

Diversidad y distribución de mictófidios en el océano Atlántico Sudoccidental

V Rodríguez Zanchin, B Temperoni, D Alemany

Dirección: Dirección de Pesquerías de Peces
Area: Programa Pesquerías de Peces Pelágicos

Citar como:

Rodríguez Zanchin V, Temperoni B, Alemany D. 2024. Diversidad y distribución de mictófidios en el océano Atlántico Sudoccidental. Inf Investigación INIDEP N° 028/24, 20 pp.



Diversidad y distribución de mictófidios en el océano Atlántico Sudoccidental

V Rodríguez Zanchin^{1,2}, B Temperoni^{1,2} y D Alemany^{1,2}

1. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC), Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).
2. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP).

Resumen

Los mictófidios son peces mesopelágicos de pequeño tamaño que se distribuyen en todos los océanos del planeta. Debido a su gran abundancia y diversidad han sido objeto de estudio en numerosas investigaciones alrededor del mundo con el fin de comprender el rol ecológico que cumplen estos organismos en los ecosistemas pelágicos. Esta importancia radica en su función como intermediarios en las tramas tróficas, y en el ciclo biológico del carbono. Sin embargo, esta amplia Familia de peces se encuentra aún poco estudiada en nuestra región. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la distribución y la diversidad de peces de la Familia Myctophidae en el océano Atlántico Sudoccidental (33° S – 56° S), utilizando datos de captura (presencia/ausencia de especies) de diez campañas de investigación realizadas en el área de estudio en el período 1978-2023. Se analizó un total de 1.248 lances de pesca, de los cuales, en 207 se registró la presencia de mictófidios. Éstos se distribuyeron principalmente a lo largo del talud continental y aguas oceánicas al este del mismo, y se encontraron ausentes en zonas con profundidades menores a 90 m. Se registró un total de 17 géneros y 36 especies en el área de estudio; los lances con mayor cantidad de especies se distribuyeron en la región oceánica, particularmente en el área de la Confluencia Brasil-Malvinas, y aquellos lances con menor cantidad de especies se ubicaron en el talud continental. A través de distintas rutinas de análisis multivariados se definió la presencia de cinco ensambles de mictófidios en el área de estudio, con diferencias en su composición de especies y en los patrones de distribución espacial. Estas diferencias permitieron asociar a los ensambles con los distintos regímenes oceanográficos de la región, determinados principalmente por las propiedades de las masas de agua (temperatura y salinidad) y la presencia de frentes oceánicos, y con las distintas biorregiones del talud continental.

Palabras Clave: Myctophidae, peces mesopelágicos, ensambles ícticos, oceanografía

Introducción

Los peces mesopelágicos se encuentran entre los vertebrados más abundantes del planeta. Algunos de ellos cumplen un rol clave en las tramas tróficas pelágicas debido principalmente a su alta biomasa, y por ser intermediarios entre los niveles tróficos basales (fitoplancton, zooplancton) y los superiores (peces de mayor tamaño, mamíferos, aves, cefalópodos, entre otros) (Cherel et al. 2010). Una de las particularidades que presenta la mayoría de los peces mesopelágicos es que realizan migraciones verticales diarias en la columna de agua siguiendo las migraciones de sus presas; de esta manera, se alimentan en superficie durante la noche y permanecen en zonas más profundas durante el día, a salvo de sus predadores (Christiansen et al. 2019). En los últimos años se ha puesto el foco en intentar comprender la dinámica y el rol ecológico de este gran grupo de peces debido a su potencial papel en la bomba biológica de carbono, transportando carbono atmosférico desde las capas productivas del océano hacia las profundidades (Catul et al. 2011). Uno de los grupos más abundantes y diversos es la familia Myctophidae (Gill 1893), representada actualmente por 249 especies agrupadas en 34 géneros (Catul et al. 2011). Los mictófidios se encuentran en todos los océanos del mundo, donde habitan las capas intermedias (entre 200 y 2.000 metros de profundidad), y con frecuencia son dominantes en las comunidades ícticas pelágicas (Beamish et al. 1999).

Se han estudiado y descripto comunidades compuestas por mictófidios en diferentes regiones oceánicas del mundo: océano Índico (Koubbi et al. 2011; Olivar y Beckley 2022; Vipin et al. 2012), Islas Canarias (Moyano et al. 2009; Wienerroither et al. 2009), Pacífico norte occidental (Watanabe et



al. 1999; Sassa et al. 2002, 2004), Pacífico norte oriental (Paxton 1967; Diaz Santana-Iturríos et al. 2008; Davison et al. 2015), Atlántico tropical (Olivar et al. 2017), Atlántico norte subtropical (Backus et al. 1969; Gartner et al. 1989; Marohn et al. 2021; Gartner et al. 1987; Milligan y Sutton 2020; Wang et al. 2021), Atlántico sur subtropical (Castro et al. 2010; da Costa Braga et al. 2014; Eduardo et al. 2021, 2022), Mar Mediterráneo (Granata et al. 2011; Clavel-Henry et al. 2020; Olivar et al. 2022) y la región sur de los océanos Atlántico, Pacífico e Índico (Collins et al. 2008; Duhamel et al. 2014; Flynn y Williams 2011; Freer et al. 2019).

En el océano Atlántico Sudoccidental (ASO), frente a las costas de Argentina (aproximadamente entre los 33° S y 56° S), existen algunos registros de presencia y descripción de especies de mictófididos (Hulley 1981; Linkowski 1985; Cousseau et al. 2012; Figueroa 2019), así como también sobre su distribución vinculada al contexto oceanográfico (Konstantinova et al. 1994; Figueroa et al. 1998; Acha et al. 2018). A la fecha, se ha registrado un total de 77 especies presentes en el área, agrupadas en 25 géneros, algunas con distribución principalmente tropical o subtropical, y otras más ligadas al límite externo de la plataforma continental argentina y a la región subantártica. Si bien la información que se tiene hasta el momento representa un conocimiento base sobre la gran diversidad de esta familia de peces en el ASO, resulta necesario profundizar su estudio con datos actualizados, a mayor escala, e integrarlo con el contexto físico, con el objetivo de estudiar sus patrones de distribución y agrupamiento.

Por todo lo expuesto, el objetivo de este trabajo fue describir y evaluar la distribución y la diversidad de especies de la familia Myctophidae en el océano Atlántico Sudoccidental entre los 33° S y 56° S, para el período 1978-2023.

Materiales y métodos

Área de estudio

El ASO está caracterizado por albergar aguas formadas en áreas alejadas que son conducidas a dicha región por la circulación oceánica a gran escala (Piola y Matano 2001). Este encuentro de masas de agua genera una estratificación vertical de alta complejidad. El área geográfica en estudio delimitada dentro del ASO (33° S - 56° S) comprende la plataforma continental argentina, parte de la plataforma continental de Uruguay, y aguas del dominio oceánico hacia el este hasta los 43° O, aproximadamente. La selección del área se corresponde a los sectores explorados por las distintas campañas de investigación analizadas en este informe.

Las aguas de la plataforma continental son relativamente frías y de baja salinidad, y tienen origen subantártico: se originan en altas latitudes, tanto por desprendimiento de algunas corrientes (Circumpolar y de Malvinas) como por la contribución de aguas continentales subpolares (canales fueguinos y Estrecho de Magallanes), y tienen una circulación media de sur a norte (Guerrero y Piola 1997). Cerca de los 39° S, la Corriente de Brasil colisiona con una rama de la Corriente Circumpolar Antártica que se dirige hacia el norte a lo largo del talud continental: la Corriente de Malvinas, que transporta aguas subantárticas frías y de menor salinidad en dirección ecuatorial (Figura 1, panel izquierdo). Esta convergencia de masas de agua con distintas propiedades fisicoquímicas genera una de las regiones con mayor producción de energía en los océanos del mundo: la Confluencia Brasil-Malvinas (Piola y Matano 2001).

Otro de los ecosistemas marinos de gran importancia en la región en términos de productividad se encuentra conformado por el Frente de Talud Continental (FTC), que se extiende por más de 1.500 km desde los 39° S hasta los 51° S, aproximadamente, entre el borde de la plataforma continental argentina y el talud continental. Este frente termohalino permanente se produce por la interacción entre las aguas de la plataforma (más cálidas, menos salinas y con menor concentración de nutrientes) con la Corriente de Malvinas, generando altas concentraciones de clorofila *a* (*chl-a*) y producción primaria en toda su extensión (Carreto et al. 2016; Lutz et al. 2018).



En función de la heterogeneidad que presenta la oceanografía del ASO, se han propuesto distintas regionalizaciones basadas en distintos objetos de estudio, como las características de las masas de agua y las corrientes, los endemismos, la distribución, abundancia o riqueza de distintos grupos de organismos, entre otros (Angelescu y Preski 1987; Boschi 2000; Piola 2008; Sabadin et al. 2020 y referencias allí citadas). Falabella et al. (2023) sintetizan estos antecedentes, aportando una clasificación integral de las principales biorregiones que conforman el gran ecosistema del Mar Argentino y sus áreas adyacentes. Algunas a destacar, a los fines de este estudio, son el Talud de Confluencia, el Talud Superior y el Talud Subantártico Profundo (Figura 1, panel derecho). Asimismo, para caracterizar el ambiente oceánico por fuera de la plataforma continental, se tomó el criterio de regímenes oceanográficos de Piola (2008), destacando los regímenes subtropical, subantártico y de transición subtropical-subantártico, los cuales poseen características distintivas y relativamente estables, cuyos límites se encuentran marcados por los frentes de salinidad: Frente Subtropical, Frente Subantártico y Frente Polar (Figura 1, panel izquierdo).

