

2024

Informe de
INVESTIGACIÓN

011-24

NO-2024-28814043-APN-DNI#INIDEP
19/03/2024

Determinación del hábitat esencial de invierno de la caballa, *Scomber colias*, del stock sureño en el área denominada El Rincón

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

Dirección: Pesquería de Peces

Area: Programa Pesquería de Peces Pelágicos

Citar como:

*Parietti M, Buratti CC, Menna BV, Orlando P, Fenco Chavesta HA, Spath C y Buratti GE. 2023. Determinación del hábitat esencial de invierno de la caballa, *Scomber colias*, del stock sureño en el área denominada El Rincón. Inf Investigación INIDEP N° 011/24, 16 pp.*



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO PESQUERO



Determinación del hábitat esencial de invierno de la caballa, *Scomber colias*, del stock sureño en el área denominada El Rincón

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

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

Resumen

El objetivo de este trabajo es caracterizar el Hábitat Esencial (*Esencial Fish Hábitat* - EFH) de invierno de la caballa del efectivo sureño en la zona denominada El Rincón (ER). La determinación de los EFH se presenta como una herramienta valiosa para identificar de manera eficaz las áreas con las condiciones ambientales propicias para que los peces desarrollen alguna etapa de su vida. Además, proporciona información significativa para la toma de decisiones en la gestión pesquera. Para llevar a cabo este propósito, se analizaron las declaraciones de captura de caballa en los partes de pesca correspondientes a los meses de agosto y septiembre entre los años 2009 y 2022, vinculándolas con datos de temperatura de superficie obtenidos mediante telemetría satelital. Además, se emplearon datos acústicos obtenidos en las campañas de investigación realizadas por el INIDEP en los años 2013, 2019 y 2022 para evaluar el stock sureño de este recurso. El análisis de la presencia y abundancia de esta especie se realizó considerando diversas variables ambientales, tales como la temperatura y salinidad del fondo del mar, la estabilidad de la columna de agua y la profundidad, mediante el uso de Modelos Lineales Generalizados. El estudio destaca la influencia significativa de estos cuatro factores ambientales en la presencia de la caballa en invierno, sugiriendo su utilidad para determinar el EFH invernal en ER. La caracterización detallada del área pone de manifiesto una estacionalidad marcada entre primavera e invierno, evidenciando la presencia de un frente termohalino asociado a aguas originadas en el Golfo San Matías. La presencia de esa estructura física podría explicar la elección de ER en invierno por parte de los cardúmenes, los cuales exhiben un estado de semi-hibernación y baja actividad previa al desove. La presencia en el área durante los meses de invierno y la baja actividad de los especímenes en esa estación, estarían asociados con condiciones ambientales estables, destacando la homogeneidad de la columna de agua durante el invierno en ER. La información obtenida en este estudio se considera esencial para profundizar la comprensión de la relación entre los peces y su hábitat, con importantes implicaciones en la gestión pesquera y las estrategias de conservación.

Palabras Clave

Caballa, distribución, gestión pesquera, El Rincón, condiciones ambientales.

Introducción

La identificación de los hábitats esenciales para las especies de peces (*Essential Fish Habitat* - EFH) puede aplicarse para el estudio de las relaciones entre la pesca y el medio ambiente. El Comité Científico, Técnico y Económico de la Pesca (CCTEP) de la Unión Europea lo ha definido como "un hábitat identificado como esencial para los requisitos ecológicos y biológicos de las etapas críticas del ciclo biológico de las especies de peces explotadas, y que puede requerir una protección especial para mejorar el estado de las poblaciones y la sostenibilidad a largo plazo" (STECF 2006). También se ha definido como "*las aguas y el sustrato necesarios para el desove, la cría, la alimentación o el crecimiento hasta la madurez,*" incluidas las propiedades físicas, químicas y biológicas del medio marino, y los sedimentos y ensambles biológicos asociados que sustentan a las poblaciones de peces a lo largo de su ciclo vital (DOC 1997). Este surge como resultado del análisis de datos de distribución (presencia/ausencia), oceanográficos (p. ej., temperaturas de la superficie del mar), relaciones entre variables oceanográficas y otra información publicada. Los estudios sobre EFH de los peces marinos



explotados se han impulsado para respaldar las medidas de gestión (por ejemplo, para identificar posibles zonas marinas protegidas), como por la creciente disponibilidad y accesibilidad de herramientas adecuadas para la determinación de los mismos (Bellido et al. 2008).

