

Distribución y abundancia relativa de tres especies de peces pelágicos en relación con las condiciones oceanográficas en otoño de 2022

Manuela Parietti, Claudio C. Buratti, Bruno V. Menna, Paula Orlando, Germán E. Buratti y Cecilia Spath

Dirección: Pesquería de Peces

Area: Programa Pesquería de Peces Pelágicos

Citar como:

Parietti M, Buratti CC, Menna BV, Orlando P, Buratti GE y Spath C. 2024. Distribución y abundancia relativa de tres especies de peces pelágicos en relación con las condiciones oceanográficas en otoño de 2022. Inf Investigación INIDEP N° XXX/XX, xx pp.



Distribución y abundancia relativa de tres especies de peces pelágicos en relación con las condiciones oceanográficas en otoño de 2022

Manuela Parietti, Claudio C. Buratti, Bruno V. Menna, Paula Orlando, Germán E. Buratti y Cecilia Spath

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Ministerio de Economía. Paseo Victoria Ocampo N°1, Escollera Norte, Mar del Plata, Argentina.

Resumen

El hábitat de las especies marinas pelágicas se encuentra influenciado por las variaciones estacionales de los procesos oceanográficos y atmosféricos, y la caracterización de estos hábitats resulta esencial para una gestión efectiva de los recursos marinos, especialmente en el marco del enfoque ecosistémico. No obstante, es escasa la información disponible de especies de interés para la industria pesquera en Argentina, como la anchoíta (*Engraulis anchoita*), la caballa (*Scomber colias*) y el surel (*Trachurus lathami*), en el área localizada frente al límite exterior del Río de la Plata (RP). Con el objetivo de entender los procesos que modulan la distribución de estas tres especies, se analizaron por primera vez su presencia y abundancia en relación con las condiciones oceanográficas que permitieron definir tres categorías de salinidad para el área mencionada durante el otoño de 2022 (aguas del RP, aguas del frente salino y aguas de plataforma). En base a sus preferencias de hábitat, el surel se localizó en aguas estratificadas del RP y el frente salino, mientras que la caballa juvenil lo hizo en aguas del frente y en algunas áreas de la plataforma intermedia. En contraste, la anchoíta se registró principalmente en aguas de plataforma sin estratificación. La salinidad emerge como un factor clave, que afecta de diferente manera a cada especie. La temperatura también influye, siendo más relevante para la caballa y el surel, que prefirieron aguas cercanas a la costa. El análisis de la distribución vertical evidenció, además, que estas especies están asociadas a aguas marinas que penetran en el área por debajo de las de menor salinidad del RP. La fluorescencia de superficie, vinculada con la clorofila y el fitoplancton, se asocia positivamente con la presencia de las tres especies. En conjunto, el estudio proporciona una comprensión detallada de la ecología y distribución de estas especies en un contexto oceánico muy dinámico y complejo, fundamental para la gestión sostenible de los recursos marinos en la región de influencia del Río de la Plata.

Palabras Clave

Río de la Plata, hábitat, comunidad de peces pelágicos, estacionalidad

Introducción

Un hábitat es el ambiente físico y químico donde una especie vive y la dinámica de los ambientes marinos pelágicos, está caracterizado por importantes variaciones estacionales producto de los procesos oceanográficos y atmosféricos, determinando la presencia permanente o temporal de los organismos marinos (Van der Spoel 1994). Las preferencias de este son especie-específicas y dependen en gran medida de la disponibilidad de recursos necesarios para el desarrollo de procesos biológicos que aseguren su persistencia (Bonnano et al. 2014). La caracterización de los hábitats y el uso que las especies hacen de ellos es de gran utilidad para una conservación eficaz de los recursos marinos en un esquema de gestión basado en el enfoque ecosistémico (Giannoulaki et al. 2017, Doray et al. 2018). Por ello, en los últimos años se han realizado numerosos trabajos con el fin de caracterizar los distintos hábitats de los peces pelágicos y así identificar qué variables determinan la presencia y abundancia de estos recursos (Bellido et al. 2008, Zwolinski et al. 2011, Asch y Checkley 2013, Giannoulaki et al. 2013, Luzenti et al. 2021, entre otros).



El Río de la Plata (RP), con un caudal de $25.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, drena la segunda cuenca más grande de Sudamérica y sus aguas forman una lengua de baja salinidad que afecta la circulación, estratificación, distribución de nutrientes y de especies biológicas, en una amplia región de la plataforma adyacente caracterizada por una marcada variabilidad estacional (Möller et al. 2008, Guerrero et al. 1997). La pluma de aguas costeras con bajas salinidades de superficie presenta un desplazamiento meridional estacional que alcanza latitudes más bajas (28° S) durante el invierno austral y más altas (32° S) durante el verano. Esas aguas de baja salinidad se mezclan vertical y horizontalmente con las Aguas Subantárticas de Plataforma (ASP, Möller et al. 2008) e influyen en la distribución de las especies de peces estuarinos y marinos (García et al. 2010, Jaureguizar et al. 2016). Entre las numerosas especies de peces pelágicos presentes en la región, la anchoíta (*Engraulis anchoita*), la caballa (*Scomber colias*) y el surel (*Trachurus lathami*) son las de mayor abundancia (Orlando et al. 2018, 2023, Buratti et al. 2023).

La anchoíta, una especie euritérmica y eurihalina, se encuentra ampliamente distribuida en el océano Atlántico Sudoccidental (ASO), desde Río de Janeiro (22° S) al Golfo San Jorge (47° S) en la Patagonia Argentina y desde aguas someras hasta fuera del talud continental (Hansen 2004). Presenta un rol clave en los ecosistemas ya que constituye el alimento de numerosas especies de peces, aves y mamíferos marinos (Angelescu 1982, Milessi y Jaureguizar 2013, entre otros). La caballa presenta una amplia distribución en aguas templado-cálidas del océano Atlántico, hallándose en el margen occidental desde Nueva Escocia en Canadá (45° N) hasta los $47^\circ 30' \text{ S}$, en Argentina, en profundidades de hasta 300 m (Buratti y Orlando 2019, Correia et al. 2021). El surel es la única especie del género *Trachurus* conocida en el ASO, y se distribuye desde el Golfo de Maine en Estados Unidos (43° N) hasta la Patagonia en Argentina ($45^\circ 17' \text{ S}$, Bovcon et al. 2011). La anchoíta y la caballa constituyen recursos pesqueros relevantes para la industria del salado y la conserva en Argentina, con desembarques totales de aproximadamente 23.000 toneladas en 2023 (MAGYP 2023), mientras que el surel, si bien es apenas capturado para su utilización como carnada, presenta un potencial de explotación muy importante, con registros de abundancia crecientes en las últimas décadas (Orlando et al. 2018).

Existe escasa información sobre la distribución de estas especies pelágicas en el área de influencia del RP. Su presencia ha sido destacada, a partir de muestras colectadas mediante redes de arrastre de fondo, en diversos trabajos desarrollados para caracterizar los ensambles ícticos (García et al. 2010, Jaureguizar et al. 2004, 2006) y, en el sur de Brasil, se identificó que estas especies se alimentan de los mismos recursos con un marcado solapamiento trófico (de Mello et al. 1992).

Con el fin de conocer los procesos que pueden modular la distribución de estas tres especies, se analizó, por primera vez, su presencia y abundancia relativa en relación con las condiciones oceanográficas en el sector marítimo frente al límite exterior del RP durante el otoño de 2022.

Materiales y métodos

1- Área de estudio

El área investigada, con una superficie de 9.758 km^2 , corresponde a un sector de la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya (ZCPAU), frente al límite exterior del RP (definido por una recta imaginaria que une Punta del Este, en Uruguay, con Punta Rasa del Cabo San Antonio, en Argentina, según la Comisión Administradora del RP), comprendido entre los $34^\circ 50'$ y los $37^\circ 12' \text{ S}$ y en profundidades entre 15 y 50 metros aproximadamente. El RP desemboca en el océano Atlántico (36° S , 56° O) con un caudal medio total que varía entre $13.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y $37.400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, siendo los valores de descargas más elevados en abril y mayo. La pluma de agua dulce del RP muestra fuerte variabilidad estacional. Esta estacionalidad está forzada por un equilibrio entre los vientos de mar y tierra y, en menor medida, por el drenaje de agua dulce, y por ello se definen dos periodos con patrones de descarga diferentes. De abril a agosto, los vientos de mar casi neutralizan a los de tierra y el drenaje continental alcanza su valor máximo. En esta situación, se observa una deriva principal NNE de las aguas

estuarinas a lo largo de la costa uruguaya. De octubre a febrero, los vientos de tierra se vuelven dominantes junto con un mínimo en el drenaje continental; bajo estas condiciones de forzamiento las aguas más frescas muestran una extensión hacia el sur en la costa argentina, y las aguas de plataforma penetran hasta Punta del Este (Uruguay), restringiendo la deriva NNE. La distribución de la temperatura presenta una estación cálida (diciembre-marzo) y una fría (junio-septiembre). Dentro de cada período, las aguas estuarinas son casi vertical y horizontalmente isotérmicas (Guerrero et al. 1997). Respecto a la estructura vertical de la salinidad, con vientos en calma en la estación fría, la columna de agua se encuentra altamente estratificada, pero con vientos de moderados a fuertes que erosionan la haloclina, en la estación cálida se mezcla la columna de agua desde la superficie hasta el fondo (Guerrero et al. 1997).

2- Adquisición y procesamiento de datos

– Diseño de la campaña

El crucero de investigación se realizó entre los días 7 y 17 de junio de 2022 a bordo del buque de investigación pesquero - oceanográfico Mar Argentino del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP). Se trató de una campaña de evaluación conjunta Argentino – Uruguaya de la biomasa de la fracción poblacional de anchoíta durante el otoño. El diseño de muestreo consistió en la realización de un recorrido acústico de 12 transectos dispuestos en forma transversal a la batimetría (Figura 1).

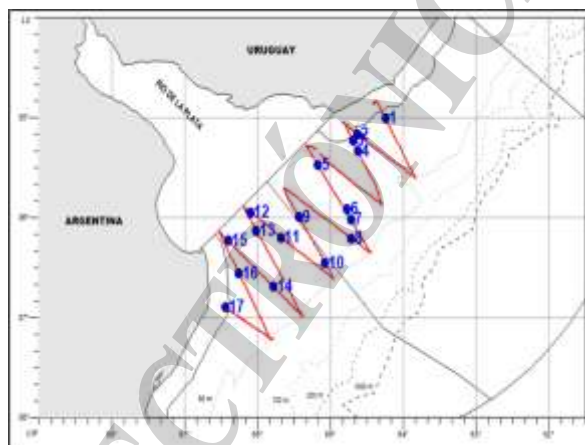


Figura 1. Recorrido acústico (trazo rojo) y lances de pesca efectuados con red de media agua (círculos azules) realizados en la campaña de investigación MA-06/22 (Fuente: Buratti et al. 2022).

