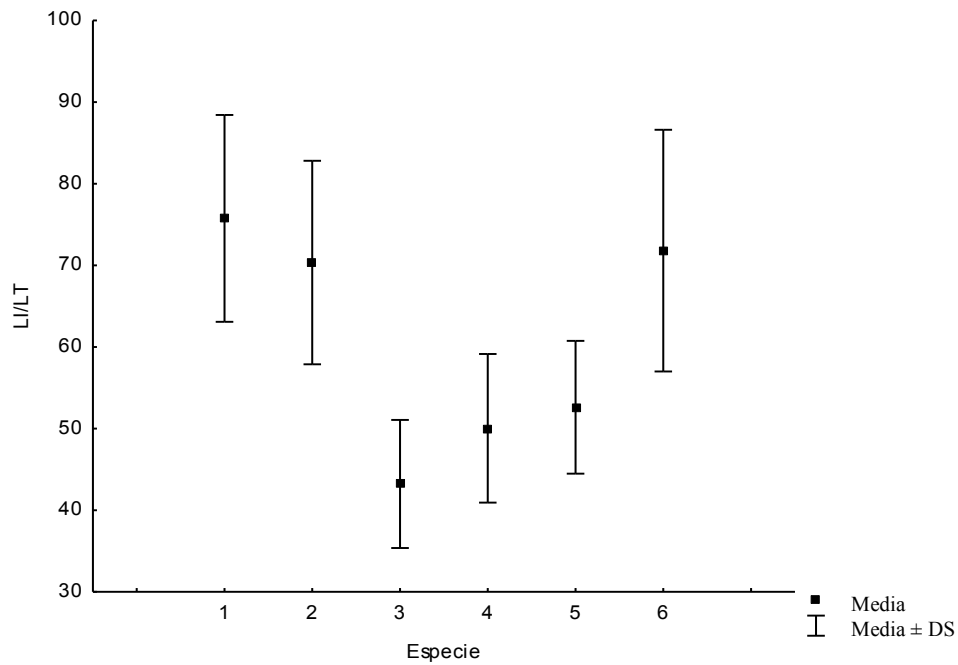


Figura 5.7. Media y desvío estándar del largo intestinal relativo al largo total de los nototenoideos de Caleta Potter. 1, *Notothenia rossii*; 2, *Notothenia coriiceps*; 3, *Lepidonotothen nudifrons*; 4, *Trematomus newnesi*; 5, *Harpagifer antarcticus*; 6, *Trematomus bernacchii*. DS=desvío estándar.

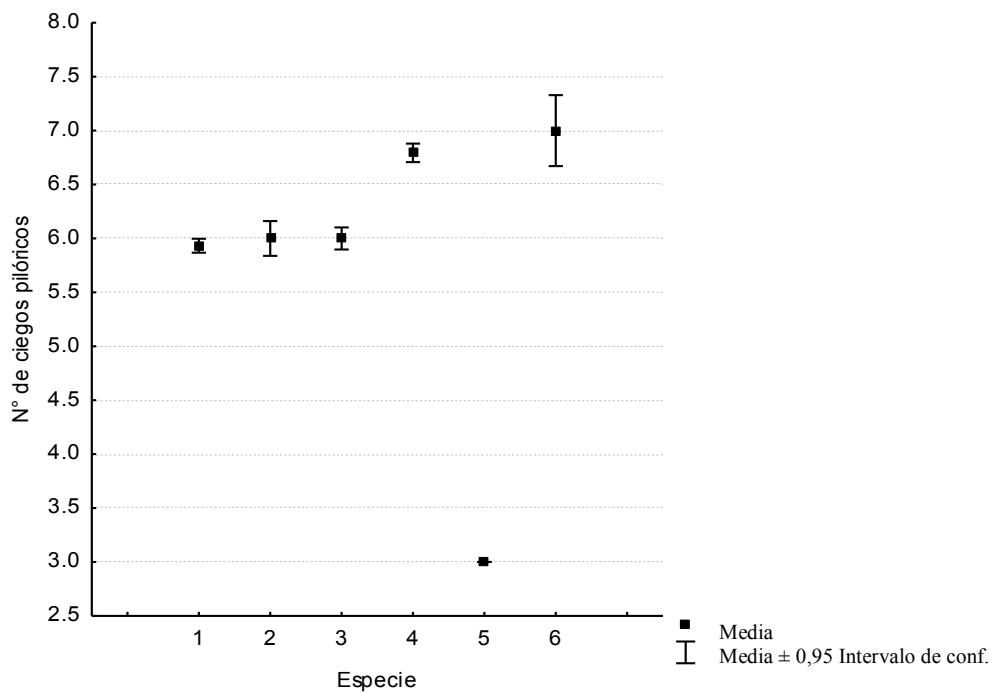


Figura 5.8. Media e intervalo de confianza del número de ciegos pilóricos de los nototenoideos de Caleta Potter. 1, *Notothenia rossii*; 2, *Notothenia coriiceps*; 3, *Lepidonotothen nudifrons*; 4, *Trematomus newnesi*; 5, *Harpagifer antarcticus*; 6, *Trematomus bernacchii*.

VARIACIONES EN LA DIETA

Notothenia rossii

El análisis de las diferencias entre temporadas mediante la técnica de ordenación multivariada no paramétrica - MDS (multidimensional scaling) evidencia una tendencia a la separación de los individuos de la campaña 2010-2011, cuyas dietas son menos similares a las del resto de las campañas. Los puntos que representan a los individuos de la temporada 1, 2 y 4 se encuentran muy cercanos entre sí, incluso algunos están superpuestos, por lo que no se observa una tendencia de separación definida (Fig. 5.9a). Los resultados del análisis de MDS para los grupos de tallas previamente definidos no muestran un patrón de separación (Fig. 5.9b). En ambas figuras, a la izquierda del gráfico, se observa un individuo aislado perteneciente a la temporada 3 de 12,3 cm de LT, cuya dieta estaba conformada en mayor medida por anfípodos hipéridos (presas pelágicas) y también por bivalvos. Los otros dos individuos que se presentan juntos (sector inferior derecho) correspondientes a la temporada 3 y de tallas menores a 12 cm de LT, comieron únicamente copépodos harpacticóideos. Por último, en el contenido estomacal del individuo de la temporada 4 (LT=6,9 cm) que se encuentra por encima del conjunto de puntos, sólo se identificaron algas. Los valores de stress calculados para estos análisis son aceptables (stress 0,14), por lo que la representación de los datos posibilita una buena interpretación.

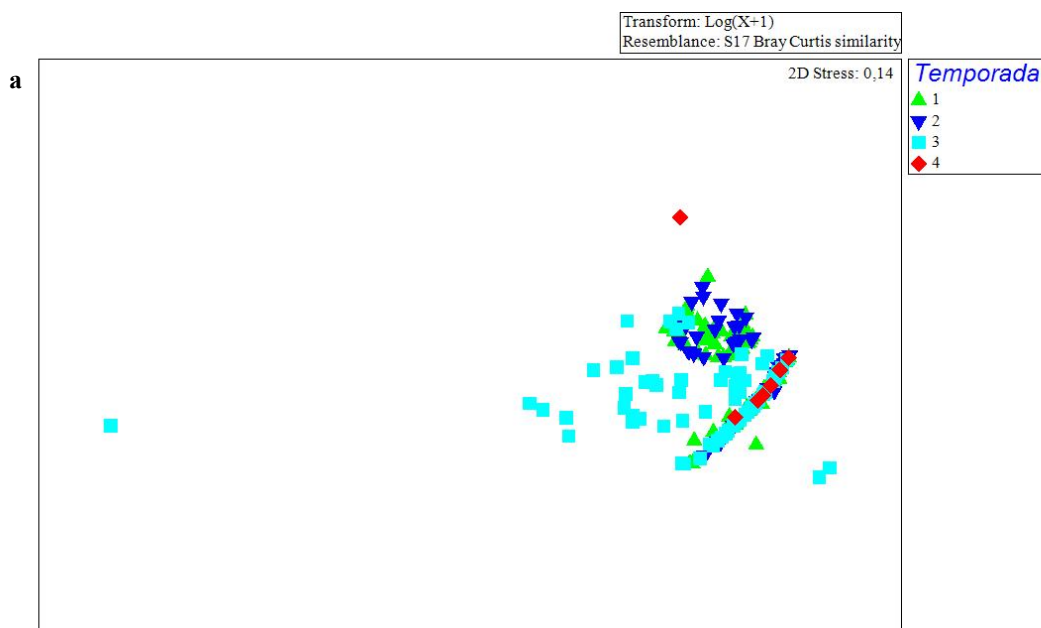


Figura 5.9. Gráficos MDS a partir de la matriz de similitud de Bray Curtis derivada de los datos de los estómagos con contenido (pesos de las presas) de la especie *Notothenia rossii* (NOR). **a.** analizados por temporadas. Temporadas de estudio: 1=CAV 2008-2009, 2=CAV 2009-2010, 3=CAV 2010-2011, 4=CAV 2011-2012. **b.** analizados por grupos de talla (Grupo 1 \leq 12 cm, Grupo 2 $>$ 12 cm).

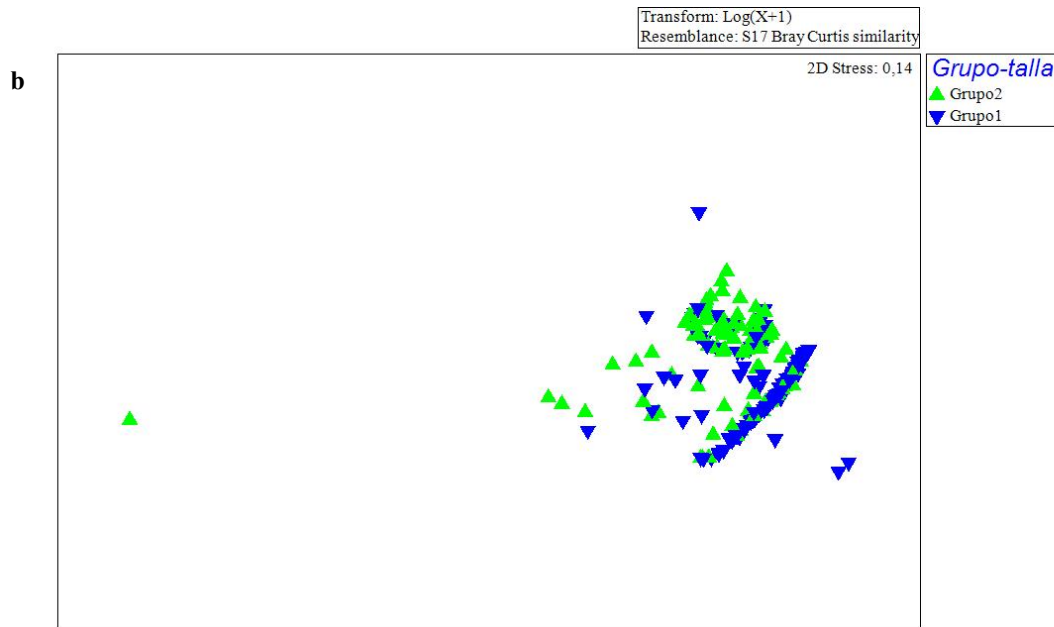


Figura 5.9. Continuación. Gráficos MDS a partir de la matriz de similitud de Bray Curtis derivada de los datos de los estómagos con contenido (pesos de las presas) de la especie *Notothenia rossii* (NOR). **a.** analizados por temporadas. Temporadas de estudio: 1=CAV 2008-2009, 2=CAV 2009-2010, 3=CAV 2010-2011, 4=CAV 2011-2012. **b.** analizados por grupos de talla (Grupo 1 ≤ 12 cm, Grupo 2 > 12 cm).

Los test de ANOSIM realizados *a posteriori* evidencian que existen diferencias significativas entre los dos grupos de tallas consideradas (R 0,155; p 0,001) y también entre las temporadas analizadas (Tabla 5.17). En base a estos resultados se rechaza la hipótesis nula de que no existen diferencias tanto entre las tallas, como entre las temporadas.

Tabla 5.17. Valores de estadísticos R y p obtenidos por el método de ANOSIM para las diferentes temporadas analizadas de la especie *Notothenia rossii*. Temporadas de estudio: 1=CAV 2008-2009, 2=CAV 2009-2010, 3=CAV 2010-2011, 4=CAV 2011-2012. R global=0,123; p global 0,001.

Grupos	R	p
<i>Cav 2008-2009, Cav 2009-2010</i>	0,024	0,083
<i>Cav 2008-2009, Cav 2010-2011</i>	0,215	0,001
<i>Cav 2008-2009, Cav 2011-2012</i>	0,172	0,025
<i>Cav 2009-2010, Cav 2010-2011</i>	0,096	0,001
<i>Cav 2009-2010, Cav 2011-2012</i>	0,052	0,25
<i>Cav 2010-2011, Cav 2011-2012</i>	- 0,022	0,55

Aplicando el análisis de SIMPER, se evidencia la contribución relativa de cada taxón a la disimilitud, tanto entre las temporadas como entre los grupos de talla (Tabla 5.18 y 5.19). Para las temporadas en las cuales existieron diferencias significativas se reconoce que en la CAV 2008-2009 consumieron mayores cantidades de algas y anfípodos; siendo ambos taxones los mayores contribuyentes explicando casi el 80% en porcentaje acumulado de las diferencias entre las dietas, mientras que en la temporada 2010-2011 consumieron mayor cantidad de krill y cantidades despreciables de algas. Las diferencias entre la CAV 2008-2009 y la 2011-2012 se deben a que en la última temporada de muestreo se consumieron más cantidad de anfípodos y cantidades despreciables de algas. Finalmente, de la misma forma en que se explican las diferencias entre la CAV 2008-2009 y 2010-2011, las diferencias entre las temporadas 2009-2010 y 2010-2011 se deben a un menor consumo tanto de algas como de anfípodos y a la aparición del krill como presa principal durante la CAV 2010-2011.

Tabla 5.18. Contribución relativa de cada categoría de ítem presa a la disimilitud en las dietas de las diferentes temporadas para la especie *Notothenia rossii* obtenidas por el análisis de SIMPER. Temporadas de estudio: 1=CAV 2008-2009, 2=CAV 2009-2010, 3=CAV 2010-2011, 4=CAV 2011-2012.

Grupos		Abundancia promedio	Abundancia promedio	Porcentaje acumulado (%)
Promedio de disimilitud % = 63,53		Cav 2008-2009	Cav 2009-2010	
Cav 2008-2009, Cav 2009-2010	Algas	0,19	0,22	49,64
	Anfípodos	0,16	0,20	92,84
Promedio de disimilitud % = 78,35		Cav 2008-2009	Cav 2010-2011	
Cav 2008-2009, Cav 2010-2011	Algas	0,19	0,02	40,41
	Anfípodos	0,16	0,08	79,77
	Eufáusidos	0,00	0,06	89,54
	Gasterópodos	0,03	0,00	95,14
Promedio de disimilitud % = 76,86		Cav 2009-2010	Cav 2010-2011	
Cav 2009-2010, Cav 2010-2011	Anfípodos	0,20	0,08	46,30
	Algas	0,22	0,02	84,45
	Eufáusidos	0,00	0,06	94,19
Promedio de disimilitud % = 69,25		Cav 2008-2009	Cav 2011-2012	
Cav 2008-2009, Cav 2011-2012	Anfípodos	0,16	0,23	51,69
	Algas	0,19	0,00	92,68
Promedio de disimilitud % = 65,10		Cav 2009-2010	Cav 2011-2012	
Cav 2009-2010, Cav 2011-2012	Anfípodos	0,20	0,23	58,90
	Algas	0,22	0,00	98,12
Promedio de disimilitud % = 73,56		Cav 2010-2011	Cav 2011-2012	
Cav 2010-2011, Cav 2011-2012	Anfípodos	0,08	0,23	72,44
	Eufáusidos	0,06	0,00	85,02
	Algas	0,02	0,00	94,40

En cuanto a las diferencias entre los grupos de tallas, se evidencia una mayor abundancia relativa de algas y krill en los individuos mayores a los 12 cm de LT y una mayor presencia de anfípodos en los individuos menores a los 12 cm de LT.

Tabla 5.19. Contribución relativa de cada categoría de ítem presa a la disimilitud en las dietas de los dos grupos de talla para la especie *Nototothenia rossii* obtenidas por medio del análisis de rutina de SIMPER.

Grupos		Abundancia promedio	Abundancia promedio	Porcentaje acumulado (%)
Promedio de disimilitud % = 74,75		Grupo 2(> 12 cm)	Grupo 1(≤ 12 cm)	
Grupo 1(≤ 12 cm), Grupo 2 (> 12 cm)	Algas	0,23	0,06	44,06
	Anfípodos	0,12	0,17	83,70
	Eufáusidos	0,03	0,01	91,66

Lepidonotothen nudifrons

La distribución espacial de los puntos en el gráfico de MDS evidencia que la alimentación entre los individuos de las temporadas 1 y 2 es más parecida que con respecto a la de temporada 3, la cual exhibe una clara segregación (Fig. 5.10a). Al evaluar el gráfico resultante de considerar los grupos de talla como factor se observa que los puntos de ambos grupos están superpuestos, dando evidencia de que sus dietas son similares (Fig. 5.10b). En el ángulo superior izquierdo de ambos gráficos, apartados del resto de los puntos, se ubican un conjunto superpuesto de individuos (N=6, LT < 10 cm) en cuyos contenidos estomacales sólo se identificaron copépodos harpacticoideos. El bajo valor de stress calculado (S=0,01) indica que este modelo brinda una excelente representación de los datos.

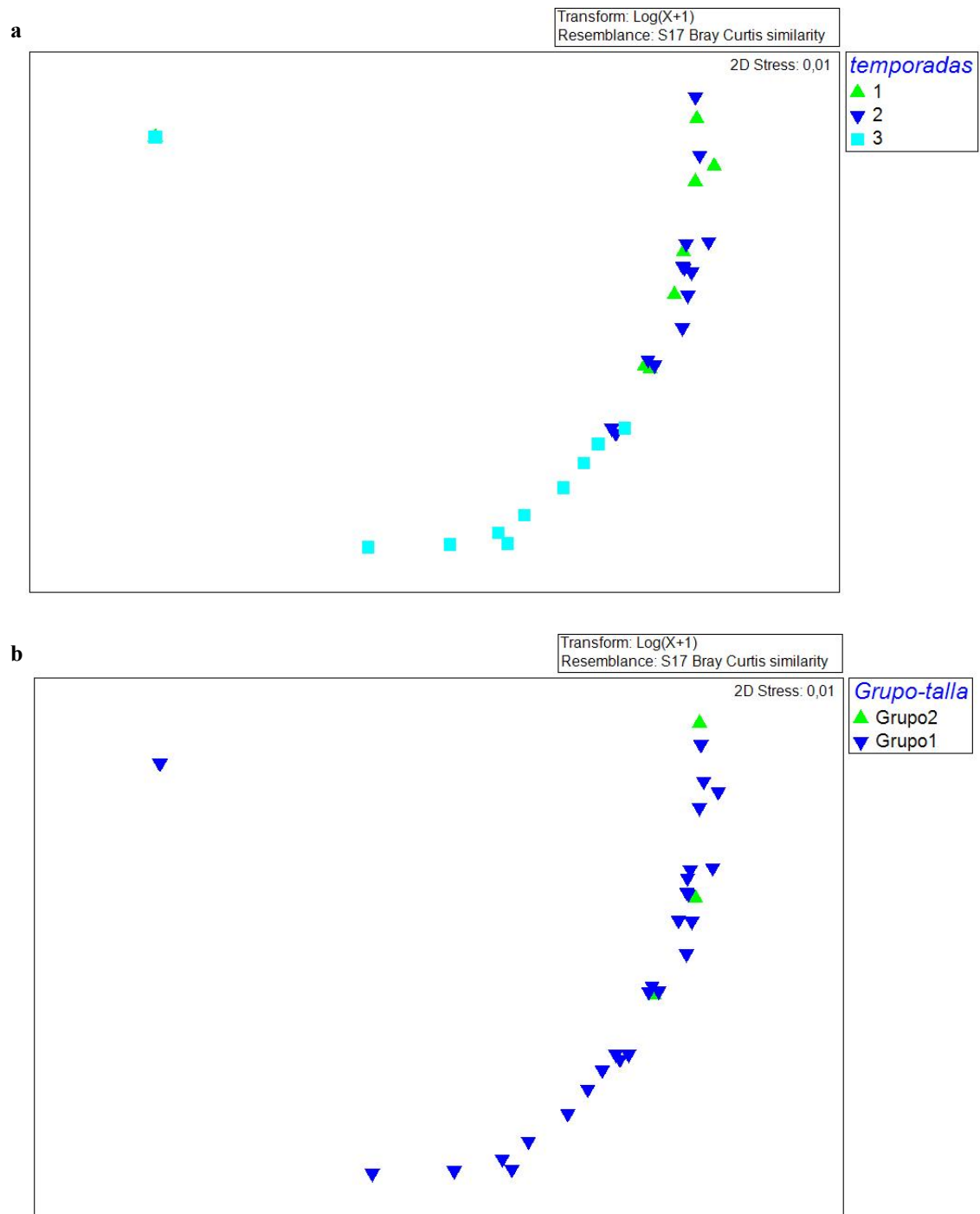


Figura 5.10. Gráficos MDS a partir de la matriz de similitud de Bray Curtis derivada de los datos de los estómagos con contenido (pesos de las presas) de la especie *Lepidonotothen nudifrons* (NOD). **a.** analizados por temporadas. Temporadas de estudio: 1=CAV 2008-2009, 2=CAV 2009-2010, 3=CAV 2010-2011. **b.** analizados por grupos de talla (Grupo 1 ≤ 10 cm, Grupo 2 > 10 cm).

