2024

Informe de
INVESTIGACIÓN
046-24
NO-2024-70741490-APN-DNI#INIDEP
3/07/2024

Distribución espacio-temporal de *Engraulis anchoita* en relación a las condiciones oceanográficas del Golfo San Matías

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

Dirección: Pesquería de Peces
Área: Pesquerías de Peces Pelágicos

:

Citar como:
Parietti M, Buratti CC, Menna BV, Orlando P, Buratti GE y Spath MC. 2024. Distribución espacio-temporal de Engraulis anchoita en relación a las condiciones oceanográficas del Golfo San Matías. Inf Investigación INIDEP Nº 046/24, 14 pp.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

INIDEP
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO PESQUERO

Distribución espacio-temporal de *Engraulis anchoita* en relación a las condiciones oceanográficas del Golfo San Matías

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

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Ministerio de Economía. Paseo Victoria Ocampo Nº1, Escollera Norte, Mar del Plata, Argentina.

Resumen

Engraulis anchoita se distribuye, en el Mar Argentino, desde el sector externo del Río de la Plata (35°S) hasta el sur del Golfo San Jorge (47°30'S), y desde la región costera hasta el talud continental. A los fines de la gestión pesquera, se han definido dos unidades de manejo: el *stock* norteño y el sureño, separados aproximadamente a los 41°S, pero algunas evidencias sugieren la presencia de una población periférica en aguas del Golfo San Matías (GSM). El GSM es una cuenca semicerrada con un intercambio de agua limitado con la plataforma continental adyacente, que presenta dos grandes depresiones de 160 y 216 metros de profundidad. A partir de datos acústicos y oceanográficos recopilados durante dos campañas de investigación realizadas para evaluar la distribución y abundancia de langostino patagónico (*Pleoticus muelleri*) y de recursos demersales en 2022 y 2023, se analizó la distribución espacio-temporal de *E. anchoita* en el GSM y las condiciones oceanográficas que influyen en esta distribución. Se realizaron dos modelos lineales generalizados para analizar el efecto de las condiciones oceanográficas (temperatura de superficie y fondo, salinidad de superficie, clorofila-a obtenida satelitalmente, profundidad, estabilidad de la columna de agua) y el año sobre la presencia y la abundancia relativa (coeficiente de retrodispersión sonora por unidad de área, NASC o s_A) de *E. anchoita*. Los resultados indicaron que la presencia de *E. anchoita* se relacionó con todas las variables analizadas, pero no difirió entre años, mientras que la abundancia relativa fue mayor en el año 2023 y se relacionó positivamente con la temperatura de fondo. Los cardúmenes se localizaron principalmente en áreas costeras y en la parte norte del golfo, en temperaturas superiores a la termoclina de 11 ºC y profundidades menores a 130 metros, asociadas al frente térmico. La posibilidad de que los individuos que habitan el GSM constituyan un stock diferente de *E. anchoita* de los considerados en la actualidad, ameritan profundizar los estudios, para avanzar en los conocimientos sobre las variables que estructuran la dinámica de esta población en diferentes estaciones del año.

Palabras Clave

Anchoíta patagónica, dinámica espacio-temporal, características oceanográficas

Introducción

Uno de los recursos pesqueros pelágicos más importantes que habitan en la plataforma continental argentina es la anchoíta, *Engraulis anchoita* (Hansen 2004). En el Mar Argentino, se distribuye desde el sector externo del Río de la Plata (35°S) hasta el sur del Golfo San Jorge (47°30'S), y desde la región costera hasta el talud continental (Angelescu y Cousseau 1967; Brandhorst et al. 1971; Ciechomski et al. 1981). Este pez tolera amplios rangos de temperatura (8-23°C) y de salinidades (14-35), como otras especies del género *Engraulis* (Reid 1966).

A partir del análisis comparativo de caracteres merísticos, morfométricos y parámetros poblacionales, se han identificado dos *stocks* o unidades de manejo pesquero: el *stock* bonaerense (norteño) y el patagónico (sureño), separados aproximadamente a los 41°S (Hansen et al. 1984; Hansen 1994). Sin embargo, algunas evidencias sugieren la presencia de una población periférica en aguas del Golfo San Matías (GSM, Hansen et al. 1984). El análisis del crecimiento diario en longitud de juveniles de *E. anchoita* provenientes del GSM, indicarían la existencia de un grupo poblacional de *E. anchoita* en el interior del golfo (Brown et al. 2014). Estas afirmaciones se condicen con los estudios de ensambles parasitológicos realizados para esta especie, que indican la presencia de tres agrupaciones en la plataforma continental, donde las del GSM serían parte de un *stock* o población "central" que se distribuye también fuera del golfo en la plataforma continental (Timi 2003; Marcotegui et al. en preparación).

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

El GSM es una cuenca semicerrada que tiene un intercambio de agua limitado con la plataforma adyacente. Tiene dos grandes depresiones profundas de 160 y 216 m de profundidad, una situada al sur y otra al norte del paralelo 41°40' S. Aproximadamente el 55% de su superficie total tiene una profundidad superior a 100 m (Piola y Scasso 1988). La boca del golfo tiene aproximadamente 100 km de longitud (Gagliardini et al. 2005). Hacia el este, la plataforma continental forma una cuenca abierta con profundidades que oscilan entre 45 y 80 m. Diferentes procesos oceanográficos fueron estudiados para el GSM: el sistema frontal de mareas (Carreto et al. 1974, Rivas y Pisoni 2010, Williams et al. 2021), una zona de eventos de surgencia impulsada por el viento ubicada frente a las costas oeste y norte (Carreto et al. 1974, Tonini et al. 2022, Pisoni et al. 2015), la Bahía de San Antonio (Esteves et al. 1996, Williams 2021) y el Golfo San José (Amoroso y Gagliardini 2010). De estos procesos, el sistema frontal es el más extenso y es más estudiado en el GSM (Gagliardini et al. 2005, Ocampo Reinaldo et al. 2013, Romero et al. 2013). Este frente de marea ocurre desde octubre hasta marzo (primavera y verano austral) y divide al golfo en dos masas de agua con diferentes condiciones oceanográficas. Una masa noroccidental caracterizada con una termoclina bien definida, mayor temperatura y salinidad, menores concentraciones de nitrato y clorofila-*a* (chl-*a*) y una baja tasa de intercambio de agua y una masa sudoccidental, caracterizada por una columna de agua bien mezclada, valores más bajos de temperatura y salinidad, concentraciones más altas de nitrato y clorofila-*a*, y con una fuerte influencia por la entrada de agua fría desde el sur (Svendsen et al. 2020). Cuando el frente de marea está presente, las masas de agua difieren en promedio de 1 ºC y 3 °C de TSM (Gagliardini y Rivas 2004, Williams et al. 2010).

