

2024

Informe de
INVESTIGACIÓN

007-24

NO-2024-24180681-APN-DNI#INIDEP
4/03/2024

Distribución y abundancia de larvas de peces en el Frente Patagónico del Talud

Martín D. Ehrlich, Eduardo M. Acha, Paola Betti, Marina Do Souto, Mariana Cadaveira, Laura Machinandiarena

Dirección: Pesquería de Peces.

Área: Ictioplancton. Pesquerías de peces demersales, australes y subantárticos.

Citar como:

Ehrlich MD, Acha EM, Betti P, Do Souto M, Cadaveira M, Machinandiarena L. 2024. Distribución y abundancia de larvas de peces en el Frente Patagónico del Talud. Inf Investigación INIDEP N° 007/24, 18 pp.



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO PESQUERO



Distribución y abundancia de larvas de peces en el Frente Patagónico del Talud

M. D. Ehrlich^{1,3}, E. M. Acha^{1,2}, P. Betti¹, M. Do Souto^{1,2}, M. Cadaveira¹, L. Machinandarena^{1,3}

1 Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, INIDEP.

2 Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras IIMYC, CONICET.

3 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA.

Resumen

Dentro de la iniciativa Pampa Azul se incluye el área geográfica prioritaria denominada Agujero Azul, que está caracterizada por la presencia del Frente de Talud que separa aguas de plataforma de aquellas de la Corriente de Malvinas. En la campaña realizada en la primavera austral de 2017, se estudió la distribución y abundancia del ictioplancton colectado en 48 estaciones ordenadas en tres transectas perpendiculares a las isobatas. Se obtuvieron 2.700 larvas pertenecientes a 10 órdenes y 16 familias. El muestreo abarcó el borde de plataforma, talud y aguas oceánicas hasta los 3.160 m de profundidad. Se encontraron, en el borde de la plataforma, escasas larvas de cabrilla *Sebastes oculatus*, nototenia *Patagonothoten ramsayi* y merluza de cola *Macruronus magellanicus*. En el talud se observaron larvas de mictófidios y granaderos mientras que en el área oceánica predominaron larvas de peces mesopelágicos de diferentes familias. Este estudio es el primero en lograr obtener un cuadro detallado de la composición ictioplanctónica en el ecosistema del Frente Patagónico del Talud.

Palabras Clave

Agujero Azul, Ictioplancton, peces mesopelágicos, frente de talud

Introducción

La costa oriental de Sudamérica se caracteriza por una amplia plataforma continental que se extiende desde Cabo Frío en Brasil (23°S) hasta el extremo sur de Tierra del Fuego en Argentina (55°S). Esta plataforma, denominada patagónica al sur de los 40°S, está cubierta por aguas de origen subantártico o *Subantarctic Shelf Water* (SASW) que constituye una variación diluida de agua subantártica pura o *Subantarctic Water* (SAW), que ingresa a la plataforma a través de su borde sur y por el Estrecho de Le Maire (Guerrero y Piola 1997). Hacia el este, mar afuera, la bordea la Corriente de Malvinas (CM), una rama de la Corriente Circumpolar Antártica que fluye hacia el norte y a lo largo del talud, transportando agua relativamente fría ($\Phi < 15^{\circ}\text{C}$) con salinidades de alrededor de 34 y rica en nutrientes (Piola y Matano 2001).

La amplia plataforma patagónica, de más de 1.000.000 km², exhibe altas concentraciones de clorofila *a* indicativas de una elevada producción primaria (Lutz et al. 2010, Segura et al. 2013) asociadas a un frente oceanográfico permanente denominado Frente Patagónico de Talud (FPT) (Acha et al. 2004, Rivas 2006, Romero et al. 2006). Durante la primavera y el otoño, el FPT se detecta fácilmente en las imágenes satelitales de *Sea Surface Temperatura* (SST) (Franco et al. 2008; Rivas y Pisoni, 2010). Durante el verano, el FPT emerge en imágenes satelitales como una banda extendida de alta concentración de clorofila *a*, generalmente superior a 3 mg m⁻³, (Piola et al. 2018). Las mediciones *in situ* de clorofila *a* han corroborado el patrón espacio-temporal mostrado por las imágenes de satélite, pero con valores superiores a 15 mg m⁻³ (Lutz et al. 2010, Carreto et al. 2016).

El FPT es un frente termohalino generado en el límite entre las aguas de plataforma (SASW) y aquellas de la CM (Saraceno et al. 2004, Romero et al. 2006). Se extiende a lo largo de más de 2.000 km desde el Banco Burdwood (~55°S), continúa a lo largo de la plataforma hacia el este, sigue alrededor de las Islas Malvinas y llega hacia el norte hasta la Confluencia Brasil/Malvinas (35-38°S) (Acha et al. 2004). Debido a variaciones de la intensidad de la CM, el FPT puede presentar desplazamientos locales con gradientes espaciales más intensos en primavera y verano, y de menor intensidad en otoño e invierno (Rivas y Pisoni 2010). Los frentes de talud están presentes en los océanos de todo el mundo; son frentes estacionarios o permanentes y robustos, controlados por la topografía del fondo oceánico (Belkin et al. 2009) y



caracterizados por una elevada producción primaria, aunque los mecanismos de fertilización pueden ser diferentes en cada frente (Acha et al. 2015).

Asociados a la alta producción primaria mencionada, se desarrollan importantes concentraciones de zooplancton (Sabatini y Alvarez Colombo, 2001), el establecimiento de bancos de vieiras (Bogazzi et al. 2005) y áreas de alimentación de aves y mamíferos marinos (Croxall y Wood, 2002, Campagna et al. 2007; Blanco et al. 2015). La plataforma continental sostiene diversas pesquerías de gran importancia como la de calamar, merluza, polaca, merluza negra y anchoíta entre otras (Bruentti et al. 1998, Bezzi et al. 2004, Wöhler et al. 2004, Giussi et al. 2004, Bertolotti et al. 1996, Alemany et al. 2014). Las buenas condiciones que se dan en el Frente del Talud y que cumplen con la tríada de Bakun (1996)- es decir, con un enriquecimiento en nutrientes, concentración de presas y retención del ictioplancton- permiten que la diversa y abundante ictiofauna tanto demersal como la mesopelágica (Cousseau et al, 2004) cierre sus ciclos de vida. Por lo tanto, esta área se caracteriza como sitio de desove y cría de peces.

A pesar de existir abundante información acerca de los peces en su estadio adulto que habitan el área del talud (Cousseau et al. 2012), el conocimiento sobre sus primeros estadios de vida es escaso, debido a la falta de campañas de investigación realizadas con toma de muestras de plancton, tanto en el talud como en sus alrededores. El mayor esfuerzo de muestreo planctónico en la plataforma externa y en el talud se ha concentrado en el estudio de grupos reproductivos de polaca *Micromesistius australis* alrededor de las Islas Malvinas entre los 47° a 55°S (Ehrlich et al. 1999). Por otra parte, las condiciones hidrometeorológicas en la zona del Frente de Talud son extremadamente duras e impiden el acceso a barcos pequeños, dificultándose aún más el trabajo en esta área.

A partir de 2014, con el comienzo de la iniciativa del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación del gobierno argentino denominada Pampa Azul (<http://www.pampazul.gob.ar/>), se incrementó el interés de investigar los procesos oceanográficos y biológicos más allá del límite de las 200 millas de mar territorial. Para este fin se estableció un área particular denominada Agujero Azul (*Blue Hole*) que se extiende entre 44° a 47°S y 60° a 61°W donde la plataforma continental se prolonga más allá del límite de la zona económica exclusiva de Argentina.

En este trabajo se describe por primera vez en detalle a la comunidad ictioplanctónica del FPT en el área del Agujero Azul, considerando la composición de especies, abundancia y distribución tridimensional. Además, se estudian los ensambles de especies en relación con las masas de agua y las estructuras oceanográficas, y se examinan las distribuciones verticales diurnas y nocturnas de los principales grupos.

Materiales y métodos

Obtención de muestras

Las muestras fueron colectadas durante la campaña denominada “Agujero Azul” (código AU-04/2017), entre el 25 de octubre y el 8 de noviembre de 2017 durante la primavera austral, en el buque ARA Austral del CONICET. Durante la misma se realizaron 48 estaciones oceanográficas distribuidas en tres transectas (Norte, Centro y Sur) entre los 42° y 46°S perpendiculares a la batimetría y en un rango de profundidades entre 88 y 3.158 m, abarcando plataforma, talud y aguas oceánicas de la Corriente de Malvinas. Se realizaron muestreos diurnos y nocturnos para estudiar las variaciones verticales diarias del ictioplancton en la misma posición (Figura 1). De acuerdo a la profundidad del fondo las estaciones se agruparon en tres áreas: plataforma (80-150 m), talud (150-1400 m) y oceánica (> 1400 m).