La caballa (*Scomber colias*) habita aguas marinas y salobres de los mares Mediterráneo y Negro y de los océanos Atlántico e Índico sudoccidental (desde Sudáfrica al sur de Madagascar). En el Atlántico occidental se distribuye desde Nueva Escocia hasta Argentina (Martins et al. 2013). En nuestro país, su presencia ha sido descrita hasta los 47°30' S (Buratti y Orlando 2019). Al sur de los 34° S, estudios genéticos, parasitológicos y morfométricos permitieron caracterizar dos *stocks*, con separación en los 39° S (Cremonte y Sardella 1997; Roldán et al. 2000; Perrota 2004; Buratti 2015; Trucco y Buratti 2017). La caballa representa, junto con la anchoíta, uno de los principales recursos pesqueros pelágicos en Argentina. A partir de 1991 la actividad pesquera se desarrolla principalmente sobre el efectivo sureño por parte de embarcaciones costeras y fresqueras de altura (Orlando et al. 2023).

La pesca sobre la caballa del *stock* sureño tiene una marcada estacionalidad, ocurre principalmente a fines de invierno y principios de primavera en el área denominada El Rincón (ER), entre los 39° S - 41° 30' S y a profundidades medias de 50 m. En invierno forma cardúmenes grandes, densos, con elevado desarrollo vertical, y, como sucede en otras especies del género *Scomber* durante la época fría del año, se encuentra poco activa y con baja o nula actividad trófica (Padovani et al. 2016). Esas condiciones han conducido a denominar a esta etapa como de semi-hibernación (Sette 1950; Iversen 2002) y son frecuentes en otras especies del género (Giannoulaki et al. 2013; Olafsdottir et al. 2019). A medida que comienza a aumentar la temperatura del mar, los cardúmenes de caballa se vuelven más activos y comienzan a alimentarse, mayoritariamente de zooplancton (Padovani y Buratti 2019).

En la estación fría del año, los cardúmenes son fácilmente vulnerables a redes de arrastre de fondo y redes de media aguas operadas en proximidad del fondo, por ello los buques pesqueros obtienen elevados rendimientos. A inicios de los años 90 las flotas fresqueras costera y de altura comenzaron una explotación sostenida de la caballa en esa área (Orlando et al. 2023) y actualmente el 95 % de los desembarques totales de caballa provino de El Rincón (Orlando et al. 2023).

Estudios anteriores han identificado que la dinámica de las poblaciones y la distribución de especies del género *Scomber* están influenciadas por variables medioambientales, como la temperatura, la anomalía de la altura del mar, la concentración de clorofila-*a*, la salinidad y las corrientes oceánicas. Estas variables son habitualmente incluidas en los estudios de EFH (Chen et al. 2009). Su determinación en peces pelágicos adultos de gran movilidad plantea distintas dificultades, ya que el mismo podría presentar variabilidad debido a que, las condiciones ambientales que influyen en la distribución de los peces, son intrínsecamente variables desde el punto de vista espacial y temporal (Bellido et al. 2008). Sin embargo, la escasa movilidad de la caballa en los meses de invierno e inicios de primavera favorecería este aspecto. Por ello, el objetivo principal de este informe es caracterizar el EFH de invierno de la caballa del efectivo sureño en el área denominada ER

Materiales y métodos

Para el análisis del EFH de invierno de la caballa en ER, se analizó la información de la actividad pesquera proveniente de los partes de pesca electrónicos de las embarcaciones que dirigen su actividad a este recurso, la cual fue provista por Sistema Integrado de Información Oceanográfico Pesquera del INIDEP. Se utilizaron únicamente los registros de desembarque de los meses de agosto y septiembre entre los años 2009-2022 de aquellos partes de pesca en los que la caballa constituyera más del 75% de la captura desembarcada.

Se obtuvieron las medias mensuales de temperatura de superficie del mar (TSMs) a partir de información satelital de cada rectángulo estadístico en los cuales se registró captura de caballa. Estos datos, procesados por personal del Subprograma de Sensoramiento Remoto del INIDEP, fueron



obtenidos del sitio web de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA).¹ Se calcularon las toneladas acumuladas por cuarto de rectángulo estadístico y se graficaron en función de la temperatura satelital media para el periodo, mediante el programa Ocean Data View (ODV, Schlitzer 2022).

Además, se utilizaron los datos acústicos recolectados en las campañas de investigación realizadas por el INIDEP para la evaluación del *stock* sureño de este recurso en los años 2013, 2019 y 2022 (Tabla 1). Los datos acústicos se adquirieron mediante ecosonda científica monohaz SIMRAD EK500 en 2013 y 2019 que operó en frecuencias de 38, 120 y 200 kHz y EK80 en 2022 que operó en frecuencias de 38, 70, 120, 200 y 333 kHz. Los datos se interpretaron para los años 2013 y 2019 con el programa *Bergen Echo Integrator* (BEI) y para el año 2022 con el programa *Large Scale Survey System* (MAREC LSSS). En ambos casos se identificaron los registros característicos de caballa y se obtuvieron los valores de eointegración en términos del coeficiente de retrodispersión por unidad de área (s_A , en $m^2 \cdot mn^{-2}$), con una resolución de una milla náutica (Menna et al. 2022). El valor s_A es un indicador de la abundancia relativa.