La disponibilidad de datos acústicos y oceanográficos recopilados durante dos campañas de investigación realizadas por el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) con el objetivo de evaluar la distribución y abundancia de langostino patagónico (*Pleoticus muelleri*) y de recursos demersales, permitió analizar la distribución *E. anchoita* en el GSM y las condiciones oceanográficas que influyen en la distribución de esta especie, que resulta en el objeto de este informe. La obtención de datos acústicos presenta la ventaja de poder estudiar la distribución espacial de los recursos, inclusive a partir de información recolectada en cruceros destinados a la investigación de otras especies de interés pesquero (Simard et al. 1993).

Materiales y métodos

Se analizaron los datos acústicos obtenidos en las campañas de investigación realizadas en el mes de noviembre de los años 2022 y 2023 en el GSM: VA-2022/06 (3 al 12 de noviembre de 2022) y MA-2023/17 (7 al 19 de noviembre de 2023). La adquisición de los datos acústicos se realizó 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 para la especie, almacenada con una resolución espacial (ESDU) de una milla náutica. La densidad acústica de la *E. anchoita* se cuantificó a partir del coeficiente de retrodispersión sonora por unidad de área (NASC o s_A, en m^2*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).

Se efectuaron 50 estaciones oceanográficas en 2022 y 37 en 2023, en las cuales, 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, se obtuvieron los datos de temperatura y salinidad de superficie y fondo (TSM y TFM, SSM y SFM, respectivamente). Los datos fueron solicitados a la Base Regional de Datos Oceanográficos (BaRDO) del INIDEP. Las medias mensuales de clorofila-*a* (cl-*a*) registradas a partir

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

de información satelital se solicitaron al programa de Sensoramiento Remoto del INIDEP, obtenidos y procesados del sitio web de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA).[1]

Para analizar la estructura de la columna de agua se calculó el índice de estabilidad *phi* de Simpson (1981), como una medida de trabajo que se necesita para mezclar la columna de agua (Jm^{-3}). A partir de los valores de este índice, se dividió el área de estudio según las categorías de estratificación sugeridas por Martos et al. (2005):

(i) valores de *phi* <9,99 Jm^{-3}: asociados a zonas donde la columna de agua puede considerarse homogénea.

(ii) valores de *phi* entre 10 y 69,99 Jm^{-3}: asociados con la presencia de frentes marinos y cuyo valor medio, la línea de estabilidad de 40 Jm^{-3}, fue usada por Martos y Sánchez (1997) para definir la posición media de los frentes.

(iii) valores de *phi* entre 70 y 129,99 Jm^{-3}: correspondiente con zonas definitivamente estables, las cuales se hallan relativamente cerca de los frentes.

(iv) valores de *phi* >130 Jm^{-3}: presentes en zonas marinas altamente estables, lejos de los frentes oceánicos.

Se graficó la distribución horizontal de TSM, TFM, SSM, SFM, cl-*a* y *phi*. A partir de los datos de las variables ambientales medidas *in situ* y satelitalmente, 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 *E. anchoita* (s_A).

Se analizó además la distribución vertical de la s_A en relación con la temperatura, graficando ambas variables en tres transectos localizados al norte, centro y sur del GSM.

Para analizar el efecto de las condiciones oceanográficas (predictores fijos: TFM, TFM, SSM, cl-*a*, *phi* y profundidad) sobre la presencia y la s_A de *E. anchoita*, se construyeron dos modelos lineales generalizados (GLM, por sus siglas en inglés). Estructura global de los modelos:

1. *Presencia ~ TSM + TFM + SSM + cl-a + phi + profundidad + año*

2. s_A *~ TSM + TFM + SSM + cl-a + profundidad + año*

Los modelos se probaron utilizando la función glmmTMB (paquete glmmTMB, Bolker 2020). El modelo *1* presentó una distribución de probabilidad de presencia / ausencia con una distribución de errores binomial con una función de enlace logit. El modelo *2* presentó una distribución de errores Normal con una función de enlace identidad, utilizó 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 lograr la homocedasticidad en ambos modelos, la varianza se estructuró añadiendo el término dispformula ~ año. Las variables físicas utilizadas en ambos modelos fueron estandarizadas a partir del centrado y escalado con el paquete datawizard (Patil et al. 2022). En ambos modelos no se utilizó el predictor fijo de SFM, ya que el mismo presentaba colinealidad con el resto de los predictores y un valor de VIF mayor a 10, al igual que predictor fijo de *phi* en el modelo *2*. 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. Todos los análisis se realizaron con el software R.

Resultados

[1] NASA Goddard Space Flight Center, Ocean Biology Processing Group; (2022): Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) Ocean Color Data, NASA OB. DAAC, Greenbelt, MD, USA. https://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

El GSM presentó condiciones oceanográficas similares en los meses de noviembre de los años 2022 y 2023, y propias del golfo para esa época del año (Tabla 1, Figura 1). Los mayores valores de TSM se registraron en la zona norte del golfo, en cercanías a la costa noroeste y a la boca del golfo, mientras que la TFM presentó valores entre los 10 ºC y 13 ºC en la mayoría del área del golfo, asociada a las mayores profundidades, y solo unos poco registros en el año 2023 (2,4%) presentaron valores mayores a los 14 ºC (Figura 2). Tanto la SSM como la SFM indicaron un gradiente con dirección sureste-noroeste, aumentando sus valores en ese sentido y con salinidades propias para esta estación del año (Martos et al. 2005. Figura 2). A partir de los datos de estabilidad de la columna de agua (*phi*) y los valores de clorofila-*a* obtenidos de imágenes satelitales (Figura 3 y 4), se pudo observar la presencia del frente característico del GSM, que comienza a formarse a principios de la primavera hasta fines del verano, y que divide al golfo en dos zonas con caracteristicas oceanográficas diferentes.

Tabla 1. Resumen de las condiciones oceanográficas (temperatura y salinidad de superficie y fondo, índice de estabilidad de Simpson), clorofila-*a* obtenida a partir de datos satelitales y profundidad de los recorridos realizados por los buques, de las dos campañas de investigación analizadas (media ± S.D. (min-max)).