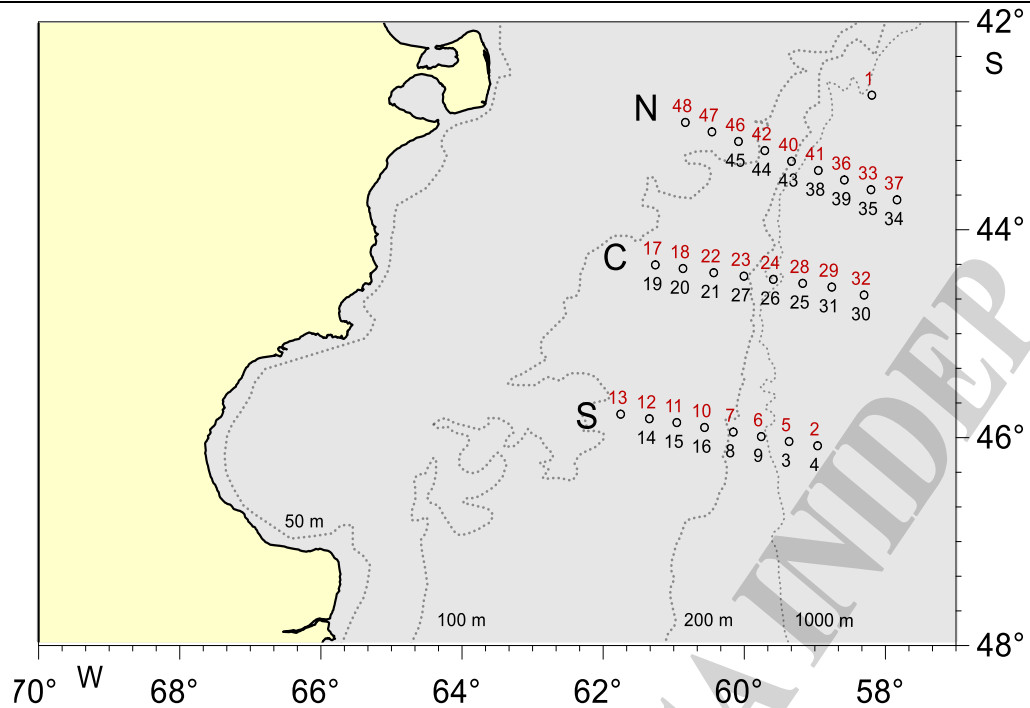


Figura 1. Campaña AU-04/2017. Distribución de las estaciones de muestreo en las transectas Norte (N), Central (C) y Sur (S). Los valores indican el número de estación, en rojo las diurnas y en negro, las nocturnas.

En todas las estaciones se realizaron mediciones de temperatura, salinidad y fluorescencia utilizando un sistema CTD *SeaBird 9 Plus* equipado con un fluorómetro *Seapoint SCF* y roseta con 12 botellas Niskin de 10 l para la toma de muestras de agua. Para la estimación de clorofila *a* las muestras se obtuvieron a cuatro ó cinco niveles.

Las muestras de ictioplancton fueron colectadas empleando una Multired *Hydro-Bios* Modelo Midi, de 0,25 m² de boca; con un flujómetro digital interno y otro externo; sensor de profundidad y cinco redes que pueden abrirse y cerrarse a diferentes profundidades durante el lance. El equipo fue armado con redes de 300 µm de apertura de malla, y colectores blandos. Durante el arriado e izado del equipo, la velocidad de arrastre del buque se mantuvo entre 2 y 3 nudos y la velocidad del guinche para el izado fue de 0,5 m.s⁻¹. El volumen de agua filtrado fue calculado mediante el uso del software del equipo que considera el flujo de agua medido con el flujómetro y la superficie de la boca de la red. La red se operó desde 200 m de profundidad hasta la superficie, en las estaciones más profundas. En aquellas estaciones más someras, se operó desde una distancia de 8 a 10 m del fondo hasta la superficie. En cada estación se muestrearon hasta cinco niveles en forma oblicua, de 200-160, 160-120, 120-80, 80-40 y 40-0 m.

Las muestras fueron fijadas con formol buffer al 4% en agua de mar, rotuladas y acondicionadas para su posterior estudio en laboratorio, donde todas las larvas fueron separadas e identificadas hasta el menor taxón posible con un estereomicroscopio *Zeiss Stemi 2000 C*. Para la identificación larval se utilizaron las guías de larvas antárticas de Efremenko (1983) y Kellermann (1990); de larvas de plataforma del Atlántico Sudoccidental de Matsuura y Olivar (1999); y de peces adultos de Figueroa (2019). También se utilizaron las guías de larvas de diferentes regiones del océano de Moser y Ahlstrom (1970), Moser (1984), Olivar y Fortuño (1991), Fahay (2007) y Rodríguez et al. (2017).

Análisis de datos

Variables oceanográficas

Con los datos de los perfiles de CTD se elaboraron secciones verticales de temperatura, salinidad, densidad y fluorescencia en las tres transectas (Norte, Centro y Sur). Como no se detectaron variaciones significativas entre las distribuciones de los valores entre el día y la noche se presentan para su análisis sólo las secciones diurnas. Se utilizó la información oceanográfica hasta los 200 m en concordancia con la profundidad máxima de muestreo de plancton.



Ictioplancton

Para las comparaciones de la abundancia por grupo taxonómico, en cada estación de muestreo se sumó el número de larvas obtenidas en los diferentes niveles y sus volúmenes filtrados, y se estimó su densidad como número de individuos por 10 m^{-2} , considerando la profundidad máxima alcanzada en cada estación (Smith y Richardson 1977). Las abundancias por grupo taxonómico dentro de cada nivel de la columna de agua se expresaron como número de individuos por 1000 m^{-3} de agua.

Para la elaboración de las secciones verticales de abundancia total de larvas y por especies identificadas se utilizó la profundidad media dentro de cada nivel. Para la comparación de abundancias entre el día y la noche se consideraron las transectas con mayor número de estaciones positivas y se promediaron las abundancias correspondientes a cada nivel.

Análisis estadístico

Para el análisis de la relación entre las abundancias totales del ictioplancton (larvas/ m^3) con otras variables potencialmente explicativas se utilizaron Modelos Lineales Generalizados (MLGs). Estas variables fueron: profundidad media de cada nivel de la Multired (m); el momento del día del muestreo (Día y Noche); el área muestreada (Plataforma, Talud y Oceánica) y la transecta (Norte, Centro y Sur). Los datos de abundancia fueron transformados con la función logaritmo, y se trabajó bajo una distribución de errores de familia gaussiana y se utilizó la función de enlace "identity". Finalmente, se realizó una selección de modelos paso a paso a partir de modelos saturados conteniendo todas las variables (Faraway, 2006). Para la elección de los modelos finales se utilizó el método de máxima verosimilitud, adoptando el modelo de menor índice de Akaike (AIC). El ajuste de los modelos se evaluó en forma gráfica a partir de la relación entre el predictor lineal y la respuesta linealizada. El *pseudo* R^2 se estimó como la desviación en el modelo que contiene individualmente solo la intersección (desviación nula) menos la desviación después de agregar los factores principales, dividida por la desviación nula del modelo que contiene solo la intersección.

El logaritmo de las abundancias de larvas se graficó respecto de las profundidades medias de cada nivel considerando las áreas y los factores día y noche, para una interpretación visual del modelo. A su vez, se graficó la densidad total de larvas por 10m^{-2} respecto de las transectas y respecto de las áreas de muestreo en gráficos de cajas (*Box Plot*). Se realizaron ANOVAs de una vía comparando las densidades de cada especie respecto del factor "Día y Noche" y por otro lado respecto del factor "Área" (Plataforma-Talud-Oceánica, en el caso que correspondiera).

Resultados

Escenario oceanográfico

Los patrones de temperatura, salinidad, densidad y fluorescencia fueron similares en las tres transectas. Como no existieron diferencias entre los parámetros entre el día y la noche se muestran las transectas realizadas de día (Figura 2). En las secciones oceanográficas fue posible distinguir un régimen de plataforma y uno oceánico, separados por un frente termo-halino (Frente del Talud). El contenido salino aumentó progresivamente de oeste a este con valores de 33,5 hasta 33,8 sobre plataforma y de 33,9 a 34,2 sobre el régimen oceánico. El frente termo-halino se identificó escasamente en relación con la temperatura, mientras que en salinidad el máximo gradiente se manifestó claramente entre las isohalinas de 33,7 a 34,0 para la transecta Sur; entre 33,7 y 33,9 para la Central y entre 33,8 y 34,0 para la Norte. Este frente se ubica entre las estaciones 6 y 7 en la transecta Sur (Figura 2 H), entre 23 y 24 en la Central (Figura 2 E) y entre 40 y 41 en la Norte (Figura 2 B). El régimen de plataforma es relativamente cálido con temperaturas entre 7 y 10 °C, con una incipiente termoclina estacional de 2°C, mientras que el régimen oceánico fue relativamente frío con temperaturas entre 4 y 6°C. La densidad varía de acuerdo con la temperatura y salinidad de oeste a este desde aproximadamente 25,9 a 27,2 en las tres transectas.

Los valores de fluorescencia variaron entre 8 y 16 en los primeros 50 m de la columna de agua, en las transectas Norte y Central la fluorescencia se concentró sobre la plataforma externa y el área oceánica, mientras que en la transecta Sur sobre la plataforma externa.