El resultado del test de ANOSIM realizado *a posteriori* reveló que existen diferencias entre las temporadas de estudio analizadas (Tabla 5.20); la CAV 2010-2011 difiere del resto de las

temporadas de muestreo. En cambio, no existieron diferencias significativas entre los dos grupos de tallas consideradas ($R = 0,025$; $p = 0,37$).

Tabla 5.20. Valores de estadísticos R y p obtenidos por el método de ANOSIM para las diferentes temporadas analizadas de la especie *Lepidonotothen nudifrons*. Temporadas de estudio: 1=CAV 2008-2009, 2=CAV 2009-2010, 3=CAV 2010-2011. $R_{\text{global}}=0,432$; $p_{\text{global}}=0,001$.

Grupos	R	p
<i>Cav 2008-2009, Cav 2009-2010</i>	0,069	0,051
<i>Cav 2008-2009, Cav 2010-2011</i>	0,489	0,001
<i>Cav 2009-2010, Cav 2010-2011</i>	0,639	0,001

Finalmente, mediante el análisis del SIMPER (Tabla 5.21) se evidencia que existió un menor consumo de anfípodos en la temporada 2010-2011, temporada en la cual hubo una sustancial presencia de copépodos harpacticoideos.

Tabla 5.21. Contribución relativa de cada categoría de ítem presa a la disimilitud en las dietas de las diferentes temporadas para la especie *Lepidonotothen nudifrons* obtenidas por el análisis de SIMPER. Temporadas de estudio: 1=CAV 2008-2009, 2=CAV 2009-2010, 3=CAV 2010-2011.

Grupos		Abundancia promedio	Abundancia promedio	Porcentaje acumulado (%)
Promedio de disimilitud % = 53,22		<i>Cav 2008-2009</i>	<i>Cav 2009-2010</i>	
<i>Cav 2008-2009, Cav 2009-2010</i>	Anfípodos	0,03	0,04	99,38
Promedio de disimilitud % = 84,03		<i>Cav 2008-2009</i>	<i>Cav 2010-2011</i>	
<i>Cav 2008-2009, Cav 2010-2011</i>	Anfípodos	0,03	0,00	99,98
Promedio de disimilitud % = 80,72		<i>Cav 2009-2010</i>	<i>Cav 2010-2011</i>	
<i>Cav 2009-2010, Cav 2010-2011</i>	Anfípodos	0,04	0,00	99,39

Notothenia coriiceps

En el gráfico de MDS resultante de la comparación entre individuos de diferentes temporadas se advierte una tendencia a la agrupación de los individuos pertenecientes a la CAV 2008-2009

(Fig. 5.11a), pero no se evidencia una clara segregación cuando el análisis es por grupos de talla (Figura 5.11b). Aunque el valor de stress calculado fue levemente más alto que en los modelos anteriores todavía se considera aceptable, de manera que permite realizar una buena interpretación de los datos.

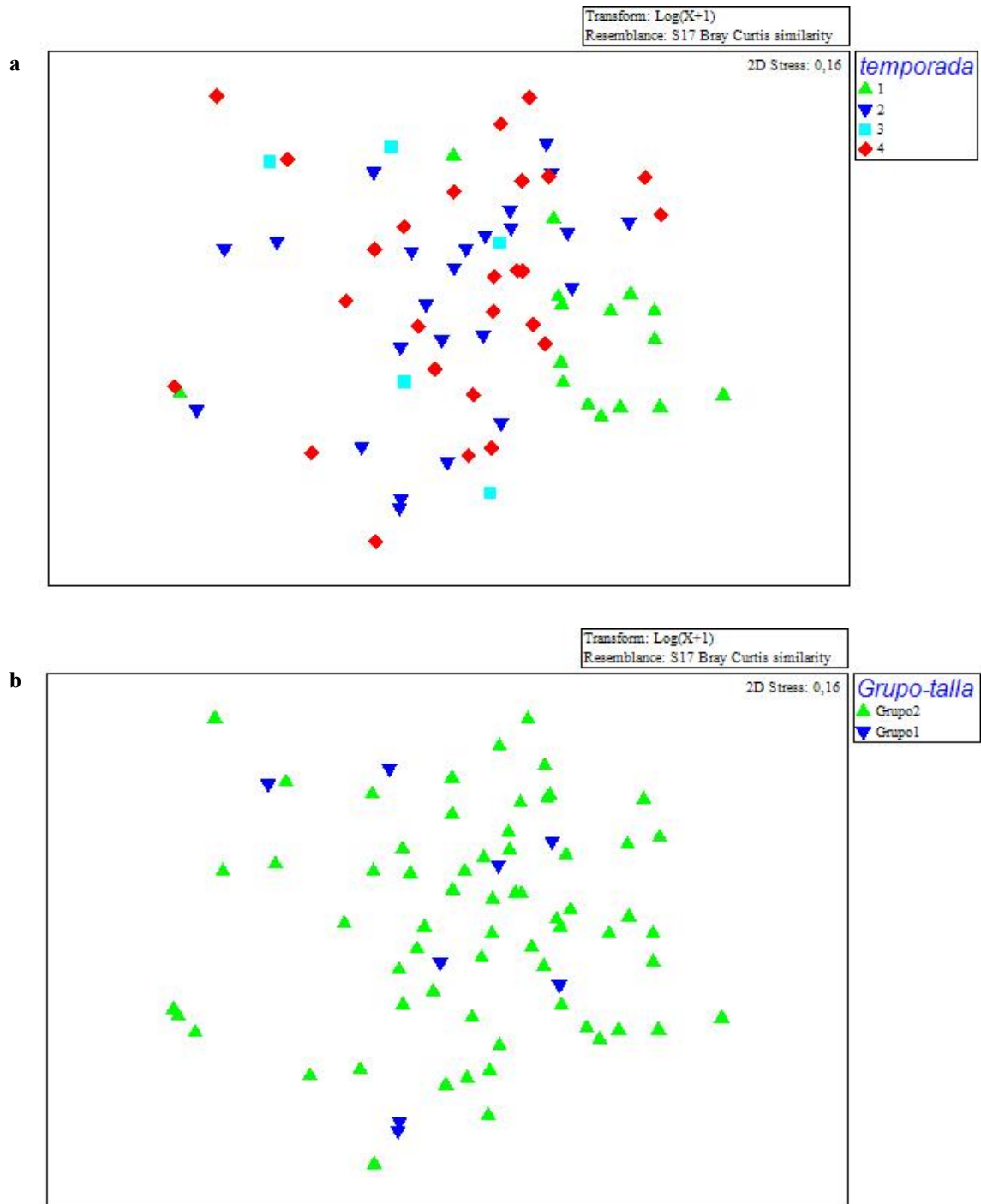


Figura 5.11. Gráficos MDS a partir de la matriz de similitud de Bray Curtis derivada de los datos de los estómagos con contenido (pesos de las presas) de la especie *Notothenia coriiceps* (NOC). **a.** analizados por temporadas. Temporadas de estudio: 1=CAV 2008-2009, 2=CAV 2009-2010, 3=CAV 2010-2011, 4=CAV 2011-2012. **b.** analizados por grupos de talla (Grupo 1 ≤ 11 cm, Grupo 2 > 11 cm).

Los resultados del test de ANOSIM realizados *a posteriori* confirmaron que existen diferencias significativas entre las temporadas de estudio analizadas (Tabla 5.22); la CAV 2008-2009 difiere del resto de las temporadas de muestreo. En cambio, no existieron diferencias significativas entre los dos grupos de tallas consideradas ($R\ 0,013$; $p\ 0,435$).

Tabla 5.22. Valores de estadísticos R y p obtenidos por el método de ANOSIM para las diferentes temporadas analizadas de la especie *Notothenia coriiceps*. Temporadas de estudio: 1=CAV 2008-2009, 2=CAV 2009-2010, 3=CAV 2010-2011, 4=CAV 2011-2012. $R\ global=0,128$; $p\ global\ 0,002$.

Grupos	R	p
<i>Cav 2008-2009, Cav 2009-2010</i>	0,267	0,001
<i>Cav 2008-2009, Cav 2010-2011</i>	0,556	0,003
<i>Cav 2008-2009, Cav 2011-2012</i>	0,183	0,007
<i>Cav 2009-2010, Cav 2010-2011</i>	0,129	0,173
<i>Cav 2009-2010, Cav 2011-2012</i>	-0,013	0,664
<i>Cav 2010-2011, Cav 2011-2012</i>	0,003	0,476

Empleando el análisis de rutina de SIMPER con las temporadas como factor, se evidencia que las algas junto con los anfípodos fueron los principales contribuyentes a las disimilitudes para todas las temporadas en las cuales existió esa diferencia; ambos taxones explican más del 80% en porcentaje acumulado (Tabla 5.23). Tanto en la CAV 2009-2010 como en la CAV 2011-2012 en comparación con la primera temporada de muestreo, los individuos consumieron una menor abundancia relativa de algas y de gasterópodos; y mayor abundancia relativa de anfípodos. Al analizar los resultados de la comparación entre la CAV 2008-2009 y la CAV 2010-2011, se evidencia que en ésta última hubo un menor consumo de algas, anfípodos y gasterópodos, pero una mayor abundancia relativa de isópodos.

Tabla 5.23. Contribución relativa de cada categoría de ítem presa a la disimilitud en las dietas de las diferentes temporadas para la especie *Notothenia coriiceps* obtenidas por el análisis de SIMPER. Temporadas de estudio: 1=CAV 2008-2009, 2=CAV 2009-2010, 3=CAV 2010-2011, 4=CAV 2011-2012.

Grupos	Abundancia promedio	Abundancia promedio	Porcentaje acumulado (%)
Promedio de disimilitud % = 72,20	<i>Cav 2008-2009</i>	<i>Cav 2009-2010</i>	
<i>Cav 2008-2009, Cav 2009-2010</i> Algas	0,49	0,10	60,41
Anfípodos	0,10	0,19	87,70
Gasterópodos	0,07	0,04	98,02

Tabla 5.23. Continuación

Promedio de disimilitud % = 80,72		Cav 2008-2009	Cav 2010-2011	
Cav 2008-2009, Cav 2010-2011	Algas	0,49	0,04	61,34
	Anfípodos	0,10	0,08	82,04
	Isópodos	0,01	0,06	91,61
Promedio de disimilitud % = 69,45		Cav 2009-2010	Cav 2010-2011	
Cav 2009-2010, Cav 2010-2011	Anfípodos	0,19	0,08	45,29
	Algas	0,10	0,04	70,69
	Isópodos	0,00	0,06	87,93
	Gasterópodos	0,04	0,01	100,00
Promedio de disimilitud % = 73,15		Cav 2008-2009	Cav 2011-2012	
Cav 2008-2009, Cav 2011-2012	Algas	0,49	0,11	59,56
	Anfípodos	0,10	0,23	88,63
	Gasterópodos	0,07	0,01	96,91
Promedio de disimilitud % = 66,54		Cav 2009-2010	Cav 2011-2012	
Cav 2009-2010, Cav 2011-2012	Anfípodos	0,19	0,23	52,91
	Algas	0,10	0,11	84,68
	Gasterópodos	0,04	0,01	95,90
Promedio de disimilitud % = 69,37		Cav 2010-2011	Cav 2011-2012	
Cav 2010-2011, Cav 2011-2012	Anfípodos	0,08	0,23	48,37
	Algas	0,04	0,11	76,98
	Isopoda	0,06	0,01	95,59

Trematomus newnesi

La distribución espacial de los puntos en el gráfico de MDS resultante a partir de evaluar las diferencias entre temporadas evidencia claras separaciones de grupos, por un lado los individuos de la CAV 2008-2009 y por otro, los de la CAV 2010-2011. Asimismo, los puntos que representan a los individuos de CAV 2009-2010 y 2011-2012 se encuentran cercanos entre sí sugiriendo mayores similitudes entre sus dietas (Fig. 5.9a). El gráfico MDS para los grupos de tallas previamente definidos muestran un visible grado de segregación (Fig. 5.12b). En el estómago que se encuentra en el extremo derecho del gráfico sólo se identificaron algas. Los valores de stress calculados para estos análisis son aceptables (stress 0,14), por lo que la representación de los datos posibilita una buena interpretación.

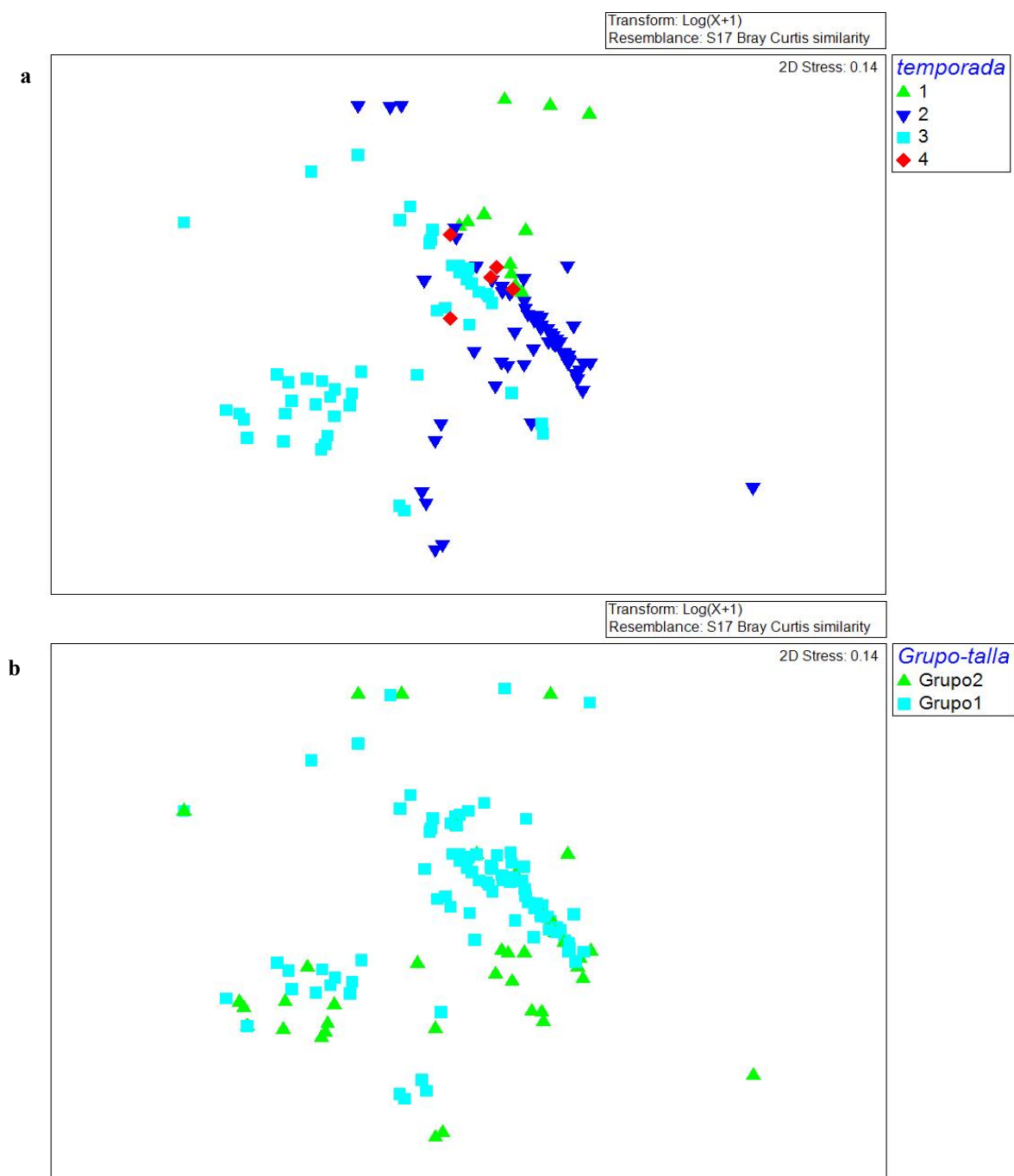


Figura 5.12. Gráficos MDS a partir de la matriz de similitud de Bray Curtis derivada de los datos de los estómagos con contenido (pesos de las presas) de la especie *Trematomus newnesi* (TRN). **a.** analizados por temporadas. Temporadas de estudio: 1=CAV 2008-2009, 2=CAV 2009-2010, 3=CAV 2010-2011, 4=CAV 2011-2012. **b.** analizados por grupos de talla (Grupo 1 < 9 cm, Grupo 2 ≥ 9 cm).

El resultado del test de ANOSIM realizado *a posteriori* comprobó que existen diferencias entre las temporadas de estudio analizadas (Tabla 5.24); la CAV 2010-2011 difiere de la de las 2 primeras temporadas de muestreo pero no de la última. Además, también difieren entre sí las dietas de los individuos de las dos primeras temporadas. Asimismo, se evidenciaron diferencias significativas entre los grupos de tallas consideradas ($R\ 0,153$; $p\ 0,001$). Por lo que nuevamente se rechaza la hipótesis nula de que no existen diferencias tanto entre las tallas, como entre las temporadas consideradas.

Tabla 5.24. Valores de estadísticos R y p obtenidos por el método de ANOSIM para las diferentes temporadas analizadas de la especie *Trematomus newnesi*. Temporadas de estudio: 1=CAV 2008-2009, 2=CAV 2009-2010, 3=CAV 2010-2011, 4=CAV 2011-2012. $R\ global=0,272$ $p\ global\ 0,001$.

Grupos	R	p
<i>Cav 2008-2009, Cav 2009-2010</i>	0,215	0,017
<i>Cav 2008-2009, Cav 2010-2011</i>	0,256	0,001
<i>Cav 2008-2009, Cav 2011-2012</i>	0,062	0,257
<i>Cav 2009-2010, Cav 2010-2011</i>	0,339	0,001
<i>Cav 2009-2010, Cav 2011-2012</i>	-0,011	0,486
<i>Cav 2010-2011, Cav 2011-2012</i>	0,025	0,360

Por medio del análisis de SIMPER (Tabla 5.25), teniendo en cuenta a las temporadas como factor, se evidencia que en la CAV 2010-2011 existió un mayor consumo de krill, ítem que fue alimento principal en esta campaña para la especie analizada. Respecto a las diferencias encontradas entre la CAV 2008-2009 y 2009-2010, se constató que en la segunda temporada aumentó el consumo de anfípodos.

Tabla 5.25 Contribución relativa de cada categoría de ítem presa a la disimilitud en las dietas de las diferentes temporadas para la especie *Trematomus newnesi* obtenidas por el análisis de SIMPER. Temporadas de estudio: 1=CAV 2008-2009, 2=CAV 2009-2010, 3=CAV 2010-2011, 4=CAV 2011-2012.

Grupos	Abundancia promedio	Abundancia promedio	Porcentaje acumulado (%)
Promedio de disimilitud % = 77,25	<i>Cav 2008-2009</i>	<i>Cav 2009-2010</i>	
<i>Cav 2008-2009, Cav 2009-2010</i> Anfípodos	0,01	0,03	66,05
Copépodos harpacticoideos	0,00	0,00	85,47
Copépodos calanoideos	0,00	0,00	94,69
Promedio de disimilitud % = 87,16	<i>Cav 2008-2009</i>	<i>Cav 2010-2011</i>	
<i>Cav 2008-2009, Cav 2010-2011</i> Eufáusidos	0,00	0,08	39,55
Anfípodos	0,01	0,01	69,12
Copépodos harpacticoideos	0,00	0,00	91,21

Tabla 5.25. Continuación.

Promedio de disimilitud % = 87,99		Cav 2009-2010	Cav 2010-2011	
Cav 2009-2010, Cav 2010-2011	Anfípodos	0,03	0,01	49,16
	Eufáusidos	0,00	0,08	84,20
	Copépodos calanoideos	0,00	0,01	95,00
Promedio de disimilitud % = 58,79		Cav 2008-2009	Cav 2011-2012	
Cav 2008-2009, Cav 2011-2012	Anfípodos	0,01	0,01	53,77
	Copépodos harpacticoideos	0,00	0,00	90,82
Promedio de disimilitud % = 66,42		Cav 2009-2010	Cav 2011-2012	
Cav 2009-2010, Cav 2011-2012	Anfípodos	0,03	0,01	77,67
	Copépodos calanoideos	0,00	0,00	91,77
Promedio de disimilitud % = 78,78		Cav 2010-2011	Cav 2011-2012	
Cav 2010-2011, Cav 2011-2012	Eufáusidos	0,08	0,00	44,23
	Anfípodos	0,01	0,01	85,73
	Copépodos calanoideos	0,01	0,00	97,29

Finalmente, al analizar cuales fueron los taxones que contribuyeron a las disimilitudes significativas encontradas entre los grupos de talla 1 (< 9 cm) y 2 (≥ 9 cm), se observa que el grupo de individuos de mayor talla (grupo 2) consumió una mayor abundancia promedio tanto de anfípodos como de copépodos calanoideos, mientras que el krill fue consumido de manera equitativa en ambos grupos (Tabla 5.26).

Tabla 5.26 Contribución relativa de cada categoría de ítem presa a la disimilitud en las dietas de los diferentes grupos de talla de la especie *Trematomus newnesi* obtenidas por el análisis de SIMPER. (Grupo 1 < 9 cm, Grupo 2 ≥ 9 cm).