		2022 (VA-2022/06)	2023 (MA-2023/17)
Temperatura del mar	sup	13,7 ± 1,1 (11,3 – 15,5)	12,9 ± 0,9 (11,3 – 14,7)
	fdo	10,9 ± 0,6 (10,3 – 12,7)	11,6 ± 0,9 (10,8 – 14,7)
Salinidad del mar	sup	33,9 ± 0,2 (33,5 – 34,2)	34,0 ± 0,2 (33,6 – 34,3)
	fdo	33,9 ± 0,1 (33,5 – 34,1)	34,0 ± 0,2 (33,6 – 34,3)
phi		44,4 ± 25,9 (-0,2 – 85,3)	25,7 ± 26,2 (-0,2 – 76,5)
Cl-*a*		1,8 ± 1,3 (0,5 – 12,7)	3,1 ± 4,0 (0,6 – 55,8)
Profundidad		103,1 ± 46,6 (12,9 – 186,6)	73,2 ± 49,4 (7,1 – 193,6)

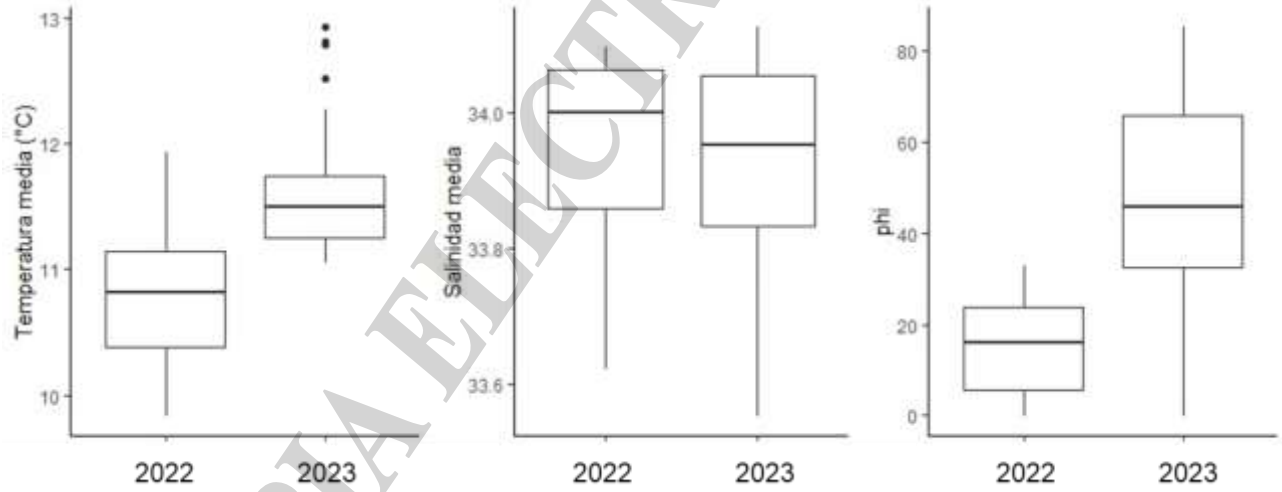

Figura 1. Valores medios de temperatura, salinidad y estabilidad de la columna de agua (*phi*) en los dos años analizados en el Golfo San Matías.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

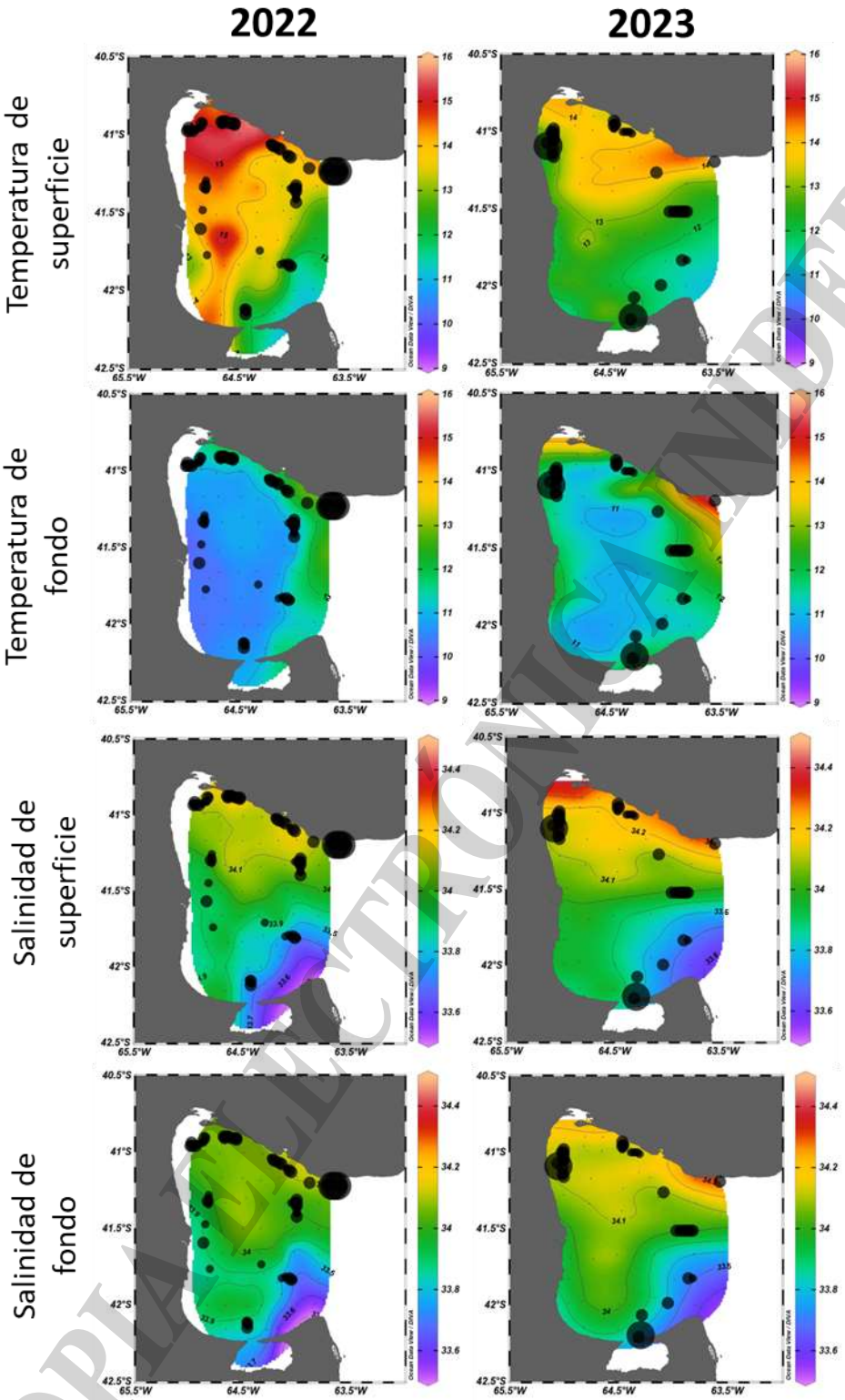

Figura 2. Abundancia relativa (s_A) de anchoíta en relación a la temperatura y salinidad de superficie y de fondo en el Golfo San Matías estimados a partir de los datos de CTD tomados *in-situ* en los dos años analizados. ● 10.000-30.000 m^2*mn^{-2} ● 500-10.000 m^2*mn^{-2} ● 0,1-500 m^2*mn^{-2}.