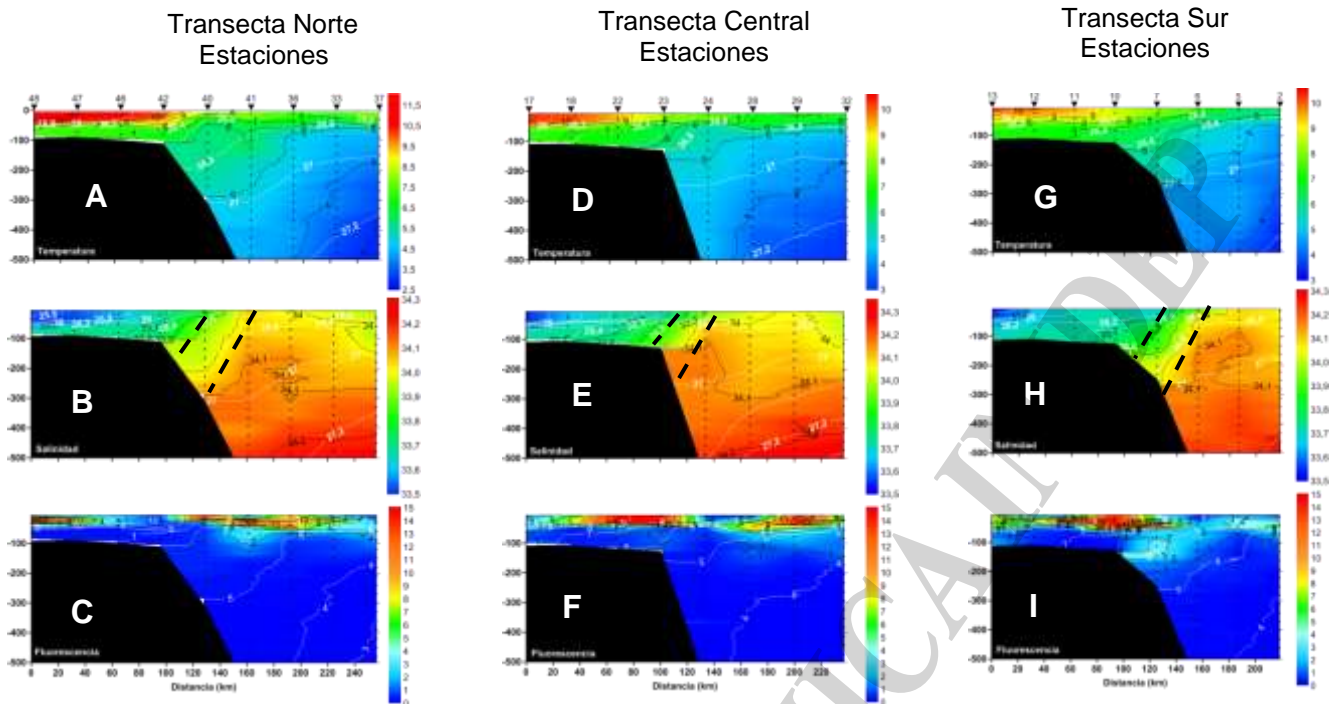


Figura 2. Secciones verticales diurnas de las variables físicas temperatura (A, D y G), salinidad (B, E y H) y fluorescencia (C, F e I) de las transectas Norte, Central y Sur. En las secciones de salinidad (B, E y H) se indica con línea de trazos la ubicación del Frente Patagónico de Talud.

Grupos taxonómicos de larvas

Se obtuvieron 2.753 larvas de peces pertenecientes a 10 órdenes, 16 familias y 18 especies, mayormente en estadios de pre y post flexión. En el borde de la plataforma predominaron larvas de Perciformes, Scorpaeniformes y Gadiformes, en el talud los Myctophiformes y en el área oceánica se destacaron los Myctophiformes, Argentiniiformes, Scombriformes y Stomiiformes (Figura 3).

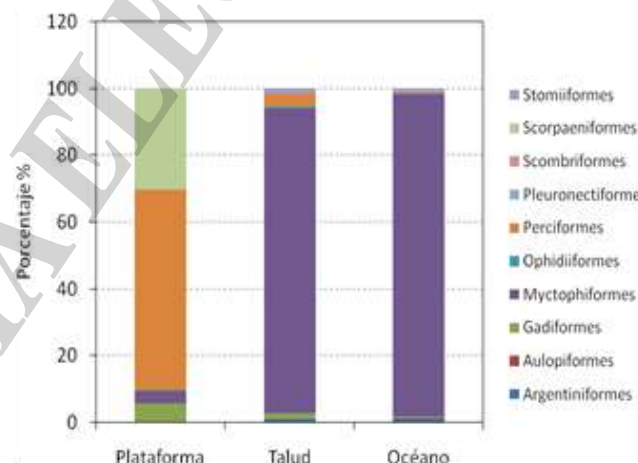


Figura 3. Contribución de órdenes de larvas (%) en cada sector del área de estudio

Los Myctophiformes representaron el 88 % y 85 % del total de larvas colectadas de día y de noche respectivamente, mientras que los Scorpaeniformes constituyeron el 2,4 % de día y 3,5 % de noche, y los Perciformes, 4,2 % en capturas diurnas y 8,34 % en las nocturnas. El resto de los órdenes determinados se registraron en porcentajes muy bajos (Tablas 1 y 2). Se identificaron cuatro especies y tres géneros de la familia Myctophidae, la más abundante resultó *Krefflichthys anderssoni* que representó el 31,4 % y 40,5 %



del total de larvas obtenidas de día y de noche respectivamente. También se identificaron cuatro familias de Gadiformes (tres géneros y cuatro especies), dos familias de Argentiniformes (dos especies) y dos familias de Ophidiiformes (dos especies).

Tabla 1. Abundancia relativa (%), frecuencia de ocurrencia (%FO), abundancia media, desviación standard (Desv.st) y profundidad media ponderada (PMP m) de larvas de diferentes taxones obtenidos en las muestras diurnas. La abundancia larval se expresa como individuos por 1000 m³.

Orden	Familia	Taxón inferior identificado	%	% FO	Media	Desv.st	PMP m
Argentiniformes	Bathylagidae	<i>Bathylagus antarcticus</i>	0,98	5,5	0,4	1,8	136
Argentiniformes	Microstomatidae	<i>Nansenia antarctica</i>	0,21	1,8	0,1	0,8	76
Aulopiiformes	Paralepididae	<i>Notolepis coatsi</i>	0,21	0,9	0,1	1,1	95
Stomiiformes	Gonostomatidae	Gonostomatidae	1,09	8,3	0,4	1,6	139
Stomiiformes	Sternoptychidae	<i>Maurolucus ssp.</i>	0,32	0,9	0,1	1,3	183
Myctophiformes	Myctophidae	<i>Gymnoscopelus braueri</i>	25,24	17,6	12,1	44,3	30
Myctophiformes	Myctophidae	<i>Gymnoscopelus opisthopterus</i>	5,35	10,1	2,6	12,2	29
Myctophiformes	Myctophidae	<i>Krefflichthys anderssoni</i>	31,36	23,1	13,7	41,5	45
Myctophiformes	Myctophidae	<i>Protomyctophum spp.</i>	21,20	24,0	9,3	37,0	75
Myctophiformes	Myctophidae	<i>Electrona antarctica</i>	1,53	5,5	0,6	2,6	89
Myctophiformes	Myctophidae	<i>Hygophum sp.</i>	3,71	1,8	2,3	22,2	45
Gadiformes	Macrouridae	<i>Coelorhynchus fasciatus</i>	0,32	2,7	0,1	0,7	150
Gadiformes	Macrouridae	<i>Coryphaenoides spp.</i>	0,10	0,9	0,0	0,4	64
Gadiformes	Macrouridae	<i>Hymenocephalus spp.</i>	0,21	1,8	0,0	0,6	149
Gadiformes	Moridae	<i>Salilota australis</i>	0,21	0,9	0,0	0,7	72
Gadiformes	Gadidae	<i>Micromesistius australis</i>	0,10	0,9	0,0	0,7	61
Gadiformes	Macruronidae	<i>Macruronus magellanicus</i>	0,32	1,8	0,1	0,9	44
Ophidiiformes	Carapidae	<i>Echiodon cryomargarites</i>	0,32	2,8	0,2	0,9	68
Ophidiiformes	Bythitidae	<i>Cataetyx messieri</i>	0,10	0,9	0,0	0,5	26
Scorpaeniformes	Scorpaenidae	<i>Sebastes oculatus</i>	2,40	6,5	1,3	6,9	27
Perciformes	Nototheniidae	<i>Dissostichus eleginoides</i>	0,32	0,7	0,1	1,3	12
Perciformes	Nototheniidae	<i>Patagonotothen ramsayi</i>	3,93	9,2	2,1	9,1	40
Scombriformes	Gempylidae	<i>Paradiplospinus antarcticus</i>	0,32	0,9	0,1	1,7	48

Tabla 2. Abundancia relativa %, frecuencia de ocurrencia (%FO), abundancia media, desviación standard (Desv.st) y profundidad media ponderada (PMP m) de larvas de diferentes taxones obtenidos en las muestras nocturnas. La abundancia larval se expresa como individuos por 1000 m³.