Grupos		Abundancia promedio	Abundancia promedio	Porcentaje acumulado (%)
Promedio de disimilitud % = 83,20		G2 (≥ 9 cm)	G1 (< 9 cm)	
Grupo1(< 9 cm), Grupo 2 (≥ 9 cm)	Anfípodos	0,03	0,01	48,55
	Eufáusidos	0,03	0,03	79,52
	Copépodos calanoideos	0,01	0,00	91,95

Harpagifer antarcticus

Los resultados del MDS al considerar las temporadas de muestreo como factor evidencian una tendencia a la agrupación de los individuos pertenecientes a la CAV 2009-2010 (Fig. 5.13a), mientras que no se observa una tendencia clara cuando se analizan los individuos por grupos de

talla (Fig. 5.13b). El bajo valor de stress calculado ($S=0,01$) indica que este modelo brinda una excelente representación de los datos, permitiendo una interpretación fiable de los mismos.

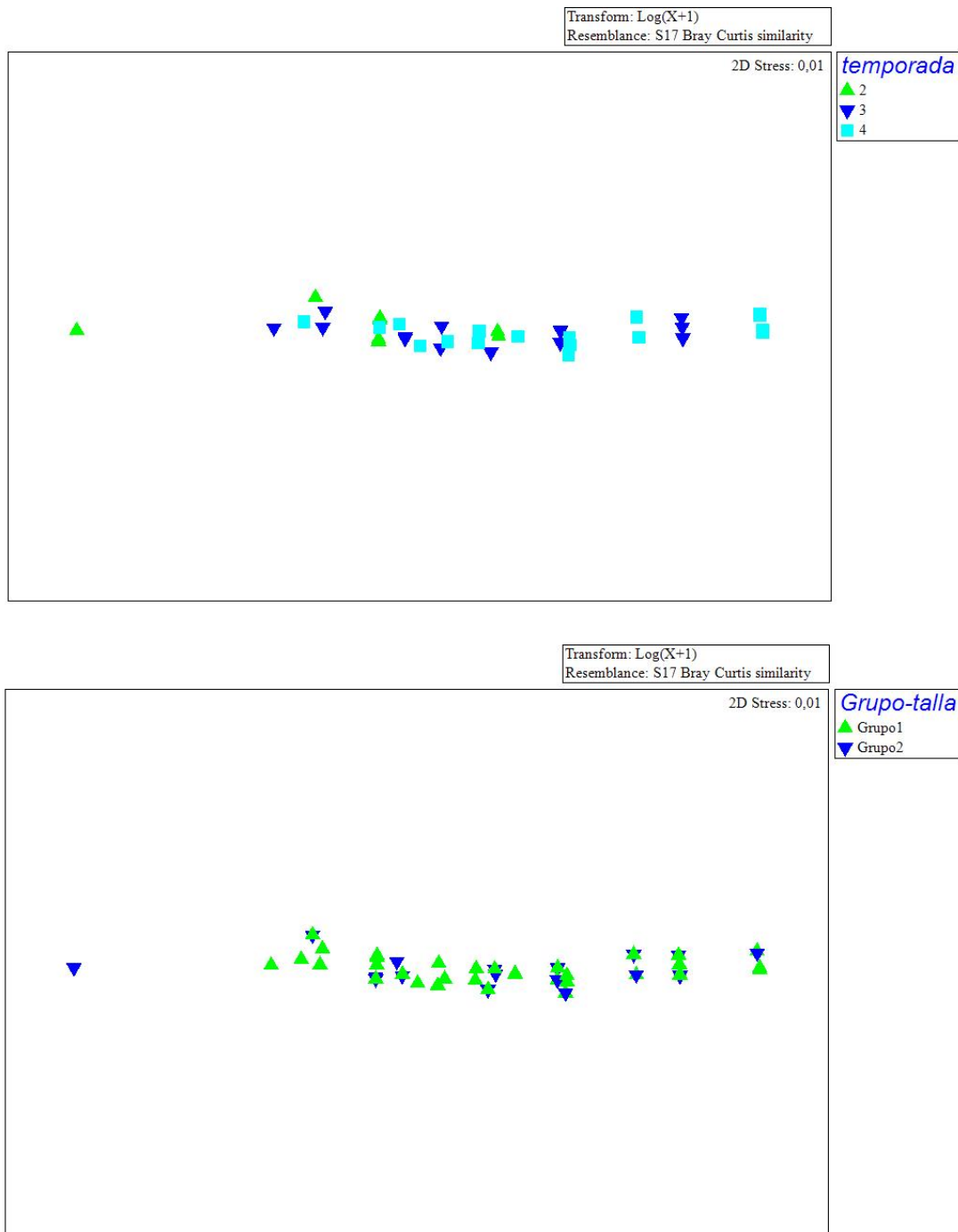


Figura 5.13. Gráficos MDS a partir de la matriz de similitud de Bray Curtis derivada de los datos de los estómagos con contenido (pesos de las presas) de la especie *Harpagifer antarcticus* (HPF) **a.** analizados por temporadas. Temporadas de estudio: 2=CAV 2009-2010, 3=CAV 2010-2011, 4=CAV 2011-2012. **b.** analizados por grupos de talla (Grupo 1 < 7 cm, Grupo 2 ≥ 7 cm).

Los resultados del test de ANOSIM realizados *a posteriori* evidencian que no existen diferencias significativas entre los dos grupos de tallas consideradas (R 0,013; p 0,363). Sin embargo si se evidenciaron diferencias entre las temporadas de estudio analizadas (Tabla 5.27).

Tabla 5.27. Valores de estadísticos R y p obtenidos por el método de ANOSIM para las diferentes temporadas analizadas de la especie *Harpagifer antarcticus*. Temporadas de estudio: 2=CAV 2009-2010, 3=CAV 2010-2011, 4=CAV 2011-2012. R global=0,136; p global 0,001.

Grupos	R	p
<i>Cav 2009-2010, Cav 2010-2011</i>	0,273	0,002
<i>Cav 2009-2010, Cav 2011-2012</i>	0,355	0,001
<i>Cav 2010-2011, Cav 2011-2012</i>	0,03	0,074

Por medio del análisis SIMPER se evidencia que hubo una mayor abundancia promedio de consumo de anfípodos en la CAV 2009-2010 que en el resto de las temporadas (Tabla 5.28). Durante esa temporada los individuos consumieron además de los anfípodos, sólo cantidades despreciables de algas y copépodos, mientras que en las campañas 2010-2011 y 2011-2012 consumieron, además, también isópodos en cantidades despreciables.

Tabla 5.28. Contribución relativa de cada categoría de ítem presa a la disimilitud en las dietas de las diferentes temporadas para la especie *Harpagifer antarcticus* obtenidas por el análisis de SIMPER. Temporadas de estudio: 2=CAV 2009-2010, 3=CAV 2010-2011, 4=CAV 2011-2012.

Grupos		Abundancia promedio	Abundancia promedio	Porcentaje acumulado (%)
Promedio de disimilitud % = 47,57		<i>Cav 2009-2010</i>	<i>Cav 2010-2011</i>	
<i>Cav 2009-2010, Cav 2010-2011</i>	Anfípodos	0,08	0,03	100,00
Promedio de disimilitud % = 51,57		<i>Cav 2009-2010</i>	<i>Cav 2011-2012</i>	
<i>Cav 2009-2010, Cav 2011-2012</i>	Anfípodos	0,08	0,02	100,00
Promedio de disimilitud % = 36,44		<i>Cav 2010-2011</i>	<i>Cav 2011-2012</i>	
<i>Cav 2010-2011, Cav 2011-2012</i>	Anfípodos	0,03	0,02	100,00

ESTRATEGIA ALIMENTARIA

Los gráficos resultantes del análisis de estrategia alimentaria según Amundsen *et al.* (1996), a partir de considerar los grandes grupos presas, evidencian una clara tendencia hacia una estrategia alimenticia generalista en todos los estadios juveniles tempranos de los nototenoideos analizados en esta tesis en las cuatro temporadas de muestreo (Fig. 5.14).

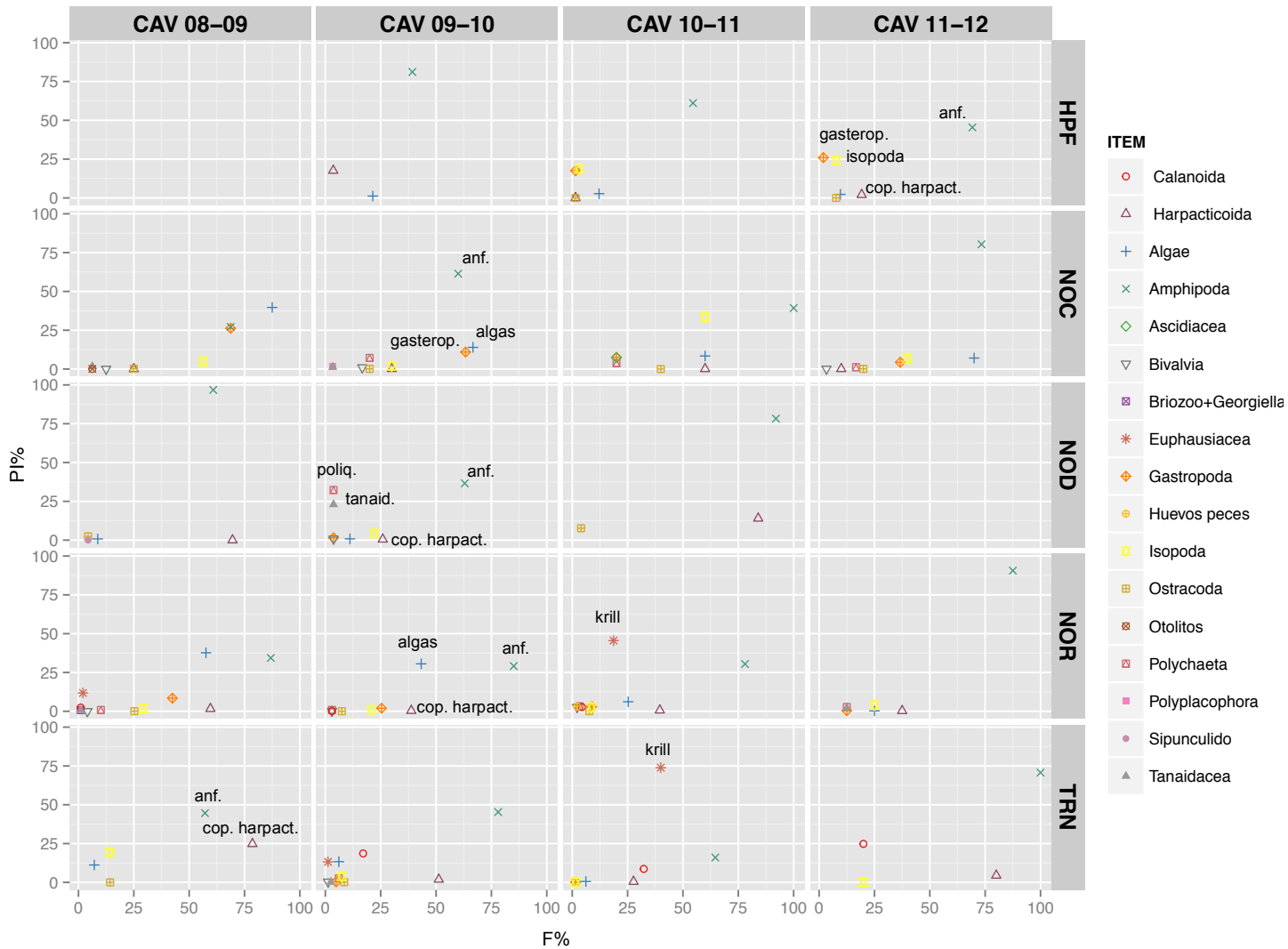


Figura 5.14. Estrategias alimentarias e importancia de los ítem presa en la dieta de los estadios juveniles tempranos de los nototenoideos que habitan Caleta Potter. NOR, *Notothenia rossii*; NOD, *Lepidonotothen nudifrons*; NOC, *Notothenia coriiceps*; TRN, *Trematomus newnesi*; HPF, *Harpagifer antarcticus*. Temporadas de estudio: CAV 08-09=CAV 2008-2009, CAV 09-10=CAV 2009-2010, CAV 10-11=CAV 2010-2011, CAV 11-12=CAV 2011-2012. PI%=abundancia específica de la presa, F%=frecuencia de ocurrencia de la presa.

La representación gráfica de la composición de la dieta de *H. antarcticus* evidenció que únicamente los anfípodos fueron presas importantes en su dieta. En las dos últimas temporadas, CAV 2010-2011 y CAV 2011-2012, se nota la presencia de 5 grupos presas en la esquina inferior izquierda del gráfico, lo que indica que los mismos son presas raras que ocurren en una baja frecuencia y con una abundancia específica relativamente baja. En la CAV 2009-2010 sólo dos de estos grupos, algas y copépodos harpacticoideos, estuvieron representados de igual manera.

En la dieta de *N. coriiceps*, tanto las algas como los anfípodos fueron las presas más importantes en todas las temporadas, tanto en frecuencia de ocurrencia como en abundancia específica. Varios ítems alimenticios estuvieron presentes en la dieta evidenciando un mayor espectro trófico, alguno de los cuales presentaron variaciones interanuales tanto en su frecuencia de ocurrencia como en los diferentes porcentajes de abundancia específica.

En cuanto a *L. nudifrons* se evidencia que los anfípodos fueron las presas de mayor importancia tanto en la frecuencia de ocurrencia como en el aporte en peso que realizaron a las dietas. Aquí, los copépodos harpacticoideos aparecen incluso hasta en una alta frecuencia, pero debido a su bajo peso la abundancia específica relativa de este ítem es en general baja. Además, hay unos pocos ítems presa en la esquina inferior izquierda dando evidencia de la presencia de presas raras en la dieta, quienes presentaron una importante variación interanual con una mayor representación en la CAV 2009-2010.

En la dieta de *N. rossii* se distingue una fuerte frecuencia de ocurrencia de anfípodos; sin embargo, en general estos organismos contribuyen moderadamente al peso total de los contenidos estomacales. Aunque las algas generalmente se presentaron en menor frecuencia que los anfípodos dentro de los estómagos, en algunas temporadas éstas contribuyeron casi similarmente al aporte total en los pesos de los contenidos. La presencia del resto de los ítems presa se mantuvo más o menos constante en las diferentes temporadas de muestreo, donde la mayoría ocurrieron en una baja frecuencia y su contribución en el aporte al peso de los contenidos estomacales fue bajo. Sólo en 2010-2011, a diferencia de las otras temporadas en donde el krill estuvo prácticamente ausente, esta presa contribuyó de manera moderada al peso total de los contenidos estomacales de esta especie.

Por último, en *T. newnesi* tanto los anfípodos como los copépodos harpacticoideos fueron presas importantes. Si bien ambos ítems presa se encontraron en alta frecuencia, los anfípodos exhibieron un mayor porcentaje de abundancia específica. Los demás componentes tróficos aparecieron en baja frecuencia de ocurrencia y contribuyeron escasamente al peso de los contenidos estomacales. Se observaron variaciones interanuales en la presencia de estos grupos,

el krill durante la CAV 2010-2011 no sólo fue importante en cuanto a su frecuencia de ocurrencia sino también en cuanto a su alta abundancia específica, por lo que contribuyó de manera significativa al peso total de los contenidos estomacales de esta especie.

NIVELES TRÓFICOS

Los valores estimados de los niveles tróficos indicaron que las especies de este estudio son consumidores secundarios (Tabla 5.29). Estos valores se calcularon a partir de la identificación de sus presas hasta el menor nivel taxonómico posible en cada temporada de muestreo.

Tabla 5.29. Niveles tróficos de los estadios juveniles tempranos de los nototenoideos que habitan Caleta Potter, correspondientes a cada una de las temporadas de muestreo: 08-09=CAV 2008-2009, 09-10=CAV 2009-2010, 10-11=CAV 2010-2011, 11-12=CAV 2011-2012.

Especie	Temporada			
	08-09	09-10	10-11	11-12
<i>Notothenia rossii</i>	2,54	2,59	3,31	3,00
<i>Lepidonotothen nudifrons</i>	3,00	2,98	3,07	-
<i>Notothenia coriiceps</i>	2,50	2,85	2,93	2,94
<i>Trematomus newnesi</i>	3,20	3,02	3,44	3,06
<i>Harpagifer antarcticus</i>	-	2,99	2,99	2,99

TIPOS DE ALIMENTACIÓN Y COMPORTAMIENTO ALIMENTARIO

El tipo de alimentación de los estadios juveniles tempranos de todas las especies de estudio en Caleta Potter se identificó como bentófaga. Los tipos de comportamiento alimentario se determinaron de acuerdo a la clasificación definida por Daniels (1982) (Tabla 5.30).

Tabla 5.30. Clasificación del comportamiento alimentario de los nototenoideos juveniles tempranos de Caleta Potter.

Especie	Cazador al acecho	Pastoreo	En columna
<i>Notothenia rossii</i>	X	X	X ¹
<i>Notothenia coriiceps</i>	X	X	
<i>Lepidonotothen nudifrons</i>	X		
<i>Trematomus newnesi</i>	X		X ¹
<i>Harpagifer antarcticus</i>	X		

¹ En muy baja frecuencia

AMPLITUD DEL NICHOTRÓFICO Y DIVERSIDAD DE LA DIETA

Los valores medios calculados del Índice de diversidad de dieta H' indican que las especies *N. rossii* y *N. coriiceps* poseen los nichos más amplios, mientras que las especies *T. newnesi*, *L. nudifrons* y *H. antarcticus* son más “especialistas”. Igualmente, los valores medios calculados para el índice de Levins estandarizado (B_{est} , Krebs 1989), sugieren la misma tendencia.

Tabla 5.31. Índice de diversidad H' e índice de Levins estandarizado (B_{est}) para los estadios juveniles tempranos de los nototenoideos. NOR, *Notothenia rossii*; NOD, *Lepidonotothen nudifrons*; NOC, *Notothenia coriiceps*; TRN, *Trematomus newnesi*; HPF, *Harpagifer antarcticus*. 08-09=CAV 2008-2009, 09-10=CAV 2009-2010, 10-11=CAV 2010-2011, 11-12=CAV 2011-2012. DS=desvío estándar.

Especie	H' (Shanon y Weaver 1949),					Best (Krebs 1989)				
	08-09	09-10	10-11	11-12	Media±DS	08-09	09-10	10-11	11-12	Media±DS
NOR	0,79	0,79	0,84	0,71	0,78 ± 0,05	0,17	0,09	0,30	0,01	0,14 ± 0,12
NOD	0,55	0,83	0,46	-	0,61 ± 0,19	0,00	0,03	0,04	-	0,02 ± 0,02
NOC	1,03	1,09	0,72	0,69	0,88 ± 0,21	0,08	0,21	0,10	0,05	0,11 ± 0,07
TRN	0,13	0,81	0,55	0,58	0,52 ± 0,28	0,08	0,11	0,02	0,06	0,06 ± 0,04
HPF	-	0,66	0,72	0,64	0,67 ± 0,04	-	0,05	0,00	0,04	0,03 ± 0,02

La diversidad de la dieta se expresó por medio del número de taxos P y el Índice de diversidad de Margalef (D_{MG}) (Tabla 5.32). En congruencia con los resultados arriba expresados los valores medios de ambos parámetros indican una mayor diversidad de la dieta en *N. coriiceps* y *N. rossii*.

Tabla 5.32. Diversidad de la dieta expresada por medio del número de taxos (P) y el índice de Diversidad de Margalef (D_{MG}) para cada una de las especies de juveniles tempranos de nototenoideos de Caleta Potter en cada temporada de estudio. NOR, *Notothenia rossii*; NOD, *Lepidonotothen nudifrons*; NOC, *Notothenia coriiceps*; TRN, *Trematomus newnesi*; HPF, *Harpagifer antarcticus*. 08-09=CAV 2008-2009, 09-10=CAV 2009-2010, 10-11=CAV 2010-2011, 11-12=CAV 2011-2012. DS=desvío estándar.

Especie	P (taxas)					Índice de Diversidad de Margalef (D_{MG})				
	08-09	09-10	10-11	11-12	Media±DS	08-09	09-10	10-11	11-12	Media±DS
NOR	31	27	30	12	25,00 ± 8,83	3,45	3,54	3,68	2,15	3,21 ± 0,71
NOD	9	13	7	-	9,67 ± 3,06	1,68	2,47	1,13	-	1,76 ± 0,67
NOC	23	29	14	31	24,25 ± 7,63	3,77	4,39	2,53	4,17	3,72 ± 0,83
TRN	10	23	15	6	13,50 ± 7,33	1,44	2,98	1,99	1,38	1,95 ± 0,74
HPF	-	6	13	11	10,00 ± 3,61	-	1,29	2,54	1,96	1,93 ± 0,63

Superposición de dieta

El porcentaje de superposición de presas entre las especies de peces para todas las temporadas estudiadas fue menor al 40% (Tabla 5.33). Los gammarideos *Gondogeneia* sp. y *Oradarea* sp. y los copépodos harpacticoideos fueron las presas con mayor reocurrencia (alimento principal y secundario). También fueron altamente reocurrentes algunos ítems alimenticios ocasionales como los gammarideos de la Familia Stenothoidae y las algas del género *Desmarestia* sp.

Tabla 5.33. Superposición de presas de la comunidad de peces juveniles tempranos de Caleta Potter en cuatro temporadas (CAV) consecutivas (Método de Tyler). Las reocurrencias son el número de especies de presas que co-ocurren entre las especies de peces. NOR: *Notothenia rossii*, NOD: *Lepidonotothen nudifrons*, NOC: *Notothenia coriiceps*, TRN: *Trematomus newnesi*, HPF: *Harpagifer antarcticus*. N° de reoc.=número de reocurrencia.