COPIA ELECTRONICA INIDEP

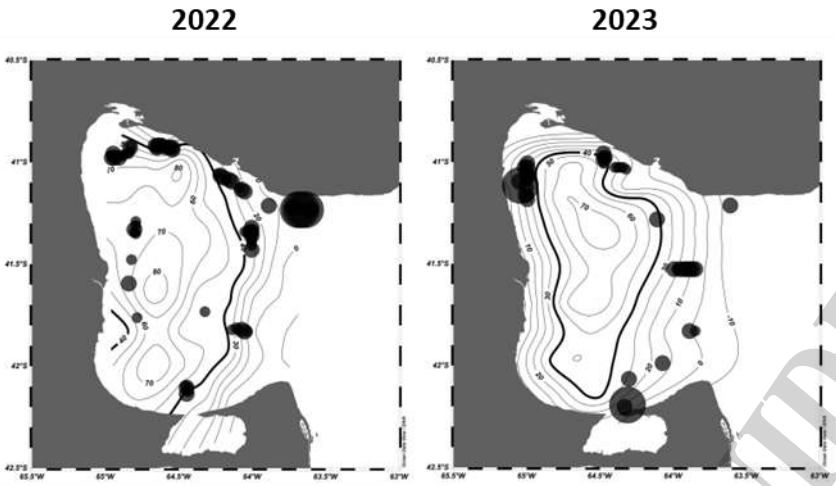

Figura 3. Abundancia relativa (s_A) de anchoíta en relación al índice de estabilidad de la columna de agua (*phi*) en los dos años analizados estimado a partir de la fórmula desarrollada de Simpson (1980) en el Golfo San Matías. ● 10.000-30.000 m^2*mn^{-2} ● 500-10.000 m^2*mn^{-2} ● 0,1-500 m^2*mn^{-2}.

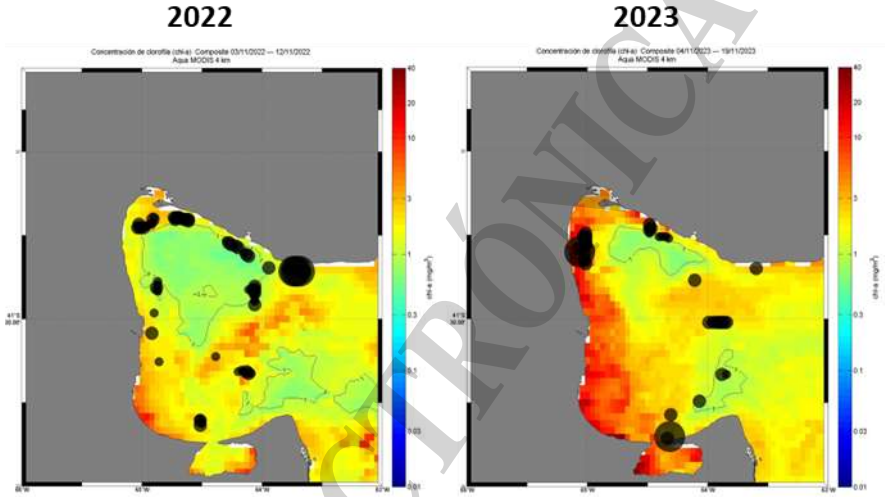

Figura 4. Abundancia relativa (s_A) de anchoíta en relación a los valores medios mensuales de clorofila-*a* (cl-*a*) registradas a partir de información satelital en el Golfo San Matías en los dos años analizados. ● 10.000-30.000 m^2*mn^{-2} ● 500-10.000 m^2*mn^{-2} ● 0,1-500 m^2*mn^{-2}.

Todas las variables analizadas (TSM, TFM, SSM, *phi*, clorofila-*a* y profundidad) tuvieron efectos significativos sobre la presencia de anchoíta, pero no se registraron diferencias entre años (Tabla 2; Figura 5). La presencia de esta especie aumentó con el incremento de la temperatura y salinidad de superficie, pero disminuyó con el aumento del resto de las variables. Sin embargo, sólo la TFM tuvo un efecto significativo sobre la abundancia de este recurso, que presentó además diferencias entre años. La abundancia de esta especie aumentó con el incremento de la temperatura, y fue mayor en el año 2023, año en el cual las TFM alcanzaron mayores valores (Tabla 2; Figura 6).

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Tabla 2. Resultados de la modelización lineal generalizada para la presencia y la abundancia relativa *E. anchoita* en el Golfo San Matías. Los valores en negrita indican valores significativos.

	Presencia		Abundancia	
	chi^2	valor-P	chi^2	valor-P
TSM	17,53	**<0,001**	0,58	0,45
TFM	44,88	**<0,001**	31,43	**<0,001**
SSM	5,51	**0,02**	0,18	0,67
phi	24,84	**<0,001**	-	-
cl-*a*	18,78	**<0,001**	3,13	0,08
profundidad	23,36	**<0,001**	0,18	0,67
Año	0,92	0,34	4,74	**0,03**