Orden	Familia	Taxón inferior identificado	%	% FO	Media	Desv. st.	PMP, m
Argentiniformes	Bathylagidae	<i>Bathylagus antarcticus</i>	1,00	6,6	0,6	2,9	151
Stomiiformes	Gonostomatidae	Gonostomatidae	0,35	3,8	0,2	1,2	140
Myctophiformes	Myctophidae	<i>Gymnoscopelus braueri</i>	15,50	18,8	10,9	38,9	30
Myctophiformes	Myctophidae	<i>Gymnoscopelus</i>	3,72	12,2	2,8	15,3	24
Myctophiformes	Myctophidae	<i>Krefflichthys anderssoni</i>	40,47	39,6	27,6	54,4	81
Myctophiformes	Myctophidae	<i>Protomyctophum spp.</i>	24,37	34,0	18,9	59,1	49
Myctophiformes	Myctophidae	<i>Electrona antarctica</i>	0,94	11,3	0,6	1,9	84
Myctophiformes	Myctophidae	<i>Diaphus sp.</i>	0,05	0,9	0,0	0,3	56
Gadiformes	Macrouridae	<i>Coelorhynchus fasciatus</i>	0,41	2,8	0,3	2,1	39
Gadiformes	Macrouridae	<i>Hymenocephalus sp.</i>	0,11	1,8	0,0	0,5	94
Gadiformes	Macruronidae	<i>Macruronus magellanicus</i>	0,59	2,83	0,5	3,4	31
Ophidiiformes	Carapidae	<i>Echiodon cryomargarites</i>	0,05	0,5	0,0	0,6	52
Scorpaeniformes	Scorpaenidae	<i>Sebastes oculatus</i>	3,49	11,3	3,1	14,0	29
Perciformes	Nototheniidae	<i>Patagonotothen ramsayi</i>	8,34	16,9	7,7	36,9	54
Scombriformes	Gempylidae	<i>Paradiplospinus antarcticus</i>	0,29	3,8	0,2	1,1	41
Pleuronectiformes	Achiropsettidae	<i>Mancopsetta maculata</i>	0,23	1,8	0,1	0,1	53

Distribución y abundancia total de larvas



Al integrar todos los niveles de profundidad en las estaciones realizadas de día y de noche en las tres transectas Norte, Centro y Sur, se destaca que las larvas se distribuyeron con mayor abundancia en el área oceánica ($p < 0,001$), siguiendo en el talud y finalmente en la plataforma (Figura 4).

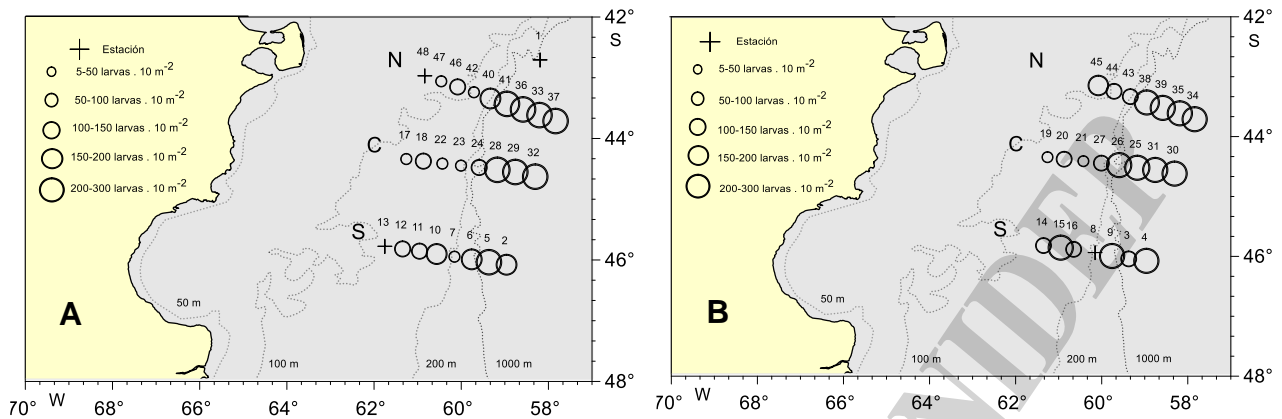


Figura 4. Distribución y abundancia de larvas presentes en toda la columna de agua ($n. 10 m^{-2}$). (A) lances diurnos, (B) lances nocturnos.

En las tres transectas se capturaron larvas en todas las estaciones, pero se registró significativamente una mayor abundancia en las del Centro y Sur ($p < 0,001$, Figura 5 A). Asimismo, la abundancia larval fue mayor durante la noche ($p < 0,01$, Figura 5 B).

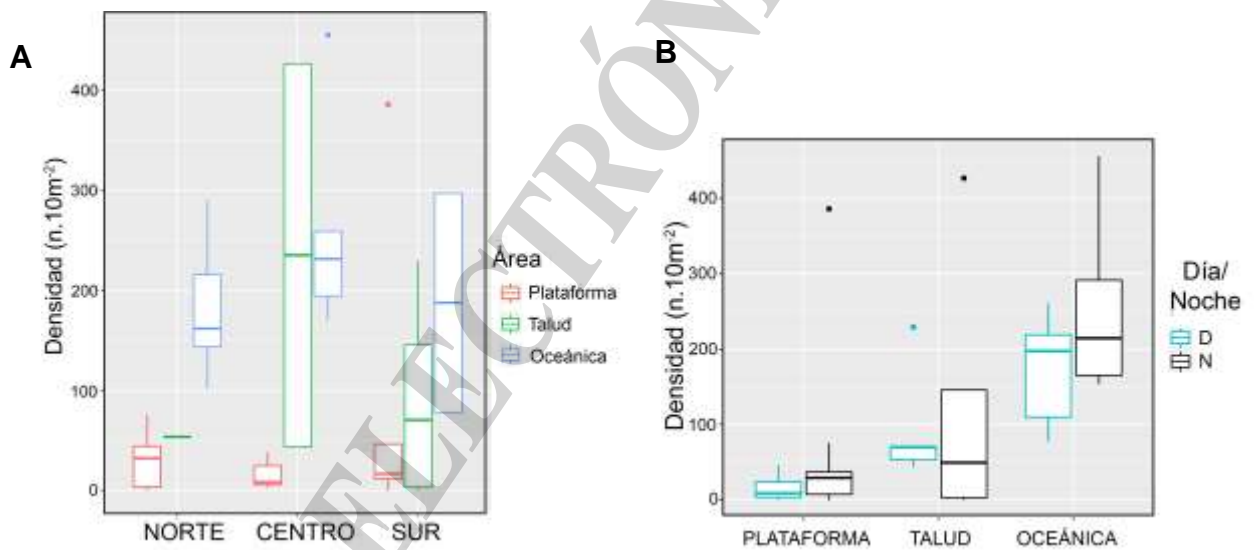


Figura 5. Densidad de larvas de peces por $10m^{-2}$ en las transectas Norte, Centro y Sur considerando las tres áreas (plataforma, talud y oceánica) (A). Densidad de larvas de peces por $10m^{-2}$ en las mismas áreas, distinguiendo los grupos de larvas capturadas durante el día y durante la noche (B).

Distribución y abundancia vertical de larvas

El modelo MLG permitió observar que a mayor profundidad de muestreo en la columna de agua la abundancia de larvas en general disminuyó ($p < 0,001$, Figura 6 A). Las abundancias medias totales de larvas por nivel muestreado resultaron mayores durante los muestreos nocturnos (Figura 6 B).

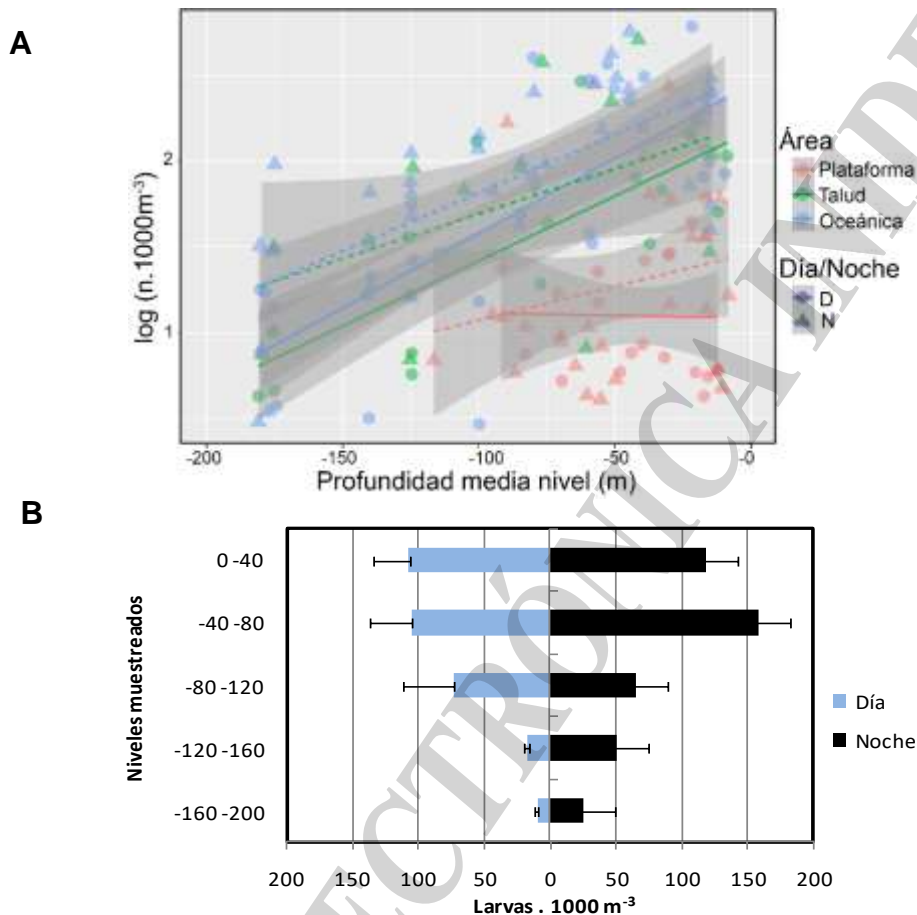


Figura 6. Modelos lineales del logaritmo natural de las abundancias de larvas de peces (individuos por 1000m⁻³) respecto de la profundidad media de cada nivel, agrupados por área (plataforma, talud y oceánica) y momento del día (día y noche). El ajuste lineal del día se presenta en línea completa mientras que el de la noche en línea punteada. Las zonas grises representan los intervalos de confianza, construido en la escala link y luego transformado a la escala respuesta (A). Abundancia de larvas (individuos por 1.000 m⁻³ y por rango de nivel muestreado. Las barras horizontales indican el error standard (B).