Ítem	CAV 08-09				N° de Reoc	CAV 09-10					N° de Reoc	CAV 10-11					N° de Reoc	CAV 11-12				N° de Reoc
	NOR	NOD	NOC	TRN		NOR	NOD	NOC	TRN	HPF		NOR	NOD	NOC	TRN	HPF		NOR	NOC	TRN	HPF	
Algae																						
<i>Adenocystis sp.</i>			+		0	+		+			1	+					0		+			0
<i>Palmaria sp.</i>	+	+	+		2	+		+			1	+		+			1		+			0
<i>Desmarestia antarctica</i>	+		+		1	+		+			1	+					0		+			0
<i>Phaerus antarcticus</i>	+				0	+			+		1	+					0					
<i>Desmarestia sp.</i>	+		+	+	2	+	+	+	+	+	4	+		+	+	+	3	+	+		+	2
<i>Georgiella confluens</i>	+				0	+	+	+			2				+		0					
<i>Plocamium sp.</i>	+				0	+		+			1								+			0
Indeterminado sp 1						+		+			1								+			0
Indeterminado sp 2																			+			0
Cl. Polychaeta	+				0	+	+	+	+		3	+		+			1	+	+			1
Cl. Polyplacophora								+			0											
Cl. Gastropoda																						
Fam. Rissoidae																						
<i>Onoba sp.</i>						+		+			1	+					0		+			0
Fam. Littorinidae																						
<i>Laevilitorina antarctica</i>	+		+		1	+		+			1	+		+			1		+			0
<i>Laevilitorina sp.</i>	+		+		1	+	+	+	+		3	+			+	+	2	+	+			1
Fam. Eatoniellidae																						
<i>Eatoniella sp.</i>	+		+		1			+			0								+			0
Fam. Nacellidae																						
<i>Nacella sp.</i>																			+			0
Indeterminado sp1			+		0			+			0										+	0
Indeterminado sp2			+		0																	

Tabla 5.33. Continuación.

Ítem	CAV 08-09				Nº de Reoc	CAV 09-10					Nº de Reoc	CAV 10-11					Nº de Reoc	CAV 11-12				Nº de Reoc
	NOR	NOD	NOC	TRN		NOR	NOD	NOC	TRN	HPF		NOR	NOD	NOC	TRN	HPF		NOR	NOC	TRN	HPF	
Cl. Bivalvia	+		+		1	+	+	+	+		3	+				0		+				0
Subcl. Copépoda																						
Or. Calanoida	+				0	+			+		1	+			+		1			+		0
Or. Harpacticoida	+	+	+	+	3	+	+	+	+	+	4	+	+	+	+	+	4	+	+	+	+	3
Cl. Ostrácoda	+	+	+	+	3	+		+	+		2	+	+	+	+	+	4		+		+	1
Or. Amphipoda																						
Subor. Gammaridea																						
Fam. Gammarellidae																						
<i>Gondogeneia antarctica</i>	+	+	+	+	3	+		+	+		2	+	+		+	+	3	+	+			1
<i>Gondogeneia sp.</i>	+	+	+	+	3	+	+	+	+	+	4	+	+	+	+	+	4	+	+	+	+	3
Fam. Eusiridae																						
<i>Oradarea sp.</i>	+	+	+	+	3	+	+	+	+	+	4	+	+	+	+	+	4	+	+	+	+	3
<i>Liouvillea sp.</i>	+				0																	
Fam. Lysianassidae																						
sp 1									+		0	+				+	1		+		+	1
sp 2							+	+			1				+		0		+			0
sp 3									+		0											
Fam. Phoxocephalidae	+				0				+		0	+			+		1		+		+	1
Fam. Stenothoidae	+	+	+	+	3	+	+	+	+	+	4	+	+	+	+	+	4	+	+		+	2
Fam. Oedicerotidae															+	+	1			+		0
Fam. Iphimediidae	+				0	+		+	+	+	3	+		+		+	2		+			0
Fam. Eophliantidae																						
<i>Bircenna sp.</i>						+	+		+		2	+					0	+	+			1
Fam. Ischyroceridae																						
<i>Jassa sp.</i>	+	+	+	+	3	+		+	+		2	+		+		+	2		+			0
Cf. Ampeliscidae	+				0																	

Tabla 5.33. Continuación.

Ítem	CAV 08-09				N° de Reoc	CAV 09-10					N° de Reoc	CAV 10-11					N° de Reoc	CAV 11-12				N° de Reoc
	NOR	NOD	NOC	TRN		NOR	NOD	NOC	TRN	HPF		NOR	NOD	NOC	TRN	HPF		NOR	NOC	TRN	HPF	
Subor. Hyperiidae																						
Fam. Vibiliidae																						
<i>Vibilea sp.</i>												+					0					
Indeterminado						+		+			1		+				0		+			0
Or. Isópoda																						
Fam. Gnathiidae																						
<i>Gnathia sp.</i>	+		+		1	+			+		1	+			+		1	+	+			1
Fam. Munnidae																						
<i>Munna sp.</i>	+		+	+	2	+	+	+	+		3	+		+		+	2		+	+	+	2
Fam. Plakarthriidae																						
<i>Plakarthrium sp.</i>	+		+		1	+		+			1	+					0	+	+			1
<i>Limnoria sp.</i>	+			+	1				+		0	+					0					
Fam. Sphaeromatidae																						
<i>Cymodocella</i>	+		+		1			+			0			+			0		+			
Fam. Serolidae																					+	
<i>Serolis</i>																						
Or. Sipuncúlida		+			0																	
Or. Tanaidacea	+		+		1		+	+	+		2							+				
Or. Euphausiacea																						
<i>Euphausia superba</i>	+				0				+		0	+			+		1					
Otolitos			+		0																	
Ascideas														+			0					
Huevos de Pez												+					0					
Total reocurrencias					37						60						43					24
Máximo posible					105						152						140					99
% de reocurrencias					35,24						39,47						30,71					24,24

- Índice de Linton o también llamado Índice “S” (Linton *et al.* 1981)

La superposición de dieta entre los pares de especies de peces calculado a partir del Índice “S” se muestran en la Tabla 5.34. La similitud entre la dieta del 90% de las especies fue menor al 58%. Los valores de superposición más altos encontrados corresponden a la última temporada de muestreo, campaña 2011-12, de entre 66 y 71%.

Tabla 5.34. Porcentaje de superposición de dieta calculado mediante el peso (Índice S) entre pares de especies de Caleta Potter en cada temporada de estudio. **a**, 2008-09; **b**, 2009-10; **c**, 2010-11 y **d**, 2011-12.

a	Especies	<i>L. nudifrons</i>	<i>N. coriiceps</i>	<i>T. newnesi</i>
	<i>N. rossii</i>	20,02	57,24	25,97
	<i>L. nudifrons</i>	—	21,84	33,94
	<i>N. coriiceps</i>	—	—	29,27

b	Especies	<i>L. nudifrons</i>	<i>N. coriiceps</i>	<i>T. newnesi</i>	<i>H. antarcticus</i>
	<i>N. rossii</i>	15,68	45,01	38,73	55,32
	<i>L. nudifrons</i>	—	20,2	21,31	20,92
	<i>N. coriiceps</i>	—	—	33,65	44,98
	<i>T. newnesi</i>	—	—	—	40,22

c	Especies	<i>L. nudifrons</i>	<i>N. coriiceps</i>	<i>T. newnesi</i>	<i>H. antarcticus</i>
	<i>N. rossii</i>	22,83	36,59	51,63	35,79
	<i>L. nudifrons</i>	—	23,44	11,34	31,87
	<i>N. coriiceps</i>	—	—	10,59	45,74
	<i>T. newnesi</i>	—	—	—	11,66

d	Especies	<i>N. coriiceps</i>	<i>T. newnesi</i>	<i>H. antarcticus</i>
	<i>N. rossii</i>	70,62	20,68	66,27
	<i>N. coriiceps</i>	—	20,70	65,94
	<i>T. newnesi</i>	—	—	33,97

Interacción predador-presa – Ejemplo del cormorán antártico

El análisis de los regurgitados de los cormoranes indicó que los peces fueron las presas más importantes en la dieta del cormorán, tanto en frecuencia de ocurrencia ($F\%=94$) como en número ($N\%=73$). En orden de importancia siguieron los poliquetos y los gasterópodos, mientras que el resto de los ítem presa identificados fueron de relevancia secundaria o despreciables. La presencia de piedras y algas en los regurgitados se considera ingesta accidental. La frecuencia de ocurrencia de todos los ítems representados se presenta en la Figura 5.15.

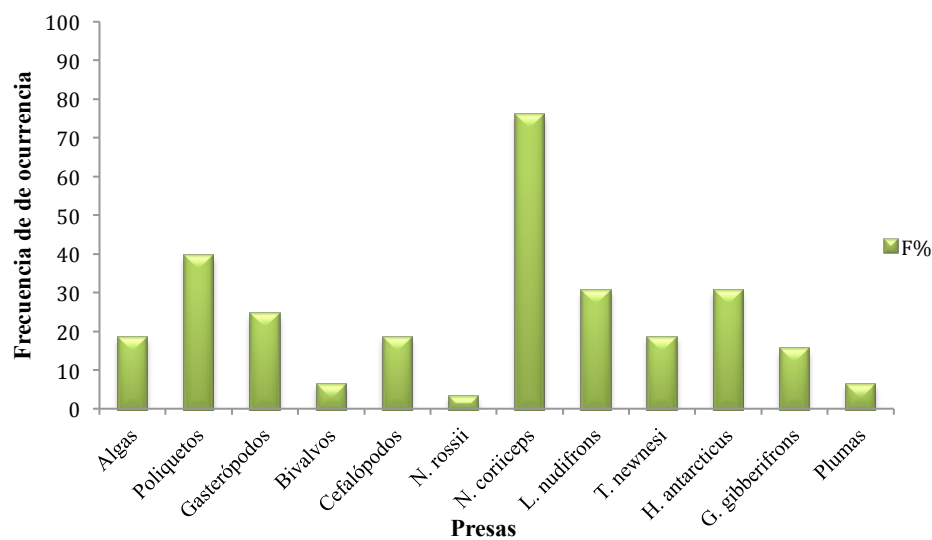


Figura 5.15. Frecuencia de ocurrencia de los ítems presa en la dieta de *Phalacrocorax bransfieldensis* en la temporada 2010-2011 en Punta Duthoit y Punta Armonía, Isla Nelson. F%=frecuencia de ocurrencia.

Se identificaron 293 pares de otolitos que pertenecieron a los nototenoideos demersales *Notothenia coriiceps*, *Harpagifer antarcticus*, *Lepidonotothen nudifrons*, *Trematomus newnesi*, *Gobionotothen gibberifrons* y *Notothenia rossii* (Tabla 5.35). Un total de 134 otolitos estuvieron rotos o no pudieron ser identificados.

Tabla 5.35. Comparación entre las especies de peces identificadas en regurgitados del cormorán antártico recolectados en la temporada 2010-2011 en las dos localidades de Isla Nelson. Frecuencia de ocurrencia (F%), número de otolitos (N), número porcentual (N%).

Especie	F%	N	N%
<i>N. coriiceps</i>	75,76	95	23,35
<i>H. antarcticus</i>	30,30	122	30,22
<i>L. nudifrons</i>	30,30	47	11,55
<i>T. newnesi</i>	18,18	15	3,69
<i>G. gibberifrons</i>	15,15	13	3,19
<i>N. rossii</i>	3,03	1	0,25

Al considerar los parámetros de F% y N% en conjunto, tanto *N. coriiceps* como *H. antarcticus* fueron las especies más importante en la dieta, seguida por *L. nudifrons* y *T. newnesi*; mientras que *G. gibberifrons* y *N. rossii* fueron las especies menos representadas.

La estimación de los rangos de talla de los peces representados en los regurgitados aquí analizados se presenta en la Tabla 5.36.

Tabla 5.36. Tamaño de los peces ingeridos por el cormorán antártico en tres meses consecutivos en la temporada 2010-2011 en las cercanías de Caleta Potter.

Fecha / N° de pellets	Nov 2010 / N=3		Dic 2010 / N=15		Enero 2011 / N=15	
Localidad	Duthoit		Armonía		Armonía	
Especie	N otolitos	Rango tallas (cm)	N otolitos	Rango tallas (cm)	N otolitos	Rango tallas (cm)
<i>N. rossii</i>	-	-	-	-	1	27,1
<i>N. coriiceps</i>	5	13,5 – 25,2	26	7,4 – 25,1	64	1,5 – 31,3
<i>L. nudifrons</i>	2	5,2 – 9,1	31	5,5 – 14,3	14	5,7 – 12,5
<i>H. antarcticus</i>	-	-	66	5,2 – 7,3	56	5,4 – 8,7
<i>T. newnesi</i>			10	7,0 – 10,8	5	5,7 – 11,9
<i>G. gibberifrons</i>			7	4,5 – 8,9	6	3,7 – 8,8

Se observó que en los regurgitados recolectados en Punta Duthoit no estuvieron representadas todas las especies que se identificaron en los regurgitados de Punta Armonía, independientemente de la temporada de muestreo. Sin embargo, esto puede deberse al bajo número de pellets recolectados en Punta Duthoit.

5.3 DISCUSIÓN

Índice de vacuidad y Cociente de repleción estomacal (CRE)

Durante todo el período de muestreo se observó en todas las especies una baja proporción de estómagos vacíos lo cuál indicó una ininterrumpida actividad alimenticia, una alta disponibilidad de presas o bien, que su evacuación gástrica es relativamente lenta en relación a su continua ingesta. Índices de vacuidad (Iv) del 0% también fueron comunes en todas las temporadas pero no siempre en las mismas especies. Asimismo, la mayoría de los estómagos de los peces juveniles analizados se clasificaron con un ER de 3 y 4 (> 57%), en los cuales el estado de digestión de los mismos fue bajo (ED 0-1 > 80%), pudiéndose identificar en su mayoría los ítems alimenticios que conformaron los espectros tróficos de las cinco especies. Sólo en *H. antarcticus* y en algunas temporadas, el proceso de digestión fue avanzado. Al evaluar la relación entre el Iv y el cociente de repleción estomacal (CRE), se evidenció que no existió una relación directa entre ambos parámetros. El CRE indicó que hubo una mayor actividad alimentaria en la CAV 2010-2011. Si bien hubo años donde se observó una mayor cantidad de estómagos vacíos en relación con una menor intensidad de alimentación, esto no fue congruente para todas las especies y temporadas.

Caracterización de las dietas - largo intestinal y ciegos pilóricos

Los anfípodos bentónico-demersales del suborden Gammaridea fueron las presas más importantes y frecuentes para todas las especies de peces en todas las temporadas, constituyendo el alimento principal, siendo los géneros *Gondogeneia* y *Oradarea* los más abundantes. En la dieta de *N. coriiceps* la presencia de algas, gasterópodos (principalmente la especie *Laevitorina antarctica*) e isópodos (representados en su mayoría por los géneros *Cymodocella*, *Munna* y *Plakarthrium*) fueron importantes, siendo alimento principal o secundario según la temporada. Otros taxa como poliquetos, copépodos, ostrácodos, quitones, bivalvos, tanaidáceos, peces (presencia de otolitos) y ascideas, también formaron parte del espectro trófico de esta especie. *Notothenia rossii* predó mayoritariamente sobre los anfípodos bentónicos de los géneros mencionados y además sobre el género *Vibilea* (anfípodos hipéridos); las algas, los gasterópodos y el krill constituyeron alimento principal o secundario. Otros grupos taxonómicos identificados en los estómagos fueron isópodos, poliquetos, ostrácodos, copépodos harpacticoideos y calanoideos, bivalvos, tanaidáceos y peces (huevos). *Lepidonotothen nudifrons* tuvo como alimento principal a los anfípodos gammarideos; el resto de los grupos que

conformaron su dieta fueron de menor importancia, siendo alimento ocasional o accidental (algas, poliquetos, gasterópodos, bivalvos, ostrácodos, copépodos calanoideos, isópodos, tanaidáceos y sipuncúlidos). *Trematomus newnesi* exhibió una dieta menos variada, dónde dependiendo del período de muestreo los anfípodos fueron alimento principal, el krill alimento principal, secundario o ausente y los copépodos calanoideos alimento secundario, accesorio o ausente. Por último, en *H. antarcticus* la dieta fue más acotada siendo los anfípodos gammarideos las únicas presas importantes.

Es importante destacar que el Método de Hureau o coeficiente alimentario “Q” tiende a subestimar la cantidad de algas ingeridas por cada individuo al considerar únicamente presencia o ausencia en cada estómago, independientemente del número y cantidad de especies identificadas en los mismos. De esta manera, aunque muchas veces las algas ocupan un gran volumen del total del contenido estomacal, la importancia en número y las diferentes especies presentes en cada estómago son subestimadas si se tiene en consideración sólo este índice. En esta tesis se trató de minimizar ese error calculando además el Ítem Principal del Alimento (MFI%) el cual, como se mencionó previamente, enfatiza el peso de las presas. El MFI% puso en evidencia esta situación, demostrando que en ciertas ocasiones las algas fueron ítems principales en las dietas de algunas de estas especies. Algunos géneros de algas como *Desmarestia* y *Palmaria* fueron ítems alimentarios principales de las especies *N. rossii* y *N. coriiceps*, como se evidencia en su frecuencia de ocurrencia (F%=25-87). Estos resultados coinciden con los reportados en Iken *et al.* (1997) para individuos adultos y juveniles avanzados de la especie *N. coriiceps*, donde 2 de las 3 algas más frecuentes en su dieta fueron el alga roja *Palmaria* sp. y las algas marrones del género *Desmarestia*. Sin embargo, se ha discutido largamente sobre si las algas eran consumidas por los peces a propósito o si eran ingeridas accidentalmente al predar sobre otras presas (Showers *et al.* 1977, Moreno y Zamorano 1980, Burchett 1982, Daniels 1982).

En la década de 1990, Casaux *et al.* (1990) demostraron que no existe una correlación entre la cantidad de anfípodos consumidos y la presencia de algas encontradas en los contenidos estomacales de los estadios adultos y juveniles avanzados de peces, concluyendo que la ingestión es deliberada; y posteriormente Iken *et al.* (1997) demostraron que las algas son incluso seleccionadas activamente por los peces.

Se ha indicado que, en general, los peces pueden asimilar entre el 20% (Montgomery y Gerking 1980) y el 90% (Horn 1989) de las algas ingeridas. En cuanto a los peces antárticos, Targett y Radke (1984) registraron el Ph gástrico e intestinal de varias especies de nototenoideos, entre las cuales se encuentran algunas de las especies incluidas en este estudio: *L. nudifrons*,

N. coriiceps y *T. newnesi*; y demostraron que era adecuado para romper las paredes de las células vegetales haciendo asequible este material para su posterior asimilación y nutrición.

El largo intestinal de un vertebrado condice con la naturaleza de su dieta. Los peces que poseen una mayor longitud de largo intestinal tienen mayor capacidad para digerir algas (Ojeda 1986, Eastman y DeVries 1997). Al comparar el largo intestinal de las especies analizadas se evidencia que *N. rossii*, *N. coriiceps* y *T. bernacchii* poseen un largo intestinal relativo significativamente mayor, presentando valores superiores a 70%, mientras que para el resto de las especies éstos fueron inferiores a 52%. Al cotejar estos resultados con el espectro trófico de las especies mencionadas, se evidencia que tanto *N. rossii* como *N. coriiceps* tienen a las algas como alimento principal o secundario, por lo que son indefectiblemente especies omnívoras. Los valores de las medias de los largos intestinales relativos de las diferentes especies revelan que existe una baja variabilidad intraespecífica. En un intestino relativamente más largo se aumenta la superficie de absorción y se retiene el alimento por un período de tiempo mayor. Las especies que son estrictamente herbívoras poseen intestinos de una longitud considerablemente mayor, con medidas que superan en más de 200 veces la longitud del individuo (Kapoor *et al.* 1975, Bond 1979). Por otra parte, las especies que se alimentan en fondos de lodo (iliófagas), no representadas en este estudio, poseen un intestino de largo intermedio entre las herbívoras y las estrictamente carnívoras (Jacobshagen 1913).

Los nototenoideos son un grupo monofilético, donde los clados más derivados poseen menor cantidad de ciegos pilóricos (Eastman 1993). A pesar de que algunas de las especies estudiadas son ecológicamente diferentes, entre ellas se observan sólo pequeñas variaciones en las estructuras anatómicas que constituyen el aparato digestivo. La variación más conspicua y evidente se da en el número de ciegos pilóricos. En concordancia con resultados de otros autores (Ojeda 1986, Eastman y DeVries 1997) se observó que en algunas especies no existe variabilidad intraespecífica en el número de ciegos pilóricos, por ejemplo en *H. antarcticus*; mientras que en otras como *N. rossii*, *N. coriiceps*, *L. nudifrons* y *T. newnesi* sí existen esas diferencias. En la Tabla 5.37 se muestran los datos comparativos de los parámetros del tracto digestivo analizados en esta tesis, y los obtenidos por Ojeda (1986) y Eastman y DeVries (1997).

Tabla 5.37. Número de ciegos pilóricos y valores del largo intestinal relativo de nototenoideos investigados en Ojeda (1986), Eastman y DeVries (1997) y este trabajo. N=número de individuos examinados. NOD, *Lepidonotothen nudifrons*; NOC, *Notothenia coriiceps*; TRN, *Trematomus newnesi*; TBE, *Trematomus bernacchii*.