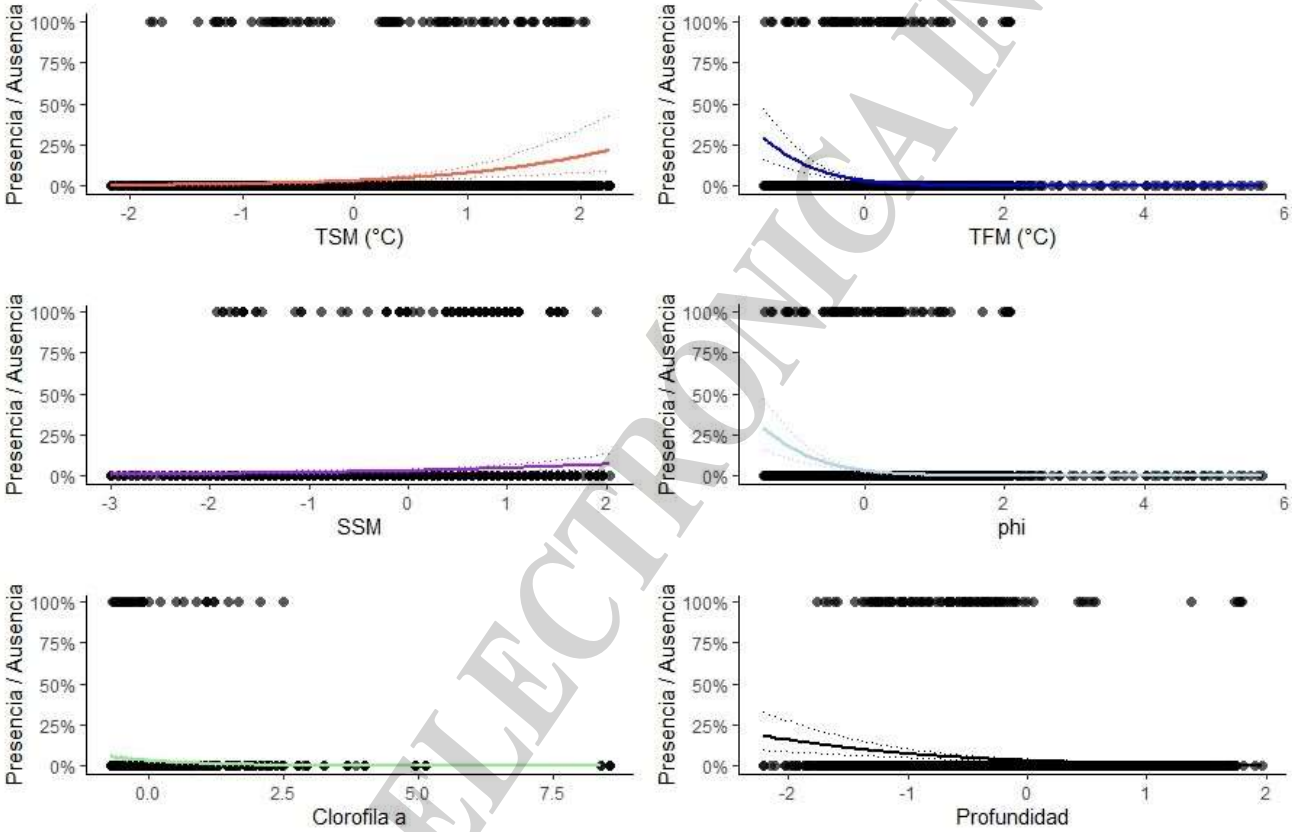

Figura 5. Relación entre la presencia de *E. anchoita* (A) en función de los datos estandarizados de las variables oceanográficas (TSM, TFM, SSM), la estabilidad de la columna de agua (*phi*), los datos de clorofila-*a* obtenidos a partir de datos satelitales y la profundidad del Golfo San Matías, generados a partir de los modelos.

COPIA ELECTRONICA INIDEP

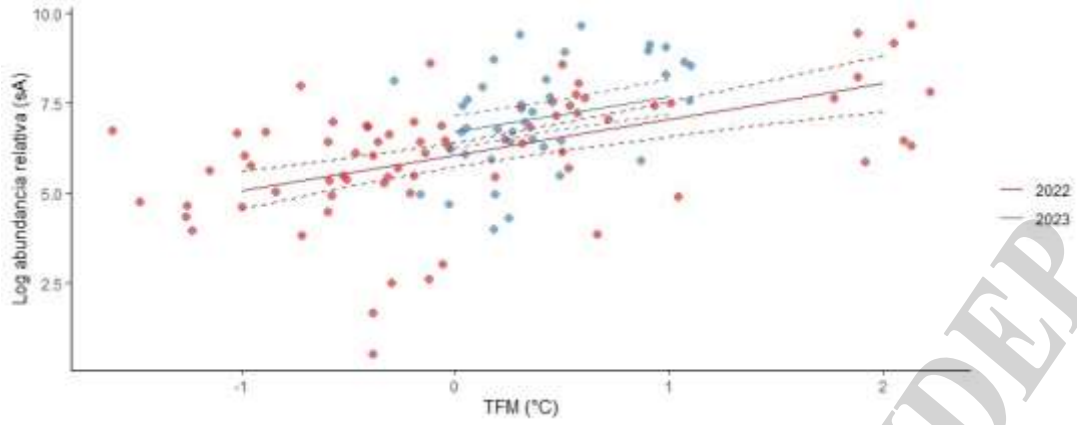

Figura 6. Relación entre la abundancia relativa (s_A) de *E. anchoita* en función de los datos estandarizados de temperatura de fondo (TFM) generados a partir del modelo para los dos años analizados.

En ambos años la presencia de cardúmenes se registró mayoritariamente en zonas costeras y en la boca del GSM. *Engraulis anchoita* se registró en todo el rango térmico y salino de superficie, entre 11,6 ºC - 15,2 ºC y 33,7 - 34,3, respectivamente. Sin embargo, solo se detectó presencia de esta especie a TFM entre 10,3 ºC - 12,9 ºC, y el 83% de los registros de concentraciones a valores mayores a los 11 ºC (Figura 7).

Los cardúmenes también estuvieron presentes en todas las profundidades del área (28,4 m - 186,1 m). Sin embargo, el 95% de la presencia de se registró hasta los 132 m, siendo que las profundidades máximas del golfo están en los 190 m (Figura 7). Esto es coincidente con la ubicación de *E. anchoita* en relación a las TFM (Figura 2). Además, en ambos años esta especie se encontró en las zonas costeras asociadas al frente térmico con menor estratificación (Figura 3), en el cual los valores de clorofila-*a* fueron los menores, con el 89% de los registros a valores menores a 5 mg*m^{-3} (Figura 4).