Del análisis de la distribución vertical y de la abundancia de larvas (larvas.1000 m⁻³) en las tres transectas, tanto de día como de noche, se destaca que las abundancias son mayores en el área oceánica, con temperaturas entre 8 a 4 °C, mientras que son menores en la plataforma con temperaturas de 10 a 8 °C (Figura 7 A-F). La mayor cantidad de niveles positivos en plataforma se observó de noche en la transecta sur (Figura 7 F) mientras que en las plataformas de las transectas norte y central se registraron pocos niveles con larvas (Figura 7 A, B y C).

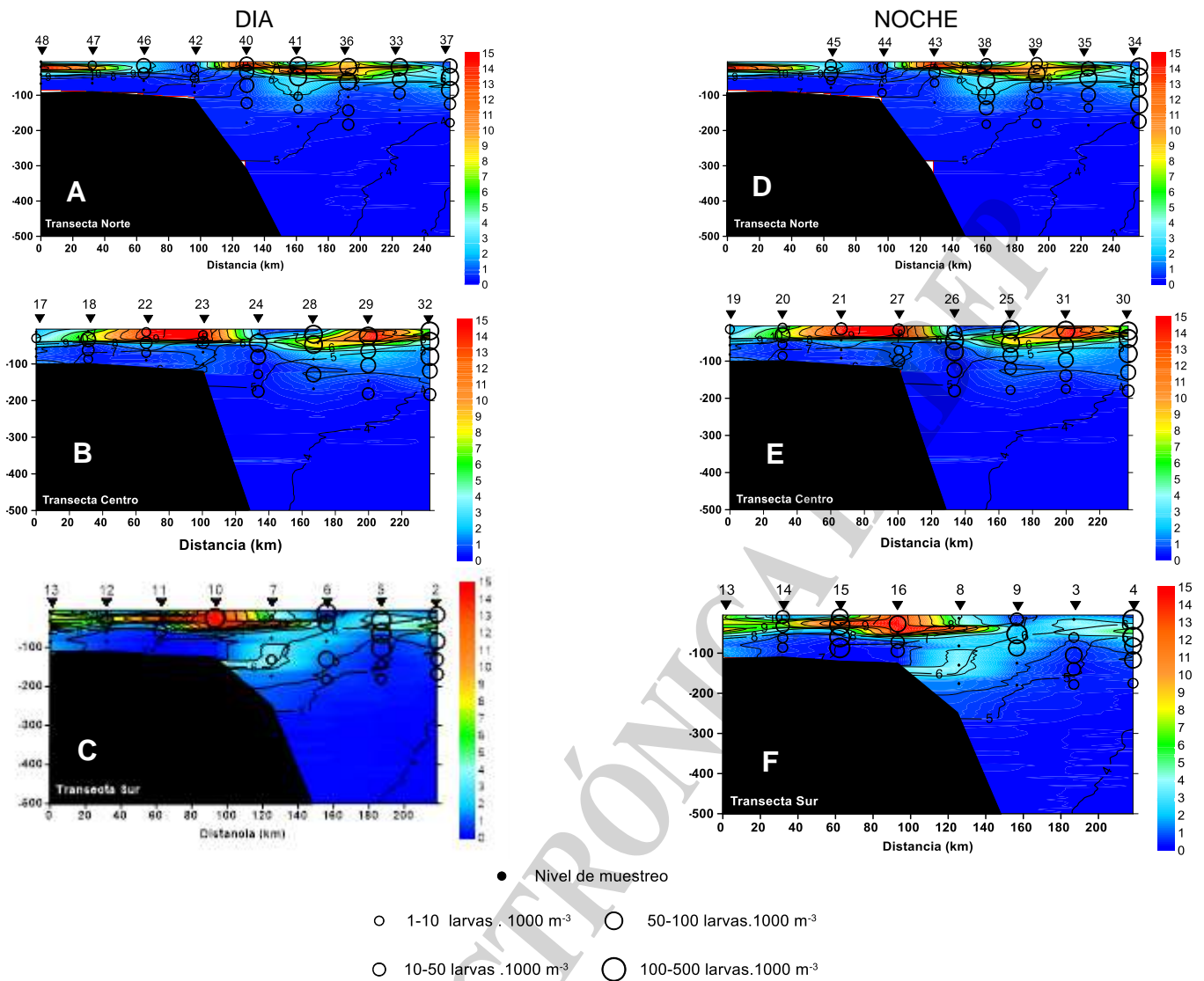


Figura 7. Secciones verticales de fluorescencia y temperatura en las transectas Norte, Centro y Sur sobre las que se indica la distribución y abundancia de larvas presentes en cada nivel muestreado (n. 1.000 m³). (A, B y C) lances diurnos, (D, E y F) lances nocturnos.

Distribución vertical de larvas por taxón identificado

Se realizaron ANOVAs de una vía para comparar las densidades de las especies más abundantes identificadas con los factores “Día y Noche” y “Área” (plataforma, talud y oceánica) no encontrándose diferencias significativas en ninguna de las comparaciones (p valores $> 0,05$), a excepción de *Electrona antarctica* que presentó diferencias significativas respecto del factor “día-noche” (p valor = 0,008) con las mayores densidades capturadas durante el día. *Krefflichthys anderssoni* presentó diferencias significativas respecto del factor “área” (p valor = 0,015). En este último caso, las densidades de esta especie fueron significativamente mayores en el área oceánica respecto del talud.

Sobre el borde de la plataforma se han encontrado larvas de *Patagonotothen ramsayi* (orden Perciformes) en densidades semejantes entre el día y la noche y ubicadas en los niveles de profundidades menores a 75 m. Otra especie presente exclusivamente en la plataforma fue *Sebastes oculatus* del orden Scorpaeniformes, pero en este caso, estuvo presente sólo en niveles superficiales menores de 50 m (Figura 8, A y B).

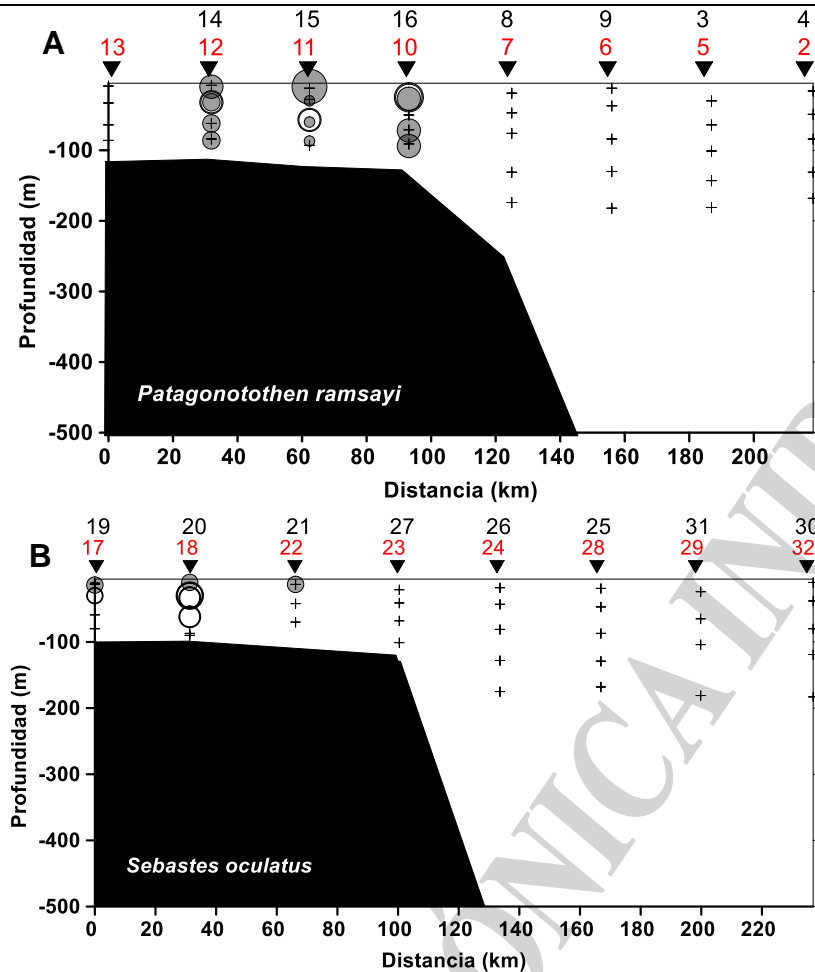


Figura 8. Secciones verticales sobre las que se indica la distribución y abundancia de larvas de *Patagonotothen ramsayi* (A) en la transecta Sur y *Sebastes oculatus* (B) en la transecta Centro, presentes en cada nivel muestreado (n. 1000 m⁻³). Círculos blancos y número de estación en rojo corresponden a muestras diurnas y círculos grises y número de estación en negro, nocturnas.

Los mictófididos (Figura 9) resultaron la familia de peces más abundante en el talud y en el área oceánica, conformada por las especies *Krefflichthys anderssoni*, *Gymnoscopelus braueri*, *Gymnoscopelus opisthopterus*, *Protomyctophum* spp., *Electrona antarctica*, e *Hygophum* spp. No se observaron diferencias en la abundancia de estos organismos entre el día y la noche distribuyéndose mayormente en el área oceánica, en niveles con profundidades menores a 125 m. Cabe destacar que *Krefflichthys anderssoni* también se capturó en la plataforma y en baja abundancia, en el talud. Larvas de *Gymnoscopelus braueri* se encontraron mayormente en el borde de la plataforma y en el talud, y en baja cantidad en al área oceánica, mientras que *Gymnoscopelus opisthopterus* se encontró tanto de noche como de día en el área oceánica en los niveles más superficiales, en profundidades menores a 50 m. *Electrona antarctica* se observó sólo en el área oceánica.