– Datos acústicos

Se realizó la adquisición de datos de manera continua (24 horas) mediante la ecosonda científica de banda ancha SIMRAD EK-80 con los transductores de 38, 70, 120, 200 y 333 kHz de frecuencia en formato AM (Amplitud Modulada). Los datos fueron procesados en tiempo real mediante el programa de post-procesamiento de datos acústicos MAREC LSSS versión 2.10.1 (*Large Scale Survey System*). A partir de la información obtenida de los lances de pesca, se realizó la asignación acústica por especie, almacenada con una resolución espacial (ESDU) de una milla náutica. La densidad acústica de las especies pelágicas (anchoíta, surel y caballa) se cuantificó a partir del coeficiente de retrodispersión sonora por unidad de área (sA, en $m^2 \cdot mn^{-2}$) obtenido en los recorridos acústicos entre los lances de pesca. Esta variable, proporcional a la densidad de peces, es utilizada habitualmente como *proxy* de la abundancia relativa de especies pelágicas (Boyd et al. 2015).

– Datos oceanográficos

Se efectuaron 75 estaciones oceanográficas mediante el uso de un perfilador marca SeaBird (SBE-25plus) montado en una roseta (SBE-55) de seis botellas Niskin de 4 litros cada una, con un par de sensores de temperatura y conductividad, un sensor de fluorescencia y otro de turbidez, con su



bomba respectiva a fin de obtener un flujo de circulación constante de agua, que registraron una frecuencia de muestreo de 16 datos por segundo. Los datos colectados fueron almacenados en la “Base Regional de Datos Oceanográficos (BaRDO)” del INIDEP (INIDEP 2022) siguiendo los controles de calidad según Baldoni et al. (2008) Estos datos fueron georreferenciados con sus correspondientes valores de posición (GPS), fecha y hora. Los perfiles se procesaron con las rutinas adecuadas, para obtener registros discretos cada 1db y derivar el valor de salinidad y densidad. A partir de esto, se obtuvieron los datos de temperatura de superficie (TSM), salinidad de superficie y fondo (SSM y SFM, respectivamente) y fluorescencia de superficie (FISM).

A partir de los valores de SSM, se dividió el área de estudio según la categorización sugerida por Martos et al. (2005), registrando en ésta tres de las cinco clases identificada por estos autores:

- 1: determinado exclusivamente por salinidades de superficies con valores propios del RP (< 30).
- 2: determinado por salinidades propias del frente salino causado por el RP ($30 \leq \text{SSM} < 33,5$).
- 3: determinado por salinidades de superficie típicas de agua de plataforma ($> 33,5$).

– Lances de pesca

La interpretación de la respuesta acústica (en multifrecuencia) de los organismos detectados (Menna et al. 2023) se complementó con 17 lances de pesca con una red de arrastre de media agua construida según diseño de una red Nichimo y portones de arrastre Super V (ver Buratti et al. 2022). La información recolectada permitió la asignación de especies a dichos eco-registros, así como obtener las distribuciones de frecuencias de longitudes totales de las especies de interés. Los lances de pesca se efectuaron “a la marca” tanto en horario diurno como nocturno. Las mayores capturas correspondieron a las especies anchoíta, surel y caballa.

3- Análisis de datos

Se graficó la distribución horizontal de TSM, SSM, SFM y FISM. A partir de los datos de las variables ambientales medidas *in situ*, se realizó una extrapolación a grillas regulares de 1 mn para el área cubierta mediante la función DIVA del ODV (*Data Interpolating Variational Analysis*, Troupin et al. 2012). Esto permitió asociar los valores oceanográficos a los datos acústicos de las especies pelágicas (s_A), que se graficaron utilizando el programa Surfer 8.0 (Golden Software 1995).

Se analizó la distribución vertical de la s_A de las tres especies en relación con la salinidad, y se graficaron ambas variables en el transecto perpendicular al frente salino, y sobre el cual se registraron las tres categorías salinas y las tres especies pelágicas, y en el transecto que se localizó al sur del recorrido realizado por el buque, en el cual solo se registró el ambiente con salinidades propias de aguas de plataforma.

Para analizar el efecto de las condiciones oceanográficas (predictores fijos: TFM, SSM, SFM y FISM) sobre la s_A y la presencia / ausencia de las tres especies de peces pelágicos (anchoíta, surel y caballa), se construyeron, para cada una de ellas, dos modelos lineales generalizados (GLM, por sus siglas en inglés).

Estructura global de los modelos:

1. $s_A \text{ sp.} \sim \text{TSM} + \text{SSM} + \text{SFM} + \text{FISM} + 1/\text{categorías salinas}$
2. $\text{Presencia / ausencia sp.} \sim \text{TSM} + \text{SSM} + \text{SFM} + \text{FISM}$

Los modelos se probaron con la función *glmmTMB* (paquete *glmmTMB*, Bolker 2020). El modelo 1 presentó una distribución de errores Normal con una función de enlace identidad, que incluyó sólo los valores de s_A mayores a cero, los cuales fueron transformados además con la función $\log(s_A + 1)$ para cumplir los supuestos estadísticos. Para la s_A de surel no se utilizó el predictor fijo de SFM, ya que el mismo presentaba colinealidad con el resto de los predictores. El modelo 2 presentó una distribución de probabilidad de presencia / ausencia con una distribución de errores binomial con una

función de enlace logit. Para lograr la homocedasticidad en el modelo 2, la varianza se estructuró añadiendo el término $\text{dispformula} \sim \text{categoría salina}$. Las variables físicas utilizadas en ambos modelos fueron estandarizadas a partir del centrado y escalado con el paquete `datawizard` (Patil et al. 2022). El cumplimiento de los supuestos de normalidad de los residuos y homocedasticidad se comprobó mediante el paquete `DHARMA` (Hartig y Hartig 2021). Los gráficos para visualizar los resultados se realizaron con el paquete `ggplot2`.

Para evaluar las diferencias en la estructura de la comunidad de peces pelágicos (anchoíta, surel y caballa) en otoño de 2022, se analizó el s_A de las especies en las tres categorías salinas (RP, sistema frontal salino y aguas de plataforma). Para tal fin, se calculó una matriz de similitud de Bray-Curtis y se realizó un análisis ANOSIM (análisis de similitudes) no paramétrico, utilizando la función `adonis` del paquete `vegan` para R (Oksanen et al. 2016). Se realizó un análisis no paramétrico debido a que, previamente, el análisis `PERMDISP` indicó alta dispersión entre los grupos ($\text{Pr}(>F) = 0,001$). Para visualizar posibles patrones espaciales en la composición de la comunidad, se realizó un escalamiento multidimensional no métrico (NMDS, por sus siglas en inglés) de la matriz de similitud de Bray-Curtis. Para analizar cuáles especies contribuyen más a las diferencias entre RP, sistema frontal salino y las aguas de plataforma, se aplicó la función `multipatt` (Análisis de patrones a varios niveles) del paquete `indicspecies` (De Cáceres et al. 2010).

Todos los análisis se realizaron con el software R.

Resultados

La presencia de anchoíta se registró en todos transectos del recorrido acústico, a diferencia de los cardúmenes de surel, que solo se localizaron en la zona norte del área, sobre la costa uruguaya. Por su parte, la caballa se distribuyó tanto en la zona norte del área de estudio, como al sur de la misma, en el sector externo (Figura 2).

A partir de las capturas obtenidas en los lances de pesca se constataron anchoítas de longitudes totales entre 48 mm y 183 mm y se determinó que el 83% de la biomasa correspondió a ejemplares de edades 2 y 3 (Buratti et al. 2022. Longitud de primera madurez = 98 mm, Hansen 2011). Las longitudes totales de los ejemplares de surel estuvieron dentro del rango comprendido entre 113 mm y 195 mm, correspondiente mayoritariamente a ejemplares adultos, aunque con presencia también de juveniles (longitud de primera madurez = 140 mm, Pacheco Tak 1988). En cambio, todos los ejemplares de caballa capturados fueron juveniles (longitud de primera madurez = 270 mm, Perrotta et al. 1990), con longitudes totales comprendidas entre 150 mm y 200 mm.

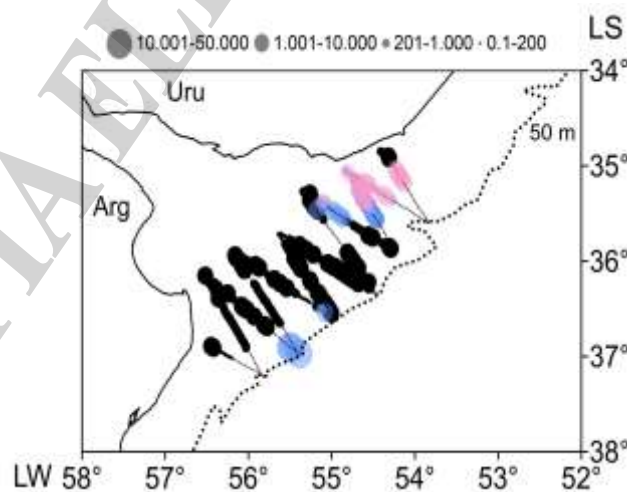


Figura 2. Distribución espacial de la abundancia relativa (s_A) de anchoíta (círculos negros), caballa (círculos azules) y surel (círculos rosas).

La TSM estuvo comprendida en el rango entre 11,29 °C y 13,73 °C ($12,51 \pm 0,58$ °C), mientras que la salinidad entre 20,83 y 34,27 ($32,16 \pm 3,76$) en superficie y entre 33,65 y 34,26 ($33,90 \pm 0,20$) en el fondo. Por su parte, la FISM se registró entre 0,07 y 12,15 ($1,22 \pm 2,25$). Tanto los valores máximos de TSM, como los de SSM y FISM, se localizaron en la zona norte del área cubierta, sobre las costas de Punta del Este (Figura 3). Las profundidades en la zona estuvieron entre 14,4 m y 60 m. Las áreas cubiertas por el RP, el frente salino y las aguas de plataforma, determinados por las categorías de SSM, presentaron dimensiones diferentes, típico de esta estación del año y la influencia del RP en la zona (Figura 4). El área con salinidades propias del RP cubrió 1.500 mn^2 , el área del frente salino 1.064 mn^2 y el área caracterizada por aguas con salinidades propias de la plataforma cubrió la mayor parte de la superficie analizada, con 11.790 mn^2 .