En el Talud de Confluencia tienen contacto las Corrientes de Brasil y de Malvinas, y se caracteriza por su gran dinamismo, con corrientes muy intensas, una fuerte estratificación vertical, y alternancia de aguas subantárticas y subtropicales. Se extiende desde aproximadamente los 38°40' S frente a las costas de Mar del Plata hasta aproximadamente los 33° S, con profundidades entre los 200 y los 2.000 m. La salinidad de estas aguas se encuentra en un rango de 34,3-35 siendo mayor a 35 desde la isobata de 2.000 m hacia el este, debido a la influencia de las aguas del régimen subtropical.

La Corriente de Malvinas representa un factor central en las biorregiones del Talud Superior y el Talud Subantártico Profundo. El Talud Superior se ubica en las aguas menos profundas del talud continental, entre los 200 y los 800 m de profundidad, y se encuentra atravesado por la rama interna de la Corriente de Malvinas, sobre la isobata de los 200-300 m (Franco et al. 2008; Piola et al. 2013; Frey et al. 2021). En esta región, las aguas frías y ricas en nutrientes tienen un rol importante en el enriquecimiento de la plataforma continental exterior y en la conformación del FTC (Piola 2008). En cambio, el Talud Subantártico Profundo se localiza entre los 800 y 2.000 m de profundidad, y tiene influencia de la rama externa, sobre la isobata de 1.400 m (Franco et al. 2008; Piola et al. 2013; Frey et al. 2021). Con velocidad intensa hacia el norte, escasa estratificación vertical, alta turbulencia y aguas propias del régimen subantártico (relativamente frías, salinidad entre 33,9 y 34,3 y con alta concentración de nutrientes), esta región es altamente productiva. Desde estas biorregiones hacia el este, domina el régimen subantártico-subtropical que corresponde a una zona de transición relativamente variable (aguas con salinidad mayor a 34,2), con presencia de remolinos por la colisión de aguas subtropicales de la corriente de Brasil y aguas subantárticas de la Corriente de Malvinas (Piola y Falabella 2009).

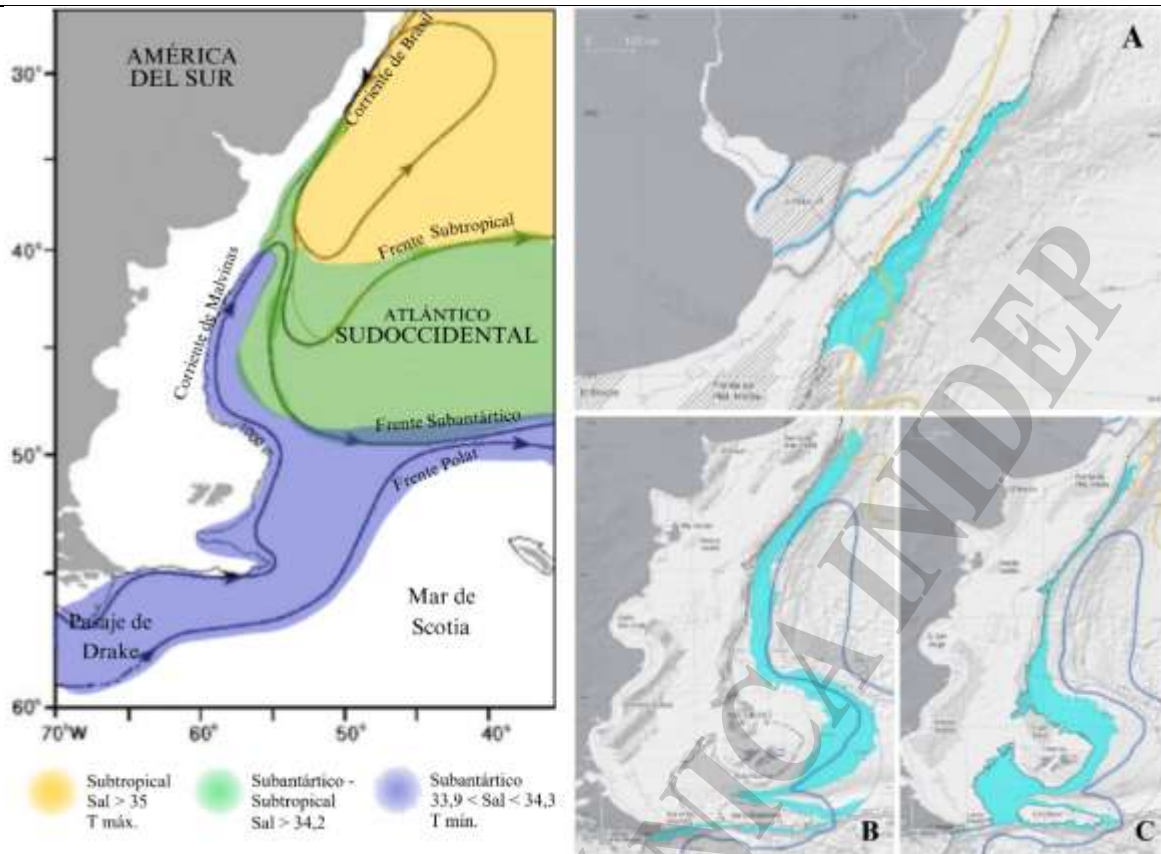


Figura 1. Panel izquierdo: representación esquemática de los regímenes oceanográficos por fuera de la plataforma continental argentina, principales corrientes y frentes oceánicos en el Atlántico Sudoccidental (Piola 2008; modificado de Saraceno et al. 2004). T: temperatura, Sal: salinidad. Panel derecho: biorregionalización del talud continental, representando en celeste las biorregiones Talud de Confluencia (A), Talud Subantártico Profundo (B) y Talud Superior (C). La línea en azul representa el Frente Subantártico y en amarillo el Frente Subtropical (extraído de Falabella et al. 2023).

Fuente de datos y metodología de muestreo

Se utilizaron bases de datos de diez campañas de investigación realizadas en el área de estudio entre 1978 y 2023. De éstas, siete fueron llevadas a cabo por el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), a bordo de los buques de investigación Víctor Angelescu y Eduardo Holmberg, dirigidas a la evaluación de recursos pesqueros del Mar Argentino (calamar, merluza y otras especies de peces demersales). Las tres restantes corresponden a campañas realizadas en conjunto con Alemania (a bordo del R/V *Walther Herwig*), la Unión Soviética (R/V *Evrika*) y Japón (R/V *Kaiyo Maru*) (Tabla 1).

En la campaña realizada por el R/V *Kaiyo Maru* (año 2005), que consistió de dos etapas, se utilizaron dos redes pelágicas de media agua, una empleada en la primera, con una abertura de 100 m² y malla cuadrada de 4x4 mm (LC-100m²-R3 *Nichimo Ltd*), y otra con una abertura de 1.500 m² y malla de 60 mm en el copo (*Nichimo NST- 660- SR*) utilizada en la segunda etapa de la campaña. Ambas redes fueron operadas en horas de la tarde-noche (17:00 hs – 02:00 hs). En relación a la campaña del R/V *Evrika* (año 1988), se utilizó una red pelágica de 30 m² de abertura, en un rango de profundidad de 75 a 125 m desde la superficie, y los lances se realizaron principalmente entre las 19:00 hs y las 7:00 hs. En la campaña VA202108 se utilizó una red de arrastre de fondo de tipo Engel de 23,5 m de abertura horizontal y 4 m de abertura vertical, que se operó de día (09:00 hs - 19:00 hs). Además, se realizaron lances durante la noche con una red pelágica de media agua con una abertura de 36 m² y un sobrecopo de 15 mm, que fue operada en función de registros acústicos indicativos de concentraciones



de peces pelágicos (“pesca a la marca”). La ubicación de los lances se realizó, al igual que en las dos campañas mencionadas anteriormente, mediante un muestreo sistemático por transectas perpendiculares a la costa.

Por último, en las campañas del R/V *Walther Herwig* (año 1978), VA202306, EH202203, VA202202, VA202201, VA201904 y VA201402 se utilizó una red de arrastre de fondo con características similares a la mencionada para la VA202108 (de tipo Engel), y se realizaron todos los lances en horas diurnas. La ubicación de los lances se determinó a través de un diseño estratificado al azar.

En cada campaña, personal científico especializado realizó la identificación taxonómica de los mictófididos capturados. Para aquellos casos en los que no fue posible la identificación de la especie ni el género, los individuos fueron catalogados como “Myctophidae”, y los mismos no fueron contemplados para analizar la diversidad de especies. Además, en todas las campañas se tomaron muestras de agua mediante un CTD (excepto en la del R/V *Walther Herwig*) para determinar la temperatura y la salinidad de la columna de agua. En el caso de la campaña del R/V *Walther Herwig*, se utilizaron botellas Nansen y un batitermógrafo para tal fin.

Tabla 1. Campañas analizadas en el área de estudio en las que se colectaron ejemplares de mictófididos para estudiar la distribución y diversidad de especies de la familia Myctophidae en el Atlántico Sudoccidental.

(*): los datos corresponden a la primera etapa de la campaña del R/V *Evrika*.