Los datos oceanográficos medidos *in situ* durante los cruceros de investigación fueron provistos por la Base Regional de Datos Oceanográficos del INIDEP (BARDO 2023). Su obtención se realizó mediante perfiladores marca SeaBird montados en una roseta de seis botellas Niskin de 4 l cada una, que permitieron la obtención de registros de presión, temperatura y conductividad y 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.

Un análisis preliminar de los perfiles oceanográficos de salinidad y temperatura en el área, permitió inferir que las campañas realizadas en 2013 y 2019 (inicios de primavera) se realizaron en condiciones ambientales de invierno: ausencia de estratificación y homogeneidad de la columna de agua (ver Lucas et al. 2005). Es por esto, entonces, que la información colectada en las tres campañas de investigación se utilizó para caracterizar las condiciones del hábitat invernal de la caballa en el área ER.

Para analizar la estructura de la columna de agua se calculó el índice de estabilidad *phi* (ϕ) de Simpson (1981), como una medida de trabajo que se necesita para mezclar la columna de agua (Jm^{-3}). El parámetro se define como:

$$\phi = gh \int_{-h}^0 (\rho - \rho_0) z dz$$

En el cual:

- g es aceleración de la gravedad
- h es profundidad total
- ρ es densidad
- ρ_0 es densidad media de la columna de agua
- z es profundidad

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>



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 $\emptyset < 9,99 \text{ Jm}^{-3}$: asociados a zonas donde la columna de agua puede considerarse homogénea;
- (ii) valores de \emptyset entre 10 y $69,99 \text{ Jm}^{-3}$: 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 \emptyset entre 70 y $129,99 \text{ Jm}^{-3}$: correspondiente con zonas definitivamente estables, las cuales se hallan relativamente cerca de los frentes; y
- (iv) valores de $\emptyset > 130 \text{ Jm}^{-3}$: presentes en zonas marinas altamente estables, lejos de los frentes oceánicos.

Se graficó la distribución horizontal de temperatura y salinidad de fondo (TFM y SFM, respectivamente) y el índice de estabilidad de Simpson. A partir de los datos de TFM y SFM medidos *in situ*, y del índice de estabilidad de Simpson calculado (*phi*), se realizó una extrapolación a grillas regulares de 1 mn para el área cubierta en las distintas campañas mediante la función DIVA del ODV. Esto permitió asociar los valores oceanográficos a los datos acústicos de caballa (s_A), que se graficaron utilizando el programa Surfer 8.0 (Golden Software 1995).

Para analizar el efecto de las condiciones oceanográficas (predictores fijos: TFM, SFM y *phi*) sobre la presencia/ausencia y la abundancia relativa de la caballa, se construyeron dos modelos lineales generalizados (GLM, por sus siglas en inglés) en función de las condiciones ambientales.

Estructura global de los modelos:

1. *Presencia / ausencia* \sim TFM + SFM + *phi*
2. *Abundancia relativa* \sim TFM + SFM + *phi*

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, al utilizar sólo los valores de s_A mayores a cero, los cuales fueron transformados además con $\log(s_A+1)$ para cumplir los supuestos estadísticos. 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). Para lograr la homocedasticidad, la varianza se estructuró añadiendo el término *dispformula* \sim año + profundidad en ambos modelos. La significación de los predictores se comprobó mediante la función *anova* (Zuur et al. 2009). Los gráficos para visualizar los resultados se realizaron con el paquete *ggplot2*. Los análisis se realizaron con el software R.

A partir de las variables oceanográficas con significancia en el modelo 1 (ver Resultados pp. 8), y considerando los rangos específicos de estas variables en los cuales se detectó la presencia de caballa, se definió el EFH para este recurso en el ER. La generación de este involucró la combinación de todas las capas de condiciones oceanográficas del hábitat, que incluyeron TFM, SFM y profundidad, consolidándolas en una única capa integrada. Como el índice de estabilidad de Simpson se presentó homogéneo para toda el área (ver Resultados Tabla 1), no fue incluido en la combinación de capas. Luego de definir el EFH, se identificó y caracterizó una subárea en la cual las abundancias relativas (s_A) superaron el umbral de $5.000 \text{ m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$, lo cual se corresponde con el 91% de las abundancias relativas de caballa en la región. Adicionalmente, se calcularon las superficies (en mn^2) de ambas áreas mediante el software *MapInfo Professional 7.5 SCP*.