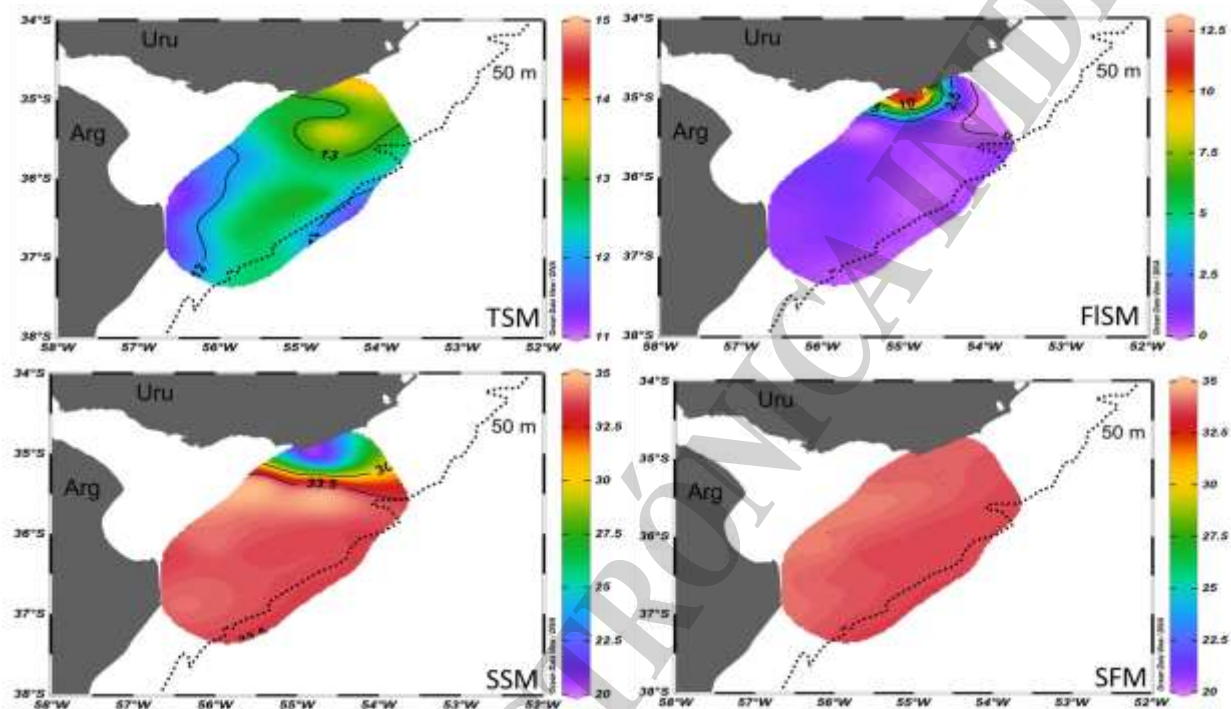


Figura 3. Temperatura (TSM), fluorescencia (FISM) y salinidad (SSM) de la superficie del mar y salinidad de fondo del mar (SFM) en el área estimados a partir de los datos de CTD.

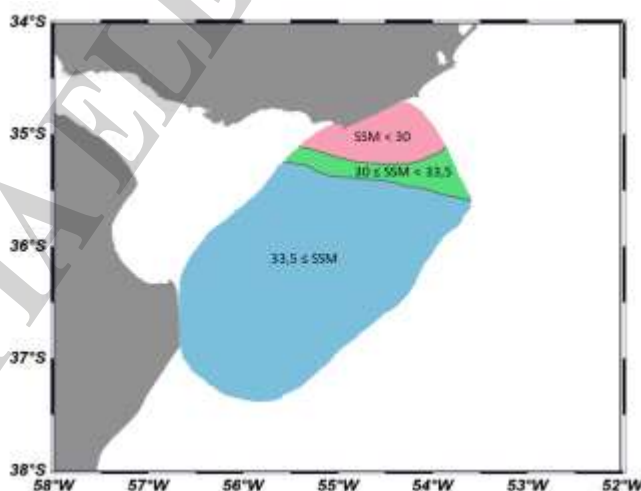


Figura 4. Categorización del área de estudio a partir de las categorías de SSM: aguas propias del RP con $SSM < 30$ (1: rosa), zona de mezcla entre los sistemas frontales salinos, con $30 \leq SSM < 33,5$ (2: verde) y aguas de plataforma con $SSM \geq 33,5$ (3: azul).

Al analizar la distribución de las tres especies en el plano horizontal, los mayores registros de anchoíta, tanto en presencia como en s_A , se hallaron en SSM características de aguas de plataforma (85,5 % y 96,2 %, respectivamente. Figura 5A). La caballa se registró en las tres categorías de salinidad, con presencia del 35,1 % en el RP, 20,6 % en la zona del frente salino y 44,3 % en aguas de plataforma. Sin embargo, sus abundancias relativas fueron mayores en aguas de plataforma (66,7 %), seguido por aguas del frente salino (26,8 %. Figura 5B). Por su parte, el surel se registró principalmente en aguas del RP (61,4 % de presencia y 62,3 % de abundancia relativa), pero también en la zona del frente salino (22,9 % de presencia y 29,9 % de abundancia relativa. Figura 5C).

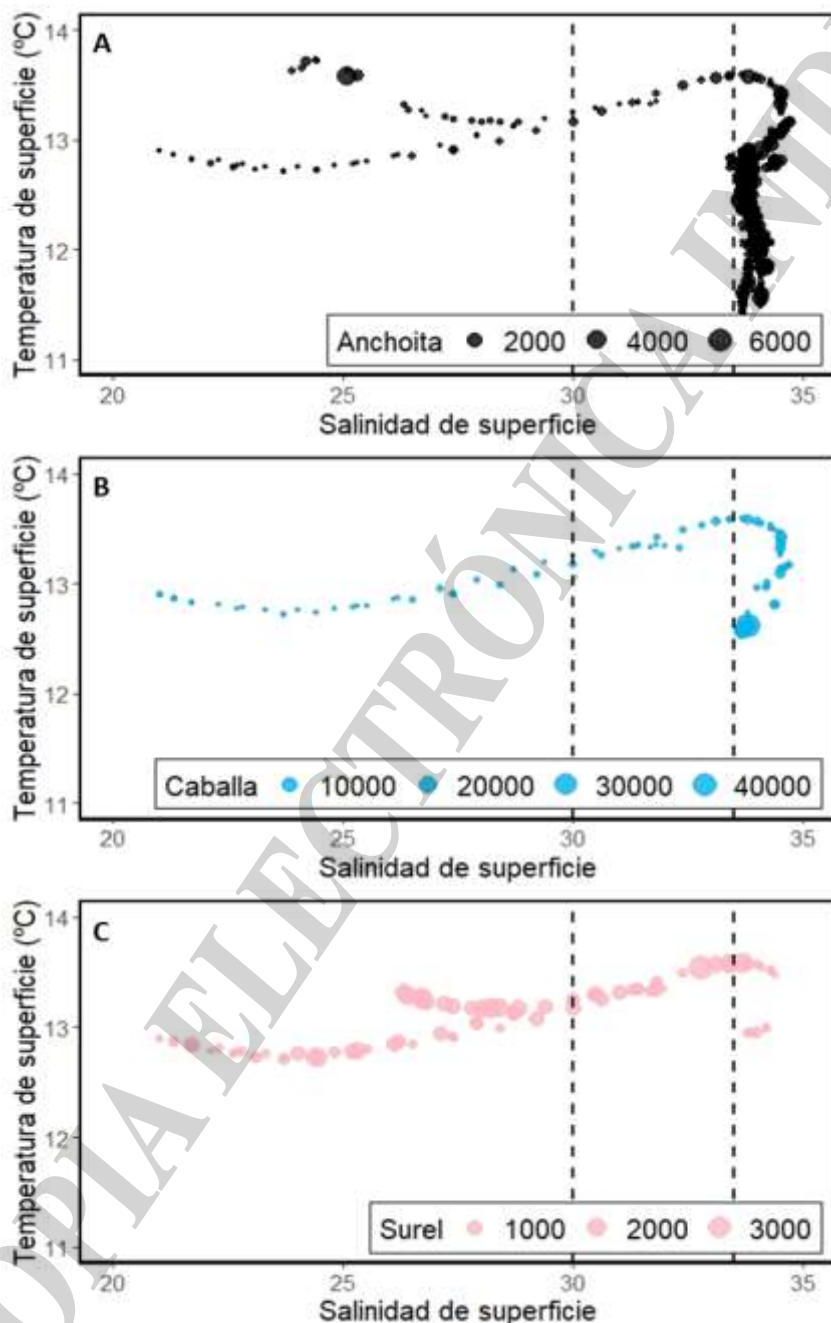


Figura 5. Relación entre la temperatura y la salinidad de superficie del mar y la s_A de anchoíta (A), caballa (B) y surel (C). Las líneas de trazos indican la separación de las tres categorías de salinidad determinadas para el área: aguas propias del RP ($SSM < 30$), zona de mezcla entre los sistemas frontales salinos ($30 \leq SSM < 33,5$) y aguas de plataforma ($33,5 \leq SSM$).

La abundancia relativa (s_A) de la anchoíta y la caballa en otoño presentaron una relación positiva con la SSM, es decir, incremento de la abundancia con el aumento de la salinidad de superficie mientras que la abundancia relativa del surel fue inversa (Tabla 1, Figura 6). Contrariamente, la abundancia relativa de anchoíta disminuyó con el aumento de la SFM (Tabla 1A, Figura 7). Esta última variable no resultó significativa para las otras especies de peces analizadas (Tabla 1B y 1C). Ninguna de las tres especies presentó relación con la TSM, mientras que la FISM afectó de manera negativa la abundancia relativa de surel y positiva a la de caballa (Tabla 1B y C, Figura 8).

Tabla 1. Resultados de la modelización lineal generalizada para la abundancia relativa anchoíta (A), caballa (B) y surel (C). Los * indican valores significativos.

A	Anchoíta	
	Abundancia (s_A)	
	F	Valor-P
SSM	23,85	<0,001*
SFM	37,51	<0,001*
TSM	1,6	0,206
FISM	0,45	0,501

B	Caballa	
	Abundancia (s_A)	
	F	Valor-P
SSM	16,11	<0,001*
FISM	5,94	0,015*
TSM	3,33	0,068
SFM	0,83	0,363

C	Surel	
	Abundancia (s_A)	
	F	Valor-P
SSM	16,44	<0,001*
SFM	-	-
FISM	19,42	0,015
TSM	4,48	0,068

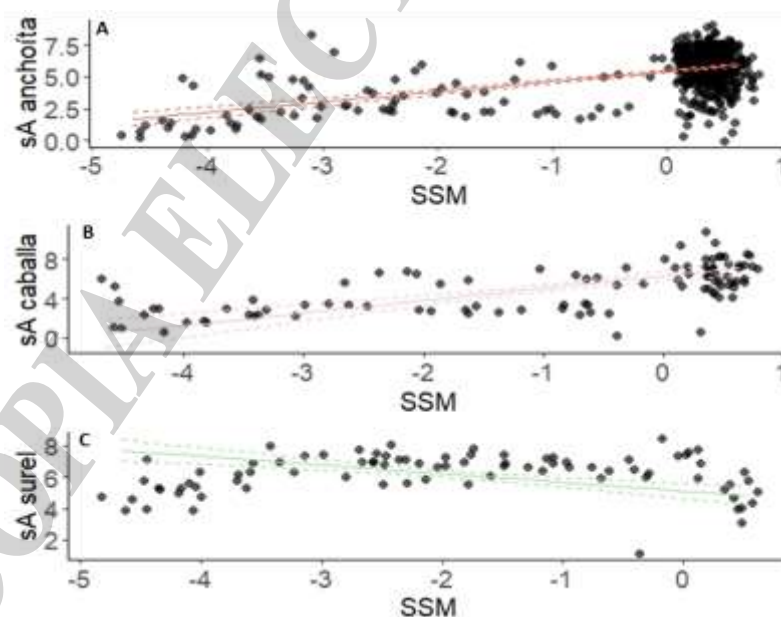


Figura 6. Relación entre la abundancia relativa (s_A) de anchoíta (A), caballa (B) y surel (C) en función de los datos estandarizados de salinidad de superficie (SSM) generados a partir de los modelos.