Campaña	Mes / Año	N lances	N lances con mictófididos	Rango de profundidad de los lances (m)	Arte de pesca utilizado	Rango de latitud muestreada (° S)	Rango de longitud muestreada (° O)
VA202306	Mayo / 2023	45	3	51-225	Red de arrastre de fondo	35-38	52-56
EH202203	Noviembre / 2022	69	3	49-314	Red de arrastre de fondo	34-39	52-57
VA202202	Marzo / 2022	61	6	54-639	Red de arrastre de fondo	51-54	62-67
VA202201	Enero / 2022	73	2	106-386	Red de arrastre de fondo	46-50	60-65
VA202108	Noviembre / 2021	22	8	113-732 (lances de fondo) 15-30 (lances pelágicos)	Red de arrastre de fondo y red pelágica	44-46	58-61
VA201904	Abril-Mayo / 2019	84	26	83-402	Red de arrastre de fondo	37-44	54-61
EH201402	Febrero / 2014	90	1	102-276	Red de arrastre de fondo	45-51	60-66
<i>Kaiyo Maru</i>	Septiembre- Octubre / 2005	69	41	10-60	Red pelágica	37-45	52-64
<i>Evrika</i>	Agosto / 1988	83	55	75-125	Red pelágica	36-42	44-58
<i>Walther Herwig</i>	Mayo- Octubre / 1978	652	62	15-1.500	Red de arrastre de fondo	35-55	52-68



Análisis de los datos

Se analizó un total de 1.248 lances de pesca (Figura 2). La gran mayoría ($n = 789$) se ubicaron en el sector de la plataforma continental, en zonas cuya profundidad no superó los 200 m.

Se realizó un control de validez taxonómica para los nombres de las especies capturadas, comparando con datos de ocurrencia en la región (Hulley, 1981; Konstantinova et al, 1994; Figueroa et al, 1998; Cousseau et al, 2012; Acha et al, 2018; Figueroa, 2019) y con bases de datos taxonómicas *online* como FishBase (Froese y Pauly 2023) y de ocurrencia de especies, como GBIF (*Global Biodiversity Information Facility* 2023). Los nombres científicos fueron actualizados con los aceptados actualmente.

La diversidad de especies de la familia Myctophidae se determinó a partir del cálculo de la riqueza específica (S), expresándose como la cantidad de especies presentes en cada lance. Para ello, se utilizó el programa R (versión 4.3.1) para generar una matriz de datos de presencia (1) y ausencia (0) de cada especie en cada uno de los lances de pesca con presencia de mictófidios identificados. A partir de dicha matriz, se calculó la riqueza de especies mediante la función *specnumber* del paquete *BiodiversityR*. El resultado se visualizó en un mapa en el cual se utilizó una simbología graduada por color, que separa los datos en clases según la clasificación por cortes naturales de Jenks (Jenks 1967).

Con el objetivo de evaluar diferencias en la estructura y composición de especies de los ensamblajes de mictófidios, se realizó un análisis CLUSTER a partir de una matriz de similitud calculada mediante el índice de Sørensen, con datos de presencia y ausencia de mictófidios en cada lance (método: *group average linkage*) (Clarke y Warwick 2001). Además, se realizó un análisis MDS basado en la misma matriz de similitud, con el fin de evaluar y visualizar la distancia relativa entre los lances. Para analizar la significancia de los grupos definidos mediante CLUSTER, se realizó una prueba SIMPROF con un nivel de significancia del 1% ($p < 0,01$), bajo la hipótesis nula de que todos los lances provienen de un mismo ensamblaje de especies (Clarke et al. 2008). Además, para examinar la composición de especies, identificar a las indicadoras en cada ensamblaje (aquellas con una contribución mayor a 5 %), y calcular los porcentajes de disimilitud entre los mismos, se utilizó la rutina SIMPER con distancia de Bray Curtis.

Para evaluar la distribución espacial de los ensamblajes determinados por CLUSTER, se generó un mapa con dichos resultados. Asimismo, se determinaron los rangos de temperatura y salinidad de cada ensamblaje a partir de los valores registrados a la profundidad en la que se capturaron los mictófidios, con el fin de establecer relaciones entre los ensamblajes y las biorregiones o regímenes oceanográficos característicos del ASO.

Todos los mapas se realizaron utilizando el programa QGIS (versión 3.28.1) y los análisis multivariados se realizaron en PRIMER-E v6 -1.0.3- (Clarke y Gorley 2006).

Resultados

Distribución y diversidad de mictófidios

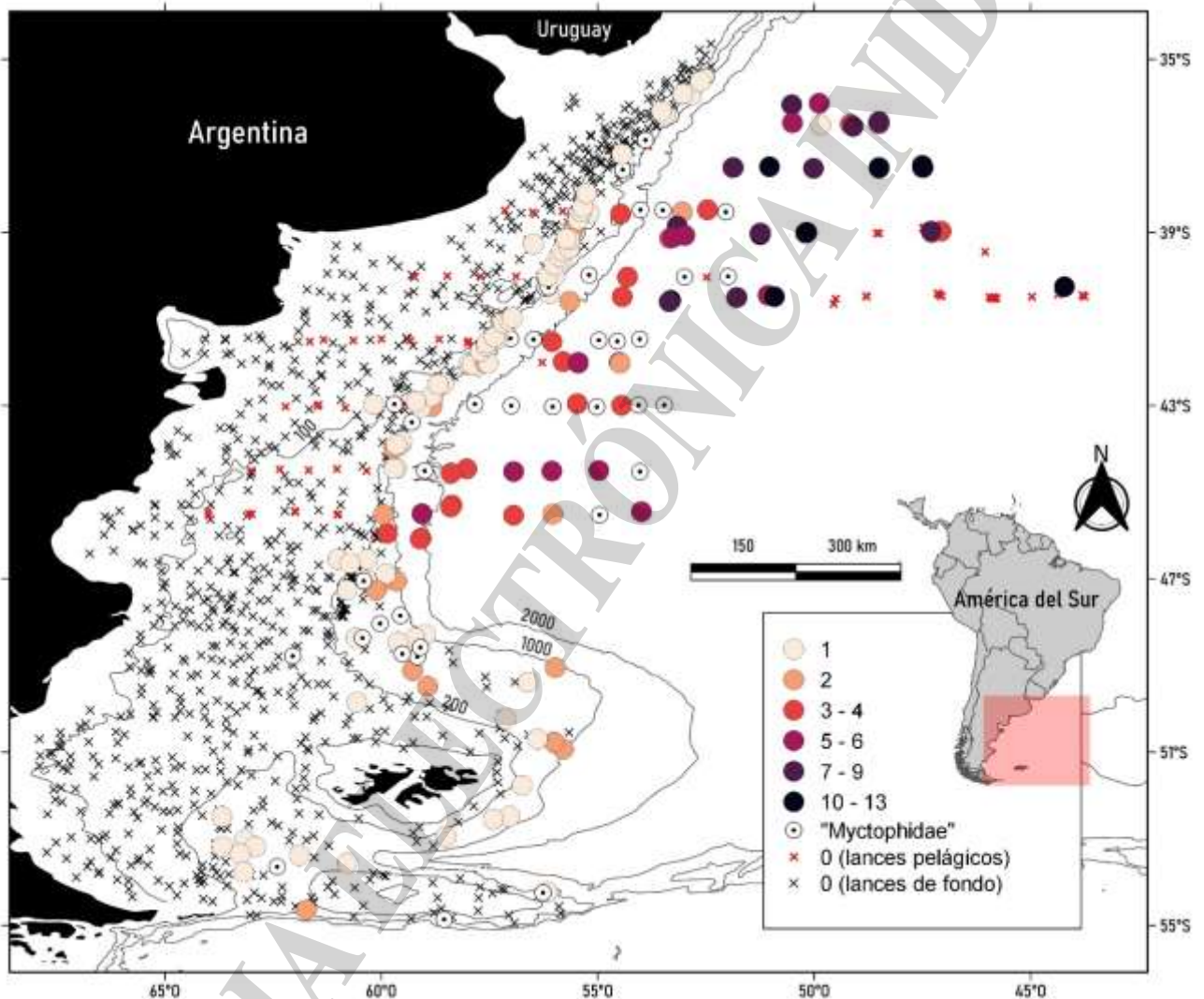
Se registró la presencia de mictófidios en 207 lances de un total de 1.248, que equivalió al 16,6 % (Figura 2). De éstos, la identificación a nivel de especie de los ejemplares capturados fue posible en 162 lances, por lo que a los restantes se los catalogó como “Myctophidae” y fueron descartados de los análisis de diversidad posteriores.

Se identificó un total de 17 géneros y 36 especies (Tabla 2). La especie más frecuente fue *Gymnoscopelus nicholsi*, encontrándose presente en 93 lances (44,9 % de los lances con presencia de mictófidios), y le siguieron *Ceratoscopelus warmingii* en 30 lances (14,5 %), y *Electrona subaspera* y



Lampichthys procerus en 29 (14 %). Del total de especies, 4 fueron nuevos registros para el área de estudio: *Myctophum nitidulum* (1 lance), *Diaphus richardsoni* (1), *Hygophum proximum* (25) y *Taaningichthys minimus* (7).

Los lances con más de cinco especies ($S > 5$) se ubicaron en la región oceánica (desde la isobata de 2.000 m hacia el este). Aquellos con mayor riqueza ($10 < S < 13$) se localizaron en el sector norte (entre los 37° S y 40°30' S), en zonas con una profundidad entre 4.000 y 5.500 m. Por el contrario, los lances con menor número de especies ($S = 1$) se ubicaron a lo largo del talud continental y, en su mayoría (72 lances), se distribuyeron en zonas cuyo rango de profundidad varió entre 100 y 1.000 m. En el área de la plataforma continental hasta la isobata de 100 m, a excepción de dos lances en su límite externo (a los 90 y 98 m), los mictófididos se encontraron ausentes tanto en lances pelágicos como de fondo.