Ojeda (1986)				Eastman y DeVries (1997)				Este estudio			
Especie	N	N° de ciegos		(LI/LST)*100 ± 2 SE	N	N° de ciegos pilóricos		N	N° de ciegos pilóricos		(LI/LST)*100 ± 2 SE
		Media	Rango			Media	Rango		Media±DE	Rango	
NOD	10		6-7	39,5% ± 0,3	17	6,00	5-7	77 - 66	6,00± 0,66	5-7	43,22% ± 7,85
NOC	-	-	-	-	2	7	6-8	83	6,00±0,47	5-7	70,34%± 12,47
TRN	4		7	38,0% ± 0,1	25	6,6	5-8	174-160	6,79±0,55	5-8	50,04% ±9,11
TBE	-	-	-	-	36	7,6	6-9	27	7±0,83	6-9	71,80%±14,80

En la mayoría de los perciformes, el número de ciegos pilóricos de cada especie se define en un momento muy temprano de la vida larval, por lo que se considera que no existe variación ontogenética (Hossain y Dutta 1988). Los resultados aquí expuestos concuerdan parcialmente con los resultados obtenidos por Ojeda (1986) para individuos juveniles y adultos (*L. nudifrons*, Lst Media ± DE: 9,1 ± 2,2; *T. newnesi*, Lst Media ± DE: 13,1 ± 2,0) y por Eastman y DeVries (1997) para individuos adultos. Las medias y el rango del número de ciegos pilóricos coinciden para *L. nudifrons*, *T. newnesi* y *T. bernacchii*, pero no para *N. coriiceps*, posiblemente debido a la poca cantidad de muestras de esta especie analizadas por esos autores (N=2). Para los casos de *N. rossii* y *H. antarcticus* no se dispone de resultados en la literatura para comparar. La función que cumplen estas estructuras en el proceso de digestión es incierta, se considera que a mayor número de ciegos pilóricos mayor es la superficie de absorción del intestino, pero esta teoría no se pudo confirmar con los resultados aquí expuestos ya que las especies más omnívoras no mostraron diferencias significativas con aquellas que no tienen a las algas como alimento principal o secundario.

En base a la información integral de este estudio con respecto a la presencia de algas en los estómagos, a las estructuras involucradas en su absorción y a la información de la literatura sobre las mismas especies de peces en la región en sus estadíos adultos y juveniles avanzados, se confirma que la ingestión de algas por los nototenoideos desde sus estadíos juveniles tempranos es deliberada y que algunas especies son omnívoras.

Variaciones en la dieta

Se comprobó que todas las especies presentaron diferencias significativas en la dieta entre las temporadas de muestreo. Sólo en las especies *N. rossii* y *T. newnesi* se evidenciaron cambios ontogenéticos en sus dietas.

Como se mencionó anteriormente, la dieta de una especie puede variar por una conjunción de factores tales como la disponibilidad de las presas en un gradiente de profundidad, la disponibilidad estacional de las mismas y la capacidad mecánica diferencial para ingerir presas durante la ontogenia. En general, la distribución con la profundidad de cada una de las especies de peces se mantuvo constante en todas las temporadas. Además, es probable que este no haya sido un factor de cambio en la dieta ya que los estadios juveniles tempranos de los nototenoideos aquí estudiados comparten un hábitat común de 3 a 36 m, donde el sustrato está caracterizado por un fondo rocoso con algas arraigadas que alberga la misma fauna bentónica marina ya descripta. En referencia a la estacionalidad, estudios previos han descripto que en Caleta Potter la fauna asociada a la cama de macroalgas se encuentra asequible durante todo el año, mientras que presas pelágicas como el krill ocurren solamente en la primavera-verano (Casaux *et al.* 1990). En cuanto a la capacidad mecánica de ingerir las presas, los estadios juveniles tempranos de estos peces podrían consumir los estadios juveniles de krill (< 35 mm, de acuerdo con el protocolo estandarizado de la CCRVMA), por lo que la disponibilidad de los mismos traería aparejada diferencias entre las temporadas. Cabe aclarar, que cuando el krill penetra en aguas someras como las de Caleta Potter, menores a los 200 m de profundidad máxima, su distribución vertical puede alcanzar el lecho marino (Everson 1977, Takahashi e Iwami 1997, Eastman y Barrera Oro 2010, entre otros). De esta manera, cualquier predador bentónico-demersal podría alimentarse de krill en o cerca del fondo sin desplazarse significativamente en la columna de agua. Si bien es necesario un estudio detallado de la dinámica poblacional del krill en el área de estudio, Juárez (2013) reportó un decaimiento de la abundancia del krill desde el año 2007, reflejado en los contenidos estomacales de los pingüinos pigoscélidos que reproducen en cercanías de Caleta Potter. Durante la temporada 2008-2009 y 2009-2010, en base a los contenidos estomacales del pingüino Adelia, se evidenció una baja presencia de krill juvenil < 35 mm; sin embargo, ésta aumentó en las dos temporadas siguientes (*i.e.* CAV 2010-2011 y 2011-2012). Un incremento de la porción juvenil de krill en la dieta del pingüino Adelia puede reflejar un nuevo reclutamiento (Fraser y Hofmann 2003, Miller y Trivelpiece 2007), es decir, el inicio de una nueva cohorte principalmente evidenciada en la distribución de tallas de krill.

Sólo en las especies que presentaron variaciones ontogenéticas puede influir que las tallas no hayan sido uniformes en todas las campañas, por lo que en las especies *L. nudifrons*, *N.*

coriiceps y *H. antarcticus* este factor no influiría en la diferenciación entre temporadas y la disponibilidad de presas sería el elemento determinante de sus dietas. En estas especies, las diferencias entre las temporadas se debieron a frecuencias disímiles de ocurrencia de ciertos ítems presa. En cambio en *N. rossii*, el consumo de algas y el krill aumentó en importancia en el grupo de tallas mayores; mientras que en *T. newnesi*, el krill fue consumido en igual proporción por ambos grupos de tallas. En *N. rossii* las tallas estuvieron homogéneamente representadas en la mayoría de las temporadas, por lo que la presencia de tallas más grandes no explicaría la diferenciación en las dietas de los individuos de la temporada 2010-2011, la cual estaría justificada por la mayor disponibilidad de krill juvenil durante esa temporada. Una situación similar ocurre con *T. newnesi*, donde más allá de la distribución de tallas en cada temporada, las diferencias se debieron a una mayor presencia de krill en los estómagos durante la CAV 2010-2011.

Al comparar las dietas de los nototenoideos de Caleta Potter entre las tallas pequeñas de los juveniles tempranos de este estudio y las tallas más grandes de los adultos y juveniles avanzados previamente investigadas por Barrera Oro y Casaux (1990, 1998) y por Casaux *et al.* (1990), se evidencia que existen ciertas diferencias entre los taxones que consumen los estadíos adultos y los juveniles tempranos. Los anfípodos gammarideos constituyen el ítem alimenticio principal en todas las especies y tallas de peces. Las presas pequeñas, como copépodos y gasterópodos, fueron alimento principal y secundario de los peces más chicos de algunas especies (juveniles tempranos, este estudio), pero no fueron consumidos por los peces más grandes (juveniles avanzados y adultos, estudios previos). Contrariamente, presas de mayor tamaño como krill (LT~ 5 cm) y peces son ítems presa principales en la dieta de los estadíos adultos y juveniles avanzados de la mayoría de las especies aquí consideradas, mientras que los resultados de este estudio evidencian que éstos ítems presa estuvieron ausentes o fueron insignificantes en los estómagos de los estadíos juveniles tempranos de los peces para la mayoría de las temporadas analizadas. Considerando puntualmente el área de Caleta Potter, en cuanto a *H. antarcticus*, se evidenció que no existen cambios substanciales 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, como se mencionó anteriormente, es una especie de pequeño tamaño y la diferencia de tallas entre los estadíos juveniles tempranos (esta tesis) y los estadíos adultos y juveniles avanzados (Casaux 1998) es muy estrecha. A diferencia de lo que se observó en adultos y juveniles avanzados de *N. coriiceps* (Casaux *et al.* 1990, Barrera Oro y Casaux 2008), los individuos juveniles tempranos analizados en este trabajo no realizaron migraciones verticales en la columna de agua con el fin de alimentarse de presas pelágicas. Sólo los estadíos juveniles tempranos de las especies *T. newnesi* y *N. rossii* evidenciaron en su dieta posibles migraciones verticales. *Trematomus newnesi* en las temporadas 2009-2010, 2010-2011 y

2011-2012 predó secundariamente sobre copépodos calanoideos. En todas las campañas, *N. rossi* consumió copépodos calanoideos en cantidades despreciables. En la temporada 2010-2011 el krill fue alimento principal para *T. newnesi* y *N. rossii*, mientras que en el resto de las temporadas el consumo de krill por parte de estas dos especies fue despreciable o incluso nulo. Esto último puede deberse a la combinación de dos factores: 1) la presencia de krill juvenil en la caleta fue mayor en esa campaña; 2) al igual que en su estadio adulto (Casaux *et al.* 1990), los juveniles tempranos de *N. rossii* y *T. newnesi* predan más sobre el krill que el resto de los nototenoideos.

Amplitud del nicho trófico y diversidad de la dieta

En cuanto a la amplitud del nicho trófico se calcularon dos índices, el índice de Shanon el cual provee relativamente mayor peso a los ítem presa raros que conforman el espectro trófico de las especies, y el índice de Levins estandarizado el cual le da más peso a la abundancia del recurso. Por esta razón, Krebs 1999 sugiere que el índice de Levins es más apropiado para hacer comparaciones interespecíficas y el índice de Shanon sería el adecuado para calcular la amplitud del nicho de cada especie. Los valores medios calculados de ambos índices sugieren la misma tendencia, en la cual las especies *N. rossii* y *N. coriiceps* poseen los nichos más amplios, mientras que las especies *L. nudifrons* y *H. antarcticus* son más “especialistas”. Los valores del índice de Levins estuvieron por debajo de los 0,5, lo cual quiere decir que a pesar de alimentarse de una gran variedad de recursos, hay algunos ítems presa que consumen en mayor cantidad que otros. Los valores medios de la diversidad de la dieta expresada por medio del número de taxos P y el Índice de diversidad de Margalef (D_{MG}) mostraron la misma tendencia, que indica una mayor diversidad de la dieta en *N. coriiceps* y *N. rossii* y otra menor en el resto de las especies.

Superposición de dieta

El grado de superposición de dieta entre las especies juveniles de peces que habitan Caleta Potter fue en la mayoría de las temporadas bajo (< 40%, método de Tyler) siendo los gammarideos, los copépodos harpacticoideos y el género de alga *Desmarestia* sp. las presas más importantes. Similarmente, la comparación de presas ingeridas al menor nivel taxonómico posible entre pares de especies de peces fue en general bajo (< 58%, índice S) y sólo se encontraron valores ligeramente altos en la campaña 2011-12, siendo el mayor entre *N. rossii* y *N. coriiceps* (71%). No obstante, ese valor pudo haber sido influenciado por el bajo número de individuos de *N. rossii* analizados (N=8) en esa temporada. Cabe recordar que los anfípodos

gammarideos son presas accesible en la caleta a lo largo de todo el año, a diferencia del krill, que penetra en aguas neríticas principalmente en los meses de primavera-verano (Casaux *et al.* 1990). Esta condición de “acceso ilimitado a las presas” (gammarideos) contribuye a mitigar la potencial competencia interespecífica por el alimento, situación que para los nototenoideos juveniles de Caleta Potter se mantendría a lo largo del año. Al comparar los resultados de superposición de dieta de la comunidad de los estadios juveniles tempranos de Caleta Potter obtenidos en este trabajo con los de estudios previamente realizados en adultos y juveniles avanzados de la misma área (en Barrera Oro 2003), se observa similitud en cuanto a bajos niveles de superposición. El estudio de Barrera Oro (2003) indica que los valores de reocurrencia (método de Tyler) de las presas principales y secundarias fueron de un 33% durante los meses de verano y un 37% para el resto del año. El índice S calculado para la mayoría de los pares de especies fue menor al 50%, sólo evidenciándose una mayor superposición de la dieta (87%) entre las especies *T. newnesi* y *H. antarcticus*. La baja superposición entre los estadios adultos y juveniles avanzados previamente estudiados, fue justificada por (a) la partición de recursos entre las especies generalistas y especialistas a lo largo del gradiente de profundidad; (b) la utilización diferencial de los diferentes ítems alimenticios al consumir diferentes especies de presas, concluyendo que no existe una competencia interespecífica significativa entre estos estadios adultos y juveniles avanzados de peces que habitan Caleta Potter. Se han encontrado resultados similares en estudios de comunidades de peces en otros ecosistemas antárticos (Targett 1981, Daniels 1982, Schwarzbach 1988, Gon y Mostert 1992, Vacchi *et al.* 1994, La Mesa *et al.* 1997) y árticos (Tyler 1972, Arntz 1980, Atkinson y Percy 1992, Klemetsen 1993, Murie 1995, Hoeines y Bergstad 2002, entre otros); donde se evidencia que existe una baja competencia por el alimento como consecuencia de bajos valores de superposición de dietas, en general, indicados como menores al 50%.

Interacción predador-presa

Como ejemplo de la relación de los estadios juveniles tempranos de los nototenoideos aquí estudiados con sus predadores tope, se tomó el caso del cormorán antártico. Los resultados del análisis de pellets de cormoranes correspondientes a la campaña 2010-2011, tanto en Punta Armonía como en Punta Duthoit, concuerdan en gran medida con la información ya publicada para diferentes colonias del área y para las mismas colonias en temporadas anteriores (compilados en Casaux y Barrera Oro 2006).

Durante la temporada de muestreo se evidenció una escasa presencia de las especies que sufrieron episodios de sobrepesca, *G. gibberifrons* y *N. rossii*, no obstante sus frecuencias de ocurrencia se mantuvieron más o menos constante desde el comienzo del monitoreo de las poblaciones de peces por medio del análisis de pellets de cormoranes (Casaux y Barrera Oro 1996, Casaux 2003). Además, se evidenció que tanto la frecuencia de ocurrencia (F%) como el número porcentual (N%) de la especie *G. gibberifrons* fueron mayores a los de *N. rossii*. Asimismo, como resultado de la disminución en la abundancia de *N. rossii* y *G. gibberifrons*, que son de tallas y contenido energético similar a *N. coriiceps* (Márquez *et al.* 1996) y mayores que la de los otros nototenoideos presa del cormorán como las especies de *Trematomus* sp. y *Lepidonotothen* sp., estas aves concentraron su presión de predación sobre *N. coriiceps* y *H. antarcticus*. Las tallas de los peces consumidos por el cormorán, estimadas de los otolitos encontrados en los regurgitados, evidencian que hay una alta intensidad de predación sobre los estadios juveniles de las especies demersales costeras analizadas en esta tesis, incluyendo las de mayor y menor tamaño. Dentro de las especies que alcanzan mayor talla, *N. coriiceps* y *N. rossii* estuvieron representadas en el rango de 1,5 a 31,3 cm, que abarca individuos que no han alcanzado todavía la madurez sexual. La presencia de tallas tan pequeñas de *N. coriiceps* se debe en parte a la metodología empleada para estimar las tallas de los peces consumidos, en general éstas regresiones son robustas en el centro de la distribución pero no en los extremos; así como también se debe a la distribución espacial propia de la especie, ya que los estadios post-larvales de *N. coriiceps* son abundantes en las zonas intermareales, donde los cormoranes suelen acicalarse (Casaux *et al.* 2008). El bajo consumo de estadios adultos de *N. rossii* y *N. coriiceps* se debe parcialmente a que los reproductores se encuentran al límite de su capacidad mecánica de captura y transporte. De las especies de peces más chicas, *L. nudifrons*, *T. newnesi* y *H. antarcticus*, los cormoranes también consumieron individuos inmaduros cuyas tallas correspondieron a valores de entre 5,2 a 14,3 cm de LT.

Mientras que *N. coriiceps* es una especie con una alta fidelidad al sitio, y por lo tanto especialmente vulnerable a la presión de predación (hecho confirmado experimentalmente en el campo, Casaux y Barrera Oro 2002), *H. antarcticus* tiene un tamaño pequeño y vive protegida bajo las rocas. En estudios previos (Casaux y Barrera Oro 2006, Casaux 2013), se ha constatado que la reducción en la abundancia de *N. coriiceps* debido al forrajeo intenso de los cormoranes a lo largo de la estación de apareamiento en aguas costeras cercanas a la colonia y el mayor esfuerzo requerido para capturar *H. antarcticus* ha resultado en una disminución en la eficiencia de predación de estas aves, con los consecuentes efectos negativos en su éxito reproductivo. Además, Casaux y Barrera Oro (2006) demostraron que los cormoranes antárticos minimizan la competencia intraespecífica empleando varias estrategias de alimentación de acuerdo a su sexo

y realizan viajes de forrajeo a distintas profundidades, que les permite explotar diferentes recursos dando lugar a una segregación espacial.

En aguas costeras del ecosistema marino antártico el cormorán ocupa el nicho ecológico del principal predador de peces demersales/nototenoideos (no en términos de biomasa), desempeñando un rol esencial en la regulación de las poblaciones de especies que poseen una alta fidelidad al sitio que habitan (Schlatter y Moreno 1976, Shaw 1984, Casaux *et al.* 1997 b, 2002). La información aquí obtenida indica que los nototenoideos juveniles de este estudio, tanto en su fase temprana como en la avanzada, constituyen eslabones importantes en la trama trófica del cormorán antártico.

Rol ecológico de los juveniles tempranos en la trama trófica de Caleta Potter

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 (Fig. 5.16). Los estadíos juveniles tempranos de las especies de peces analizadas en esta tesis son bentófagos demersales y ocupan el nivel trófico de consumidores secundarios; predan principalmente sobre anfipodos gammarideos y otros invertebrados bentónicos asociados a la cama de macroalgas; cazan a sus presas (excepto a las algas) y poseen diferentes intensidades en el comportamiento de pastoreo; al ser generalistas, poseerían una mayor plasticidad trófica y en consecuencia, mayor capacidad de resiliencia. Aunque no son especies claves dentro del ecosistema marino antártico en su conjunto, en aguas costeras constituyen una fuente de alimento importante para aves buceadoras como el cormorán antártico *Phalacrocorax bransfieldensis* y el pingüino papúa *Pygoscelis papua* (Barrera Oro 2002, Casaux y Barrera Oro 2006, Juárez 2013) y son predados al menos parcialmente por 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* (recopilado en Barrera Oro 2002).

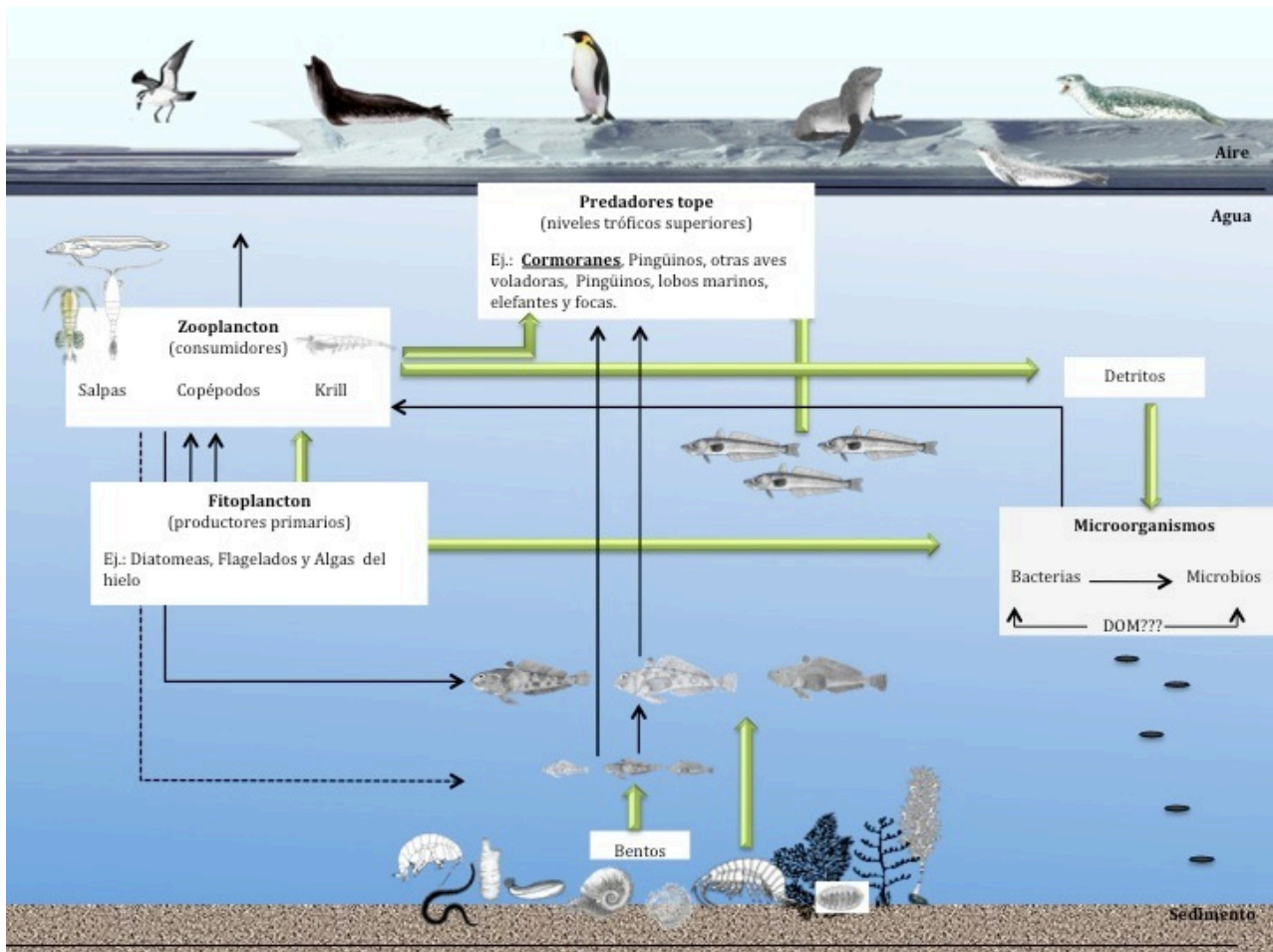


Figura 5.16. Diagrama conceptual de Caleta Potter mostrando las relaciones en las cuales están involucrados los estadios juveniles tempranos de los nototenoideos aquí estudiados.