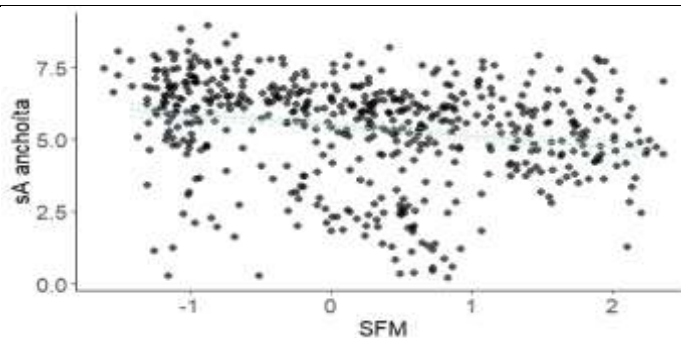


Figura 7. Relación entre la abundancia relativa (s_A) de anchoíta en función de los datos estandarizados de salinidad de fondo (SFM) generados a partir del modelo.

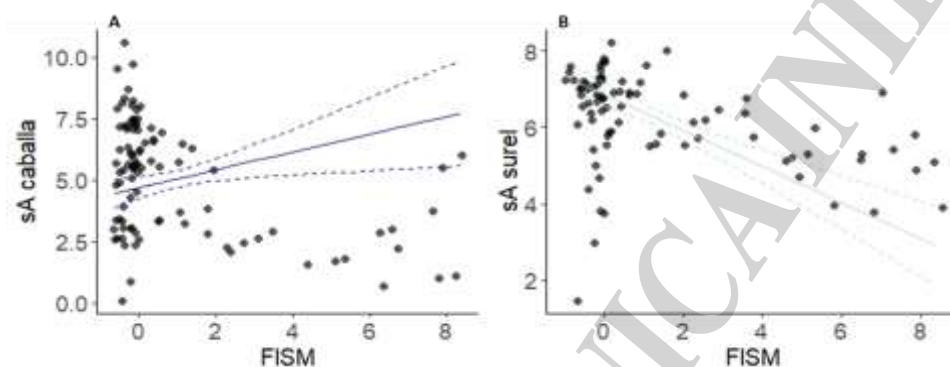


Figura 8. Relación entre la abundancia relativa (s_A) de surel (A) y caballa (B) en función de los datos estandarizados de fluorescencia de superficie (FISM) generados a partir de los modelos.

La presencia de estas especies se relacionó positivamente con la SFM y con la FISM (Tabla 2, Figuras 9 y 10). La TSM se relacionó positivamente con la presencia de caballa y surel (Tabla 2, Figura 11), mientras que la presencia de anchoíta aumentó con el aumento de la SSM (Tabla 2, Figura 12A), y el efecto fue inverso con la presencia del surel (Tabla 2, Figura 12B).

Tabla 2. Resultados de la modelización lineal generalizada para la presencia / ausencia de anchoíta (A), caballa (B) y surel (C). Los * indican valores significativos.

A	Anchoíta	
	Presencia / Ausencia	
	X^2	Valor-P
SSM	7,91	0,005*
SFM	29,56	<0,001*
FISM	38,12	<0,001*
TSM	0,03	0,859

B	Caballa	
	Presencia / Ausencia	
	X^2	Valor-P
TSM	128,67	<0,001*
SFM	8,76	<0,001*
FISM	38,85	<0,001*
SSM	3,24	0,072

C	Surel	
	Presencia / Ausencia	
	X^2	Valor-P
TSM	57,18	<0,001*
SSM	14,05	<0,001*
SFM	12,13	<0,001*
FISM	4,89	0,027*

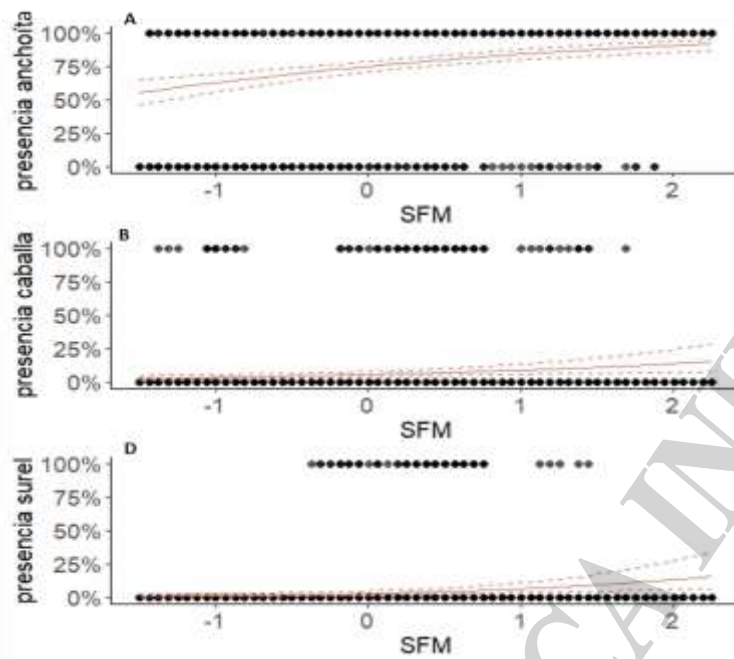


Figura 9. Relación entre la presencia / ausencia de anchoíta (A), caballa (B) y surel (C) en función de los datos estandarizados de salinidad de fondo (SFM) generados a partir de los modelos.

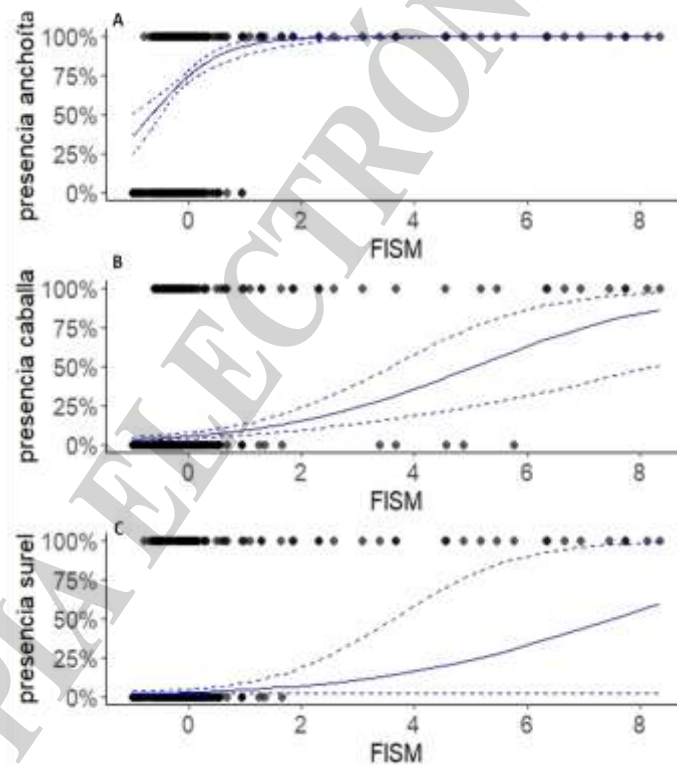


Figura 10. Relación entre la presencia / ausencia de anchoíta (A), caballa (B) y surel (C) en función de los datos estandarizados de fluorescencia de superficie (FISM) generados a partir de los modelos.

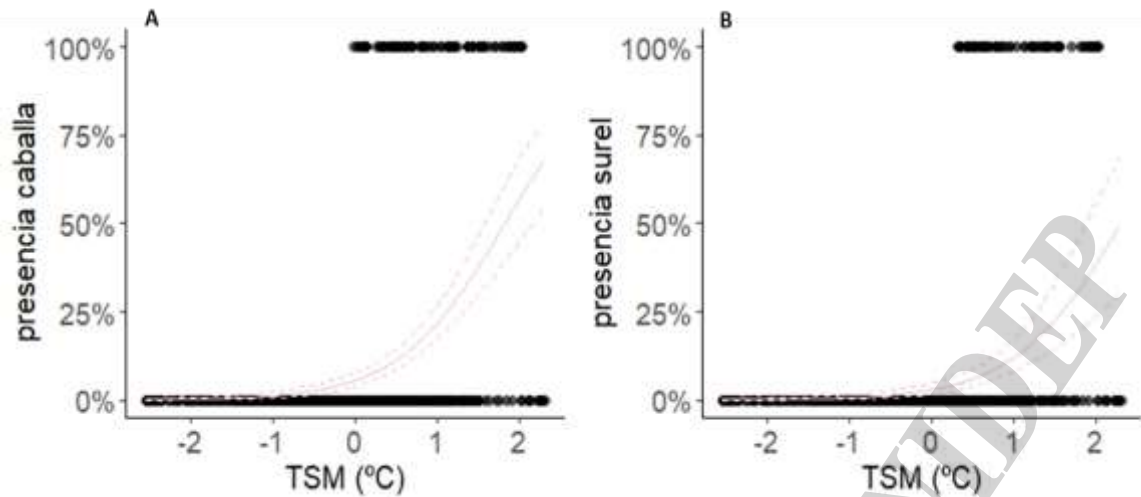


Figura 11. Relación entre la presencia / ausencia de caballa (A) y surel (B) en función de los datos estandarizados de temperatura de superficie (TSM) generados a partir de los modelos.