**Tabla 2.** Listado de especies/taxones identificados en las campañas de investigación analizadas en este informe, y el número de lances por campaña en los que se registraron.

	VA202306	EH202203	VA202202	VA202201	VA202108	VA201904	EH201402	Kaiyo Maru	Evrika	Walther Herwig
<i>Ceratoscopelus maderensis</i>									19	
<i>Ceratoscopelus warmingii</i>									30	
<i>Ceratoscopelus sp.</i>										10
<i>Ctenoscopelus phengodes</i>								4	11	
<i>Diaphus anderseni</i>									3	
<i>Diaphus dumerilii</i>									5	
<i>Diaphus effulgens</i>									1	
<i>Diaphus hudsoni</i>									9	
<i>Diaphus richardsoni</i>									1	
<i>Diaphus sp.</i>									1	
<i>Diogenichthys atlanticus</i>									1	
<i>Electrona paucirastra</i>								8	2	
<i>Electrona subaspera</i>					6			12	9	2
<i>Electrona sp.</i>										3
<i>Gymnoscopelus bolini</i>										14
<i>Gymnoscopelus braueri</i>								1		
<i>Gymnoscopelus fraseri</i>								16	16	15
<i>Gymnoscopelus nicholsi</i>	3	3	6	2	6	26			1	
<i>Gymnoscopelus piabilis</i>		1						7	8	
<i>Gymnoscopelus sp.</i>								2		7
<i>Hygophum hanseni</i>									5	1
<i>Hygophum hygomii</i>									12	
<i>Hygophum proximum</i>									25	
<i>Lampadena dea</i>									1	
<i>Lampadena notialis</i>									18	
<i>Lampadena sp.</i>										1
<i>Lampanyctus australis</i>							1			7



<i>Lampanyctus sp.</i>									4	
<i>Lampichthys procerus</i>									29	
<i>Lepidophanes guentheri</i>									27	
<i>Myctophum nitidulum</i>								1		
<i>Notoscopelus resplendens</i>									12	
<i>Protomyctophum andriashevi</i>									2	
<i>Protomyctophum bolini</i>									4	
<i>Protomyctophum choriodon</i>								2	6	
<i>Protomyctophum normani</i>					6			1		
<i>Protomyctophum tenisoni</i>								4	17	
<i>Protomyctophum sp.</i>								4		
<i>Scopelopsis multipunctatus</i>									14	
<i>Symbolophorus barnardi</i>									21	
<i>Symbolophorus boops</i>								14	7	
<i>Symbolophorus sp.</i>								1		
<i>Taaningichthys bathyphilus</i>									7	
<i>Taaningichthys minimus</i>									2	
Total especies/taxones identificados	1	2	1	1	3	1	1	14	33	9

Análisis multivariados

El análisis CLUSTER clasificó los lances en cinco grupos al 20 % de similitud (Figura 3A), y la prueba SIMPROF rechazó la hipótesis nula sobre la ausencia de agrupamientos dentro del set total de muestras. La primera separación ocurrió en el 2,5 % de similitud, que separó al grupo A del resto. La segunda separación ocurrió en un 6,7 % de similitud, y separó al B de los grupos restantes. Al 7,5 % de similitud se separó el C, y los grupos D y E se separaron al 9,5 % de similitud. El análisis MDS mostró la relación de distancia entre los grupos definidos por el CLUSTER, con un valor de *stress* de 0,06 (Figura 3B).

Estos resultados también mostraron coincidencias con la relación espacial de los ensambles en el área de estudio (Figura 4), donde se observó una marcada diferencia en las regiones ocupadas por cada uno de ellos, sobre todo aquellos con mayor número de lances (A, B y C), así como también se registró cierto solapamiento espacial entre algunos ensambles (por ejemplo, C y E).

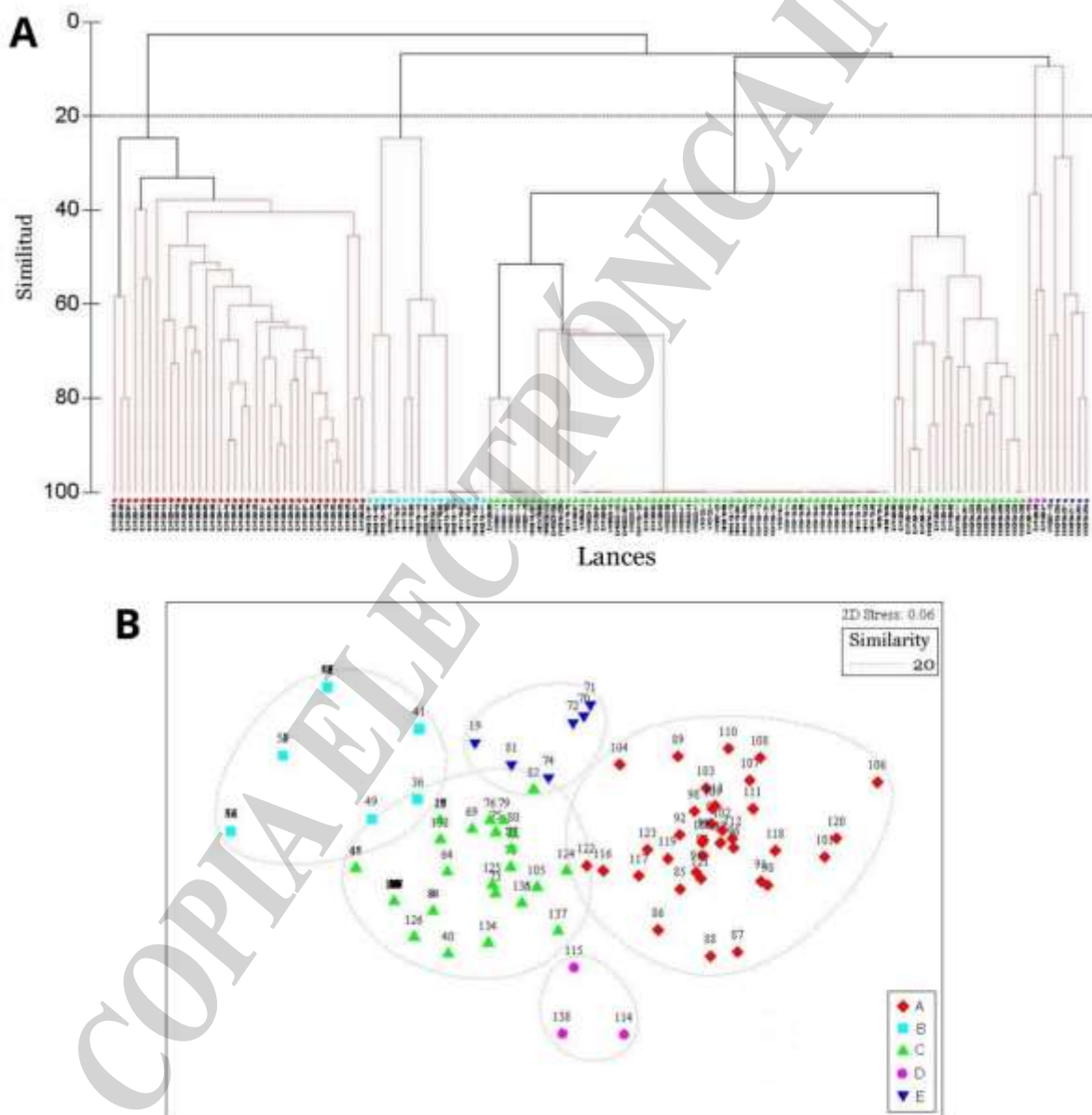


Figura 3. (A) Dendrograma basado en el análisis CLUSTER sobre datos de presencia/ausencia de mictófidios, formando cinco grupos separados por un 20 % de similitud. (B) Ordenamiento de los lances (con su respectiva numeración) basado en el análisis MDS sobre la misma matriz de datos que se utilizó en el análisis CLUSTER.



A través del análisis SIMPER se identificaron las especies características de cada ensamble (Tabla 3). El alto porcentaje de disimilitud entre ensambles ($> 90\%$) obtenido a través de esta rutina confirmó una clara separación entre los mismos. Las especies con mayor contribución a la similitud del ensamble A fueron *C. warmingii* (17,8 % de contribución), *L. guentheri* (15,1 %), *H. proximum* (14,6 %), *L. procerus* (14,5 %), *S. barnardi* (8,9 %), *C. maderensis* (7,5 %) y *L. notialis* (5,9 %). En el grupo B dominó la especie *G. bolini* (89,3 %) frente a *L. australis* (9,7 %), mientras que en C fue *G. nicholsi* (94,3 %). En el ensamble D, las especies que más contribuyeron fueron *P. tenisoni* (78,1 %) y *P. andriashevi* (21,9 %), mientras que en el E fueron *S. boops* (51,2 %), *C. phengodes* (28 %) y *E. subaspera* (20,8 %). El ensamble con mayor nivel de similitud entre lances fue C con un 64,6 %, y el de menor nivel de similitud fue D con 43,5 %. Los ensambles con mayor nivel de disimilitud entre sí fueron B y D (100%), y los de menor disimilitud fueron E y D (90,5 %).

Tabla 3. Resultados del análisis SIMPER sobre la composición de especies en los ensambles definidos por CLUSTER (n = número de lances por grupo) y el porcentaje de contribución de cada una a la similitud dentro del grupo. Se reportan las especies indicadoras ($> 5\%$ de contribución).