Resultados

El análisis de los partes de pesca de caballa permitió identificar que el 49% de las toneladas totales desembarcadas en el área de ER entre 2009 y 2022 se obtuvieron en el rectángulo estadístico 4060 (Figura 1). Las capturas se registraron en TSMs entre 9,14 °C y 11,61 °C (Figura 2). A su vez, las capturas superiores a 150 t (indicadas en la figura en color violeta), ocurrieron en un rango térmico más acotado (9,74 °C a 10,88 °C). También el valor mínimo de temperatura aumento a 9,85 °C en el rectángulo con mayor proporción de pesca (4060).

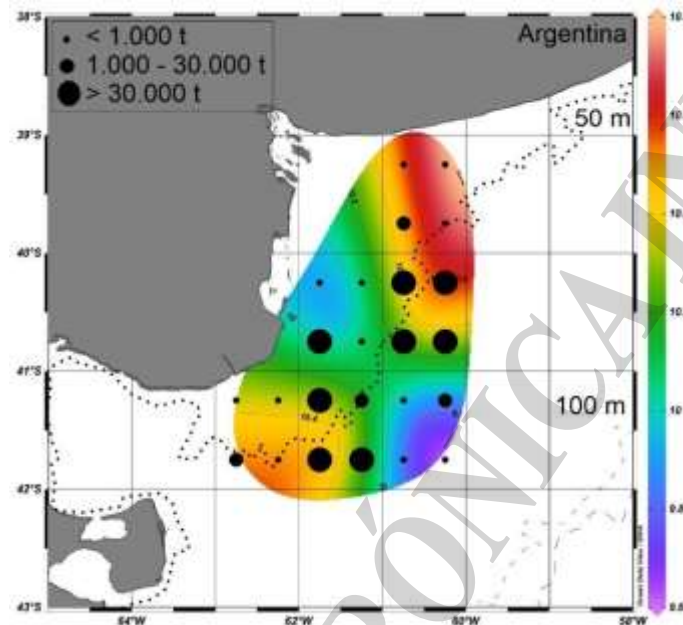


Figura 1. Toneladas desembarcadas por cuarto de rectángulo estadístico en el periodo 2009-2022. La escala de colores indica las TSMs (°C).

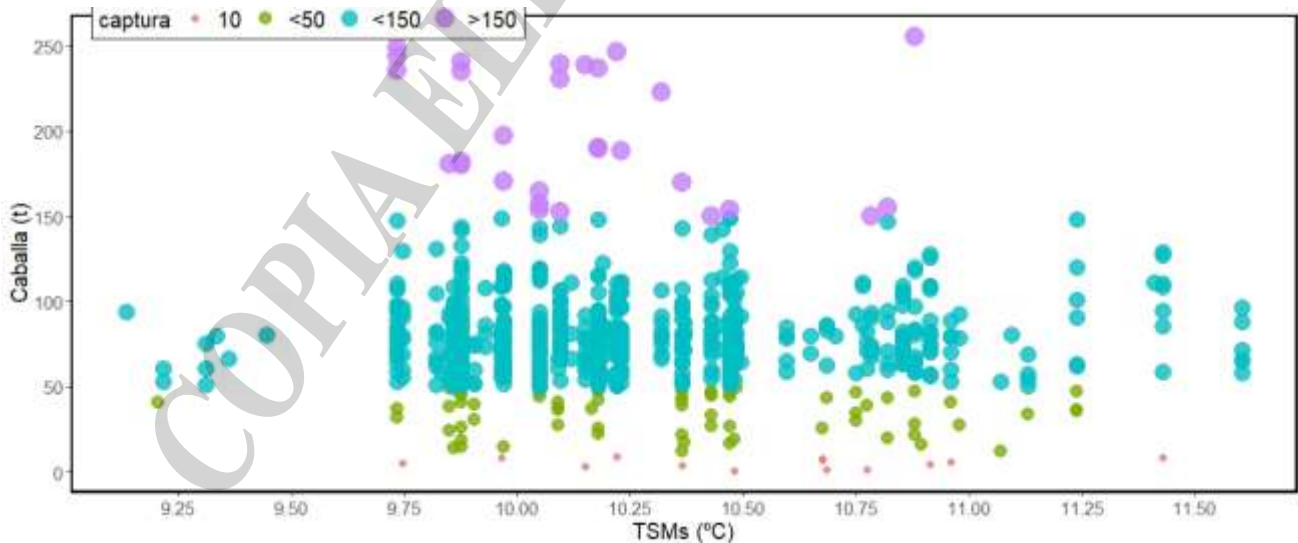


Figura 2. Captura desembarcada (en toneladas) proveniente de El Rincón en función de la TSMs en el periodo 2009-2022.