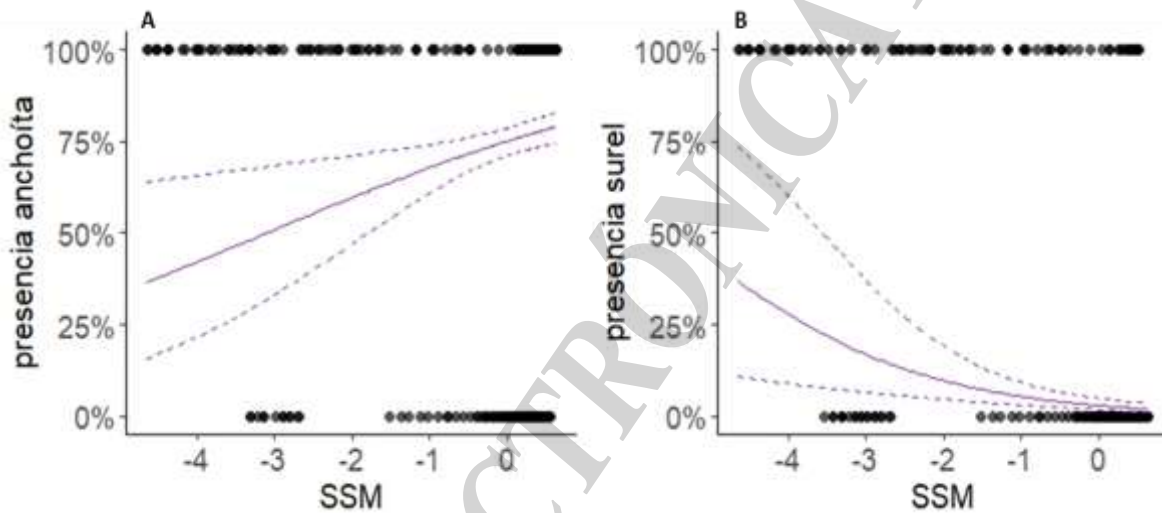


Figura 12. Relación entre la presencia / ausencia de anchoíta (A), y surel (B) en función de los datos estandarizados de salinidad de superficie (SSM) generados a partir de los modelos.

El análisis de ANOSIM indicó diferencias significativas entre las categorías de salinidad establecidas, en relación a la composición de especies de peces pelágicos ($p < 0,001$), que explicó un 60% de las diferencias entre las tres categorías de salinidad. También existió un efecto significativo de la TSM y la FISM en estas diferencias (TSM: $R^2 = 0,24$, $Pr(>F) = 0,001$; FISM: $R^2 = 0,21$, $Pr(>F) = 0,001$; Figura 13A). La especie más predominante en el área con SSM propias de la zona de frente fue la caballa ($stat = 0,259$, $p = 0,036$), mientras que la más representativa y abundante en aguas propias de aguas de plataforma fue la anchoíta ($stat = 0,331$, $p < 0,001$; Figura 13B). El surel, por su parte, fue igualmente representativo y abundante tanto en SSM propias del RP, como en aguas del frente salino ($stat = 0,473$, $p < 0,001$, Figura 13B).

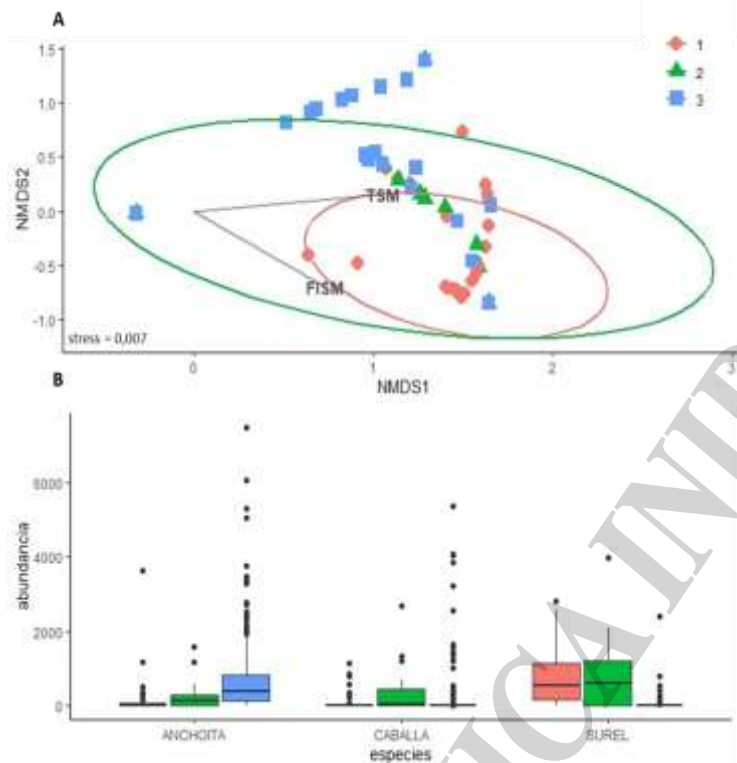


Figura 13. Diagrama de ordenación multidimensional no métrico (NMDS, por sus siglas en inglés) basado en el índice de similitud de Bray-Curtis (A) en función de las abundancias relativas (s_A) de las tres especies de peces pelágicos (B), en las tres categorías de salinidad registradas en el área: aguas propias del RP con SSM < 30 (1: rosa), zona de mezcla entre los sistemas frontales salinos, con SSM mayores a 30 y menores a 33,5 (2: verde) y aguas de plataforma con salinidades $\geq 33,5$ (3: azul). En el diagrama NMDS se incluyen, además, los vectores de las variables oceanográficas de TSM y FISM.

Esto resultó coincidente con las abundancias registradas en los lances de pesca realizados en la campaña. Los lances del 1 al 4 se localizaron en SSM propias del RP, y el 1 y 2 presentaron las mayores capturas de surel. El lance 5 se localizó en la zona del frente salino, y se detectaron las mayores capturas de caballa y surel. El resto de los lances se realizaron en aguas de plataforma (SSM > 30) y se registraron las mayores capturas de anchoíta (Figura 14).

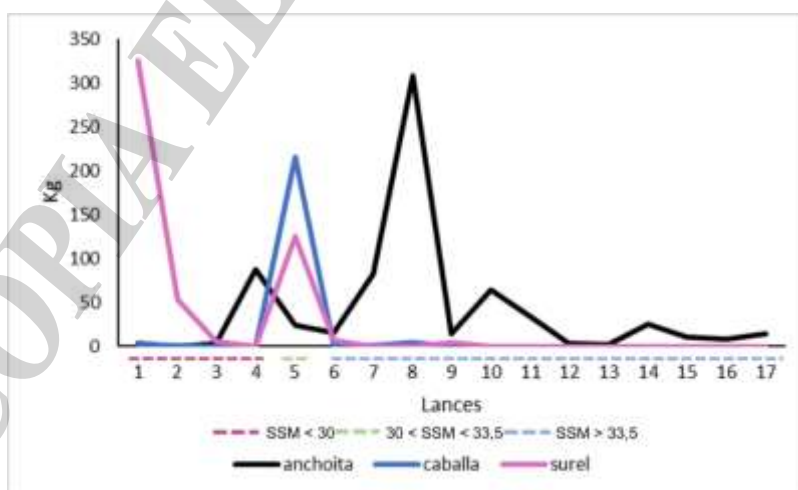


Figura 14. Captura total (kg) de las tres especies de peces pelágicos en los 17 lances de pesca realizados en otoño de 2022.

En el análisis de la distribución de las tres especies en la columna de agua en 50 km del transecto que atraviesa el frente salino del RP, se observó que la disposición vertical de los cardúmenes coincidió con los resultados del análisis ANOSIM y en el diagrama NMDS. Los cardúmenes más abundantes de anchoíta se hallaron en el extremo este del transecto, en SSM propias de aguas de plataforma, mientras que los cardúmenes de caballa se localizaron, tanto en SSM de aguas de plataforma, como en SSM propias del frente salino. Por su parte, los cardúmenes de surel se distribuyeron en cercanías a la costa con SSM propias del RP, y las mayores abundancias, en SSM propias del frente salino. Sin embargo, al analizar la distribución vertical, se detectó una superposición por parte de las tres especies. Las anchoítas y caballas, se localizaron entre los 15 m y los 25 m de profundidad, mientras que los cardúmenes de surel se registraron a profundidades superiores a los 10 m, mientras que sus mayores abundancias se ubicaron en profundidades mayores a los 20 m (Figura 15).

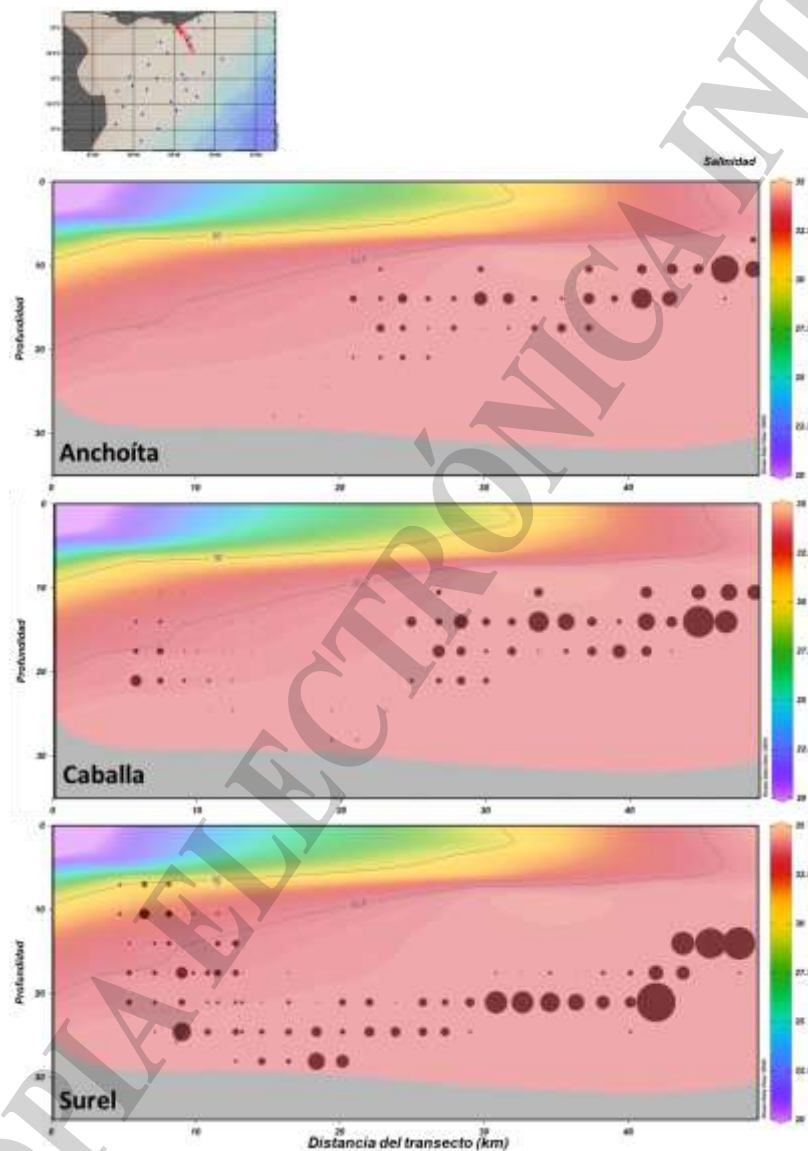


Figura 15. Perfiles verticales de salinidad y S_A de las tres especies pelágicas registradas en otoño de 2022. La burbuja de mayor tamaño corresponde a un valor de $S_A = 4.500 \text{ m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$.