Ensamble	Especies indicadoras	Contribución (%)
A (n = 36)	<i>Ceratoscopelus warmingii</i>	17,8
	<i>Lepidophanes guentheri</i>	15,1
	<i>Hygophum proximum</i>	14,6
	<i>Lampichthys procerus</i>	14,5
	<i>Symbolophorus barnardi</i>	8,9
	<i>Ceratoscopelus maderensis</i>	7,5
	<i>Lampadena notialis</i>	5,9
B (n = 17)	<i>Gymnoscopelus bolini</i>	89,3
	<i>Lampanyctus australis</i>	9,7
C (n= 76)	<i>Gymnoscopelus nicholsi</i>	94,3
D (n = 3)	<i>Protomyctophum tenisoni</i>	78,1
	<i>Protomyctophum andriashevi</i>	21,9
E (n = 6)	<i>Symbolophorus boops</i>	51,2
	<i>Ctenoscopelus phengodes</i>	28,0
	<i>Electrona subaspera</i>	20,8

Distribución de ensambles en función del contexto oceanográfico

Los ensambles presentaron variación entre sí en cuanto a sus características oceanográficas (Tabla 4). Los lances de los ensambles A y E fueron los que presentaron valores máximos de temperatura ($T_A = 17,3\text{ }^\circ\text{C}$ y $T_E = 17,6\text{ }^\circ\text{C}$) y junto con C, fueron los que presentaron valores máximos de salinidad ($Sal_E = 35,80$; $Sal_A = 35,90$ y $Sal_C = 35,93$).

El ensamble C sólo presentó tres lances con un valor de salinidad característico del régimen subtropical ($Sal > 35$), los cuales se ubicaron al norte del Frente Subtropical, entre la superficie y los 225 m de profundidad (Figura 4; lances 1, 2 y 69).

En el caso del ensamble E, en cuatro lances se registraron valores de salinidad mayores a 35, ubicándose sólo dos de estos al norte del Frente Subtropical (Figura 4, lances 70 y 71), y otros dos al

sur del mismo (72 y 74). En cuanto a los dos lances más australes, el 19 se ubicó en el límite del Frente Subantártico, adyacente al talud continental, presentando valores mínimos de temperatura y salinidad del ensamble ($T = 9,6$; $Sal = 34,02$), típicos del régimen subantártico, mientras que el 81 mostró características intermedias en relación a los mencionados anteriormente, con un valor de salinidad de 35 y temperatura de $12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Todos los lances del ensamble E se realizaron con redes pelágicas (entre 10 y 60 m de profundidad).

Por otro lado, los lances en los que se registraron valores mínimos de temperatura fueron los de los ensambles B y C ($T_B = 2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$; $T_C = 2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$). En éstos también se registraron valores mínimos de salinidad ($Sal_B = 33,86$ y $Sal_C = 33,40$). En el caso de los lances del ensamble B, los rangos de estas variables fueron más acotados, y todos éstos se ubicaron entre el Frente del Talud Continental y el Frente Subantártico (Figura 4). Por el contrario, los lances del ensamble C fueron los que presentaron mayor variabilidad en los valores de temperatura y salinidad, coincidiendo con su amplia distribución espacial: desde el límite externo de la plataforma continental hasta el dominio oceánico (isobatas de 90 a 5900 m; entre $52^{\circ}30'$ O y $63^{\circ}30'$ O), y abarcaron latitudinalmente casi la totalidad del área de estudio (desde los 35° S a los 55° S, aproximadamente).

Los lances del ensamble D exhibieron valores intermedios de temperatura y salinidad, con dos estaciones al norte del Frente Subtropical, con valores de temperatura y salinidad medios y máximos para dicho ensamble, y una cercana al Frente Subantártico con valores mínimos (Figura 4).

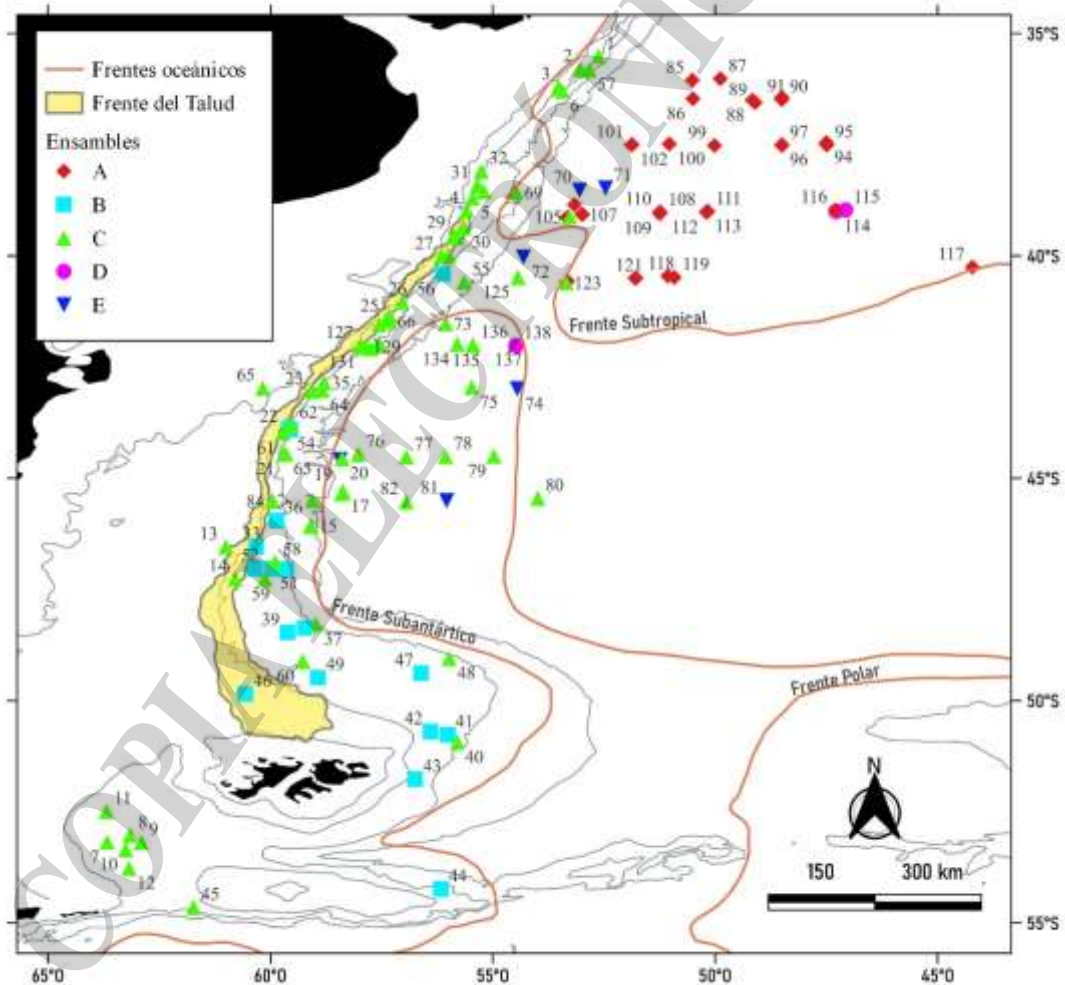


Figura 4. Distribución espacial de los ensambles de mictófidos definidos por los análisis CLUSTER y MDS. Los principales frentes oceánicos de la región están representados en líneas anaranjadas, y el Frente del Talud Continental en un polígono amarillo (adaptado de Carranza 2009).

**Tabla 4.** Rangos de temperatura y salinidad registrados en cada ensamble

Ensamble	Temperatura (°C)	Salinidad
A	7,9 – 17,3	34,56 – 35,90
B	2,7 – 6,2	33,86 – 34,29
C	2,5 – 12,6	33,40 – 35,93
D	7,0 – 10,7	34,10 – 34,69
E	9,6 – 17,6	34,02 – 35,80

Discusión

En el presente informe se presenta un análisis de la diversidad y distribución de especies de la familia Myctophidae en el ASO entre los 33° S y 56° S, realizado a partir de información de campañas de investigación para el período 1978-2023. Se observó una gran diversidad de mictófididos (36 especies), los cuales se agruparon espacialmente en cinco ensambles en función de las características oceanográficas que presenta la región. Es importante destacar que, si bien se analizaron lances en toda la plataforma continental argentina, los mictófididos sólo se registraron en profundidades mayores a 90 m. Estos resultados aportan nueva información referida a este importante grupo de peces mesopelágicos, sentando una base de conocimiento sobre el cual profundizar el estudio de su rol ecológico, especialmente por su estrecha relación con el Frente del Talud Continental.