En los tres cruceros de investigación analizados, las profundidades del fondo variaron entre 20,3 m y 79,1 m, la TFM estuvo comprendida en el rango entre 8,33 °C y 10,84 °C, mientras que la SFM entre 33,52 y 34,26. En las tres campañas la columna de agua presentó condiciones homogéneas, con valores de estabilidad (Índice de Simpson) menores a $9,99 \text{ Jm}^{-3}$ (Tabla 1).

Tabla 1. Resumen de las condiciones oceanográficas (temperatura de fondo, salinidad de fondo e índice de estabilidad de Simpson) y profundidad (total y con datos positivos de presencia de caballa) en las tres campañas de investigación analizadas. Además, el número total de datos acústicos (N total), número de registros de caballa (N no nulos y porcentual) y abundancia relativa acumulada (s_A , en $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$).

	2013	2019	2022
	OB-2013/05	EH-2019/01	MA-2022/12
Fecha de realización	21/09 al 27/9	24/9 al 29/9	24/8 al 1/9
Temperatura de fondo (°C)			
Media (min. – máx.)	9,91 (8,33 – 10,28)	10,31 (10,01 – 10,84)	9,61 (8,55 – 10,00)
Salinidad de fondo			
Media (min. – máx.)	33,87 (33,52 – 34,25)	33,86 (33,67 – 34,16)	33,79 (33,52 – 34,26)
Profundidad (m)			
Media (min. – máx.)	52,8 (20,3 – 79,1)	52,5 (42 - 66)	53,7 (28,4 – 69,8)
con datos positivos			
Media (min. – máx.)	53,5 (49,9 – 59,8)	52,5 (44 - 65)	49,3 (34,2 – 69,1)
Estabilidad de la columna de agua (Índice de Simpson)			
Media (min. – máx.)	0,88 (-0,31 – 8,44)	2,77 (-0,02 – 5,85)	1,60 (-0,11 – 9,85)
Datos acústicos			
N total	845	780	731
N no nulos	31 (3,7 %)	320 (41 %)	82 (11,2 %)
s_A acumulado	112.781	171.857	1.247.703

Los registros de presencia de caballa en invierno estuvieron en aguas con características homogéneas, cuyas condiciones oceanográficas variaron entre 9,63 °C y 10,82 °C de TFM, 33,5 y 34 de SFM (Figuras 3 y 4), y con grandes cardúmenes detectados sobre el fondo, a profundidades entre 34,2 m y 69,1 m, con una media de 51,94 m (Figuras 5 y 6). El rango de salinidad y de profundidad se reduce cuando se considera el 90% de las abundancias relativas (valores de s_A mayores a $5.000 \text{ m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$): SFM entre 33,62 y 33,91 y profundidades de 39,6 m a 57,3 m.