Resultados coincidentes se observaron en el transecto localizado al sur del recorrido del buque, caracterizado por su homogeneidad en la columna de agua respecto a la salinidad, y donde la abundancia de anchoíta fue elevada, con cardúmenes localizados entre los 10 m y 20 m de profundidad. También en este transecto se localizó la única marca de caballa registrada por fuera del frente salino

caracterizada por ser la de mayor abundancia y que se halló ubicada a grandes profundidades, entre 45 m y 60 m (Figura 16).

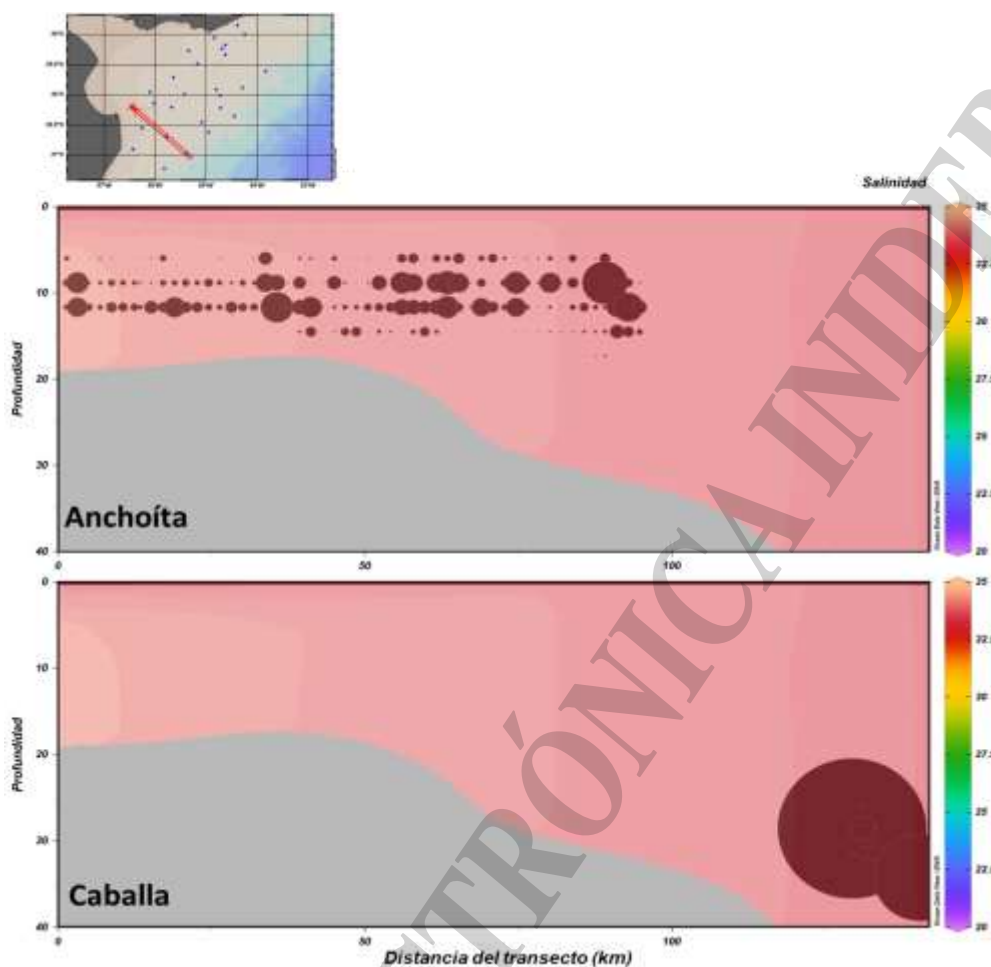


Figura 16. Perfiles verticales de salinidad y s_A de anchoíta y caballa en otoño de 2022. La burbuja de mayor tamaño de anchoíta corresponde a un valor de $s_A = 4.500 \text{ m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$, mientras que el valor máximo de s_A registrado de caballa es de $33.325 \text{ m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$.

Discusión

Las tres especies de peces pelágicos analizadas se distribuyeron en todo el rango de temperaturas ($11,29 \text{ }^\circ\text{C}$ - $13,73 \text{ }^\circ\text{C}$) y de salinidades de superficie ($20,83$ - $34,27$) registradas en la región marítima frente a la desembocadura del río de la Plata en el otoño de 2022. Sin embargo, se observaron diferencias en su distribución (presencia y abundancia relativa) al considerar las tres categorías de salinidad establecidas para la región. El surel se registró preferencialmente en aguas con estratificación salina vertical, asociándose a aguas de superficie propias del RP y del frente salino, tanto en su distribución horizontal como en profundidad. Las caballas juveniles presentaron sus mayores registros en aguas con salinidades de superficie propias del frente salino, también con estratificación vertical, aunque se registraron también algunos cardúmenes de mayor tamaño en aguas de plataforma con altas salinidades, tanto en superficie como en fondo. La anchoíta, sin embargo, se registró mayoritariamente en aguas homogéneas, sin estratificación, y con altas salinidades en superficie y fondo, propias de aguas de plataforma. Los rangos térmicos y salinos en los que se encontraron estas especies coinciden con los descritos en otros estudios, característico de estas especies euritérmicas y eurihalinas (Hansen 2004, Perrotta et al. 2001, 2003, Saccardo y Haimovici 2007, Orlando et al 2018).



El análisis de la distribución vertical de las tres especies en la columna de agua permitió caracterizar que las mismas lo hacen preferentemente asociadas a aguas de origen marino que penetran en el área de influencia del RP por debajo de las de menor salinidad. La intrusión hacia el estuario de especies marinas, como las aquí analizadas, asociadas a aguas más salinas y frías ha sido inferida previamente mediante su captura en redes de fondo (Jaureguizar et al. 2003, García et al. 2010), pero es la primera vez que se describe aquí su distribución vertical.

La salinidad tuvo un efecto significativo en las tres especies. El surel disminuyó su presencia y abundancia con el aumento de la salinidad de superficie, coincidente con su ubicación en aguas del RP y del frente salino, pero aumentó su presencia con el incremento de la salinidad de fondo, coincidente con la hipótesis de ingreso de aguas salinas por debajo de aguas más salobres en superficie que permiten el acceso de esta especie. La anchoíta y la caballa, acrecentaron su presencia y abundancia con el aumento de la salinidad tanto de superficie como de fondo, correspondiente también con su ubicación en aguas del frente salino y aguas de plataforma. La presencia de caballa y surel aumentó en las zonas que presentaron mayores TSM, en cercanías a las costas uruguayas, coincidente con la ubicación de las aguas con salinidades propias del RP y del frente salino.

La presencia masiva de anchoíta en el área de estudio durante el otoño e invierno ha sido descrita previamente (Hansen et al. 1986). Madirolas et al. (2013) estimaron valores de biomasa en el rango comprendido entre 2.000.000 y 2.800.000 t al analizar cruceros de investigación efectuados en los otoños (1994, 1996, 1997 y 1998). Estas concentraciones correspondieron a ejemplares en actividad reproductiva, ya que el otoño constituye una segunda época de desove, de menor magnitud que la de primavera (Fuster de Plaza 1964, Ciechowski 1969, Sánchez 1986). Esta actividad se extiende desde el área de estudio hacia el sur de Brasil donde también se registran importantes concentraciones de anchoíta en reproducción, así como presencia de huevos y larvas en los meses de otoño e invierno (Weiss y Souza 1977, Bakun y Parrish 1991, Lima y Castello 1994) en relación con la presencia del Frente Subtropical de Plataforma (Piola et al. 2000). Allí, al igual que lo observado en este trabajo, la anchoíta se distribuye en aguas frías y salinas que fluyen por debajo de aguas de menor salinidad y densidad proveniente de las descargas del RP (Costa et al. 2020, Rabellino Flores 2016).

La presencia de concentraciones de adultos y juveniles de surel en áreas costeras de Uruguay y Argentina ha sido destacada previamente (Cousseau 1967, Ehrhart et al. 1977, Orlando et al. 2018) y se ha estimado un aumento interanual en la presencia y abundancia en la primavera en el sector costero uruguayo (Orlando et al. 2018). También, se ha descrito un patrón de aumento en la abundancia desde la zona externa del estuario hacia la plataforma continental (Jaureguizar et al. 2003, 2006). En verano también se registraron grandes abundancias en las zonas más profundas del estuario, en relación con salinidades de superficie propias del RP (Jaureguizar et al. 2003). Estos autores también asocian la presencia de surel a las condiciones de estratificación de la columna de agua, y destacan que su distribución se encuentra limitada al máximo gradiente que se forma entre aguas del estuario y las costeras continentales. Al igual que ocurre en el sur de Brasil (Saccardo 1987), se ha propuesto que los cardúmenes se aproximan en primavera hacia menores profundidades para reproducirse y se alejan en otoño e invierno hacia mayores profundidades (Cousseau 1967). La presencia de elevadas densidades de larvas en el estuario del RP, mayoritariamente próximas a la costa uruguaya durante la primavera, soportaría esa hipótesis (Rodríguez-Graña et al. 2018). En ese mismo sector, los mencionados autores registraron presencia de larvas en otoño, pero en bajas densidades.

En relación a la caballa, la presencia de juveniles en profundidades menores a los 50 m en el área frente al RP ha sido descrita principalmente para primavera y verano (Cousseau et al. 1987, Perrotta y Aubone 1991, Perrotta 1992), aunque los registros de estos estadios se encuentran en un área continua hasta los 42° S (Buratti, com. pers.). Estos ejemplares juveniles se incorporan a la dinámica de los cardúmenes de adultos aproximadamente a los 2 años de edad (Perrotta 2004). De todos modos, la información bibliográfica del área del RP es escasa, ya que los trabajos de investigación se concentran



en las principales zonas de pesca de este recurso, como son Mar del Plata y El Rincón (e.j. Perrotta 2004, Padovani y Buratti 2019).

La fluorescencia de superficie podría utilizarse como una estimación aproximada o *proxy* de la concentración de clorofila *a* en la zona (Lorenzen 1966), y ésta, a su vez, como un indicador de la biomasa fitoplanctónica (Sauzède et al. 2015) y de la presencia de zooplancton alimentándose. Esta variable se relacionó positivamente con la presencia de las tres especies pelágicas, podría tratarse de un área de forrajeo de las mismas que son principalmente zooplanctófagas (Angelescu 1980, Padovani et al. 2011).