En una comunidad íctica el estudio de la ecología trófica de cada una de las especies en sus estadios tempranos es importante para comprender las interacciones interespecíficas entre sus pares juveniles como intraespecíficas con sus estadios adultos. Los resultados generales de la composición de la dieta y ecología trófica de los estadios juveniles tempranos de nototenoideos de Caleta Potter que se obtuvieron en esta tesis complementan la información ya aportada en la literatura sobre los adultos y juveniles tardíos de las mismas especies en el área (Casaux *et al.* 1990, Casaux 1998, Barrera Oro y Casaux 2008). Si bien hasta el presente no se han realizado en Antártida estudios de superposición de dieta y competencia en comunidades ícticas de los estadios inmaduros de peces para su eventual comparación, los resultados obtenidos en esta tesis a partir de las muestras de Caleta Potter podrían ser representativos de los niveles de superposición de dieta y potencial competencia entre estos estadios juveniles tempranos de otras comunidades de peces costeros antárticos.

CAPÍTULO 6

Conclusiones finales



Los resultados de esta tesis aportan conocimientos nuevos sobre algunos aspectos de la biología de los estadios juveniles tempranos de los nototenoideos antárticos que habitan aguas costeras del área de las Islas Shetland del Sur tales como Caleta Potter. El análisis de los datos de edad (composición etaria), de los morfométricos de largo y peso y de maduración gonadal confirman que los peces de este estudio corresponden a ejemplares juveniles tempranos de cada una de las especies, caracterizando a esta fracción de la comunidad íctica de Caleta Potter.

A partir del estudio de ecología trófica de los estadios juveniles tempranos de estos nototenoideos se concluyen las siguientes premisas:

- En el período de muestreo hubo una alta disponibilidad de alimento y el estado de digestión de los contenidos estomacales de todas las especies fue en general bajo.
- Son especies demersales de hábitos bentófagos generalistas ubicados en la trama trófica de Caleta Potter como consumidores secundarios.
- El comportamiento alimentario predominante fue el de cazador al acecho y además, en las especies *Notothenia rossii* y *Notothenia coriiceps*, el de pastoreo.
- El alimento principal de todas las especies en todas las temporadas fueron los anfípodos gammarideos.
- Las especies *N. rossii*, *N. coriiceps* y *Trematomus bernacchii* poseen un largo intestinal relativo significativamente mayor que el resto de los nototenoideos.
- Las especies *N. rossii* y *N. coriiceps* poseen los nichos tróficos más amplios y consumen algas como alimento principal o secundario, siendo indefectiblemente omnívoras.
- Existieron diferencias significativas interanuales en la dieta de todas las especies pero sólo en *N. rossii* y *Trematomus newnesi* hubieron variaciones entre los grupos de tallas en la ontogenia.
- La baja superposición de dieta entre las cinco especies de este estudio evidenció una baja competencia por el alimento.
- Las tallas de los peces estimadas de los otolitos encontrados en los regurgitados del cormorán antártico *Phalacrocorax bransfieldensis* evidencian que hay una fuerte predación sobre los estadios juveniles de los nototenoideos.

Aunque en Caleta Potter, los nototenoideos juveniles de este estudio co-ocurren en un rango de profundidad común (3-36 m), la separación de los nichos tróficos estaría determinada por cierta preponderancia diferencial de las especies en su distribución espacial dentro de ese rango y por las diferencias a nivel específico de los ítems presa que consumen. Factores como la estacionalidad y los períodos de luz, al menos en los meses de primavera-verano, parecerían no ser importantes en los estadíos juveniles tempranos que dependen principalmente del bentos marino, donde las presas pelágicas se encuentran prácticamente ausentes en la dieta de estas especies.

El uso diferencial de los recursos biológicos y físicos, como la profundidad y el área que explotan dentro de la columna de agua para su alimentación, es la principal diferencia intraespecífica entre los estadíos juveniles tempranos (esta tesis) y los adultos (estudios previos), para evitar que la competencia por el alimento sea alta. La mayoría de los adultos de las especies de nototenoideos tienen la capacidad de migrar en la columna de agua, de manera que en aguas costeras todos aprovechan la ocurrencia de krill durante el período estival; sin embargo, los estadíos juveniles tempranos de peces aquí analizados no presentaron evidencias de ese desplazamiento ya que en sus estómagos la presencia de cualquier presa pelágica no fue siempre importante, incluso en la mayoría de las temporadas fue escasa o insignificante.

A partir del progreso de las investigaciones en diversas áreas dentro del ecosistema Antártico, se sabe que el modelo de consumidores de krill es mucho más complejo de lo que inicialmente se pensaba. Estudios como el presente, enfocado en los estadíos juveniles tempranos de nototenoideos costeros, se generan por la necesidad de comprender el rol de los peces en el ecosistema de manera integral, que incluyan todas las fases de su ciclo de vida.

Como se ha mencionado, los resultados aquí obtenidos proveen información nueva sobre la historia de vida de estas especies y podrán ser útiles para evaluar posibles cambios en la estructuras de sus poblaciones. Es de esperar que la información de esta tesis contribuya al objetivo de conservación y explotación racional de los recursos pesqueros. El tema “Impacto de la pesca comercial” se aplica en el ámbito de la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA), enmarcándose entre los temas prioritarios de la Política Antártica Argentina. Desde el establecimiento de la CCRVMA en el año 1982, se han adoptado medidas de conservación en un intento de promover la recuperación de las especies que han sido sobreexplotadas en el sector atlántico antártico, incluyendo las Islas Shetland, y en varias otras regiones antárticas. Ante la posibilidad de una reapertura de la pesca comercial en la Subárea estadística 48.1 (Islas Shetland del Sur y Península Antártica), cabe mencionar que este estudio, junto con otros que se realizan ininterrumpidamente desde hace más de 20 años en el marco del proyecto institucional de Ictiología del Instituto Antártico Argentino, aporta

información sobre las variaciones de abundancia y estructura de tallas de las especies cuyo tiempo de recuperación se desconoce (*e.g.* *N. rossii* y *Gobionotothen gibberifrons*), y de otras que son potencialmente explotables (*e.g.* *N. coriiceps*). Investigaciones de ésta índole podrán ser de utilidad para profundizar los conocimientos sobre el status de las poblaciones de peces y desarrollar estrategias de manejo para preservar las áreas de cría y crecimiento de peces juveniles a fin de asegurar una explotación sustentable del recurso.

La predación es la mayor causa de muerte natural de los peces. Éste fenómeno es uno de los factores por el cual las poblaciones que fueron diezgadas luego de la explotación comercial no se han podido recuperar, como es el caso de *G. gibberifrons* en Caleta Potter. Al existir un número importante de vertebrados ictiófagos, especialmente el cormorán antártico, la potencial reapertura de la pesca comercial en el área 48.1 implicaría una competencia directa por el recurso entre la industria pesquera y estos predadores, que podría afectar el equilibrio del ecosistema. En general, sin una regulación adecuada, la reapertura de la pesca comercial de peces en cualquiera de las regiones del Antártico que ya fueron sobreexplotadas podría conducir a un nuevo desequilibrio en el ecosistema.

Bibliografía

- AINLEY D., BLIGHT L. 2009. Ecological repercussions of historical fish extraction from the Southern Ocean. *Fish Fish* 10: 13-38.
- AMUNDSEN P.A., GABLER H.M., STALDVIK F.J. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data-modification of the Costello (1990) method. *J Fish Biol* 48: 607-614.
- ANDRIASHEV A.P. 1987. A general review of the Antarctic bottom fish fauna. En: S.O. Kullander, B. Fernholm (eds.) V Congress of European Ichthyologists, Stockholm 1985, Proceedings. pp. 357-372.
- ANGELESCU V. 1982. Ecología trófica de la anchoíta del Mar Argentino (*Engraulidae*, *Engraulis anchoita*). Parte II. Alimentación, comportamiento y relaciones tróficas en el ecosistema. *Contribucion Instituto Nacional de Investigacion y Desarrollo Pesqueo* 409: 1-83.
- ANONYMOUS 1994. Report of the Working Group on Fish Stock Assessment, Hobart, Australia, 11 to 19 October 1994. En: Report of the 13th Meeting of the Scientific Committee, Hobart, Australia, 27 - 31 October 1994, Annex 5, 241-425, CCAMLR, Hobart, Australia.
- ARNTZ W.E. 1980. Predation by demersal fish and its impact on the dynamics of macrobenthos. En: Tenore K.R., Coull B.C. (eds.). *Marine benthic dynamics*. University of South Carolina Press, Columbia, pp 121-149.
- ARNTZ W.E., GUTT J., KLAGES M. 1997. Antarctic marine biodiversity: an overview. En: Battaglia B., Valencia J., Walton D.W.H. (eds.). *Antarctic communities: species, structure and survival*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 3-14.
- ARNTZ W.E., LOVRICH G.A., THATJE S. (eds.). 2005. The Magellan-Antarctic Connection: Links and Frontiers at high Southern Latitudes. *Sci Mar* 69 (Supl. 2), 373 pp.
- ATKINSON E.G., PERCY J.A. 1992. Diet comparison among demersal marine fish from the Canadian Arctic. *Polar Biol* 11: 567-573.

- ATKINSON A., SIEGEL V., PAKHOMOV E., ROTHERY P. 2004. Long-term decline in krill stock and increase in salps within the Southern Ocean. *Nature* 432: 100-103.
- BALGUERÍAS E. 1989. Biología Pesquera. En: Resultados de la campaña “Antártida 8611”, Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr. nº 2, Madrid: 267-484.
- 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. 1996. Ecology of inshore demersal Antarctic Fish (Notothenioidei) from the South Shetland Islands. Doctoral Thesis, University of Bremen, June 1996.
- 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 (Notothenioidei) from the South Shetland Islands: no evidence of food competition. *Polar Biol* 26, 10: 631-637.
- BARRERA ORO E.R., ALESCIO N.S., MOREIRA E., MARSCHOFF E.R. 2010. Using scales to clarify the transition from blue phase to brown phase fingerling in *Notothenia rossii* from the South Shetland Islands. *Polar Biol* 33, 7: 877-884.
- BARRERA ORO E. R., CASAUX R. J. 1990. Feeding selectivity in *Notothenia neglecta*, Nybelin, from Potter Cove, South Shetland Islands, Antarctica. *Antarct Sci* 2: 207-213.
- BARRERA ORO E.R., CASAUX R.J. 1992. Age estimation for juvenile *Notothenia rossii* from Potter Cove, South Shetland Islands. *Antarct Sci* 4, 2: 131-136.
- BARRERA ORO E.R., CASAUX R.J. 1996 (A). Validation of age determination in *Notothenia coriiceps* by means of a tag/recapture experiment at Potter Cove, South Shetland Islands. *Arch Fish Mar Res* 43: 205-216.
- BARRERA ORO E.R., CASAUX R.J. 1996 (B). Fish as diet of the blue-eyed shag, *Phalacrocorax atriceps bransfieldensis* at Half-Moon Island, South Shetland Islands. *Cybiurn* 20, 1: 37-45.
- BARRERA ORO E.R., CASAUX R.J. 1998. Ecology of demersal fish species from Potter Cove. The Potter Cove Coastal Ecosystem, Antarctica 08/1998. *Ber Polarforsch* 299: 156-167.

- BARRERA ORO E.R., CASAUX R.J. 2008. General ecology of coastal fish from the South Shetland Island and west Antarctic Peninsula areas. En: 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, ed. C. Wiencke, G. Ferreyra, D. Abele y S. Marensi. Ber Polarforsch Meeresforsch, 571: 95-110.
- BARRERA ORO E.R., CASAUX R.J., MARSCHOFF E. 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 7: 43-52.
- BARRERA ORO E.R., CASAUX R.J., MARSCHOFF E. 2008. Impact of the commercial fishery and shore-based sampling programs on inshore fish of the South Shetland Islands area. En: 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, ed. C. Wiencke, G. Ferreyra, D. Abele y S. Marensi. Ber Polarforsch Meeresforsch 571: 365-372.
- BARRERA ORO E.R., EASTMAN J., MOREIRA E. 2012. Phenotypic plasticity in the Antarctic nototheniid fish *Trematomus newnesi*: a guide to the identification of typical, large mouth and intermediate morphs. Polar Biol 35: 1047-1056.
- BARRERA ORO E. R., LAGGER C. 2010. Egg-guarding behaviour in the Antarctic bathydraconid Dragon fish *Parachaenichthys charcoti*. Polar Biol 33: 1585-1587.
- BARRERA ORO E.R., LA MESA M., MOREIRA E. 2014. Early life history timings in marbled rockcod (*Notothenia rossii*) fingerlings from the South Shetland Islands as revealed by otolith microincrement. Polar Biol 37: 1099-1109.
- BARRERA ORO E. R., 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 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 7: 43-52.
- BARRERA ORO E.R., TOMO A.P. 1987. Feeding and ecology of *Notothenia larseni* Lönnberg. En El Sayed, S.Z. ed. Antarct Aquat Biol. Biomass Scientific Series, 7: 99-106.

- BEGON M., HARPER J.H., TOWNSEND C.R. 1999. Ecología: individuos, poblaciones y comunidades. 3era. Edición. Omega, Barcelona, España.
- BOND C.E. 1979. Biology of fishes. Saunder College Publishing, Philadelphia.
- BRANDT A. 1999. On the origin and evolution of Antarctic Peracarida (Crustacea, Malacostraca). Sci Mar 63, Suppl 1:261-274.
- BURCHETT M.S. 1982. The ecology of some coastal fish populations at South Georgia. Prog Underwat Sci 7: 15-20.
- BURCHETT M.S. 1983. Food, feeding and behaviour of *Notothenia rossii marmorata* nearshore at South Georgia. Brit Antarct Surv B 61: 45-51.
- CAMUS P., DUHAMEG L. 1985. Ponte et developpement embryomaire de *Notothenia rossii rossii* (Richardson 1844). Nototheniidae des Iles Kerguelen. Cybium 9: 283-293.
- CASAUX R.J. 1998. The contrasting diet of *Harpagifer antarcticus* (Notothenioidei, Harpagiferidae) at two localities of the South Shetland Islands, Antarctica. Polar Biol 19: 283-285.
- CASAUX R.J. 2003. On the accuracy of the pellet analysis method to estimate the food intake in the Antarctic shag, *Phalacrocorax bransfieldensis*. Folia Zool 52: 167-176.
- CASAUX R.J. 2013. Does prey availability affect the foraging effort and breeding success in the Antarctic Shag (*Phalacrocorax bransfieldensis*). Chinese Birds 4, 3: 240-247.
- CASAUX R.J., BARONI A., BARRERA ORO E.R. 2002. Fish in the diet of breeding antarctic shags *Phalacrocorax bransfieldensis* at four colonies in the Danco Coast, Antarctic Peninsula. Antarct Sci 14: 32-36.
- CASAUX R.J., BARONI A., CARLINI A.1997 (A). The diet of the Weddell seal *Leptonychotes weddelli* at Harmony Point, South Shetland Islands. Polar Biol 18: 371-375.
- CASAUX R.J., BARONI A., RAMÓN A., FAVERO M., SILVA P. 2008. Aspects of the foraging behaviour of the Antarctic Tern *Sterna vittata gaini* at Harmony Point, South Shetland Islands. Polar Biol 31: 327-331.
- CASAUX R.J., BARRERA ORO E. R. 1993. The diet of the blue-eyed shag, *Phalacrocorax atriceps bransfieldensis* feeding in the Bransfield Strait. Antarct Sci 5, 4: 335-338.

- CASAUX R.J., BARRERA ORO E.R. 1995 (A). Variations in the diet of the Blue-eyed Shag *Phalacrocorax atriceps* throughout the breeding season at Half-moon Island, South Shetland Islands. CCAMLR Ecosystem Monitoring and Management Working Group. WG-EMM-95/78.
- CASAUX R.J., BARRERA ORO E.R. 1995 (B). A methodological proposal to monitor changes in coastal fish populations by the analysis of pellets of the Blue-eyed Shag *Phalacrocorax atriceps*. CCAMLR Ecosystem Monitoring and Management Working Group. WG-EMM-95/84.
- CASAUX R.J., BARRERA ORO E.R. 1996. Fish in the diet of the blue-eyed shag *Phalacrocorax atriceps* at the south Shetland Islands: six years of monitoring studies. CCAMLR ecosystem monitoring and management working group. Agenda item: 4/6.vi.
- CASAUX R.J., BARRERA ORO E.R. 1998. Monitoring changes in coastal fish population by the analysis of pellets of the Antarctic Shag: a new proposed standard method. CCAMLR WG-EMM-98/11. Item 9.
- CASAUX R.J., BARRERA ORO E.R. 2002. Effect of a shore-based sampling programme on *Notothenia coriiceps* populations. *Antarct Sci* 14, 3: 221-224.
- CASAUX R.J., BARRERA ORO E.R. 2006. Shags in Antarctica: their feeding behaviour and ecological role in the marine food web. *Antarct Sci* 18, 1: 3-14.
- CASAUX R.J., BARRERA ORO E.R. 2008. Recent studies on the Antarctic Shag *Phalacrocorax bransfieldensis*. En: 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, ed. C. Wiencke, G. Ferreyra, D. Abele y S. Marensi. *Ber Polarforsch Meeresforsch* 571: 176-183.
- CASAUX R.J., BARRERA ORO E.R. 2012. Linking fish and shags population trends. Document WG-FSA 12/05, CCAMLR, Hobart, Australia: 12 pp.
- CASAUX R.J., BARRERA ORO E.R. 2013. Dietary overlap in inshore notothenioid fish from the Danco Coast, western Antarctic Peninsula. *Polar Res* 32: 213-19.
- CASAUX R.J., BARRERA ORO E.R., CORIA N., CARLINI A. 1998. Fish as prey of birds and mammals at the South Shetland Islands. En: The Potter Cove Coastal Ecosystem, Antarctica, ed. C. Wiencke, G. Ferreyra, W. Arntz y C. Rinaldi. *Ber Polarforsch* 299: 267-274.

- CASAU R.J., BARRERA ORO E.R., FAVERO M., SILVA M.P. 1995 (A). New correction factors for the quantification of fish represented in pellets of the Blueeyed Shag *Phalacrocorax atriceps*. Comm. Conserv. Antarctic Mar. Living Resour. Ecosys. Monitoring Manage. Working Group, Documento 95/83:1-18, Siena, Italy.
- CASAU R.J., BARRERA ORO E.R., FAVERO M., SILVA M.P. 1998. New correction factors for the quantification of fish represented in pellets of the imperial cormorant *Phalacrocorax atriceps*. Mar Ornithol 26: 35-39.
- CASAU R.J., CORIA N., BARRERA ORO E.R. 1997 (B). Fish in the diet of the Antarctic shag, *Phalacrocorax bransfieldensis* at Laurie Island, South Orkney Islands. Polar Biol 18: 219-222.
- CASAU R., FAVERO M., BARRERA ORO E., SILVA M.P. 1995 (B). Feeding trial on an Imperial Cormorant *Phalacrocorax atriceps*: preliminary results on fish intake and otolith digestion. Mar Ornithol 23: 7-82.
- CASAU R., FAVERO M., SILVA P., BARONI A. 2001. Sex differences in diving depths and diet of Antarctic shags at the South Shetland Islands. J Field Ornithol 72: 22-29.
- CASAU 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 1, 11: 63-72.
- CLARKE K.R., GORLEY R.N.. 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial, PRIMER-E, Plymouth.
- CLARKE K.R., WARWICK R. M. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition, PRIMER-E Plymouth.
- CCRVMA. 1990. Statistical Bulletin Volume I (1970–1979), Vol. 2 (1980–1989). CCRVMA, Hobart, Australia.
- CCRVMA. 2001. Method T1 - Diet of adult Antarctic shags during the breeding season. En CCAMLR Ecosystem Monitoring Program: Standard methods for monitoring studies, Section 4, Part I. Hobart, Australia: CCAMLR T1.1-T1.4.
- CCRVMA, P MEC. 2004. Standard methods for monitoring parameters of predator species. CCAMLR Ecosystem Monitoring Program. Hobart, Australia.
- CCRVMA (Convention for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources). 2010. Conservation Measures 32-02, 32-04, 32-07.