La riqueza específica de los mictófididos varió desde la plataforma continental hacia el dominio oceánico, limitándose hasta tres o cuatro especies en la zona del talud continental, e incrementándose a más de cuatro hacia el este. Esta observación es válida únicamente si se tienen en cuenta las zonas norte y central de la región oceánica (hasta los 45° S aproximadamente), ya que no se contó con lances de pesca en el sector sur por fuera de la isobata de 2.000 m. Este patrón puede deberse a varios factores. En principio, se contempla cierto sesgo en los resultados producto de las diversas metodologías de muestreo utilizadas en las distintas campañas: hacia la zona oceánica se emplearon redes de media agua, mientras que las redes de fondo se operaron principalmente en la plataforma y en el talud hasta los 1.500 m de profundidad. En relación a la diferencia de planificación de las campañas, el esfuerzo de muestreo fue mayor en algunas zonas respecto a otras; por ejemplo, la región oceánica se encontró mayormente muestreada la zona norte respecto de las zonas central y sur. Teniendo en cuenta esta fuente de variabilidad, el aumento en el número de especies hacia la región oceánica, y en particular en la zona al norte de los 40° S, podría estar vinculado a la presencia de aguas del régimen subtropical asociadas a la Corriente de Brasil, y al encuentro de estas aguas con las de la Corriente de Malvinas, en el área de la Confluencia Brasil-Malvinas. En Koubbi et al. (2011) se reporta esta misma tendencia para la región del océano Índico austral, en el que se comparan ensambles de mictófididos de manera latitudinal, a través de un gradiente de temperatura y salinidad vinculado a distintos regímenes oceanográficos delimitados por frentes. En dicho estudio se observó un aumento en la riqueza de especies desde la costa antártica hacia el Frente Subtropical. Asimismo, en Duhamel et al. (2014), se realiza un listado de especies de mictófididos características de la región austral de los océanos Atlántico, Pacífico e Índico, a partir del cual se observa una mayor cantidad de especies vinculadas a la región subtropical (al norte del Frente Subtropical) en relación a aquellas mencionadas para las regiones antártica y subantártica; muchas de las cuales fueron también reportadas en este estudio.

En cuanto a la identificación taxonómica de las especies de mictófididos, es relevante destacar que los datos utilizados en este informe fueron tomados en campañas no dirigidas a este grupo de especies, y existe una gran heterogeneidad entre las mismas en cuanto a metodologías de muestreo, diseño y artes de pesca utilizados. Por otro lado, la identificación de las especies de esta Familia se realiza principalmente a partir de la posición de los fotóforos a lo largo del cuerpo, los cuales son muy sensibles a la fricción por arrastre de las redes. Por lo tanto, podría esperarse que existan incongruencias entre la identificación de algunos ejemplares en el área de estudio y su distribución reportada. Este fue el caso



de cuatro especies que no se habían reportado anteriormente para el área de estudio: *Myctophum nitidulum*, *Taaningichthys minimus*, *Diaphus richardsoni* y *Hygophum proximum*.

Myctophum nitidulum es una especie con distribución cosmopolita, registrándose en el ASO desde el norte de Brasil hasta los 36°30' S y 53° O, por lo que se podría considerar como un registro válido, considerando que, en las campañas incluidas para este estudio, se registró a los 38°30' S y 52°30' O. Asimismo, la especie *Taaningichthys minimus* posee una distribución concentrada en los trópicos, y alcanza el sur de Brasil en el sector costero, y los 37° S en el sector central del Atlántico sur, por lo cual también se podría considerar un registro válido para el área de estudio. Por otro lado, *Diaphus richardsoni* se encuentra principalmente en el océano Índico, Oceanía y el Pacífico ecuatorial, y existen unos pocos registros en la región central y oriental del Atlántico sur. Teniendo en cuenta que el género *Diaphus* es el más diverso dentro de la familia Myctophidae (con 78 especies en total y 13 reportadas en el área de estudio) y que en muchos casos resulta compleja la identificación y diferenciación de especies (Olivar y Beckley 1995), podría tratarse de un caso de identificación errónea, y que el ejemplar original pertenezca a otra especie del mismo género. Tanto en Olivar y Beckley (1995) como en Hulley (1981) se mencionan las similitudes (en juveniles y en adultos, respectivamente) entre *D. richardsoni* y *D. brachycephalus* frente al resto de las especies del género *Diaphus*, siendo esta última una especie que se registra hasta los 33° S en la región occidental del Atlántico según la bibliografía (Nafpaktitis et al. 1977; Hulley 1981). Similar es el caso de *Hygophum proximum*, cuya distribución se limita a los océanos Pacífico e Índico, a excepción de unos pocos registros cercanos a la costa de Senegal y las islas de Cabo Verde. En el área de estudio se registran, según la bibliografía, tres especies del género *Hygophum*, de las cuales *Hygophum hanseni* se reporta como una de las especies más abundantes de la región de la Convergencia Subtropical (Hulley 1981). En este trabajo se reporta la presencia de *H. hanseni* en apenas seis lances, en los cuales *H. proximum* no se encuentra presente. Es decir, considerando que la identificación de individuos con el nombre de *H. proximum* sea errónea, podría tratarse de individuos de *H. hanseni*, debido a su alta abundancia reportada en estudios previos, y teniendo en cuenta que las presencias de ambas especies no se superponen.

A partir de los resultados de los análisis multivariados, la distribución espacial de los ensambles definidos, y los rangos de temperatura y salinidad que los caracterizaron, se observó una gran división entre los grupos asociados a aguas más cálidas y salinas vinculadas al régimen subtropical y la Corriente de Brasil, y aquellos asociados a aguas más frías y relativamente menos salinas pertenecientes al régimen subantártico y vinculadas a la Corriente de Malvinas. Asimismo, se registró la presencia de ensambles con características oceanográficas intermedias, ligados a un régimen de transición subtropical-subantártico, producto de la mezcla de aguas de ambos regímenes en el sector de la Confluencia Brasil-Malvinas.

Los ensambles mejor caracterizados por la oceanografía de la región y su distribución espacial fueron el A y el B. El ensamble A fue el que presentó mayor cantidad de especies indicadoras; este ensamble se distribuyó en el área de la Confluencia Brasil-Malvinas, al norte del Frente Subtropical, y al este del talud continental, región caracterizada por masas de agua del régimen subtropical: relativamente templadas a cálidas y salinas. Todas las especies indicadoras de este ensamble se mencionan en la bibliografía como especies tropicales (*C. warmingii*, *L. guentheri*), subtropicales (*C. maderensis*, *S. barnardi*) o de aguas templadas pero asociadas al Frente Subtropical (*L. notialis*, *L. procerus*) (Hulley 1981).

En contraposición, uno de los ensambles con menor cantidad de especies indicadoras fue B. Este ensamble se distribuyó sobre el talud continental hasta la isobata de 1.000 m, al sur de los 43° S (a excepción de una estación ubicada a los 40°30' S), área correspondiente a la región del Talud Superior. *G. bolini* fue la especie que más contribuyó al ensamble B, se encontró ausente en el resto de los ensambles, y se distribuyó en un rango de temperatura y salinidad acotado ($2,7\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$; $33,86 < \text{Sal} < 34,29$), asociado al régimen subantártico. Estas observaciones también son coincidentes con la bibliografía, en la cual clasifican a esta especie como de aguas subantárticas, distribuyéndose entre los 34° S y 67° S (Duhamel et al. 2014), principalmente al sur del Frente Subantártico (Koubbi et al. 2011).



El ensamble C fue el que presentó mayor amplitud en cuanto a su distribución espacial y variables oceanográficas, a pesar de ser el único caracterizado por una sola especie indicadora. Este ensamble se asoció principalmente al área del talud continental, y en particular a las biorregiones del Talud Superior y el Talud Subantártico Profundo, por lo cual se lo podría vincular principalmente con el régimen subantártico, teniendo en cuenta, además, que la mayor parte de los lances por fuera del talud continental se distribuyeron al sur del Frente Subantártico, y no se encontraron en aguas con temperaturas mayores a 12,6° C. No obstante, también se observó la presencia de lances asociados a la biorregión del Talud de Confluencia, coincidentes con los altos valores de salinidad que presentaron algunos lances al norte del Frente Subtropical. La especie indicadora de este ensamble fue *G. nicholsi*, la más frecuente en la totalidad de las estaciones muestreadas. En la bibliografía se la clasifica como una especie antártica circumpolar cuya distribución se extiende hasta el sur de la Convergencia Subtropical, encontrándose en estas latitudes en profundidades mayores a 2.000 m (Hulley, 1981; Konstantinova et al, 1994). En Koubbi et al. (2011), al igual que para *G. bolini*, se la vincula con la región al sur del frente subantártico, encontrándose entre los 47° S y 72° S. En Duhamel et al. (2014) se reporta la presencia de *G. nicholsi* entre los 38° S y 75° S, con algunas ocurrencias aisladas hasta los 36° S. El porcentaje de similitud entre los lances del grupo C, el alto porcentaje de contribución de *G. nicholsi* a este ensamble y su amplia distribución latitudinal denota la dominancia de esta especie en gran parte del sector del talud continental y el área adyacente hacia la región oceánica, y la posiciona entre las especies de mictófididos más conspicuas de la región.

Otro de los ensambles que mostró una gran variabilidad fue el ensamble E. Con un mínimo de salinidad de 34 y un máximo de 35,80, algunos de los lances de este ensamble se asociaron con el régimen subantártico y la biorregión del Talud Subantártico Profundo, otros se vincularon con el régimen subtropical, distribuyéndose en las adyacencias del Frente Subtropical, y un tercer grupo de lances presentó valores de temperatura y salinidad que podrían vincularse al régimen de transición subtropical-subantártico, cuya ubicación espacial coincide con el área al sur de la Confluencia Brasil-Malvinas. En cuanto a las especies que componen este ensamble, *C. phengodes* se clasifica en la bibliografía como una especie subtropical (Hulley 1981) con registros ocasionales al sur del Frente Subtropical (Duhamel et al. 2014), mientras que *S. boops* y *E. subaspera* son consideradas especies subantárticas (Hulley 1981). La presencia de ensambles con características de transición entre un régimen y otro denota la complejidad en la distribución de las masas de agua y la dinámica de las corrientes de Brasil y Malvinas en el área de la Confluencia, marcada por la presencia de meandros y *eddies* de gran extensión que generan una mezcla constante de estas aguas (Olson et al. 1988; Piola y Matano 2001). En Acha et al. (2020) se reporta un patrón de distribución similar para el caso de ensambles de copépodos en la región de la Confluencia Brasil-Malvinas, donde se registra la presencia de especies características del régimen subtropical en áreas ocupadas por aguas del régimen subantártico, y viceversa.