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

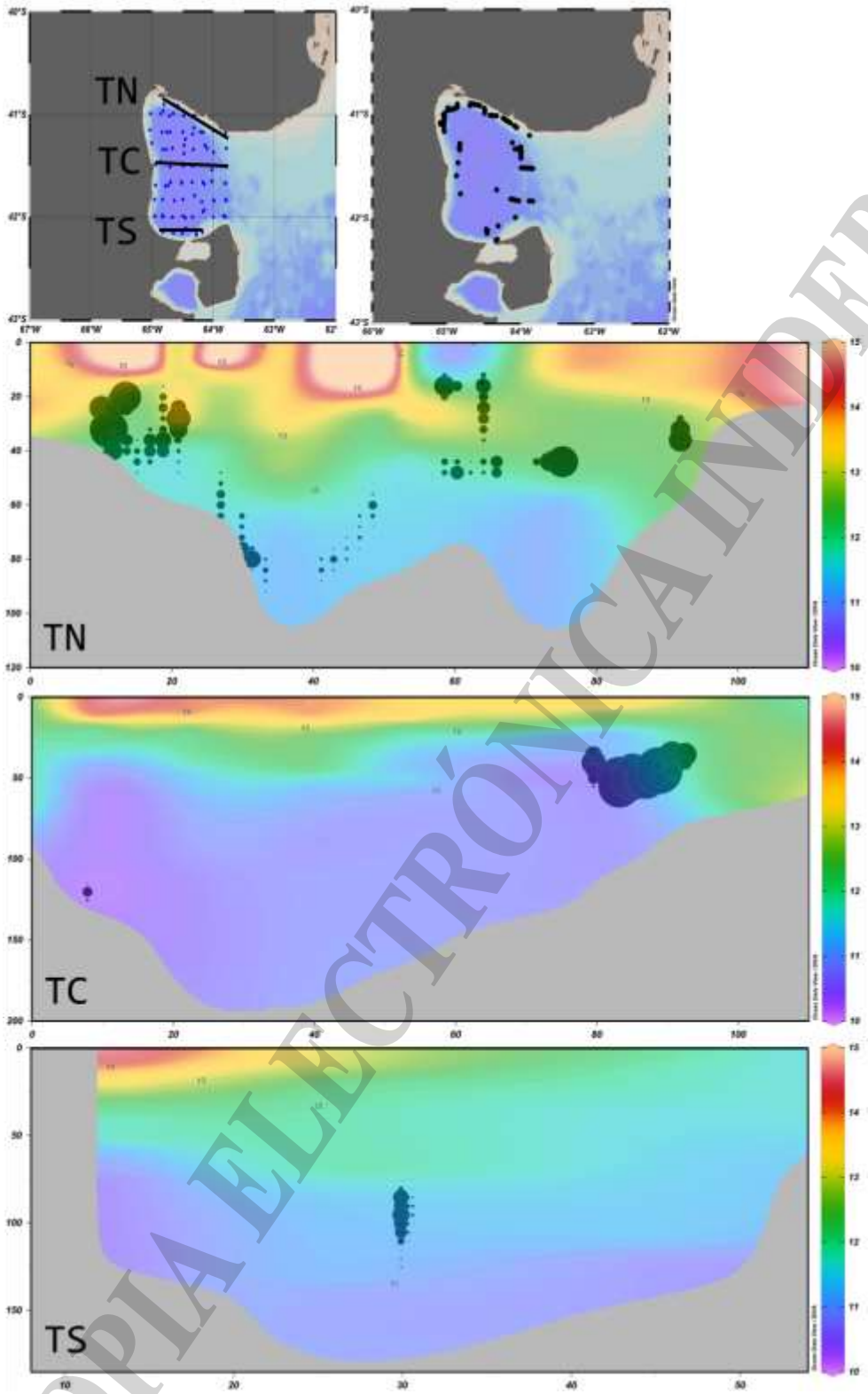

Figura 7. Perfiles verticales de los valores medios de temperatura y s_A acumulado en los dos años analizados (2022 y 2023) en los tres transectos (TN: transecto norte. TC: transecto central. TS: transecto sur) que se indican para el Golfo San Matías. La burbuja de mayor tamaño corresponde a un valor de s_A = 6.000 m^2*mn^{-2}.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Discusión

La distribución espacial de *E. anchoita* asociada a condiciones oceanográficas ya se ha analizado previamente para el *stock* patagónico en áreas entre la boca del GSM e Isla Escondida en el mes de

diciembre (Hansen et al. 2001) y al sur de Península Valdés (PV) en los meses de enero y en julio-agosto (Parietti et al. 2022). Dentro del GSM, Luzenti et al. (2021) analizaron la distribución de esta especie en las cuatro estaciones del año en los años 2017 y 2018, en una pequeña área costera localizada en el norte del golfo. Sin embargo, este es el primer trabajo que caracteriza la distribución de *E. anchoita* en todo el GSM, desde la zona costera, la boca del golfo y el centro del mismo, que presenta las mayores profundidades.

La presencia de *E. anchoita* en el GSM en los años 2022 y 2023 estuvo influenciada por la batimetría del golfo y las condiciones oceanográficas en el mes de noviembre. Las mayores presencias ocurrieron a mayores temperaturas, tanto en superficie como en fondo, y asociadas a las menores profundidades. Sin embargo, la única variable oceanográfica que influenció la abundancia de este recurso, fue la TFM, con registros de mayores abundancias de *E. anchoita* a menores TFM. Los cardúmenes se localizaron sin sobrepasar la termoclina de los 11 ºC, ni profundidades mayores a los 130 m, distribuyéndose en zonas costeras del golfo, y en el área norte del mismo, en la cual las temperaturas del mar fueron las más altas. Además, los cardúmenes se ubicaron en las zonas de menor estratificación, en aguas homogéneas, o asociados al frente térmico determinado por Martos y Sánchez (1997) en los 40 Jm^{-3}.

La TSM es una variable oceanográfica con grandes efectos sobre la distribución de los peces pelágicos pequeños en zonas costeras y de plataforma. Relaciones positivas se han registrado ya para *E. encrasicolus* en el mar Mediterráneo (Fernández-Corredor et al. 2021) y para *E. japonicus* en el mar de Japón en verano e invierno (Bang et al. 2022), mientras que esta relación fue negativa para *E. ringens* en el norte de Chile (Hernández-Santoro et al. 2019). En el GSM, *E. anchoita* se localizó a las mayores TSM, preferentemente por encima de la termoclina de los 11 ºC. Estos resultados son similares a los registrados en la plataforma patagónica a fines de la primavera, con registros asociados a los gradientes térmicos más pronunciados, entre los 11 ºC y los 17 ºC (Hansen et al. 2001). Los autores indican una preferencia de los cardúmenes a localizarse en la termoclina o en la capa inmediatamente superior. Particularmente en la boca del GSM, en diciembre, se registraron mayoritariamente individuos menores a la longitud de primera madurez estimada en 120 mm según Hansen y Madirolas (1996), y a su vez, la presencia del frente térmico, indicó que este gradiente térmico favorece la presencia de individuos más pequeños (Hansen et al. 2021). Sin embargo, en el interior del golfo el 90% de los individuos presentaron longitudes entre 140 mm y 175 mm. Estos cardúmenes también se encuentran asociados a este gradiente térmico más pronunciado. El patrón asociado a la TSM se repite, tanto para la abundancia como para la presencia, en el área sur de PV, en verano y en invierno, con una relación positiva con esta variable, pero con rangos térmicos que llegan hasta los 6,5ºC en su límite inferior (Parietti et al. 2022).

En el interior del GSM, el análisis estacional realizado por Luzenti et al. (2021), en el sector costero, también indicó una relación positiva con la variable TSM, con mayores probabilidades de encontrar peces a los 18 ºC. Sin embargo, indicaron que la profundidad es la variable que mejor explica la presencia de *E. anchoita*, con un aumento en la presencia de este recurso con el incremento de la profundidad. Estos resultados resultan contrarios a los registrados en este informe. Esto se debe, probablemente, a las diferencias en el área cubierta en ambos trabajos. En Luzenti et al. (2021), el área de estudio se extendió hasta una profundidad máxima de 130 m, mientas que en este trabajo se analizó hasta la máxima profundidad del GSM, esto es 216 m.