La dieta de la anchoíta, la caballa y el surel ha sido estudiada de manera individual en algunas regiones, y si bien se ha sugerido un posible solapamiento trófico entre ellas, existen escasos trabajos que aborden alguna interacción ecológica. Uno de ellos es el realizado por Padovani et al. (2022) que muestra superposición en la dieta entre la caballa y el surel en el área denominada El Rincón. En el sur de Brasil, se halló que las tres especies coexisten principalmente en otoño e invierno cuando se alimentan en aguas de origen subantártico con elevada disponibilidad de zooplancton (Mello et al. 1992). Sin embargo, en la misma región, Schwingel (1991) describió una partición de nicho trófico entre anchoíta y surel, alimentándose la primera de zooplancton de menor tamaño. En ese sentido, el análisis de la interacción trófica entre *S. colias* y otras especies del género *Trachurus* (*T. trachurus*, *T. trecae* y *T. mediterraneus*) ha permitido concluir que existe segregación espacial y partición de nicho durante la alimentación (Gushchin y Corten 2017, da Ros et al. 2023).

La interacción trófica entre la caballa y la anchoíta ya fue descrita en el ecosistema costero bonaerense (Angelescu 1980), indicando una competencia trófica entre los adultos de anchoíta y los juveniles de caballa (Pájaro 1993). Estos juveniles podrían estar además predando sobre las larvas y juveniles de anchoíta (Pájaro 1993). En particular, en el curso de la campaña de investigación analizada en este informe, se colectaron larvas de anchoíta en proximidades donde se pescaron juveniles de caballa (Buratti et al. 2022), coincidente con la hipótesis de Pájaro (1993).

El área de estudio se encuentra afectada por grandes variaciones en las condiciones oceanográficas debido principalmente a la dinámica de las descargas de la cuenca del RP, patrón de vientos, fuerza de Coriolis, Corrientes de Brasil y Malvinas y su respectiva confluencia (Guerrero et al. 1997, Simionato et al. 2001, 2004). La información disponible sobre cómo esas variaciones estacionales e interanuales modulan la distribución y abundancia de los peces pelágicos es limitada. Estudiarlas permitirá comprender cómo influyen en los distintos procesos de la dinámica poblacional (alimentación, reproducción, reclutamiento, etc.) así como identificar las condiciones que favorecen las mayores abundancias de estas especies de interés comercial. Los resultados de este trabajo contribuyen a este conocimiento y destacan la importancia de continuar investigando y realizar análisis comparativos en otras condiciones oceanográficas.

El año 2022 se caracterizó por registrar precipitaciones por debajo del promedio histórico, situándose entre los 14 años más secos desde 1961, según datos del Servicio Meteorológico Nacional. Estas condiciones climáticas extremas se atribuyen al fenómeno climático denominado La Niña (Oscilación del Sur) que se registró entre 2019-2022, con sequías moderadas a excepcionales y consecuentes reducciones del caudal de la cuenca del RP (Observatorio Hidrológico Nacional, 2022). Por ello, los resultados de este estudio se basan en muestreos realizados en condiciones extremas en el área, que podrían haber condicionado las distribuciones y abundancias de las tres especies pelágicas en esta época del año. Sin embargo, otros autores que investigaron la composición de las asociaciones ícticas de peces demersales y su variación interanual, hallaron un fuerte grado de persistencia temporal de los límites de estos ensambles de peces. Las asociaciones ícticas se desplazan hacia la desembocadura del RP durante periodos de baja descarga (La Niña) o bien lo hacen hacia plataforma intermedia durante periodos de alta descarga (El Niño), mientras que en condiciones intermedias son más estables en su localización (Jaureguizar et al. 2006, 2016). Por ello, sería relevante continuar con



los estudios en el área en la estación fría que permitan identificar si existe un patrón regular interanual en la distribución de estas tres especies pelágicas en los ambientes salinos descritos.

Bibliografía

- Angelescu V. 1980. Ecología trófica de la caballa (Scombridae, *Scomber japonicus marplatensis*) del Atlántico Sudoccidental. Boletim do Instituto Oceanográfico 29: 41-47.
- Angelescu V. 1982. Ecología trófica de la anchoíta del Mar Argentino (Engraulidae, *Engraulis anchoita*). Parte II. Alimentación, comportamiento y relaciones tróficas en el ecosistema. Contrib. Inst. Nac. Invest. Desarr. Pesq. 409: 83.
- Asch R, Checkey DJ. 2013. Dynamic height: A key variable for identifying the spawning habitat of small pelagic fishes. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers. 71: 79–91.
- Bakun A, Parrish RH. 1991. Comparative studies of coastal pelagic fish reproductive habitats: the anchovy (*Engraulis anchoita*) of the southwestern Atlantic. ICES Journal of marine Science 48(3): 343-61.
- Bellido J, Brown A, Valavanis V, Giráldez A, Pierce G, Iglesias M, Palialexis A. 2008. Identifying essential fish habitat for small pelagic species in Spanish Mediterranean waters. Essential Fish Habitat Mapping in the Mediterranean 171-184.
- Bonanno A, Giannoulaki M, Barra M, Basilone G, Machias A, Genovese S, Goncharov S, Popov S, Rumolo P, Di Bitetto M, Aronica S, Patti B, Fontana I, Giacalone G, Ferreri R, Buscaino G, Somarakis S, Pyrounaki M, Tsoukali S, Mazzola S. 2014. Habitat Selection Response of Small Pelagic Fish in Different Environments. Two Examples from the Oligotrophic Mediterranean Sea. PloS one. 9.
- Bovcon ND, Cochia PD, Góngora ME, Gosztonyi AE. 2011. New records of warm-temperate water fishes in central Patagonian coastal waters (Southwestern South Atlantic Ocean): new records of warm-temperate Water fishes. J. Applied Ichthyol. 27(3): 832-39.
- Boyd C, Castillo R, Hunt GL, Punt AE, Van Blaricom GR, Weimerskirch H, Bertrand S. 2015. Predictive modelling of habitat selection by marine predators with respect to the abundance and depth distribution of pelagic prey. J Anim Ecol, 84: 1575-1588.
- Buratti CC, Cascallares G, Castro Machado F, Fábrego J, Gioergini M, Menna BV, Molinari G, Moreno P, Parietti M, Temperoni B. 2022. Evaluación del stock norteño de caballa en el área próxima a Mar del Plata. Año 2022. Inf. Campaña INIDEP 009: 16 pp.
- Buratti CC, Orlando P. 2019. ¿Existe una expansión hacia el sur en la distribución de la caballa (*Scomber colias*)? Inf. Inv. INIDEP 19: 20 pp.
- Buratti CC, Orlando P, Garcarena AD, Buratti GE, Parietti M. 2023. Estado de la población de caballa (*Scomber colias*) al sur de 39° S y recomendaciones de capturas biológicamente aceptables durante el año 2023. Inf. Tec. Oficial INIDEP 29: 26 pp.
- Ciechowski JD. 1969. Investigaciones sobre la distribución de huevos de anchoíta frente a las costas argentinas, uruguayas y sur del Brasil; resultados de nueve campañas oceanográficas, agosto 1967-julio 1968. FAO Proy Desarr Pesq. Ser Inf Téc 14: 1-10.
- Correia AT, Moura A, Triay-Portella R, Santos PT, Pinto E, Almeida AA, Muniz AA. 2021. Population structure of the chub mackerel (*Scomber colias*) in the NE Atlantic inferred from otolith elemental and isotopic signatures. Fish. Research 234: 105785.
- Costa PL, Bugoni L, Kinas PG, Madureira LASP. 2020. Seabirds, environmental features and the Argentine anchovy *Engraulis anchoita* in the southwestern Atlantic Ocean. Mar. Ecol. Prog. Ser. 651: 199-213.
- Costello MJ. 2009. Distinguishing marine habitat classification concepts for ecological data management. Mar. Ecol. Prog. Ser. 397: 253-268.
- Cousseau MB. 1967. Contribución al conocimiento de la biología del surel (*Trachurus picturatus australis*) del área de Mar del Plata (Pisces, Carangidae).



- Cousseau MB, Angelescu VA, Perrotta RG. 1987. Algunas características de la estructura y del comportamiento migratorio de los cardúmenes de caballa (*Scomber japonicus marplatensis*) en la plataforma bonaerense (Mar Argentino); período 1965-1984. Rev. Inv. Des. Pesq. 7: 21-42.
- Da Ros Z, Fanelli E, Cassatella S, Biagiotti I, Canduci G, Menicucci S, De Felice A, Malavolti S, Leonori I. 2023. Resource Partitioning among “Ancillary” Pelagic Fishes (*Scomber* spp., *Trachurus* spp.) in the Adriatic Sea. Biology 12 (2): 272.
- De Caceres M, Jansen F, De Caceres MM. 2016. Package ‘indicspecies’. Indicators 8(1).
- De Mello RM, Castello JP, Freire KM. 1992. Asociación de especies pelágicas marinas en el sur de Brasil durante invierno y primavera. Frente Marítimo 11: 63-69.
- Doray M, Hervy C, Huret M, Petitgas P. 2018. Spring habitats of small pelagic fish communities in the Bay of Biscay. Progress in Oceanography 166.
- Ehrhardt NM, Nion HC, Castaldo HA y Barea LC. 1977. Evaluación preliminar de los recursos pelágicos del área común de pesca Argentino - uruguay 1975-1976. Instituto Nacional de Pesca, República Oriental del Uruguay. Inf. Tec. n° 12: 83 pp.
- Fuster de Plaza ML. 1964. Algunos datos sobre la biología de la anchoíta del sector bonaerense (resultados preliminares). CARPAS 2 Doc. Tec 12(11).
- Garcia ML, Jaureguizar AJ, Protogino LC. 2010. From Fresh Water to the Slope: Fish Community Ecology in the Río de La Plata and the Sea Beyond. Latin American Journal of Aquatic Research 38(1): 81-94.
- Giannoulaki M, Iglesias M, Tugores M, Bonnanno A, Patti B, Felice A, Leonori I, Bigot JL, Tičina V, Pyrounaki M, Tsagarakis K, Machias A, Somarakis S, Schimenou E, Quinci E, Basilone G, Cuttitta A, Campanella F, Miquel J, Valavanis V. 2013. Characterizing the potential habitat of European anchovy *Engraulis encrasicolus* in the Mediterranean Sea, at different life stages. Fish. Ocea. 22: 69-89.
- Giannoulaki M, Pyrounaki M, Bourdeix JH, Ben Abdallah L, Bonanno A, Basilone G, Iglesias M, Ventero A, Felice A, Leonori I, Valavanis V, Machias A, Saraux C. 2017. Habitat suitability modeling to identify the potential nursery grounds of the Atlantic mackerel and its relation to oceanographic conditions in the Mediterranean sea. Front. Mar. Sci. 4.
- Golden software. 1995. Surfer, Version 6.01. Golden, Colorado: Golden Software Inc.
- Guerrero RA, Acha EM, Framiñan MB, Lasta CA. 1997. Physical oceanography of the Río de la Plata estuary, Argentina. Cont. Shelf Res. 17: 727-742.
- Gushchin AV, Corten A. 2017. Feeding of Pelagic Fish in Waters of Mauritania: 3. Atlantic Chub Mackerel *Scomber colias*, Atlantic Horse Mackerel *Trachurus trachurus*, Cunene Horse Mackerel *Trachurus trecae*. J. Ichthyol. 57(3): 410-23.
- Hansen JE. 2004. Anchoíta (*Engraulis anchoita*). El Mar Argentino y sus recursos pesqueros 4: 101-15.
- Hansen JE. 2011. Parámetros biológicos relevantes para las pesquerías de anchoíta argentina (*Engraulis anchoita*). Estimaciones resultantes de reunir datos de campañas de investigación (1993 a 2008) y de muestras de capturas comerciales (1986 a 2009).
- Hartig F, Hartig MF. 2021. Package ‘DHARMA’. R package version 0.3, 3.
- Jaureguizar AJ, Menni R, Bremec C, Mianzan H, Lasta C. 2003. Fish Assemblage and Environmental Patterns in the Río de La Plata Estuary. Est. Coast. Shelf Sci. 56(5-6): 921-33.
- Jaureguizar AJ, Menni R, Guerrero R, Lasta C. 2004. Environmental Factors Structuring Fish Communities of the Río de La Plata Estuary. Fish. Res. 66(2-3): 195-211.
- Jaureguizar AJ, Menni R, Lasta C, Guerrero R. 2006. Fish Assemblages of the Northern Argentine Coastal System: Spatial Patterns and Their Temporal Variations. Fish. Ocea. 15(4): 326-44.
- Jaureguizar AJ, Solari A, Cortés F, Milessi AC, Militelli MI, Camiolo MD, Luz Clara M, García M. 2016. Fish Diversity in the Río de La Plata and Adjacent Waters: An Overview of Environmental Influences on Its Spatial and Temporal Structure. J. Fish Biol. 89(1): 569-600.