Por último, el caso del ensamble D es particular ya que, a pesar de no mostrar una gran variabilidad en las componentes oceanográficas, sí presentó una gran amplitud en cuanto a la distribución espacial de los lances, con dos al norte del Frente Subtropical y uno al sur del Frente Subantártico. Los valores mínimos del ensamble D podrían estar asociados a aguas del régimen subantártico, pero los máximos mostraron una asociación con el régimen de transición subtropical-subantártico. No obstante, la baja cantidad de lances que definieron a este ensamble ($n = 3$) y la falta de un patrón claro de distribución espacial de los mismos, permitirían considerar a estos lances como *outliers*. Este grupo presentó dos especies indicadoras: *P. tenisoni* y *P. andriashevi*. En la bibliografía se reporta la presencia de *P. tenisoni* entre los 38° S y 66° S (Duhamel et al 2014), entre la región delimitada por el Frente Subtropical y la región antártica, siendo mayor la frecuencia de ocurrencia de esta especie al sur del Frente Polar, por lo cual, en Hulley (1981) se la clasificó como una especie antártica. *P. andriashevi* tiene un patrón de distribución similar, con registros de presencia entre los 35° S y 55° S (Hulley 1981) y se la clasificó como subantártica, ya que se encuentra más frecuentemente al sur del Frente Subantártico y al norte del Frente Polar. Si bien los registros de estas especies que se reportan en este informe no corresponden a un patrón claramente subantártico o antártico, sí coinciden con el límite



norte de la distribución de estas especies, en aguas ligadas al régimen de transición subtropical-subantártico.

Conclusiones

A partir de los resultados presentados en este informe es posible concluir que los peces de la familia Myctophidae presentan una gran diversidad, con 36 especies registradas para la región, y su distribución espacial muestra una fuerte asociación con las características oceanográficas y físicas del ambiente. Su patrón de distribución, claramente oceánico, podría explicarse por factores físicos como la profundidad, así como también por la dinámica de las distintas masas de agua y de la consecuente productividad primaria asociada a las áreas de mezcla de estas aguas, como ocurre en el Frente del Talud Continental y la Confluencia Brasil-Malvinas. A su vez, las especies presentes en la región no se distribuyen de manera homogénea en toda el área, sino que se pueden observar distintos patrones de distribución entre especies vinculados a las propiedades de las masas de agua (principalmente temperatura y salinidad). En ese sentido, los frentes oceánicos tales como el Subtropical y el del Talud cumplirían, a grandes rasgos, un rol en la segregación espacial de los distintos ensambles, que puede observarse más claramente en los grupos típicos del régimen subantártico y del subtropical.

El patrón de distribución de los ensambles de mictófidos encontrado en el presente trabajo coincide con lo reportado para ensambles de otras especies pelágicas en el ASO y en otras regiones australes de los océanos, por lo cual los resultados de este informe reafirman la estrecha relación entre la dinámica oceánica y los patrones de distribución de los organismos pelágicos, y remarcan la importancia de su estudio a largo plazo para evaluar posibles cambios en la dinámica oceánica a gran escala. De este modo, se destaca la necesidad de planificar campañas de investigación dirigidas a la captura de peces mesopelágicos, equipadas con redes adecuadas para dicho objetivo, tales como RMT o red Tucker, y su operación en conjunto con métodos acústicos, que permitiría un estudio más exhaustivo sobre estas especies en la región.

Agradecimientos

Agradecemos a la Dra. Mariana Deli Antoni (Grupo Biotaxonomía Morfológica y Molecular de Peces del IIMyC, UNMdP-CONICET) por sus aportes en la identificación taxonómica de los mictófidos capturados en las campañas realizadas en el período 2019-2023, tarea llevada a cabo en el laboratorio del Programa “Pesquerías de Peces Pelágicos” del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP).

Bibliografía

- Acha EM, Ehrlich MD, Muelbert JH, Pájaro M, Bruno D, Machinandiarena L, Cadaveira, M. 2018. Ichthyoplankton associated to the frontal regions of the Southwestern Atlantic. En: Hoffmeyer M et al. (eds.), Plankton ecology of the Southwestern Atlantic. Springer, Cham, p. 219-246.
- Acha EM, Viñas MD, Derisio C, Alemany D, Piola AR. 2020. Large-scale geographic patterns of pelagic copepods in the southwestern South Atlantic. *J Mar Syst.* 204: 1-18
- Angelescu V, Prenski LB. 1987. Ecología trófica de la merluza común del Mar Argentino (*Merluccius hubbsi*). Parte 2. Contribución del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Argentina, N° 561. 205 pp.
- Backus RH, Craddock JE, Haedrich RL, Shores DL. 1969. Mesopelagic fishes and thermal fronts in the western Sargasso Sea. *Mar Biol.* 3: 87-106.
- Beamish RJ, Leask KD, Ivanov OA, Balanov AA, Orlov AM, Sinclair B. 1999. The ecology, distribution, and abundance of midwater fishes of the Subarctic Pacific gyres. *Prog Oceanogr.* 43(2-4): 399-442.
- Boschi E. 2000. Species of decapod crustaceans and their distribution in the american marine zoogeographic provinces. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero.* 13: 1-116.
- Carranza M. 2009. Status Indicators of the Patagonian marine environment in frontal areas. Tesis de Licenciatura en Oceanografía. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires. 115 p.



- Carreto J, Montoya N, Carignan M, Akselman R, Acha M, 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. *Progr Oceanogr.* 146: 1-21.
- Castro MSD, Richards WJ, Bonecker ACT. 2010. Occurrence and distribution of larval lanternfish (Myctophidae) from the southwest Atlantic Ocean. *Zoologia-Curitiba.* 27: 541-553.
- Catul V, Gauns M, Karuppasamy PK. 2011. A review on mesopelagic fishes belonging to family Myctophidae. *Rev Fish Biol Fisher.* 21: 339-354.
- Cherel Y, Fontaine C, Richard P, Labat JP. 2010. Isotopic niches and trophic levels of myctophid fishes and their predators in the Southern Ocean. *Limnol Oceanogr* 55: 324-332.
- Christiansen S, Titelman J, Kaartvedt S. 2019. Nighttime swimming behavior of a mesopelagic fish. *Front Mar Sci.* 6 (787): 1-12.
- Clarke KR, Gorley RN. 2006. PRIMER v.6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth, WA.
- Clarke KR, Somerfield PJ, Gorley RN. 2008. Testing of null hypotheses in exploratory community analyses: similarity profiles and biota-environment linkage. *J Exp Mar Biol Ecol.* 366(1-2): 56-69.
- Clarke KR, Warwick RM. 2001. Change in marine communities. An approach to statistical analysis and interpretation 2: 1-168.
- Clavel-Henry M, Piroddi C, Quattrocchi F, Macias D, Christensen V. 2020. Spatial distribution and abundance of mesopelagic fish biomass in the Mediterranean Sea. *Front Mar Sci.* 7: 1-11.
- Collins MA, Xavier JC, Johnston NM, North AW, Enderlein P, Tarling GA, Waluda CM, Hawker EJ, Cunningham NJ. 2008. Patterns in the distribution of myctophid fish in the northern Scotia Sea ecosystem. *Polar Biol.* 31: 837-851.
- Cousseau MB, Barbini SA, Figueroa DE. 2012. The presence of southern fishes in the Argentinian continental shelf and adjacent areas. *Mar Biodivers.* 42: 73-78.
- Da Costa Braga A, Costa PA, Martins AS, Olavo G, Nunan GW. 2014. Lanternfish (Myctophidae) from eastern Brazil, southwest Atlantic Ocean. *Lat Am J Aquat Res.* 42(1): 245-257.
- Davison P, Lara-Lopez A, Koslow JA. 2015. Mesopelagic fish biomass in the southern California current ecosystem. *Deep-Sea Res Pt II.* 112: 129-142.
- Duhamel G, Hulley PA, Causse R, Koubbi P, Vacchi M, Pruvost P, Vigetta S, Irisson JO, Mormède S, Belchier M, et al. 2014. Biogeographic patterns of fish. En: De Broyer C et al. (eds.), *Biogeographic Atlas of the Southern Ocean.* Scientific Committee on Antarctic Research, Cambridge, p. 328-362.
- Eduardo LN, Bertrand A, Mincarone MM, Martins JR, Fredou T, Assuncao RV, Lima RS, Ménard F, Le Loc'h F, Lucena-Frédou, F. 2021. Distribution, vertical migration, and trophic ecology of lanternfishes (Myctophidae) in the Southwestern Tropical Atlantic. *Prog Oceanogr.* 199: 1-17.
- Eduardo LN, Bertrand A, Lucena-Frédou F, Villarins BT, Martins JR, Afonso GVF, Pietsch TW, Frédou T, Di Dario F, Mincarone MM. 2022. Rich and underreported: First integrated assessment of the diversity of mesopelagic fishes in the Southwestern Tropical Atlantic. *Front Mar Sci.* 9: 1-18
- Falabella V, Acha M, Iribarne O, Fermepin S, Campagna C. 2023. Biorregiones Marinas de la Argentina. Reporte Final. Foro para la Conservación del Mar Patagónico y Áreas de Influencia, informe inédito. Buenos Aires, Argentina. 85 p.
- Figueroa DE, Diaz de Astarloa JM, Martos P. 1998. Mesopelagic fish distribution in the southwest Atlantic in relation to water masses. *Deep-Sea Res Pt I.* 45(2-3): 317-332.
- Figueroa DE. 2019. Clave de peces marinos del Atlántico Sudoccidental, entre los 33° S y 56° S. Mar del Plata: Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero INIDEP. 365 p.
- Flynn AJ, Williams A. 2011. Lanternfish (Pisces: Myctophidae) biomass distribution and oceanographic-topographic associations at Macquarie Island, Southern Ocean. *Mar Freshw Res.* 63(3): 251-263.
- Franco BC, Piola AR, Rivas AL, Baldoni A, Pisoni JP. 2008. Multiple thermal fronts near the Patagonian shelf break. *Geophys Res Lett.* 35 (2)
- Freer JJ, Tarling GA, Collins MA, Partridge JC, Genner MJ. 2019. Predicting future distributions of lanternfish, a significant ecological resource within the Southern Ocean. *Divers Distrib.* 25(8): 1259-1272.
- Frey DI, Piola AR, Krechik VA, Fofanov DV, Morozov EG, Silvestrova KP, Tarakanov RY, Gladyshev SV. 2021. Direct measurements of the Malvinas Current velocity structure. *J Geophys Res.* 126(4): 1-20.
- Froese R, Pauly D (eds). 2023. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (10/2023).
- Gartner JV Jr, Hopkins TL, Baird RC, Milliken DM. 1987. The Lanternfishes (Pisces: Myctophidae) of the Eastern Gulf of Mexico. *Fish Bull.* 85(1).