La estratificación de la columna de agua es una variable importante en la dinámica oceanográfica del GSM. Este índice permite definir la localización de los frentes oceanográficos tan característicos de la región norpatagónica y, particularmente en el golfo, ocurre a principio de la primavera y se mantiene hasta avanzado el verano (Svendsen et al. 2020). En las primaveras de 2022 y 2023 se registró una relación negativa entre la presencia de *E. anchoita* y el índice de estratificación (*phi*). Los cardúmenes se localizaron en aguas costeras verticalmente homogéneas o asociados al frente térmico. Estos resultados son coincidentes con los identificados en la plataforma patagónica, en la cual las

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

concentraciones más densas estaban asociadas con en el frente de PV o en zonas costeras homogéneas (Hansen et al. 2001).

Los frentes suelen estar asociados a una elevada producción primaria y secundaria y se consideran fuentes de energía; ofrecen mejores oportunidades de alimentación y zonas de desove (Olson et al. 1994). El principal pigmento fotosintético presente en el fitoplancton es la clorofila-*a*, y su concentración se utiliza con frecuencia como indicador indirecto de la biomasa (Gregor y Marsálek, 2004; Huot et al., 2007). La clorofila-*a* suele obtenerse mediante estimación *in-situ*. Sin embargo, la teledetección del color del océano se ha utilizado ampliamente para detectar, cartografiar y monitorizar el fitoplancton, debido a su cobertura espacial sinóptica y a su alta frecuencia de revisita (IOCCG, 2008). Las zonas con altos valores de clorofila-*a*, un *proxy* indicador de zonas de alta productividad primaria (Svensen et al. 2020), concentraría en sus proximidades a las presas de *E. anchoita*, que se estarían alimentando del fitoplancton. De este modo, podrían tratarse de áreas de forrajeo de esta especie pelágica que es principalmente zooplanctófaga (Padovani et al. 2011).

Sin embargo, y a partir de los resultados obtenidos en este informe, esta hipótesis no pudo ser corroborada en el GSM. La presencia de *E. anchoita* se asoció negativamente con los valores de clorofila-*a* obtenidos satelitalmente e incluso no se registraron cardúmenes en las zonas de mayores valores de este índice. Dos posibles razones podrían explicar la ausencia de una relación positiva. En principio, el análisis del contenido estomacal de estos individuos indicó que se alimentaba principalmente de copépodos (*Calanus autralis*) y en segunda instancia de quetognatos (Padovani, comunicación personal). Los copépodos de esta especie son omnívoros (D'Agostino et al. 2020), y los quetognatos se alimentan principalmente sobre el zooplancton más pequeño o de huevos de peces (Sato et al. 2011). De este modo, las presas de anchoíta no predarían sobre el fitoplancton, hecho que podría explicar por qué no se registró una asociación fuerte o positiva con esta variable satelital. Otra razón puede ser que, debido a que el dato satelital no indica cuáles de los componentes del fitoplancton son los que generan esta señal, los mayores valores de clorofila-*a* se podrían corresponder con organismos que no forman parte de la cadena trófica de *E. anchoita*. Resultados similares se registraron en la zona norte del GSM, en los cuales no se encuentra relación con este índice (Luzenti et al. 2020). Sin embargo, se necesitarían estudios más amplios para poder corroborar esta hipótesis.

Los patrones observados en *E. anchoita* en las primaveras de 2022 y de 2023 parecerían estar impulsados por tres gradientes ambientales principales: profundidad del golfo, temperatura del fondo del mar y proximidad al frente térmico. Estas variables son también las que determinaron el gradiente de diversidad de riqueza de especies demersales en el golfo, incluida la conectividad del golfo con la plataforma patagónica (Svensen et al. 2020). Este informe constituye el primer aporte del análisis del efecto de las variables oceanográficas sobre la distribución y abundancia de este recurso de interés pesquero con una amplia cobertura espacial del GSM.

Existen algunas evidencias de que la anchoíta que habita el GSM podría constituir una unidad poblacional diferente a las identificadas hasta el presente (Brown et al. 2014, Marcotegui et al. en prep.). Por ello, es relevante conducir estudios en el GSM que permitan caracterizar la dinámica poblacional de la anchoíta en diferentes estaciones del año y efectuar estimaciones de abundancia a fin dimensionar el potencial pesquero de este recurso.

Bibliografía

Amoroso RO y Gagliardini DA. 2010 Inferring complex hydrographic processes using remote-sensed images: turbulent fluxes in the Patagonian gulfs and implications for scallop metapopulation dynamics. J Coast Res 26:320−332

Bang MK, Sohn D, Kim JJ, Choi WK, Jang CJ y Kim C. 2022. Future changes in the seasonal habitat suitability for anchovy (Engraulis japonicus) in Korean waters projected by a maximum entropy model. Frontiers in Marine Science 9.

Bolker B. 2020. Getting started with the glmmTMB package (pp. 1–10).

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Boyd C, Woillez M, Bertrand S, Castillo R, Bertrand A y Punt AE. 2015. Bayesian Posterior Prediction of the Patchy Spatial Distributions of Small Pelagic Fish in Regions of Suitable Habitat. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 72(2): 290-303.

Brown DR, Leonarduzzi E y Buratti CC. 2014. Edad y crecimiento diario de juveniles de *Engraulis anchoita* provenientes del Golfo San Matías (41° S-64° W). REV. INVEST. DESARR. PESQ. Nº 24: 87-98

Carreto JI, Verona CA, Casal AB y Laborde A. 1974. Fitoplancton, pigmentos y condiciones ecológicas del Golfo San Matías I. Campaña SAO I (Marzo 1971) Instituto de Biología Marina de Mar del Plata, Contribución no. 235:1−2

D'Agostino VC, Hoffmeyer MS y Degrati M. 2020. Morphology of the mandibular gnathobases of the copepods *Calanus australis* and *Calanoides carinatus*: Evidence of omnivory. Zoologischer Anzeiger, 286:64-71.

Fernández-Corredor E, Albo-Puigserver M, Pennino MG, Bellido JM, Coll M. 2021. Influence of environmental factors on different life stages of European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and European sardine (*Sardina pilchardus*) from the Mediterranean Sea: A literature review. Regional Studies in Marine Science 41:101606.

Gagliardini DA y Rivas AL. 2004. Environmental characteristics of San Matías Gulf obtained from LANDSAT-TM and ETM+ data. Gayana (Concepc) 68:186−193

Gagliardini DA, Aliotta S, Dogliotti AI y Clemente-Colón P. 2005. Identification of bed forms through ERS SAR images in San Matías Gulf, Argentina. J Coast Res 211: 193−201

Gregor J y Marsálek B. 2004. Freshwater phytoplankton quantification by chlorophyll a: a comparative study of in vitro, in vivo and in situ methods. Water Res. 38:517–522.