- Lima ID, Castello JP. 1995. Distribution and abundance of South-west Atlantic anchovy spawners (*Engraulis anchoita*) in relation to oceanographic processes in the southern Brazilian shelf. *Fish. Oce.* 4(1): 1-16.
- Lorenzen CJ. 1966. A method for the continuous measurement of in vivo chlorophyll concentration. *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts* 13 (2): 223-227.
- Luzenti A, Svendsen G, Degrati M, Curcio N, González R, Dans S. 2021. Physical and biological drivers of pelagic fish distribution at high spatial resolution in two Patagonian Gulfs. *Fish. Oceanography.* 30.
- Martos P, Hansen JE, Negri RM, Madirolas A. 2005. Factores oceanográficos relacionados con la abundancia relativa de anchoíta (*Engraulis anchoita*) sobre la plataforma bonaerense (34° S-41° S) durante la primavera. *Rev. Inv. Des. Pesq.* 17: 33 pp.
- Menna BV, Rossi GE, Cascallares G, Castro Machado F, Cabreira A, Buratti CC, Buratti GE, Orlando P, Temperoni B, Parietti M y Garcarena AD (2023). Caracterización acústica en múltiples frecuencias de las principales especies pelágicas de la plataforma continental argentina. *Inf. Inv. INIDEP* 099: 16 pp.
- Milessi AC, Jaureguizar AJ. 2013. Evolución temporal del nivel trófico medio de los desembarques en la zona común de pesca argentino-uruguaya años 1989-2010. *Frente Marítimo* 23: 83-93.
- Möller Jr OO, Piola AR, Freitas AC, Campos EJ. 2008. The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. *Continental shelf research* 28(13): 1607-1624.
- Oksanen J, Blanchet FG, Friendly M. 2016. Vegan: community ecology package. R Package version 2.4-1
- Orlando P, Mendiolar M, Buratti CC. 2018. Relación entre la distribución espacial del surel (*Trachurus lathami*) y variables ambientales en el ecosistema costero (34°- 41°S) en primavera. *Frente Marítimo* 25: 349-368.
- Orlando P, Buratti CC, Garcarena AD, Buratti GE, Parietti M. 2023. Evaluación del stock de anchoíta al norte de 41°S y recomendación de captura biológicamente aceptable para el año 2023. *Inf. Tec. Oficial INIDEP* 28: 26 pp.
- Pacheco Tack RL. 1988. Contribución al conocimiento de la biología pesquera del surel (*Trachurus picturatus australis*) Nani, 1950 (Pisces, Fam. Carangidae) con algunas consideraciones biológicas. Tesis doctoral. UNLP. 134 pp.
- Padovani LN, Viñas MD, Pájaro M. 2011. Importance of the Río de la Plata estuarine front (southwestern Atlantic Ocean) in the feeding ecology of Argentine anchovy, *Engraulis anchoita* (Clupeiformes, Clupeidae). *Latin American Journal of Aquatic Research* 39(2): 205-13.
- Padovani LN, Buratti C. 2019. Ecología trófica de la caballa (*Scomber colias*) en la zona denominada “El Rincón”. *Inf. Inv. INIDEP* 042: 10 pp.
- Padovani LN, Temperoni B, Orlando P, Buratti C. 2022. Superposición de nicho trófico entre la caballa (*Scomber colias*) y el surel (*Trachurus lathami*) en la zona denominada “El Rincón”. *Inf. Inv. INIDEP* 065: 14 pp.
- Pájaro M. 1993. Consideraciones sobre la alimentación de la caballa con especial énfasis en la depredación de huevos y larvas de peces.
- Patil I, Makowski D, Ben-Shachar MS, Wiernik BM, Bacher E, Lüdecke D. 2022. datawizard: An R Package for Easy Data Preparation and Statistical Transformations. *J. Open Source Software* 7(78): 4684.
- Perrotta RG. 1992. Growth of mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782) from the Buenos Aires-north patagonian region (Argentine Sea).
- Perrotta RG. 2004. Caballa (*Scomber japonicus*). En Sánchez RP, Bezzi SI eds. Los peces marinos de interés pesquero. Caracterización biológica y evaluación del estado de explotación, (pp.117-125). *El Mar Argentino y sus Recursos Pesqueros*, 4.
- Perrotta RG, Forciniti L, Cousseau MB, Hansen JE. 1990. Caballa Parte I. En: Cousseau MB ed. Muestreo bioestadístico de desembarque del puerto de Mar del Plata: período 1980-1985. *Inf. Tec.* 26: 29 pp
- Perrotta RG, Aubone A. 1991. De nuevo sobre la morfometría de la caballa (*Scomber japonicus*). *Frente Marítimo* 8 (Sección A): 37-42.



- Perrotta RG, Viñas MD, Hernández DR, Tringali LS. 2001. Temperature conditions in the Argentine chub mackerel (*Scomber japonicus*) fishing ground: implications for fishery management. *Fish. Oce.* 10(3): 275-283.
- Perrotta RG, Viñas MD, Madirolas A, Reta R, Akselman R, Castro Machado F, Garciarena AD, Macchi GJ, Moriondo Danovaro P, Llanos V, Urteaga JR. 2003. La caballa (*Scomber japonicus*) y las condiciones del ambiente en el área "El Rincón" 39°40'-41°30' S del Mar Argentino. Septiembre 2000. *Inf. Téc. INIDEP* 54: 25 pp.
- Piola A, Campos EJD, Möller O, Charo M, Martínez C. 2000. Subtropical Shelf Front off eastern South America. *J. Geophys. Res.* 105.
- Rabellino J. 2016. Análisis del rol del Frente Subtropical de Plataforma sobre huevos y larvas de *Engraulis anchoita* utilizando un enfoque bio-físico. Tesis de Maestría. Universidad de la República de Paraguay.
- Rodríguez-Graña L, Vera M, Cervetto G, Calliari D. 2018. Trophic Ecology of the White Croaker (*Micropogonias furnieri* Desmarest, 1823) and Rough Scad (*Trachurus lathami* Nichols, 1920) Larvae in the Río de la Plata Estuary. *Plankton Ecology of the Southwestern Atlantic: From the Subtropical to the Subantarctic Realm*, 349-371.
- Saccardo SA. 1987. Morfología, distribución y abundancia de *Trachurus lathami* (Nichols 1920, Teleostei: Carangidae) na região sudeste-sul do Brasil. *Bolm Inst. Oceanogr.* 35(1): 65-95.
- Saccardo SA, Haimovici M. 2007. Síntese sobre o chicharro (*Trachurus lathami*). In: Haimovici M. ed. A prospecção pesqueira e abundância de estoques marinhos no Brasil nas décadas de 1960 a 1990: levantamento de dados e avaliação crítica. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental, Brasília 233-237.
- Sánchez RP. 1986. Estudios sobre las variaciones espacio-temporales en los patrones de distribución de embriones y larvas de la anchoíta (*Engraulis anchoita*), en relación con la estimación de su intensidad reproductiva. *Rev. Inv. Des. Pesq.* 5: 92-142.
- Sauzède R, Lavigne H, Claustre H, Uitz J, Schmechtig C, D'Ortenzio F, Guinet Ch, Pesant S. 2015. Vertical distribution of chlorophyll *a* concentration and phytoplankton community composition from in situ fluorescence profiles: a first database for the global ocean. *Earth System Science Data Discussions* 8: 365-399.
- Schwingel PR. 1991. Alimentação de *Engraulis anchoita* (Clupeiformes: Engraulidae) na plataforma continental do Rio Grande do Sul, Brasil. Tesis de Maestría. Universidad Federal de Río Grande. Brazil.
- Simionato CG, Nuñez MN, Engel M. 2001. The salinity front of the Río de la Plata-A numerical case study for winter and summer conditions. *Geophysical Research Letters* 28(13): 2641-2644.
- Simionato CG, Dragani W, Meccia V, Nuñez M. 2004. A numerical study of the barotropic circulation of the Río de la Plata estuary: sensitivity to bathymetry, the Earth's rotation and low frequency wind variability. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 61(2): 261-273.
- Troupin C, Barth A, Sirjacobs D, Ouberdous M, Brankart JM, Brasseur P, Rixen M, Alvera-Azcárate A, Belounis M, Capet A. 2012. Generation of analysis and consistent error fields using the Data Interpolating Variational Analysis (DIVA). *Oc. Mod.* 52: 90-101.
- Van de Spoel S. 1994. History, progress and future of theory in pelagic biogeography. *Progress in Oceanography* 34 (2-3): 101-107.
- Weiss G, Feijo de Souza JA. 1977. Preliminary comparative study of postlarvae and juvenile stage of three species of engraulidae of the southern coast of Brazil, Uruguay, and Argentina. *Atlántica, Rio Grande* 2: 1-20.
- Zwolinski JP, Emmett RL, Demer DA. 2011. Predicting habitat to optimize sampling of Pacific sardine (*Sardinops sagax*). *ICES Journal of marine Science* 68(5): 867-879.