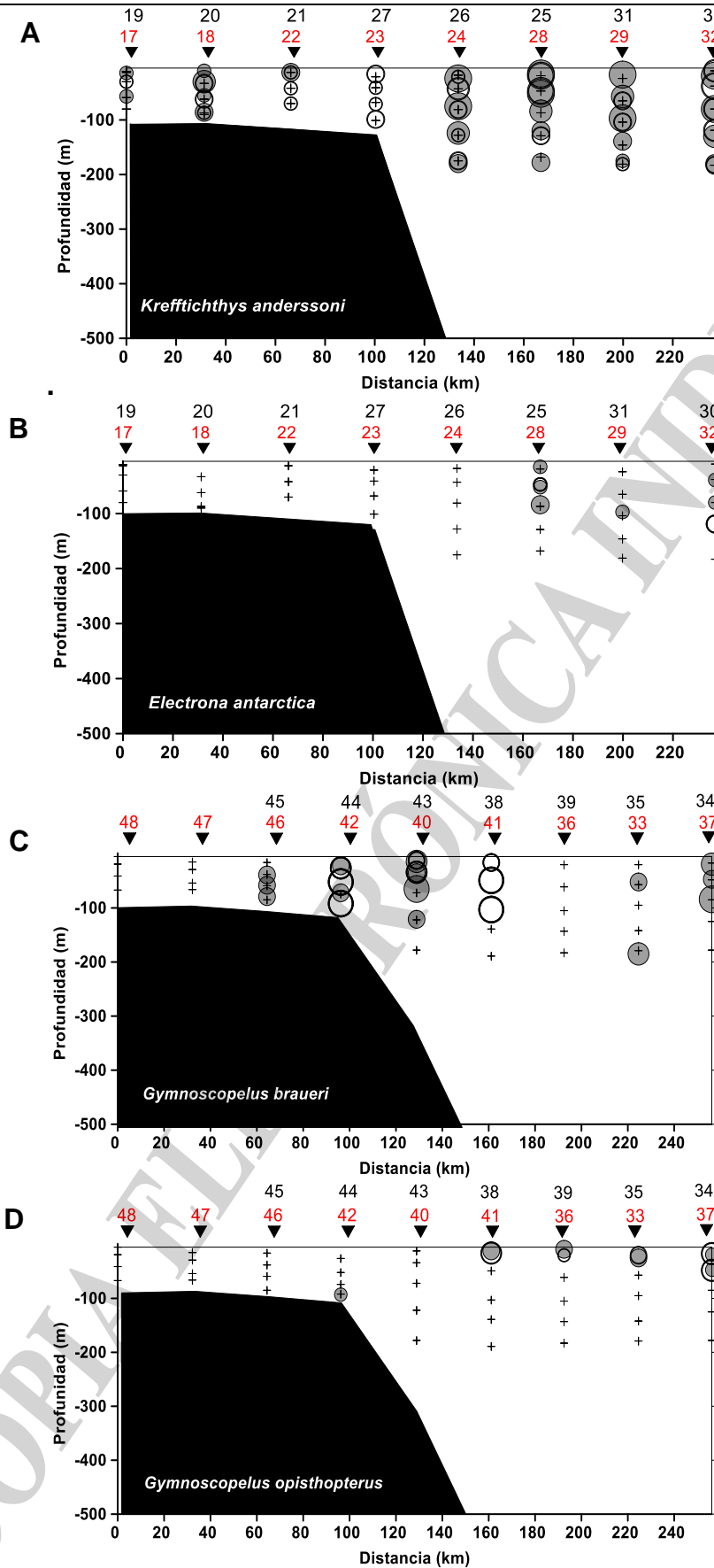


Figura 9. Secciones verticales sobre las que se indica la distribución y abundancia de larvas de *Krefflichthys anderssoni* (A) y *Electrona antarctica* (B) en la transecta Centro, y *Gymnoscopelus braueri* (C) y *Gymnoscopelus opisthopterus* (D) en la transecta Norte presentes en cada nivel muestreado (n. 1000 m⁻³). Círculos blancos y número de estación en rojo corresponden a muestras diurnas y círculos grises y número de estación en negro, nocturnas.



Dentro del orden Argentiniformes, se encontraron larvas de *Bathylagus antarcticus* (Fam. Bathylagidae) en el área oceánica, en los niveles más profundos, y con mayores densidades durante la noche. Dentro de los Stomiiformes, se capturaron larvas de la familia Gonostomatidae que se ubicaron en los niveles de muestreo más profundos, por debajo de los 100 m y con mayores densidades durante la noche (Figura 10).

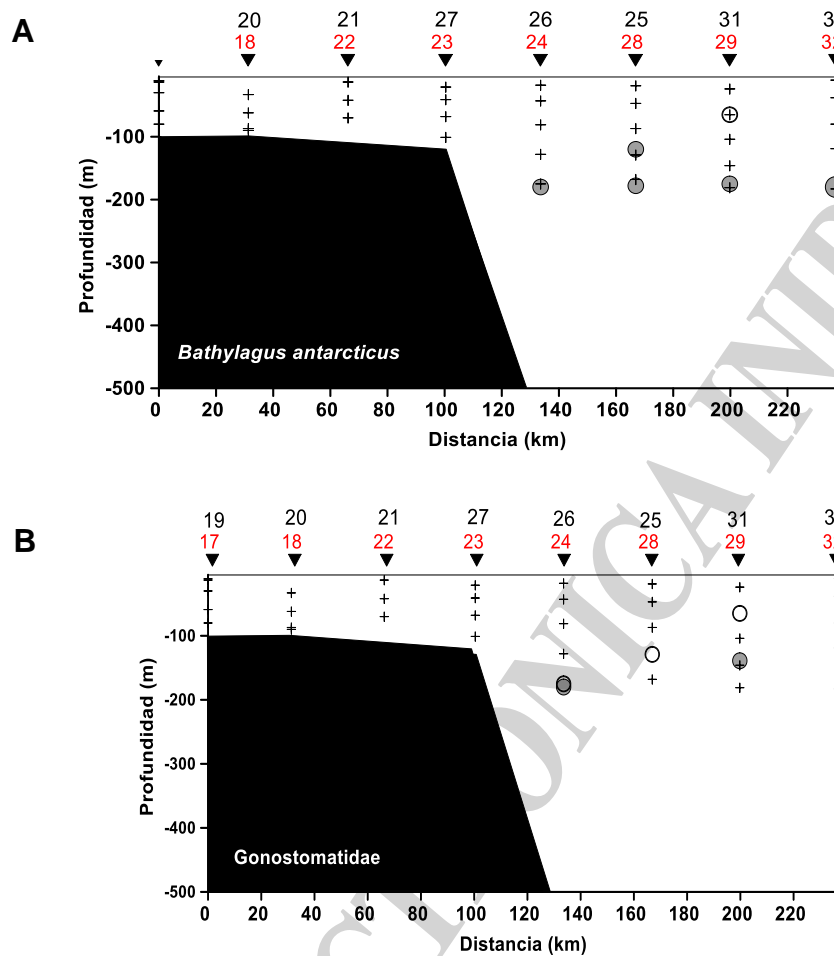


Figura 10. Secciones verticales sobre las que se indica la distribución y abundancia de larvas de *Bathylagus antarcticus* (A) y Gonostomatidae (B) en la transecta Centro, presentes en cada nivel muestreado (n. 1000 m⁻³). Círculos blancos y número de estación en rojo muestras diurnas y círculos grises y número de estación en negro muestras nocturnas.

Respecto de las larvas de granaderos, en áreas oceánicas, y en menor medida en el talud, se encontraron *Coelorhynchus fasciatus* e *Hymenocephalus spp.*; y en el área oceánica se observó una estación con *Coryphenoides spp.*, todos en bajas densidades en niveles entre 35 y 183 m (Figuras 11 y 12).

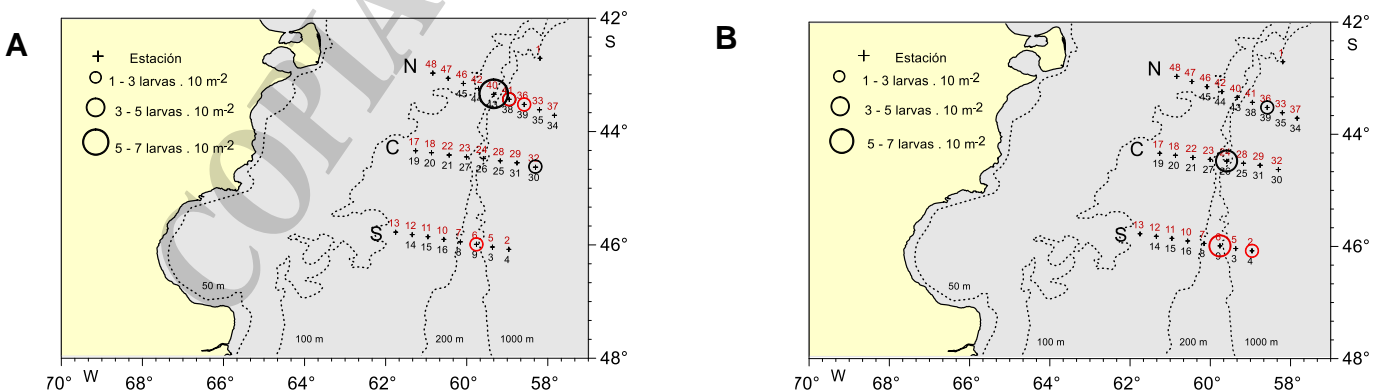


Figura 11. Distribución y abundancia de larvas presentes en toda la columna de agua (n. 10 m⁻²). (A) *Coelorhynchus fasciatus*, (B) *Hymenocephalus spp.* Círculos rojos corresponden a muestras diurnas y negros, nocturnas.