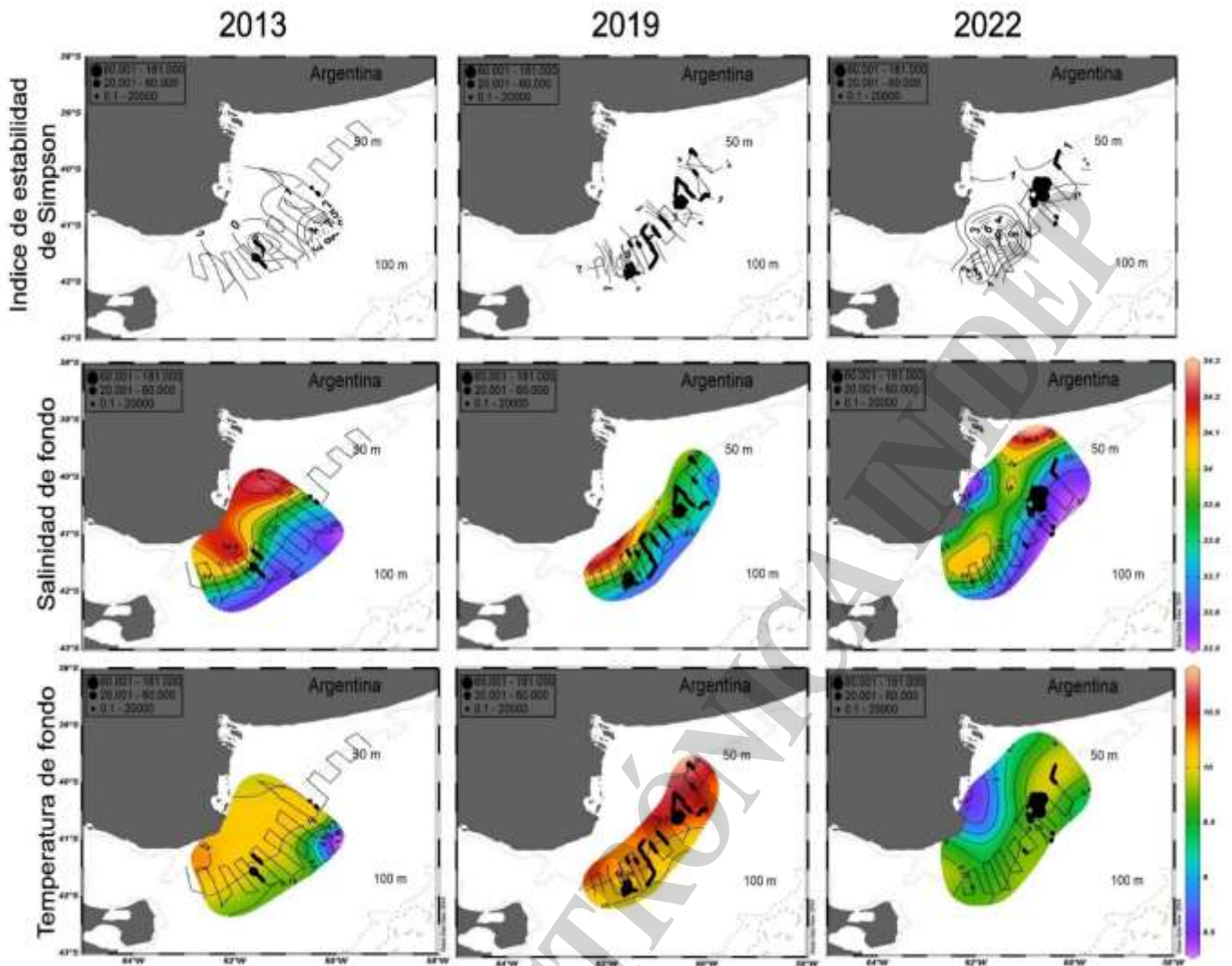


Figura 3. Distribución espacial de la caballa (s_A) y condiciones oceanográficas de la zona: índice de estabilidad de Simpson (ϕ), SFM y TFM ($^{\circ}\text{C}$).

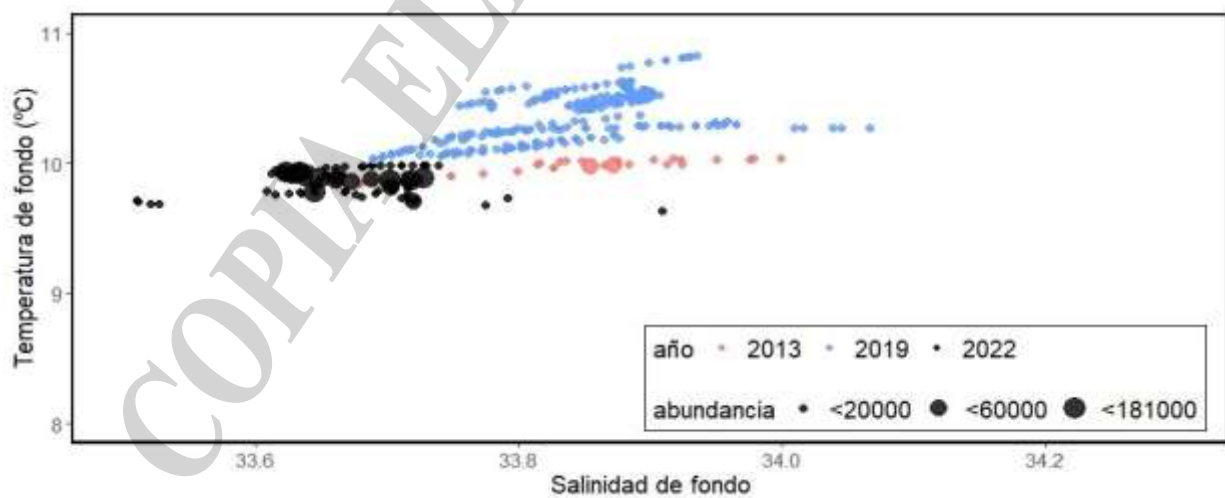


Figura 4. Abundancia relativa (s_A) de caballa en función del diagrama TS correspondiente a las campañas de investigación realizadas en los años 2013, 2019 y 2022.