- Gartner JV Jr, Steele P, Torres JJ. 1989. Aspects of the distribution of lanternfishes (Pisces: Myctophidae) from the Northern Sargasso Sea. *Bull Mar Sci*, 45(3): 555-563.
- GBIF.org. 2023. GBIF Home Page. Available from: <https://www.gbif.org> [10/2023].
- Gill TN. 1893. Families and subfamilies of fishes. *Memoir of the National Academy of Sciences*, Washington. 6: 127-138.
- Granata A, Cubeta A, Minutoli R, Bergamasco, A, Guglielmo L. 2011. Distribution and abundance of fish larvae in the northern Ionian Sea (Eastern Mediterranean). *Helgol Mar Res*. 65(3): 381-398.
- Guerrero RA, Piola AR. 1997. Masas de agua en la plataforma continental. En: Boschi, EE (ed.), *Antecedentes históricos de las exploraciones en el mar y las características ambientales*, 1997. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Mar del Plata, pp. 107-118 (*El Mar Argentino y sus Recursos Pesqueros*, 1).
- Hulley PA. 1981. Results of the research cruises of FRV "Walther Herwig" to South America. 58. Family Myctophidae (Osteichthyes, Myctophiformes). *Arch. Fisch. Wiss*. 31(1): 1-300.
- Jenks GF. 1967. The Data Model Concept in Statistical Mapping. *International Yearbook of Cartography*. 7: 186-190.
- Konstantinova MP, Remeslo AV, Fedulov PP. 1994. The distribution of myctophids (Myctophidae) in the Southwest Atlantic in relation to water structure and dynamics. *J Ichthyol*. 34(7): 151-160.
- Koubbi P, Moteki M, Duhamel G, Goarant A, Hulley PA, O'driscoll R, Ishimaru T, Pruvost P, Tavernier E, Hosie G. 2011. Ecoregionalization of myctophid fish in the Indian sector of the Southern Ocean: results from generalized dissimilarity models. *Deep-Sea Res Pt II*. 58(1-2): 170-180.
- Linkowski TB. 1985. Population biology of the myctophid fish *Gymnoscopelus nicholsi* (Gillbert, 1911) from the western South Atlantic. *J Fish Biol*. 27(6): 683-698.
- Lutz V, Segura V, Dogliotti A, Tavano V, Brandini FP, Calliari DL, Ciotti AM, Cantonnet DV. 2018. Overview on primary production in the Southwestern Atlantic. En: Hoffmeyer M et al., (eds.), *Plankton Ecology of the Southwestern Atlantic: From the Subtropical to the Subantarctic Realm*. Springer, Cham. p. 101-126.
- Marohn L, Schaber M, Freese M, Pohlmann JD, Wysujack K, Czudaj S, Blancke T, Hanel R. 2021. Distribution and diel vertical migration of mesopelagic fishes in the Southern Sargasso Sea — observations through hydroacoustics and stratified catches. *Mar Biodivers*. 51: 1-24.
- Milligan RJ, Sutton TT. 2020. Dispersion overrides environmental variability as a primary driver of the horizontal assemblage structure of the mesopelagic fish family Myctophidae in the northern Gulf of Mexico. *Front Mar Sci*. 7: 1-15.
- Moyano M, Rodríguez JM, Hernández-León S. 2009. Larval fish abundance and distribution during the late winter bloom off Gran Canaria Island, Canary Islands. *Fish Oceanogr*. 18(1): 51-61.
- Nafpaktitis BG, Backus RH, Craddock JE, Haedrich RL, Robison BH, Karnella C. 1977. Family Myctophidae. *Mem Sears Fdn Mar Res*. 7: 13-265.
- Olivar MP, Hulley PA, Castellón A, Emelianov M, López C, Tuset VM, Contreras T, Molí B. 2017. Mesopelagic fishes across the tropical and equatorial Atlantic: biogeographical and vertical patterns. *Prog Oceanogr*. 151: 116-137.
- Olivar MP, Beckley LE. 1995 Early development of *Diaphus spp.* (Pisces: Myctophidae) of the Agulhas Current, *Afr J Mar Sci*. 16(1): 129-139.
- Olivar MP, Beckley LE. 2022. Latitudinal variation in diversity and abundance of mesopelagic fishes associated with change in oceanographic variables along 110° E, south-east Indian Ocean. *Deep-Sea Res Pt II*. 198: 1-13.
- Olivar MP, Castellón A, Sabatés A, Sarmiento-Lezcano A, Emelianov M, Bernal A, Yang Y, Proud R, Brierley AS. 2022. Variation in mesopelagic fish community composition and structure between Mediterranean and Atlantic waters around the Iberian Peninsula. *Front Mar Sci*. 9: 1-22.
- Olson DB, Podestá GP, Evans RH, Brown OB. 1988. Temporal variations in the separation of Brazil and Malvinas Currents. *Deep-Sea Res Pt I*. 35(12): 1971-1990.
- Paxton JR. 1967. A distributional analysis for the lanternfishes (family Myctophidae) of the San Pedro Basin, California. *Copeia*. 422-440.
- Piola AR, Matano RP, Steele JH, Thorpe SA, Turekian KK. 2001. Brazil and Falklands (Malvinas) currents. En: Steele JH et al. (eds.), *Ocean Currents*. Elsevier. p. 35-43.
- Piola AR. 2008. Oceanografía Física. En: *Estado de conservación del Mar Patagónico y áreas de influencia*, vol versión electrónica - en línea. Foro para la Conservación del Mar Patagónico y Áreas de Influencia, Puerto Madryn, p. 1-21, <http://www.marpatagonico.org>



- Piola A, Falabella V (2009) Principales características oceanográficas y físicas. In: Falabella V, Campagna C, Croxall J (eds). Atlas del Mar Patagónico. Especies y espacios. Wildlife Conservation Society and ByrdLife International, Buenos Aires. p. 56–76
- Piola AR, Franco BC, Palma ED, Saraceno M. 2013. Multiple jets in the Malvinas Current. *J Geophys Res.* 118(4): 2107-2117.
- Sabadin DE, Lucifora LO, Barbini SA, Figueroa DE, Kittlein M. 2020. Towards regionalization of the chondrichthyan fauna of the Southwest Atlantic: a spatial framework for conservation planning. *ICES J Mar Sci.* 77(5): 1893-1905.
- Santana-Iturríos MD, Palacios-Salgado DS, Salinas-Zavala CA. 2013. Abundance and distribution of lantern fishes (Myctophiformes: Myctophidae) around San Pedro Martir Island, Gulf of California, during 2008. *Lat Am J Aquat Res.* 41(3): 387-394.
- Saraceno M, Provost C, Piola AR, Bava J, Gagliardini A. 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, Kinoshita T, Watanabe C. 2002. Assemblages of vertical migratory mesopelagic fish in the transitional region of the western North Pacific. *Fish Oceanogr.* 11(4): 193-204.
- 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.
- Vipin PM, Ravi R, Jose Fernandez T, Pradeep K, Boopendranath MR, Remesan MP. 2012. Distribution of myctophid resources in the Indian Ocean. *Rev Fish Biol Fisher.* 22: 423-436.
- Wang VH, Zapfe CR, Hernandez FJ. 2021. Assemblage structure of larval fishes in epipelagic and mesopelagic waters of the Northern Gulf of Mexico. *Front Mar Sci.* 8: 1-15.
- Watanabe H, Moku M, Kawaguchi K, Ishimaru K, Ohno A. 1999. Diel vertical migration of myctophid fishes (Family Myctophidae) in the transitional waters of the western North Pacific. *Fish Oceanogr.* 8(2): 115-127.
- Wienerroither R, Uiblein F, Bordes F, Moreno T. 2009. Composition, distribution, and diversity of pelagic fishes around the Canary Islands, Eastern Central Atlantic. *Mar Biol Res.* 5(4): 328-344.