- CONSTABLE A. J., MELBOURNE-THOMAS J., CORNEY S. P., ARRIGO K. R., BARBRAUD C., BARNES D. K. A., BINDOFF N. L., BOYD P. W., BRANDT A., COSTA D. P., DAVIDSON A. T., DUCKLOW H. W., EMMERSON L., FUKUCHI M., GUTT J., HINDELL M. A., HOFMANN E. E., HOSIE G. W., IIDA T., JACOB S., JOHNSTON N. M., KAWAGUCHI S., KOKUBUN N., KOUUBI P., LEA M.-A., MAKHADO A., MASSOM R. A., MEINERS K., MEREDITH M. P., MURPHY E. J., NICOL S., REID K., RICHERSON K., RIDDLE M. J., RINTOUL S. R., SMITH W. O., SOUTHWELL C., STARK J. S., SUMNER M., SWADLING K. M., TAKAHASHI K. T., TRATHAN P. N., WELSFORD D. C., WEIMERSKIRCH H., WESTWOOD K. J., WIENECKE B. C., WOLF-GLADROW D., WRIGHT S. W., XAVIER J. C. Y ZIEGLER P. 2014. Climate change and Southern Ocean ecosystems I: how changes in physical habitats directly affect marine biota. *Glob Change Biol* 20: 3004-3025.
- CORIA N.R. 2006. Biología reproductiva y ecología alimentaria del Petrel gigante del sur *Macronectes giganteus* (AVES, Procellariidae) en las Islas Shetland del Sur y Orcadas del Sur, Antártida. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- CORIA N., CASAUX R., FAVERO M., SILVA P. 1995. Analysis of the stomach content of the blue-eyed shag *Phalacrocorax atriceps bransfieldensis* at Nelson Island, South Shetland Islands. *Polar Biol* 15: 349-352.
- CORTÉS E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Can J Fish Aquat Sci* 54: 726-738.
- CORTÉS E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES J of Mar Sci* 56: 707-717.
- CROXALL J.P., NAITO Y., KATO A., ROTHERY P., BRIGGS, D. 1991. Diving patterns and performance in the Antarctic blue-eyed shag *Phalacrocorax atriceps*. *J Zool* 225: 177-199.
- CROXALL J.P., REID K., PRINCE P.A. 1999. Diet, provisioning and productivity responses of marine predators to differences in availability of Antarctic krill. *Mar Eco Prog Ser* 177: 115-131.
- DANERI G. A., CARLINI A. R. 2002. Fish prey of southern elephant seals, *Mirounga leonina*, at King George Island. *Polar Biol* 25: 739-743.

- DANERI G. A., CARLINI A. R., HARRINGTON A., BALBONI L., HERNANDEZ C. M. 2008. Interannual variation in the diet of non-breeding male Antarctic fur seals, *Arctocephalus gazella*, at Isla 25 de Mayo/King George Island. *Polar Biol* 31: 1365-1372.
- DANIELS R.A. 1978. Nesting behaviour of *Harpagifer bispinis* in Arthur Harbour, Antarctic Peninsula. *J Fish Biol* 12: 465-474.
- DANIELS R.A. 1979. Nest guard replacement in the Antarctic fish *Harpagifer bispinis*: possible altruistic behaviour. *Science* 205: 831-833.
- DANIELS R.A. 1982. Feeding ecology of some fishes of the Antarctic Peninsula. *Fish Bull* 80: 575-588.
- DAYTON P.K. 1990. Polar benthos. En: W.O. Smith Jr. (ed.) *Polar Oceanography, Part B: Chemistry, Biology and Geology*. Academic Press, San Diego, CA. pp 631-685.
- DEACON G.E. 1937. The hydrology of the Southern ocean. *Discov Rep* 15: 1-124.
- DEACON G.E. 1979. The Weddell Gyre. *Deep-Sea Res* 26: 981-998.
- DETRICH H.W. III, JONES C.D., KIM S., NORTH A.W., THURBER A., VACCHI M. 2005. Nesting behaviour of the icefish *Chaenocephalus aceratus* at Bouvetøya, Southern Ocean (CCAMLR Subarea 48.6). *Polar Biol* 28, 11: 828-832.
- DEWITT H. H. 1970. The character of the midwater fish fauna of the Ross Sea, Antarctica. /w M. W. Holdgate (ed.). *Antarct ecol* 1: 305- 314. Academic Press, London.
- DEWITT H., HEEMSTRA P., GON O. 1990. Nototheniidae. En: Gon O. y Heemstra P. (eds.). *Fishes of the Southern Ocean*. J.L.B. Smith Institute of Ichthyology, Grahamstown, 279-331.
- DOLBETH M., MARTINHO F., LEITÃO R., CABRAL H., PARDAL M.A. 2008. Feeding patterns of the dominant benthic and demersal fish community in a temperate estuary. *J Fish Biol* 72: 2500-2517.
- DUARTE W.E., MORENO C.A. 1981. The specialized diet of *Harpagifer bispinis*. *Hydrobiologia* 80: 241-250.
- DUCKLOW H.W., BAKER K., MARTINSON D.G., QUETIN L.B., ROSS R.M., SMITH R.C., STAMMERJOHN S.E., VERNET M., FRASER W. 2007. Marine pelagic ecosystems: the West Antarctic Peninsula. *Philos Trans R Soc Lond B*, 362: 67-94.

- DRAGOVITCH A. 1970. The food of bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in the Western North Atlantic Ocean. *T Am Fish Soc* 9: 726-728.
- EASTMAN J. 1985. *Pleuragramma antarcticum* (Pisces, Nototheniidae) as Food for Other Fishes in McMurdo Sound, Antarctica. *Polar Biol* 4: 155-160.
- EASTMAN J. 1993. Antarctic Fish Biology-Evolution in a Unique Environment. Academic Press, San Diego, CA.
- EASTMAN J. 1995. The evolution of Antarctic fishes: questions for consideration and avenues for research. *Cybiurn* 19, 4: 371-389.
- EASTMAN J. 2005. The nature of the diversity of Antarctic fishes. *Polar Biol* 28: 93-107.
- EASTMAN J.T., BARRERA ORO E. 2010. Buoyancy studies of three morphs of the Antarctic fish *Trematomus newnesi* (Nototheniidae) from the South Shetland Islands. *Polar Biol* 33: 823-831.
- EASTMAN J., BARRERA ORO E.R., MOREIRA E. 2011. Adaptive radiation at a low taxonomic level: divergence in buoyancy of the ecologically similar Antarctic notothenioid fish *Notothenia coriiceps* and *N. rossii*. *Mar Ecol-Prog Ser* 438: 195-206.
- EASTMAN J.T., BARRERA ORO E., MOREIRA E., NEAR T.J. 2014. Intraspecific variation in buoyancy in the Antarctic notothenioid fish *Lepidonotothen nudifrons* from the South Shetland Islands western Antarctic Peninsula región (Manuscrito).
- EASTMAN J.T., DEVRIES A.L. 1986. Renal glomerular evolution in Antarctic notothenioid fishes. *J Fish Biol* 29: 649-662.
- EASTMAN J.T., DEVRIES A.L. 1997. Morphology of the digestive system of Antarctic nototheniid fishes. *Polar Biol* 17: 1-13.
- EFRON B., TIBSHIRANI R. J. 1993. An introduction to the bootstrap. Monographs on Statistics and Applied Probability 57. Chapman and Hall, New York.
- ESCHEMEYER W.N. 1998. Catalog of fishes. Special publication N°1 of the Center for Biodiversity Research and information. Vols 1-3. San Francisco, California Academy of Science.
- EVANS C.W., CZIKO P., CHENG C.H.C., DEVRIES A.L. 2005. Spawning behaviour and early development in the naked dragonfish *Gymnodraco acuticeps*. *Antarct Sci* 17, 3: 319-327.

- EVERSON I. 1970. The population dynamics and energy budget of *Notothenia neglecta nybelin* at Signy Island, South Orkney Islands. Brit Antarct Surv B 23: 25-50.
- EVERSON I. 1977. The living resources of the Southern Ocean. FAO 156 pp. Rome, Italy.
- EVERSON I. 1984. Fish biology. En Laws. R. M. (ed.). London: Academic Press, Antarct Ecol 2: 491-532.
- EVERSON I. 1994. Timescale of ovarian maturation in *Notothenia coriiceps*, evidence for a prolonged adolescent phase. J Fish Biol 44, 997-1004.
- EVERSON I. 2000. Introducing Krill. En: Krill: Biology, Ecology and Fisheries – (I. Everson, ed.) Fish Aquat Res. Series 6. Blackwell Science, Oxford: 1-7.
- EVERSON I., KOCK K.H., PARKES G. 1996. Ovarian development associated with first maturity in three Antarctic channichthyid species. J Fish Biol 49: 1019-1026.
- FAVERO M., CASAUX R., SILVA P., BARRERA ORO E., CORIA N. 1998. The diet of the Antarctic shag during summer at Nelson Island, Antarctica. Condor 100: 112-118.
- FERRY L.A., CAILLET G.M. 1996. Sample size and data analysis: are we characterizing and comparing diet properly? En: MacKinlay D. y Shearer K. (eds.) Feeding Ecology and Nutrition in Fish, Symposium Proceedings American Fisheries Society, San Francisco.
- FISCHER W. , HUREAU J.C. (eds.). 1988. Fichas FAO. Identificación de especies para los Fines de la Pesca Océano Austral (áreas de pesca 48, 58 y 88, área de la Convención CCAMLR). Publicación preparada y publicada con el apoyo de la Comisión para la conservación de los recursos vivos marinos antárticos. Roma, FAO 1, 1:232p.
- FOGG G.E. 1992. A History of Antarctic Science. Cambridge: Cambridge University Press, xxi + 483.
- FOSTER T.D., MIDDLETON J.H. 1984. The oceanographic structure of the eastern Scotia Sea. I. Physical oceanography. Deep-Sea Res 31: 529–550.
- FRASER W., HOFMANN E. 2003. A predator's perspective on causal links between climate change, physical forcing and ecosystem response. Mar Eco Prog Ser 265:1-15.
- GON O., HEEMSTRA P.C. (eds). 1990. Fishes of the Southern Ocean. J. L. B. Smith Institute of Ichthyology, Grahamstown, 462 pp. 12 pls.
- GON O., MOSTERT D. 1992. Aspects of the ecology of two nototheniid fish species in the inshore zone of the sub-Antarctic Marion Island. S Afr J Antarct Res 22: 59-67.

- GORDON A.L. 1988. Spatial and temporal variability within the Southern Ocean. En Saharge D. (ed.) Antarctic Ocean and resources variability. Berlin: Springer, 41–56.
- GRÖHSLER T. 1994. Feeding habits as indicators of ecological niches: investigations of Antarctic fish conducted near Elephant Island in late autumn/winter 1986. Arch Fish Mar Res 42, 1: 17-34.
- HEMPEL G. 1985. Antarctic marine food webs. En: W.R. Siegfried, P.R. Condry, R.M. Laws (eds.) Antarctic Nutrient Cycles and Food Webs. Springer Verlag, Berlin. pp. 266-270.
- HODDEL R.J., CROSSLEY A.C., WILLIAMS R., HOSIE, G.W. 2000. The distribution of Antarctic pelagic fish and larvae (CCAMLR division 58.4.1). Deep-Sea Res II, 47: 2519–2541.
- HOEINES A.S., BERGSTAD O.A. 2002. Food partitioning by flatfish species on a herring spawning ground. Sarsia 87: 19-34.
- HOLDGATE M.W. 1970. Antarctic ecology. Vol. I. London: Academic Press, 604 pp.
- HORN M.H. 1989. Biology of marine herbivorous fishes. Oceanogr Mar Biology, Annual Review 27: 167-272.
- HOSSAIN A., DUTTA H.M. 1988. Embryology of intestinal caeca in the bluegill (*Lepomis macrochirus*). Can J Zool 66: 998-1003.
- HOIRIGAN T.F., RADTKE R.L. 1989. Reproduction of the Antarctic fish *Notothenia nudifrons*. Mar Biol 100: 277–283.
- HUBOLD G. 1984. Spatial distribution of *Pleuragramma antarcticum* (Pisces: Nototheniidae) near the Filchner- and Larsen ice shelves (Weddell Sea/Antarctica). Polar Biol 3, 231-236.
- HUBOLD G., EKAU W. 1987. Midwater fish fauna of the Weddell Sea, Antarctica. En: Kullander, S.O., Fernholm, B. (eds.), Proc. V Congr. Europ. Ichthyol. Stockholm 1985, 391–396.
- HUTCHINSON G.E. 1957. Concluding remarks. Cold Spring Harbour Symposium on Quantitative Biology, 22: 415-427.
- HUREAU J.C. 1970. Biologie comparée de quelques Poissons antarctiques (Nototheniidae). Bull. Inst. Oceanogr. Monaco 68, 1391: 1-244.
- HUREAU J.C. 1994. The significance of fish in the marine Antarctic ecosystems. Polar Biol 14: 307-313.

- IKEN K., BARRERA ORO E.R., QUARTINO M.L., CASAUX R.J., BREY T. 1997. Grazing by the Antarctic fish *Nototothenia coriiceps*: Evidence for selective feeding on macroalgae. *Antarct Sci* 9: 386-391.
- JACOBSSHAGEN E. 1913. Untersuchungen fiber das Darmsystem der Fische und Dipnoer II. *Jena. Zeit. Naturwiss* 49: 373-810.
- JONES C.D., KOCK K.H., ASHFORD J., DEVRIES A., DIETRICH K., HANCHET S., NEAR T., TURK T., WILHELMS S. 2003. Standing stock, biology, and spatial distribution of demersal finfish from the 2003 U.S. AMLR bottom trawl survey of the South Shetland Islands (Subarea 48.1). Document WG-FSA 03/38, CCAMLR, Hobart, Australia: 30 pp.
- JONES C.D., KOCK K.H., RAMM D., ASHFORD S., WILHELMS S., NEAR T., GONG N., FLORES H. 2001. Results and standing stock biomass estimates of finfish from the 2001 U.S. AMLR bottom trawl survey of the South Shetland Islands (Subarea 48.1). Document WG-FSA 01/33, CCAMLR, Hobart, Australia: 43 pp.
- JONES C.D., KOCK K.H., WILHELMS S. 1998. Results from the 1998 bottom trawl survey of Elephant Island and the lower South Shetland Islands (Subarea 48.1). Document WG-FSA-98/15. CCAMLR, Hobart, Australia.
- JUARES M. A. 2013. Biología reproductiva y ecología trófica de dos especies simpátricas del género *Pygoscelis* en las Islas Shetland del Sur, Antártida. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- JUÁRES M.A., SANTOS M.M., LIBERTELLI M.M., MENUCCI J.A., MOREIRA M.E, BLANCO G., MATUS F., GRAY M. , CORIA N.R. 2011. Análisis de la dieta de dos especies simpátricas de Pingüinos *Pygoscelidos* durante tres temporadas consecutivas en Punta Stranger, Islas 25 de Mayo (Shetland del Sur). XIV REUNION ARGENTINA DE ORNITOLOGIA. Del 3 al 6 de Agosto de 2011. Formosa, Argentina, pp. 90.
- KAMLER E. 2002. Inter-individual and seasonal variability of biological indices in notothenioid fishes from Admiralty Bay, Antarctica Pol. *Polar Res* 23, 3-4: 265–278.
- KAPOOR B.G., SMITH H., VERGHINA I.A. 1975. The alimentary canal and digestión in teleosts. *Adv Mar Biol* 13: 109-239.
- KELLERMAN A.N. 1990. Catalogue of early life stages of Antarctic notothenioid fishes. *Ber Polarforsch* 67: 45-136.

- KING J.C. 1994. Recent climate variability in the vicinity of the Antarctic Peninsula. *Int J Climatol* 14: 357-369.
- KIEST K.A. 1993. A relationship of diet to prey abundance and the foraging behavior of *Trematomus bernacchii*. *Polar Biol* 13: 291-296.
- KLEMETSEN A. 1993. The food of the long-rough dab (*Hippoglossoides platessoides limandoides* Bloch) in Balsfjorden, north Norway. *Sarsia* 78:17-24.
- KOCK K.H. 1989. Reproduction in fish around Elephant Island. *Arch. Fisch.* 39: 171-210.
- KOCK K.H. 1991. The state of exploited fish stocks in the Southern Ocean – a review. *Arch. FischWiss.*, 41, 1: 1-66.
- KOCK K.H. 1992. *Antarctic Fish and Fisheries*. Cambridge University Press, Cambridge: 359.
- KOCK K.H. 1998. Changes in the fish biomass around Elephant Island (Subarea 48.1) from 1976 to 1996. *CCAMLR Sci* 5: 165-189.
- KOCK K.H. 2005 (A). Antarctic icefishes (Channichthyidae): a unique family of fishes. A review, Part I. *Polar Biol* 28: 862-895.
- KOCK K.H. 2005 (B). Antarctic icefishes (Channichthyidae): a unique family of fishes. A review, Part II. *Polar Biol* 28: 897-909.
- 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 K.H., BARRERA ORO E., BELCHIER M., COLLINS M.A., DUHAMEL G., HANCHET S., PSHENICHNOV L., WELSFORD D., WILLIAMS R. 2012. The role of fish as predators of krill (*Euphausia superba*) and other pelagic resources in the Southern Ocean. *CCAMLR Sci* 19: 115-119.
- KOCK K.H., EVERSON I. 1998. Age, Growth and Maximum Size of Antarctic Notothenioid Fish – Revisited. *En : Fishes of Antarctica: a biological overview*. G. di Prisco, E. Pisano, A. Clarke, p. cm (eds.). Siena. Italy.

- KOCK K.H., JONES C.D., APPEL J., VON BERTOUCHE G., DOOLITTLE D., LA MESA M., PSZENICHNOV L., RIEL R., ROMEO T., SCHOLING S., ZANE L. 2002. Standing stock estimates of finfish biomass from the 2002 Polarstern bottom trawl survey around Elephant Island and the South Shetland Islands (Subarea 48.1) with some notes on the composition of catches taken north of Joinville Island – Durville Island. Document WG-FSA 02/24, CCAMLR, Hobart, Australia: 30 pp.
- KOCK K.H., KELLERMANN A. 1991. Reproduction in Antarctic notothenioid fish -a review. *Antarct Sci* 3: 125-150.
- KOCK K.H., PSZENICHNOV L.K., JONES C.D., GRÖGER J., RIEHL R. 2008. The biology of the spiny icefish *Chaenodraco wilsoni*, Regan, 1914. *Polar Biol* 31: 381-393.
- KREBS C.J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins, Nueva York.
- KREBS C.J. 1999. *Ecology: The experimental analysis of Distribution and Abundance*. Blackwell, Oxford 695pp.
- 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.
- KULESZ J. 1999. Ichthyofauna of lagoons of the Admiralty Bay (King George Island, Antarctica) in 1997. *Pol Arch Hydrobiol* 46: 173-184.
- LA MESA M., EASTMAN J.T., VACCHI, M. 2004. The role of notothenioid fish in the food web of the Ross Sea shelf waters: a review. *Polar Biol* 27: 321-338.
- LA MESA M., VACCHI M., CASTELLI M., DIVIACCO G. 1997. Feeding ecology of two nototheniid fishes, *Trematomus hansonii* and *Trematomus loennbergii*, from Terra Nova Bay, Ross Sea. *Polar Biol* 17: 62-68.
- LAWLOR L.R. 1980. Overlap, similarity, and competition coefficients. *Ecology* 61, 2: 245-251.
- LINDEMAN R.L. 1942. The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology* 23: 399-418.
- LINKOWSKI T.B., PRESLER P., ZUKOWSKI C. 1983. Food habits of nototheniid fishes (Nototheniidae) in Admiralty Bay (King George Island, South Shetland Islands). *Pol Polar Res* 4: 79-95.
- LINTON L.R., DAVIES R.W., WRONA F.J. 1981. Resource utilization indices: an assessment. *J Anim Ecol* 50: 283–292.

- LOEB V.J., HOFMANN E.E., KLINCK J.M., HOLM HANSEN O., WHITE W.B. 2009. ENSO and variability of the Antarctic Peninsula pelagic marine ecosystem. *Antarct Sci* 21, 2: 135-148.
- LOEB V.J., SIEGEL V., HOLM-HANSEN O., HEWITT R., FRASER W., TRIVELPIECE W., TRIVELPIECE S. 1997. Effects of sea-ice extent and krill or salp dominance on the Antarctic food web. *Nature* 387: 897-900.
- LUQUE A., RAMÍREZ CÁRDENAS T. 1996. Otolitos: una introducción a su potencial uso para el estudio de la biología de los peces. *Encuentros en la Biología*, 32. Universidad de Málaga.
- MÁRQUEZ M.E.I., CASAUX R.J., MAZZOTTA A.S. 1996. Bacalaos antárticos: peces magros de alto contenido proteico. *La Industria Carnica Latinoamericana* 105: 34-39.
- MARSCHOFF E.R., BARRERA ORO E.R., ALESCIO N.S., AINLEY D.G. 2012. Slow recovery of previously depleted demersal fish at the South Shetland Islands, 1983-2010. *Fish Res* 125-126: 206-213.
- MEREDITH M.P., KING J.C. 2005. Rapid climate change in the ocean west of the Antarctic Peninsula during the second half of the 20th century. *Geophys Res Lett* 32: L19604.
- MILLER A.K., KARNOVSKY N.J., TRIVELPIECE W.Z. 2009. Flexible foraging strategies of Gentoo penguins *Pygoscelis papua* over 5 years in the South Shetland Island, Antarctica. *Mar Biol* 156: 2527-2537.
- MILLER A.K., TRIVELPIECE W.Z. 2007. Cycles of *Euphausia superba* recruitment evident in the diet of *Pygoscelis* penguins and net trawls in the South Shetland Islands, Antarctica. *Polar Biol* 30: 1615-1623.
- MINTENBECK K. 2008. Trophic interactions within high Antarctic shelf communities food web structure and the significance of fish. Doctoral Thesis, University of Bremen.
- MINTENBECK K., BARRERA ORO E., BREY T., JACOB U., KNUST R., MARK F., MOREIRA E., STROBEL A., ARNTZ W.E. 2012. Impact of climate change on fishes in complex Antarctic ecosystems. En Ute Jacob y Guy Woodward (eds.). *Adv Ecol Res* 46: 351-426.
- MOLINE M.A., CLAUSTRE H., FRAZER T.K., SCHOFIELD O., VERNET M. 2004. Alteration of the food web along the Antarctic Peninsula in response to a regional warming trend. *Glob Change Biol* 10: 1973-1980.