Larvas de gadiformes *Macruronus magellanicus* (fam. Macruronidae) y *Salilota australis* (fam. Moridae) y el perciforme *Dissostichus eleginoides* (fam. Nototheniidae) se capturaron en estaciones del borde de plataforma (Figura 12.) mientras que larvas de *Micromesistius australis* (fam. Gadidae) se encontraron en el área oceánica. Todas estas larvas fueron halladas en densidades muy bajas y en pocas estaciones.

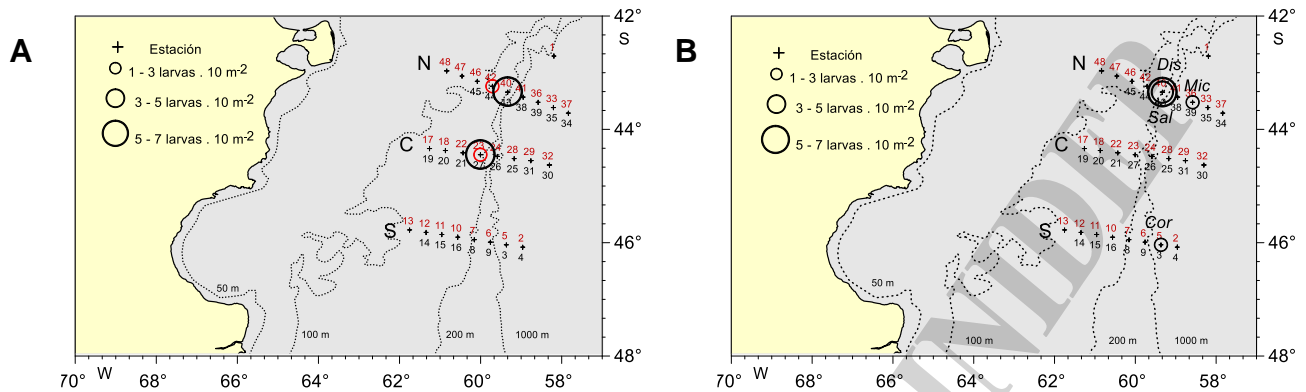


Figura 12. Distribución y abundancia de larvas presentes en toda la columna de agua (n. 10 m⁻²). (A) *Macruronus magellanicus*, (B) Larvas varias, Dis: *Dissostichus eleginoides*, Sal: *Salilota australis*, Mic: *Micromesistius australis* y Cor: *Coryphenoides* spp. Círculos rojos corresponden a muestras diurnas y negros, nocturnas.

Discusión

El Frente Patagónico del Talud (FPT), caracterizado por el contacto de aguas de relativa baja salinidad sobre el borde de plataforma (SASW) con aguas de mayor salinidad de la Corriente de Malvinas (SAW), configura un área clave para el desove y cría de peces como se pudo evidenciar por la abundancia y variedad de especies identificadas. Las características hidrográficas del Frente son semejantes en las tres transectas estudiadas al estar afectadas por la Corriente de Malvinas al este, de notable persistencia e intensidad, y por aguas subantárticas de plataforma al oeste a lo largo de 150 millas. Las variaciones de salinidad constituyen la señal más evidente del frente (FTP) que separa aguas de plataforma y talud con aguas del régimen oceánico mar afuera. No obstante, se presentan diferencias importantes en las profundidades que abarcan el borde de la plataforma, talud y áreas oceánicas y que llevan a distinguir variaciones en la composición específica de cada ensamble.

En el borde de la plataforma predominan larvas de peces demersales de los órdenes Perciformes y Gadiformes, mientras que en el talud Myctophiformes y en el área oceánica Myctophiformes y otros grupos mesopelágicos como Argentiniformes y Stomiiformes. La presencia de estos grupos de peces teleósteos, tanto en diversidad como en biomasa, se destaca en todas las áreas oceánicas (Olivar et al. 2019). Asimismo, se observa que otros grupos estudiados en esta misma campaña como los copépodos presentaron mayor diversidad en áreas oceánicas (Severo et al. 2024). Es interesante señalar que mientras que la riqueza de especies en la plataforma es baja, en el área oceánica es mucho más alta, posiblemente por el mayor espacio en sentido vertical como mayor diversidad de nichos y menor efecto de depredación, al encontrarse los depredadores más dispersos (Shropshire et al. 2022).

Se observó que en todas las transectas se capturaron más larvas de noche que de día, probablemente debido a que las larvas evitarían la presencia del muestreador al detectarlo más fácilmente (Bridger 1956) considerando su color plateado y las bridas superiores de arrastre.

En esta campaña se colectaron larvas entre estadios de preflexión y postflexión distribuidos entre la superficie y 200 m, y en profundidades menores en el borde de plataforma. Este hecho coincidió con lo observado por Olivar et al. (2018) donde el 94 % de larvas en pre y postflexión capturadas en áreas oceánicas se ubicaron en ese mismo rango de profundidad. Respecto a su distribución vertical, se observó que, en general, no presentaron variaciones en su posición en la columna de agua, ocupando tanto de día como de



noche los mismos niveles de profundidad. Estos estadios larvales, por su tamaño y desarrollo, no logran efectuar desplazamientos verticales importantes como ocurre con las larvas mayores en estadios de transformación (Olivar et al. 2018). Además, es conocido que muchas larvas de mictófidios y otros mesopelágicos no realicen migraciones verticales (Sassa et al. 2004).

En las secciones verticales realizadas en la tres transectas se observaron densidades mayores de larvas en los niveles próximos a la capa superficial, asociadas a densidades elevadas de copepoditos y a altos índices de fluorescencia en profundidades menores a 80 m, que incluyeron floraciones de diatomeas y que, a su vez, sustentarían el pastoreo de copépodos que pueden ser alimento de larvas de peces (Severo et al. 2024)

Diferentes especies de larvas mesopelágicas se encontraron en el borde de plataforma, talud y áreas oceánicas, ocupando toda la columna de agua. Pero *Bathylagus antarctica* se ubicó siempre en niveles con profundidades mayores a los 100 m. Esta especie con ojos pedunculados está adaptada a vivir en niveles más profundos con menor intensidad luminosa, que le permite capturar presas en ese escenario más oscuro (Weihs y Moser 1981). Esta distribución vertical se observó también en las larvas de Gonostomatidae. Para estos casos, es evidente que la profundidad máxima de muestreo establecida en 200 m fue insuficiente, y es deseable muestrear a mayores profundidades en futuras campañas.

La escasa abundancia de larvas de *Micromesistius australis* y *Salilota australis* quizás se debieron a que estas especies desovan en invierno y principios de primavera (Ciechomski et al. 1981, Ehrlich et al. 1999) y como los muestreos en esta campaña se realizaron en noviembre, estas larvas deberían estar más desarrolladas, por lo que se podrían haber desplazado o bien haber evitado el muestreador.

Debido a la distancia y condiciones hidrometeorológicas desfavorables del FPT previo a este crucero, se disponían de muestras de ictioplancton escasas y dispersas. Este estudio es el primero que, a través de un muestreo sistemático, ha logrado obtener un cuadro más detallado de la composición ictioplanctónica en el ecosistema del Frente Patagónico del Talud.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer especialmente a los colegas y tripulación del BO ARA Austral por la ayuda en la obtención de las muestras. A la Lic. Marcela Charo por la provisión de los datos oceanográficos. Al INIDEP por facilitar el instrumental de muestreo, apoyo logístico y demás insumos para el desarrollo de la campaña.

Bibliografía

- Acha EM, Mianzan HW, Guerrero RA, Favero M, Bava J. 2004. Marine fronts at the continental shelves of austral South America. Physical and ecological processes. J Mar Syst. 44:83–105.
- Acha EM, Piola AR, Iribarne O, Mianzan HW. 2015. Ecological Processes at Marine Fronts. Cham: Springer , 68 p.
- Aleman D, Acha M, Iribarne O. 2014. Marine fronts are important fishing areas for demersal species at the Argentine Sea (Southwest Atlantic Ocean). J Sea Res. 87:56-67.
- Bakun A. 1996. Patterns in the ocean. Ocean processes and marine population dynamics. California: University of California Sea Grant. 323 p.
- Belkin IM, Cornillon PC, Sherman K. 2009. Fronts in Large Marine Ecosystems. Prog Oceanogr. 81(1-4): 223-236.
- Bertolotti MI, Brunetti NE, Carreto JI, Prenski LB, Sánchez RP. 1996. Influence of shelf-break fronts on shellfish and fish stocks off Argentina. Reykjavik, Iceland: ICES Annual Science Conference. Session 41:1-23.
- Bezzi SI, Renzi M, Irusta G, Santos B, Tringali LS, Ehrlich MD, Sánchez F, García de la Rosa S, Simonazzi M, Castrucci R, 2004. Caracterización biológica y pesquera de la merluza (*Merluccius hubbsi*). In: Sánchez, R,



Bezzi, SI, (Eds.), El Mar Argentino y sus recursos pesqueros. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata, Argentina, pp. 157–205.