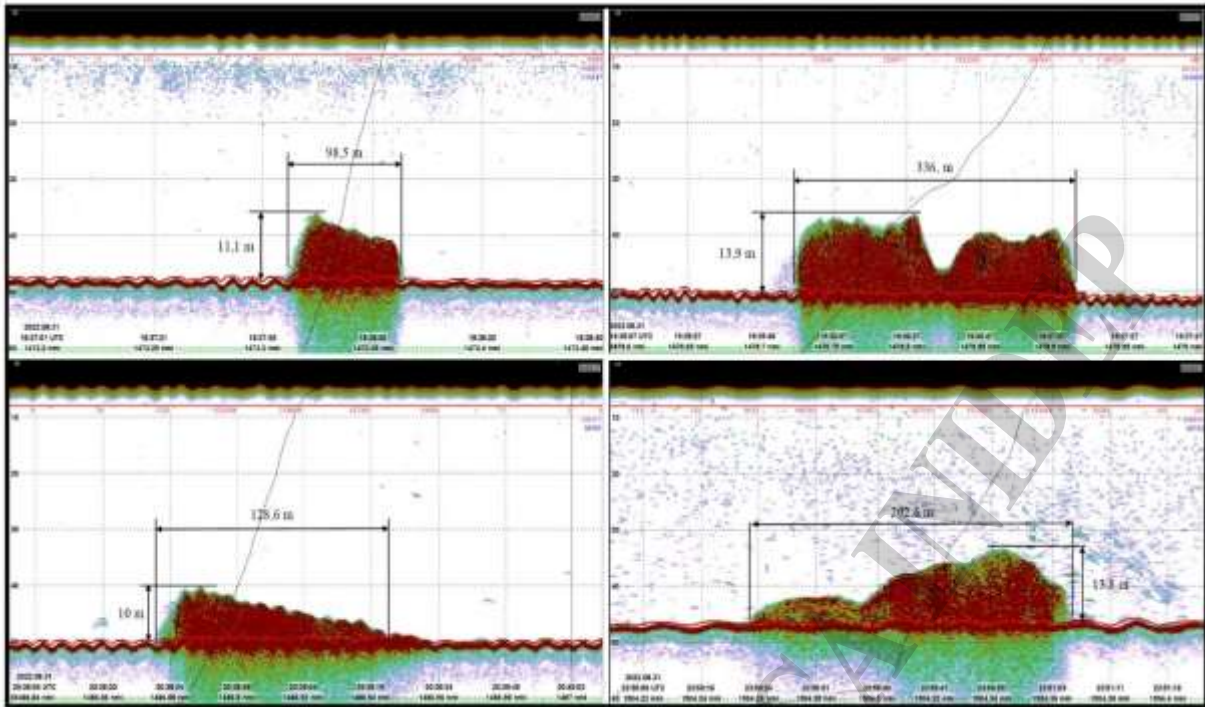


Figura 5. Ecogramas con registros de caballa obtenidos en la campaña MA-2022/12 en el área de ER. En las mismas se observan cardúmenes de grandes dimensiones (entre 10 m y 13,9 m de alto y entre 98,5 m y 336 m de largo) ubicados sobre el fondo a más de 40 m de profundidad.

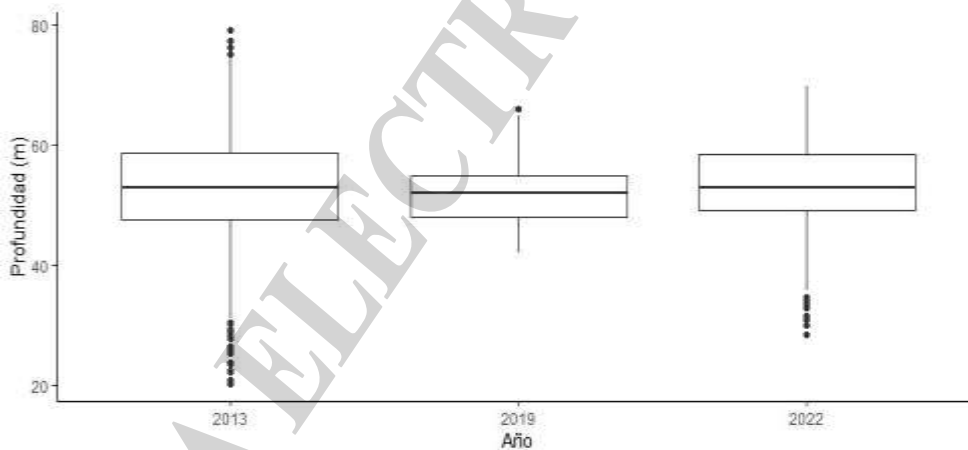


Figura 6. Abundancia relativa (s_A) de caballa en función de la profundidad en los tres años analizados (2013, 2019 y 2022).

La presencia de caballa en ER presentó una relación positiva con la TFM ($X^2 = 113,69$; $df = 1$; $p < 0,001$) y con la estabilidad de la columna de agua ϕ ($X^2 = 62,12$; $df = 1$; $p < 0,001$), mientras que la relación con la SFM resultó negativa ($X^2 = 118,54$; $df = 1$; $p < 0,001$. Figura 7).