- MONTES H.M., DONEY S.C., DUCKLOW H.W., FRASER W., MARTINSON D., STAMMERJOHN S.E., SCHOFIELD O. 2009. Recent changes in phytoplankton communities associated with rapid regional climate change along the Western Antarctic Peninsula. *Science* 323: 1470-1473.
- MONTEVECCHI W. 1993. Birds as indicators of change in marine prey stocks. En: Furness R, Greenwood J (eds.) *Birds as Monitors of Environmental Change*. Chapman and Hall, UK. pp 217-266.
- MONTGOMERY W.L., GERKING S.D. 1980. Marine macroalgae as food for fishes: an evaluation of potential food quality. *Environ Biol Fish* 5: 143-153.
- MORALES NIN B., PALOMERA I., SCHADWINKEL S. 1995. Larval fish distribution in the Antarctic Peninsula region and adjacent waters. *Polar Biol* 15: 143-154.
- MOREIRA E., BARRERA ORO E.R., LA MESA M. 2014. Age validation of juvenile *Notothenia rossii* at Potter Cove, South Shetland Islands, using mark-recapture data. *Polar Biol* 36: 1845-1850.
- MORENO C.A. 1980. Observations on food and reproduction in *Trematomus bernacchii* (Pisces: Nototheniidae) from the Palmer Archipelago, Antarctica. *Copeia* 1: 171-173.
- MORENO C.A., BAHAMONDE N. 1975. Nichos alimentarios y competencia por el alimento entre *Notothenia coriiceps neglecta* Nybelin y *Notothenia rossii marmorata* Fischeren Shetland del Sur, Antártica. *Ser Cient Inst Antárt Chil* 3: 45-62.
- MORENO C.A., DUARTE W.E., ZAMORANO J.H. 1979. Variation latitudinal del número de especies de peces en el sublitoral rocoso: una explicación ecológica. *Arch Biol Med Exper* 12: 169-178.
- MORENO C.A., OSORIO H.H. 1977. Bathymetric food habit changes in the Antarctic fish *Notothenia gibberifrons* Lonnberg (Pisces: Nototheniidae). *Hydrobiologia* 55: 139-144.
- MORENO C.A., ZAMORANO J.H. 1980. Selección de los alimentos en *Notothenia coriiceps neglecta* del cinturón de macroalgas de Bahía South, Antártica. *Ser Cient Inst Antárt Chil* 25/26: 33-44.
- MOURA T., FIGUEIREDO I., FARIAS I., SERRA-PEREIRA B., NEVES A., GORDO L., BORGES M.F. 2008. Ontogenetic dietary shift and feeding strategy of *Raja undulata* Lacepède, 1802 (Chondrichthyes: Rajidae) in the Portuguese continental shelf. *Sci Mar* 72: 311-318.

- MURIE D.J. 1995. Comparative feeding ecology of two sympatric rockfish congeners, *Sebastes caurinus* (copper rockfish) and *S. maliger* (quillback rockfish). *Mar Biol* 124: 341-353.
- MUÑOZ A.A., OJEDA F.P. 1997. Feeding guild structure of a rocky intertidal fish assemblage in central Chile. *Environ Biol Fish* 49: 471-479.
- NAST F., KOCK K.H., SAHRHAGE D., STEIN M., TIEDTKE J. 1988. Hydrography, krill and fish and their possible relationships around Elephant Island. En: Sahrhage, D. (ed.). *Antarctic Ocean and Resources Variability*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg: 183-198.
- NELSON J.S. 1994. *Fishes of the world*, 3rd edn. Wiley, New York.
- NICOL S., PAULY T., BINDOFF N.L., WRIGHT S., THIELE D., HOSIE G.W., STRUTTON P.G., WOEHLER E. 2000. Ocean circulation off east Antarctica affects ecosystem structure and sea-ice extent. *Nature* 406: 504-507.
- NORSE E.A., BROOKE S., CHEUNG W.W.L., CLARK M.R., EKELAND I., FROESE R., GJERDE K.M., HAEDRICH R.L., HEPPELL S.S., MORATO T., MORGAN L.E., PAULY D., SUMAILA R., WATSON R. 2012. Sustainability of deep-sea fisheries. *Mar. Policy* 36: 307-320.
- NYBELIN O. 1947. Antarctic fishes. *Scientific Results of the Norwegian Antarctic Expedition*, 26: 1-76.
- ODUM E.P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. W.B. Saunders Company, Philadelphia, 574 pp.
- OJEDA F. P. 1986. Morphological Characterization of the Alimentary Tract of Antarctic Fishes and Its Relation to Feeding Habits. *Polar Biol* 5: 125-128.
- PAKHOMOV Y.A., TSEYTLIN V.B. 1992. Diet of seven species of Antarctic fishes and estimation of their daily rations. *J Ichthyol* 32: 31-41.
- PINKAS L.M., OLIPHANT S., IVERSON I.L.K. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in Californian waters. *Calif Fish Game* 152: 1-105.
- PLAN ANUAL ANTÁRTICO. Instituto Antártico Argentino, Dirección Nacional del Antártico. <http://www.dna.gov.ar/DIVULGAC/PAA1415.PDF>.
- POTTS G.W. 1984. Parental behaviour in temperate marine teleosts with special reference to the development of nest structures. En Potts, G.W. y Wootton R.J. (eds.). *Fish Reproduction: Strategies and Tactics*. London: Academic Press, 223-244.

- QUARTINO M.L., BORASO DE ZAIXSO A.L. 2008. Summer macroalgal biomass in Potter Cove, South Shetland Islands, Antarctica: its production and flux to the ecosystem. *Polar Biol* 31: 281-294.
- QUARTINO M.L., DEREGIBUS D., CAMPANA G.L., LATORRE G.E.J., MOMO F.R. 2013. Evidence of Macroalgal Colonization on Newly Ice-Free Areas following Glacial Retreat in Potter Cove (South Shetland Islands), Antarctica. *PLoS One* 8,3: e58223.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2009. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- RADTKE R.L., HOURIGAT N. 1990. Age and growth of the Antarctic fish *Nototheniops nudifrons*. *Fish B-NOAA* 88: 557-571.
- RADTKE R.L., TARGETT T.E., KELLERMANN A., BELL J.L., HILL K.T. 1989. Antarctic fish growth: profile of *Trematomus newnesi*. *Mar Ecol Progr Ser* 57: 103-117.
- RAKUSA SUSZCZEWSKI S., PIASEK A. 1973. Size, feeding and action of proteolytic enzymes in the Antarctic fish of the *Trematomus* genus (Nototheniidae). *Bull Pol Acad Sci Biol Sci Ser* 21:139–144.
- REISS C.S., COSSIO A.M., LOEB V., DEMER D.A. 2008. Variations in the biomass of Antarctic krill (*Euphausia superba*) around the South Shetland Islands, 1996–2006. *ICES J Mar Sci* 65: 497-508.
- ROBERTS T.R. 1982. Unculi (horny projections arising from single cells), an adaptive feature of the epidermis of ostariophysan fishes. *Zool Screen* 11: 55-76.
- ROESE M., DABLE M. 1998. Wind-driven circulation in Potter Cove. En C. Wiencke, G. Ferreyra, W. Arntz y C. Rinaldi (eds.): *The Potter Cove coastal ecosystem, Antarctica*. *Ber. Polarforsch.* 299: 40-46.
- SANTOS M., JUARES M.A., ROMBOLÁ E. F., GARCÍA M.L., CORIA N. R., DONCASTER C.P. 2012. Over-representation of bird prey in pellets of South Polar Skuas. *J Ornithol* 153(3): 979-983.
- SAPOTA M.R. 1999. Gonad development and embryogenesis of *Notothenia coriiceps* from South Shetlands –Antarctica. *Polar Biol* 22: 164-168.
- SHAW P. 1984. Factors affecting the breeding performance of the Antarctic blue-eyed shag (*Phalacrocorax atriceps bransfieldensis*). PhD thesis, University of Durham. [Unpublished].

- SHAW P. 1985. Age differences within breeding pairs of blue-eyed shags *Phalacrocorax atriceps*. Ibis 127: 537-543.
- SCHLATTER R., MORENO C. 1976. Hábitos alimentarios del cormorán antártico, *Phalacrocorax atriceps bransfieldensis* (Murphy) en Isla Green, Antártida. Ser Cient Inst Antárt Chil 4: 69-88.
- SCHLOSS I.R., ABELE D. , MOREAU S., DEMERS S., BERS V.A. , GONZÁLEZ O., FERREYRA G.A. 2012. Response of phytoplankton dynamics to 19-year (1991–2009) climate trends in Potter Cove (Antarctica). J Mar Syst 92,1 : 53-66.
- SCHLOSS I.R., FERREYRA G.A., KLÖSER H. 1998. Seasonal variation of the conditions for phytoplankton growth in Potter Cove. En: The Potter Cove Coastal Ecosystem, Antarctica, ed. C. Wiencke, G. Ferreyra, W. Arntz y C. Rinaldi. Ber Polarforsch 299: 59-66.
- SCHÖENE T., POHL M., ZAKRAJSEK A.F., SCHENKE H.W. 1998. Tide Gauge Measurements-A Contribution for the Long Term Monitoring of the Sea Level. En: The Potter Cove Coastal Ecosystem, Antarctica, ed. C. Wiencke, G. Ferreyra, W. Arntz y C. Rinaldi. Ber Polarforsch 299: 12-14.
- SHOWERS W. J., DANIELS R.A., LAINE D. 1977. Marine biology at Palmer Station, 1975 austral winter. Antarct J US 12: 22- 25.
- SCHWARZBACH W. 1988. The demersal fish fauna of the eastern and southern Weddell Sea: geographical distribution, feeding of fish and their trophic position in the food web. Ber Polarforsch 5: 1-94.
- SIEGEL V., SKIBOWSKI A., HARM U. 1992. Community structure of the epipelagic zooplankton community under the sea-ice of the northern Weddell Sea. Polar Biol 12: 15-24.
- SKÓRA K.E. 1988. Benthic fishes of the Elephant Island shelf (Biomass III, October-November 1986 and February 1987). Pol Polar Res 9: 385-398.
- SKÓRA K.E. 1993. Fish. En Rakusa-Suszczewski S. (ed.) The maritime Antarctic coastal ecosystem of Admiralty Bay. Warsaw: Polish Acad Sci 123–128.
- SMITH R.C., AINLEY D., BAKER K., DOMACK E., EMSLIE S., FRASER B., KENNET J., LEVENTER A., MOSLEY-THOMPSON E., STAMMERJOHN S., VERNET M. 1999. Marine ecosystem sensitivity to climate change. BioScience 49(5): 393-404

- SMITH R.C., STAMMERJOHN S.E., BAKER K.S. 1996. Surface air temperature variations in the western Antarctic Peninsula Region. En: Ross R.M., Hofmann E.E., Quetin L.B. (eds.). Foundations for ecological research west of Antarctic Peninsula. *Antarct Res Ser* 70: 105-121.
- SOKAL R.R., ROHLF F.J. 1969. *Biometry*. Freeman, San Francisco.
- STEIN M. 1995. Hydrographic conditions around Elephant Island during austral spring 1994. Document WG-EMM 95/16. CCAMLR, Siena, Italy: 9 pp.
- TAKAHASHI M. 1983. Trophic ecology of demersal fish community north of the South Shetland Islands, with notes on the ecological role of the krill. En: *Mem Natl Inst Polar Res, Special Issue* 27: 183-192.
- TAKAHASHI M., IWAMI T. 1997. The summer diet of demersal fish at the South Shetland Islands. *Ant. Sci.* 9, 4: 407-413.
- TARGETT T.E. 1981. Trophic ecology and structure of coastal Antarctic fish communities. *Mar Ecol Prog Ser* 4: 243–263.
- TARGETT T E., RADKE R. L. 1984. Growth and feeding ecology studies on coastal antarctic fishes. *Antarct J* 19, 5: 147-149.
- TARVERDIYEVA M.I., PINSKAYA I.A. 1980. The feeding of fishes of the families Nototheniidae and Chaenichthyidae on the shelves of the Antarctic Peninsula and the South Shetlands. *J Ichthyol* 20: 50-59.
- TIEDTKE J. E., KOCK K.H. 1989. Structure and composition of the demersal fish fauna around Elephant Island. *Arch FischWiss* 39, 1: 143-169.
- TOMCZA, GODFREY. 1994. *Regional Oceanography: An Introduction*. Pergamon, Oxford. 422 pp.
- THOMPSON R., TAPIA R. 1990. *Nonparametric Function Estimation, Modeling, and Simulation*. Soc. Industr. Appl. Math., Philadelphia.
- TOSONOTTO G., SIERRA M., RUIZ BARLETT E. 2010. Oceanographic characteristics in Potter Cove during summer 2010. Abstract. SCAR 2010.
- TYLER A.V. 1972. Food resource division among northern, marine demersal fishes. *J Fish Res Board Can* 29: 997-1003.

- VACCHI M., DEVRIES A.L., EVANS C.W., BOTTARO M., GHIGLIOTTI L., CUTRONEO L., PISANO E. 2012. A nursery area for the Antarctic silverfish *Pleuragramma antarcticum* at Terra Nova Bay (Ross Sea): first estimate of distribution and abundance of eggs and larvae under the seasonal sea-ice. *Polar Biol* 35: 1573-1585.
- VACCHI M., LA MESA M., CASTELLI A. 1994. Diet of two coastal nototheniid fish from Terra Nova Bay, Ross Sea. *Antarct Sci* 6: 61-65.
- VAN DE PUTTE A., FLORES H., VOLCKAERT F., VAN FRANKEKER J.P. 2006. Energy content of Antarctic mesopelagic fishes: implications for the marine food web. *Polar Biol* 29: 1045-1051.
- VAUGHAN D.G., MARSHALL G.J., CONNOLLEY W.M., PARKINSON C., MULVANEY R., HODGSON D.A., KING J.C., PUDSEY C.J., TURNER J. 2003. Recent rapid regional climate warming on the Antarctic Peninsula. *Clim Change* 60: 247-274.
- VOLPEDO A.V., TOMBARI A. D., ECHEVERRÍA D.D. 2008. Eco-morphological patterns of the sagitta of Antarctic fish. *Polar Biol* 31: 635-640.
- WALLACE R.K., RAMSEY J.S. 1983. Reliability in Measuring Diet Overlap. *Can J Fish Aquat Sci* 40, 3: 347-351.
- WANLESS S., HARRIS M., MORRIS J. 1992. Diving behaviour and diet of the blue-eyed shag at South Georgia. *Polar Biol* 12: 713-719.
- WARBURTON K., BLABER S.J.M. 1992. Patterns of recruitment and resource use in a shallow-water fish assemblage in Moreton Bay, Queensland. *Mar Ecol Prog Ser* 90: 113-126.
- WHITE, M.G. 1991. Age determination in Antarctic fish. In: Di Prisco, G., Maresca, B., Tota, B. (eds.), *Biology of Antarctic Fish*. Springer Verlag, Berlin, pp. 87–100.
- WHITE M.G., BURREN P. J. 1992. Reproduction and larval growth of *Harpagifer antarcticus* Nybelin (Pisces, Notothenioidei). *Antarct Sci* 4: 421-430.
- WIENCKE C., FERREYRA G., 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). *Ber Polarforsch* 299: 1-326.

- WIENCKE C., FERREYRA G.A., ABELE D., MARENSSI 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. Ber Polarforsch Meeresforsch 571: 1-411.
- ZANDER C. D. 1982. Feeding ecology of littoral gobiid and blennioid fish of the Banyuls area (Mediterranean sea). I Main food and trophic dimension of niche and ecotope. Vie Milieu 32: 1-10.
- ZARET T.M., RAND A.S. 1971. Competition in tropical stream fishes: support for the competitive exclusion principle. Ecology 52: 336- 342.
- ZUKOWSKI C. 1980. Catches of fishes of the genus *Notothenia* and *Trematomus* at Admiralty Bay (King George Island, South Shetland Islands) in the winter-spring season, 1977. Pol Polar Res 1: 163-167.

Anexo I

Lista de ordenes y familias que habitan los Océanos Australes (modificado de Fischer y Hureau 1988, Gon y Heemstra 1990). En negro se resalta el Suborden objeto de este estudio, con sus respectivas familias. En paréntesis se detallan la cantidad especies que habitan las aguas antárticas.

Taxón	
SUPERCLASE AGNATHA CLASE MYXINI	Fam. Muraenolepididae
Or. Myxiniiformes	Fam. Moridae
Fam. Myxinidae	Fam. Melanonidae
CLASE CEPHALASPIDOMORPHI	Fam. Gadidae
Or. Petromyzontiiformes	Fam. Macrouridae
Fam. Petromyzontidae	Or. Ophidiiformes
SUPERCLASE GNATHOSTOMATA CLASE CHONDRICHTHYES	Fam. Ophidiidae
Or. Lamniformes	Fam. Carapidae
Fam. Lamnidae	Or. Lophiiformes
Or. Squaliformes	Fam. Ceratiidae
Fam. Squalidae	Fam. Oneirodidae
Or. Rajiformes	Fam. Melanocetidae
Fam. Rajidae	Or. Lampriformes
CLASE OSTEICHTHYES	Fam. Lampridae
Or. Notacanthiformes	Or. Beryciformes
Fam. Halosauridae	Fam. Melamphaidae
Fam. Notacanthidae	Fam. Cetomimidae
Or. Anguilliformes	Or. Zeiformes
Fam. Synphobranchidae	Fam. Oreosomatidae
Or. Salmoniformes	Or. Scorpaeniformes
Fam. Microstomatidae	Fam. Congiopodidae
Fam. Bathylagidae	Fam. Liparidae
Fam. Alepocephalidae	Or. Perciformes
Fam. Platytrichtidae	Fam. Zoarcidae
Or. Stomiiformes	Fam. Tripterygiidae
Fam. Gonostomatidae	Fam. Gempylidae
Fam. Sternoptychidae	Fam. Scombridae
Fam. Stomiidae	Fam. Centrolophidae
Or. Aulopiformes	Suborden Notothenioidei
Fam. Scopelarchidae	Fam. Bovichtidae (1 spp.)
Fam. Notosudidae	Fam. Artedidraconidae (25 spp.)
Fam. Paralepididae	Fam. Nototheniidae (33 spp.)
Fam. Anotopteridae	Fam. Harpagiferidae (10 spp.)
Fam. Alepisauridae	Fam. Bathydraconidae (16 spp.)
Or. Myctophiformes	Fam. Channichthyidae (16 spp.)
Fam. Myctophidae	Or. Pleuronectiformes
Or. Gadiformes	Fam. Archiropsettidae

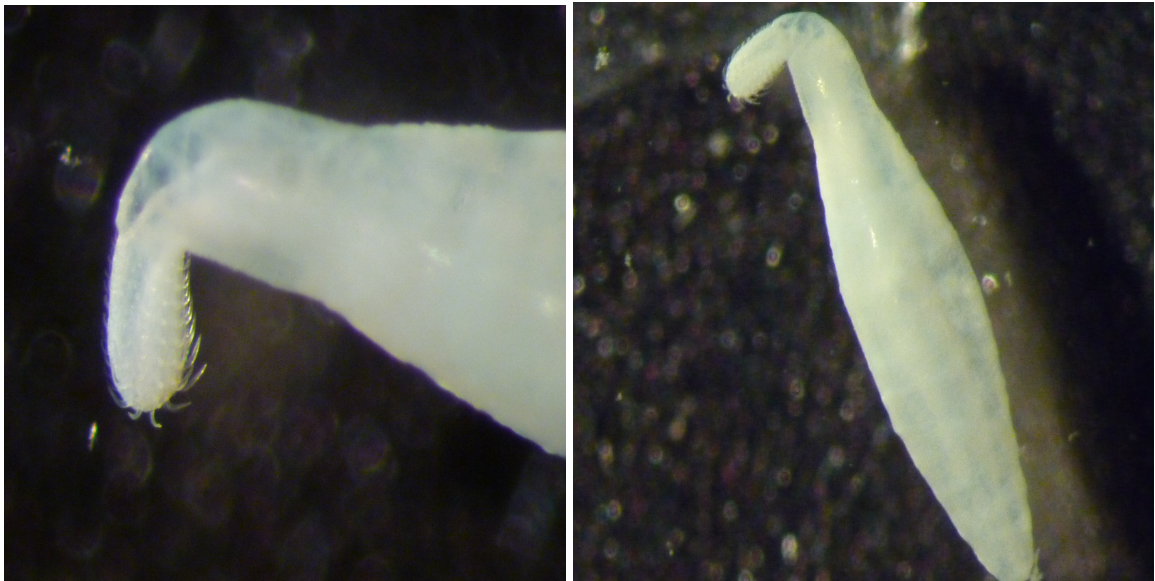
Anexo II

Fotografías del cormorán antártico *Phalacrocorax bransfieldensis* en la cormoranera de Punta Duthoit, Isla Nelson, Islas Shetland del Sur. Fotografías: Moreira M. E.



Anexo III

Imágenes de larvas de acantocéfalos encontradas en los estómagos de los nototenoideos juveniles tempranos que habitan Caleta Potter durante las cuatro temporadas de estudio consecutivas. Fotografías: Moreira M.E.



Lic. María Eugenia Moreira

Universidad Nacional de La Plata. UNLP.

Facultad de Ciencias Naturales y Museo

La Plata, Buenos Aires, Argentina. 2015.