- Blanco GS, Pisoni JP, Quintana F. 2015. Characterization of the seascape used by juvenile and wintering adult Southern Giant Petrels from Patagonia Argentina. *Estuar Coast Shelf Sci.* 153:135–144.
- Bogazzi E, Baldoni A, Rivas A, Martos P, Reta R, Orensanz J, Lasta M, Dell'Arciprete P, Werner, F. 2005. Spatial correspondence between areas of concentration of Patagonian scallop (*Zygochlamys patagonica*) and frontal systems in the Southwestern Atlantic. *Fish Oceanogr.* 14: 359-376.
- Bridger JP. 1956. On Day and Night Variation in Catches of Fish Larvae. *ICES JMarSci.* 22(1):42–57.
- Brunetti NE, Ivanovic ML, Elena B. 1998. Calamares omastreífid (Cephalopoda, Ommastrephidae). In: Boschi EE, (Ed.), El Mar Argentino y sus recursos pesqueros. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata, Argentina, pp. 37–68.
- Campagna C, Falabella V, Lewis MN. 2007. Entanglement of southern elephant seals in squid fishing gear. *Mar Mamm. Sci.* 23(2-4):414-418.
- Carreto JI, Montoya NG, Carignan MO, Akselman R, Acha EM, Derisio C. 2016. Environmental and biological factors controlling the spring phytoplankton bloom at the Patagonian shelf-break front – Degraded fucoxanthin pigments and the importance of microzooplankton grazing. *Prog Oceanogr.* 146:1-21.
- Ciechomski JD, Ehrlich MD, Lasta CA, Sánchez RP. 1981. Distribución de huevos y larvas de peces en el Mar Argentino y evaluación de los efectivos desovantes de anchoíta y de merluza. *Contrib Inst Nac Invest Des Pesq* 383:59-79.
- Contreras T, Olivar MP, Hulley PA, Fernández de Puellas, ML. 2019. Feeding ecology of early life stages of mesopelagic fishes in the equatorial and tropical Atlantic. *ICES J Mar Sci.* 76:673–689.
- Cousseau MB, Barbini SA, Figueroa DA. 2012 The presence of southern fishes in the Argentinian continental shelf and adjacent areas. *Mar Biodiv.* 42(1):73-78.
- Cousseau MB, Gosztanyi AE, Elías I, Ré ME. 2004. Estado actual del conocimiento de los peces de la plataforma continental argentina y adyacencias. En: Sánchez RP, Bezzi SI. (Eds.). El Mar Argentino y sus recursos pesqueros. Mar del Plata: INIDEP 4:17-38.
- Croxall JP, Wood AG. 2002. The importance of the Patagonian shelf for top predator species breeding at South Georgia. *Aquat ConservMarFreshw.* 12:101–118.
- Efremenko FN. 1983. Atlas of Fish Larvae of the Southern Ocean, SCAR/SCOR/IABO/ACMRR, Biomass Handbook 22:1-74.
- Ehrlich M D, Sánchez RP, Ciechomski JD de, Machinandiarena L, Pájaro M. 1999. Ichthyoplankton composition, distribution and abundance on the southern patagonian shelf and adjacent waters. Documento Científico INIDEP. 5:37-65.
- Fahay MP. 2007. Early Stages of Fishes in the Western North Atlantic Ocean. NAFO, 1696 p. <https://www.nafo.int/Library/Fahay-Early-Stages-of-Fishes/Early-Stages-of-Fishes-PDFs>
- Faraway JJ. 2006. Extending the linear model with R: generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models. UK: University of Bath. 395 p.
- Figueroa DE. 2019. Clave de Peces Marinos del Atlántico Sudoccidental, entre los 33° S y 56° S. Mar del Plata: INIDEP. 365 p.
- Franco BC, Piola AR, Rivas AL, Baldoni A, Pisoni JP. 2008. Multiple thermal fronts near the Patagonian shelf break. *Geophys Res Lett.* 35:1-6.



- Giussi AR, Hansen JE, Wöhler OC, 2004. Biología y pesquería de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). In: Sánchez, R, Bezzi SI, (Ed.), El Mar Argentino y sus recursos pesqueros. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata, Argentina, pp. 321–346.
- Guerrero RA, Piola AR. 1997. Masas de Agua en la Plataforma Continental. En: Boschi E. (Ed.). El Mar Argentino y sus recursos pesqueros. Mar del Plata: INIDEP1:107-118.
- Kellermann A. 1990. Identification Key and Catalogue of Larval Antarctic Fishes. Ber Polarforsch. 67:1-136.
- Lutz VA, Segura V, Dogliotti AI, Gagliardini DA, Bianchi AA, Balestrini CF. 2010. Primary production in the Argentine Sea during spring estimated by field and satellite models. J Plankton Res. 32 (2):37–56.
- Matsuura Y, Olivar MP. 1999. Fish Larvae. En: Boltovskoy D. (Ed.) South Atlantic Zooplankton. Leiden: Backhuys Publishers. 2:1445-1496.
- Moser HG (Ed.). 1984. Ontogeny and Systematics of Fishes. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Special Publication Number 1:760 p.
- Moser HG, Ahlstrom EH. 1970. Development of Lanternfishes (Family Myctophidae) in the California Current. Part I. Species with narrow-Eyed Larvae. Bulletin of the Los Angeles County Museum of Natural History, Science 7:1-145.
- Olivar MP, Tabit Contreras P, Hulley A, Emelianov M, López-Pérez C, Tuset V, Castellón A. 2018 Variation in the diel vertical distributions of larvae and transforming stages of oceanic fishes across the tropical and equatorial Atlantic. Prog Oceanogr. 160:83-100.
- Olivar MP, Fortuño JM. 1991. Guide to Ichthyoplankton of the Southeast Atlantic (Benguela Current Region). Sci Mar. 55(1):1-383.
- Piola AR, Matano RP. 2001. The South Atlantic Western Boundary Currents Brazil/Falkland (Malvinas) Currents. En: Steele JM, Thorpe SA, Turekian KK. (Eds.), Encyclopedia of Ocean Sciences, Waltham MA: Academic Press. 340-349.
- Piola AR, Palma ED, Bianchi AA, Castro BM, Dottori M, Guerrero RA, Marrari M, Matano RP, Möller Jr. O, Saraceno M. 2018. Physical Oceanography of the W Atlantic Shelf: A Review. En: Hoffmeyer MS. et al. (Eds.), Plankton ecology of the Southwestern Atlantic. Cham: Springer 37-56.
- Rivas A L. 2006. Quantitative estimation of the influence of surface thermal fronts over chlorophyll concentration at the Patagonian shelf. J Mar Syst. 63(3-4):183-190.
- Rivas AL, Pisoni JP. 2010. Identification, characteristics and seasonal evolution of surface thermal fronts in the Argentinean Continental Shelf. J Mar Syst. 79:134-143.
- Rodríguez JM, Alemany F, García A. 2017. A guide to the eggs and larvae of 100 common Western Mediterranean Sea bony fish species. Rome: FAO. 256 p.
- Romero SI, Piola AR, Charo M, Eiras García CA. 2006. Chlorophyll-a variability of Patagonia based on SeaWiFS data. J Geophys Res. 111:1-11.
- Sabatini ME, Álvarez Colombo GL. 2001. Seasonal pattern of zooplankton biomass in the Argentinian shelf off southern patagonia (45°-55°S). Sci Mar. 65(1):21–31.
- Saraceno M, Provost C, Piola AR, Bava J, Gagliardini D. 2004. Brazil Malvinas Frontal System as seen from 9 years of advanced very high resolution radiometer data. J Geophys Res. 109: 1-14.
- Sassa C, Kawaguchi K, Hirota Y, Ishida M. 2004. Distribution patterns of larval myctophid fish assemblages in the subtropical–tropical waters of the western North Pacific. Fish Oceanogr. 13(4):267–282.



- Segura V, Lutz VA, Dogliotti AI, Silva RI, Negri, RM. 2013. Phytoplankton types and primary production in the Argentine Sea. *Mar Ecol Prog Ser.* 491:15-31.
- Severo A, Cepeda GD, Acha EM. 2024. The effects of the Patagonian shelf-break front on copepod abundance, biodiversity, and assemblages. *J Mar Syst.* 241. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2023.103921>
- Shropshire TA, Morey SL, Chassignet EP, Karnauskas M, Coles VJ, Malca E, Laiz-Carrión R, Fiksen Ø, Reglero P, Shiroza A, Quintanilla Hervas JM, Gerard T, John T Lamkin JT, Stukel MR. 2022. Trade-offs between risks of predation and starvation in larvae make the shelf break an optimal spawning location for Atlantic bluefin tuna. *J Plankton Res.* 44(5):782-798.
- Smith PE, Richardson SL. 1977. Standard techniques for pelagic fish egg and larva surveys. *FAO Fish. Tech. Pap.* 175: 1-100.
- Weihs D, Moser HG. 1981. Stalked eyes as an adaptation towards more efficient foraging in marine fish larvae. *Bull Mar Sci.* 31:31–36.
- Wöhler OC, Cassia MC, Hansen JE. 2004. Caracterización biológica y evaluación del estado de explotación de la polaca (*Micromesistius australis*) In: Sánchez R, Bezzi SI, (Eds.), *El Mar Argentino y sus recursos pesqueros*. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata, Argentina, pp. 283–305.

COPIA ELECTRÓNICA