Hansen JE. 2004. Anchoíta (*Engraulis anchoita*). El Mar Argentino y sus recursos pesqueros 4:101–115.

Hansen JE, Cousseau MB y Gru DL. 1984. Características poblacionales de la anchoíta (*Engraulis anchoita*) del Mar Argentino. Parte I. El largo medio al primer año de vida, crecimiento y mortalidad.

Hansen JE y Madirolas A. 1996. Distribución, evaluación acústica y estructura poblacional de la anchoíta. Resultados de las campañas del año 1993.

Hansen JE, Martos P y Madirolas A. 2001. Relationship between spatial distribution of the Patagonian stock of Argentine anchovy, *Engraulis anchoita*, and sea temperatures during late spring to early summer. Fisheries Oceanography 10:193–206.

Hernández-Santoro C, Contreras-Reyes JE y Landaeta MF. 2019. Intra-seasonal variability of sea surface temperature influences phenological decoupling in anchovy (*Engraulis ringens*). Journal of Sea Research 152:101765.

Huot Y, Babin M, Bruyant F, Grob C, Twardowski MS, Claustre H, Huot Y, Babin M, Bruyant F, Grob C y Twardowski MS. 2007. Does chlorophyll a provide the best index of phytoplankton biomass for primary productivity studies? Biogeosciences Discussions. 4(2):707–745.

IOCCG. 2008. Why ocean colour? The societal benefits of ocean-colour technology. In: Platt, T., Hoepffner, N., Stuart, V., Brown, C. (Eds.), Dartmouth, NS, Canada, International Ocean-Colour Coordinating Group (IOCCG). 141pp.

Luzenti EA, Svendsen GM, Degrati M, Curcio NS, González RA y Dans SL. 2021. Physical and biological drivers of pelagic fish distribution at high spatial resolution in two Patagonian Gulfs. Fisheries Oceanography 30:397–412.

Marcotegui P, Merlo MJ, Gutiérrez MP, Buratti CC, Parietti M y Timi JT. (en prep.). An independent stock of *Engraulis anchoita* in north Patagonian waters? Parasite tags as evidence. En revisión en Fish. Research.

Martos P y Sánchez R. 1997. Caracterización oceanográfica de regiones frontales en la plataforma Patagónica en relación con áreas de desove y cría de la anchoíta (*Engraulis anchoita*). In: Abstracts Coloquio Argent. Oceanografía. IAPSO±IADO (Conicet), B. Blanca, Argentina, pp. 30.

Martos P, Hansen JE, Negri RM y 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. Inf. Inv. INIDEP.

Ocampo Reinaldo M, González R, Williams G, Storero LP, Romero MA, Narvarte M y Gagliardini DA. 2013. Spatial patterns of the Argentine hake *Merluccius hubbsi* and oceanographic processes in a semi-enclosed Patagonian ecosystem. Mar Biol Res 9:394−406

Olson D, Hitchcock G, Mariano A, Ashjian C, Peng G, Nero R y Podesta G. 1994. Life on the Edge: Marine Life and Fronts. Oceanography 7:52−60

Padovani LN, Viñas MD y 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 39:205–213.

COPIA ELECTRONICA INIDEP

Parietti M, Buratti CC, Menna BV y Cabreira AG. 2022. Patrones estacionales en la distribución de anchoíta patagónica (*Engraulis anchoita*) entre 2005 y 2014. Inf. Inv. INIDEP.

Patil I, Makowski D, Ben-Shachar MS, Wiernik BM, Bacher E y Lüdecke D. 2022. Datawizard: An R Package for Easy Data Preparation andStatistical Transformations. JOSS 7:4684.

Piola AR y Scasso LM. 1988. Circulación en el golfo San Matías. Geoacta 15.

Pisoni JP, Rivas AL y Piola AR. 2015. On the variability of tidal fronts on a macrotidal continental shelf, Northern Patagonia, Argentina. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography 119:61–68.

Rivas AL y Pisoni JP. 2010. Identification, characteristics and seasonal evolution of surface thermal fronts in the Argentinean Continental Shelf. Journal of Marine Systems 79:134–143.

Romero MA, Reinaldo MO, Williams G, Narvarte M, Gagliardini DA y González R. 2013. Understanding the dynamics of an enclosed trawl demersal fishery in Patagonia (Argentina): a holistic approach combining multiple data sources. Fish Res 140:73−82

Sato NE, Hernández D y Viñas MD. 2011. Feeding habits of *Engraulis anchoita* (Hubbs & Marini, 1935) larvae in coastal waters off Buenos Aires Province, Argentina. Lat Am J Aquat Res 39:16–24.

Simard Y, Marcotte D y Bourgault G. 1993. Exploration of geostatistical methods for mapping and estimating acoustic biomass of pelagic fish in the Gulf of St. Lawrence: size of echo-integration unit and auxiliary environmental variables. Aquatic Living Resources, 6(3):185-199.

Svendsen G, Ocampo Reinaldo M, Romero M, Williams G, Magurran A, Luque S y González R. 2020. Drivers of diversity gradients of a highly mobile marine assemblage in a mesoscale seascape. Mar Ecol Prog Ser 638:149–164.

Timi JT. 2003. Parasites of Argentine anchovy in the south-west Atlantic: latitudinal patterns and their use for discrimination of host populations. Journal of Fish Biology 63:90–107.

Tonini MH, Palma ED y Pisoni JP. 2022. Modeling the seasonal circulation and connectivity in the North Patagonian Gulfs, Argentina. Estuarine, Coastal and Shelf Science 271:107868.

Troupin C, Barth A, Sirjacobs D, Ouberdous M, Brankart J-M, Brasseur P, Rixen M, Alvera-Azcárate A, Belounis M y Capet A. 2012. Generation of analysis and consistent error fields using the Data Interpolating Variational Analysis (DIVA). Ocean Modelling 52:90–101.

Williams G, Sapoznik M, Ocampo-Reinaldo M, Solis M, Narvarte M, González R y Gagliardini D. 2010. Comparison of AVHRR and SeaWiFS imagery with fishing activity and in situ data in San Matías Gulf, Argentina. International Journal of Remote Sensing, 31(17-18):4531-4542.

Williams GN, Pisoni JP, Solís ME, Romero MA, Ocampo-Reinaldo M, Svendsen GM, Curcio NS, Narvarte MA, Esteves JL y González RAC. 2021. Variability of phytoplankton biomass and environmental drivers in a semi-enclosed coastal ecosystem (San Matías Gulf, Patagonian Continental Shelf, Argentina) using ocean color remote sensing (MODIS) and oceanographic field data: Implications for fishery resources. Journal of Marine Systems 224:103615.

COPIA ELECTRONICA INIDEP