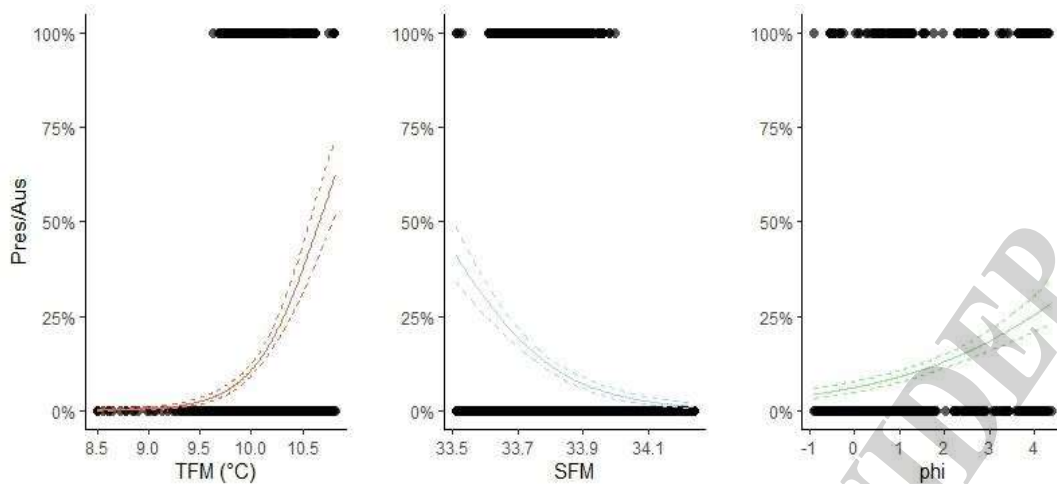


Figura 7. Relación entre la presencia / ausencia de caballa en función de las condiciones oceanográficas registradas en las tres campañas de investigación generadas a partir del modelo 1. Temperatura del fondo del mar (TFM), salinidad del fondo del mar (SFM) y estabilidad de la columna de agua (Índice de Simpson, ϕ).

La abundancia relativa (s_A) de la caballa en ER presentó una relación positiva con la TFM ($X^2 = 16,97$; $df = 1$; $p < 0,001$), pero negativa con la SFM ($X^2 = 5,11$; $df = 1$; $p = 0,023$) y con la estabilidad de la columna de agua ϕ ($X^2 = 76,86$; $df = 1$; $p < 0,001$. Figura 8).

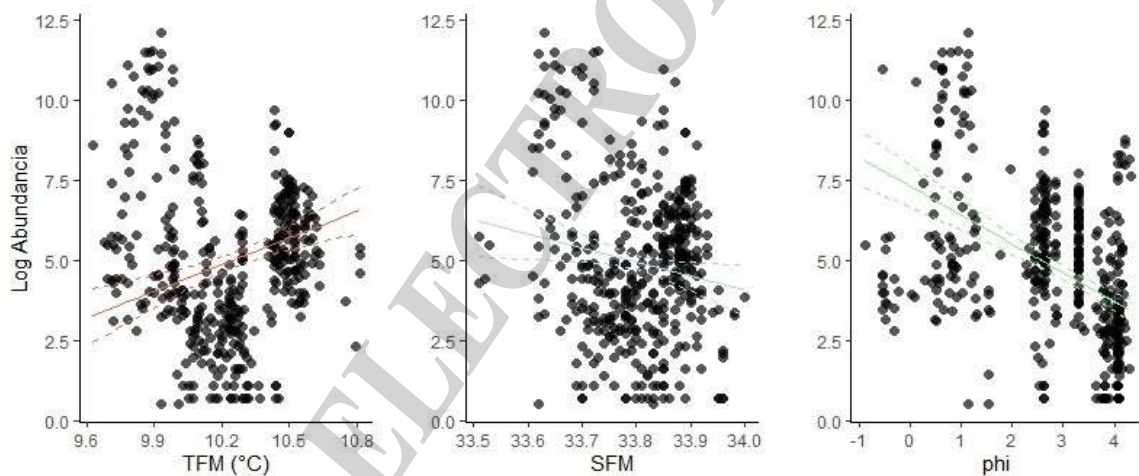


Figura 8. Relación entre el logaritmo de la abundancia relativa de caballa en función de las condiciones oceanográficas registradas en las tres campañas de investigación, generadas a partir del modelo 2. emperatura del fondo del mar (TFM), salinidad del fondo del mar (SFM) y estabilidad de la columna de agua (Índice de Simpson, ϕ)

El EFH de invierno de la caballa, caracterizado a partir de los valores de TFM, SFM, profundidades, mencionados previamente, y valores de estabilidad de la columna de agua con condiciones homogéneas, se corresponde con un área de 8.456 mn^2 . Dentro del EFH de invierno de caballa, la subárea en la cual se observaron las mayores concentraciones del recurso, alcanzando un 91% de las abundancias registradas, presentó dimensiones de 5.300 mn^2 (Figura 9).

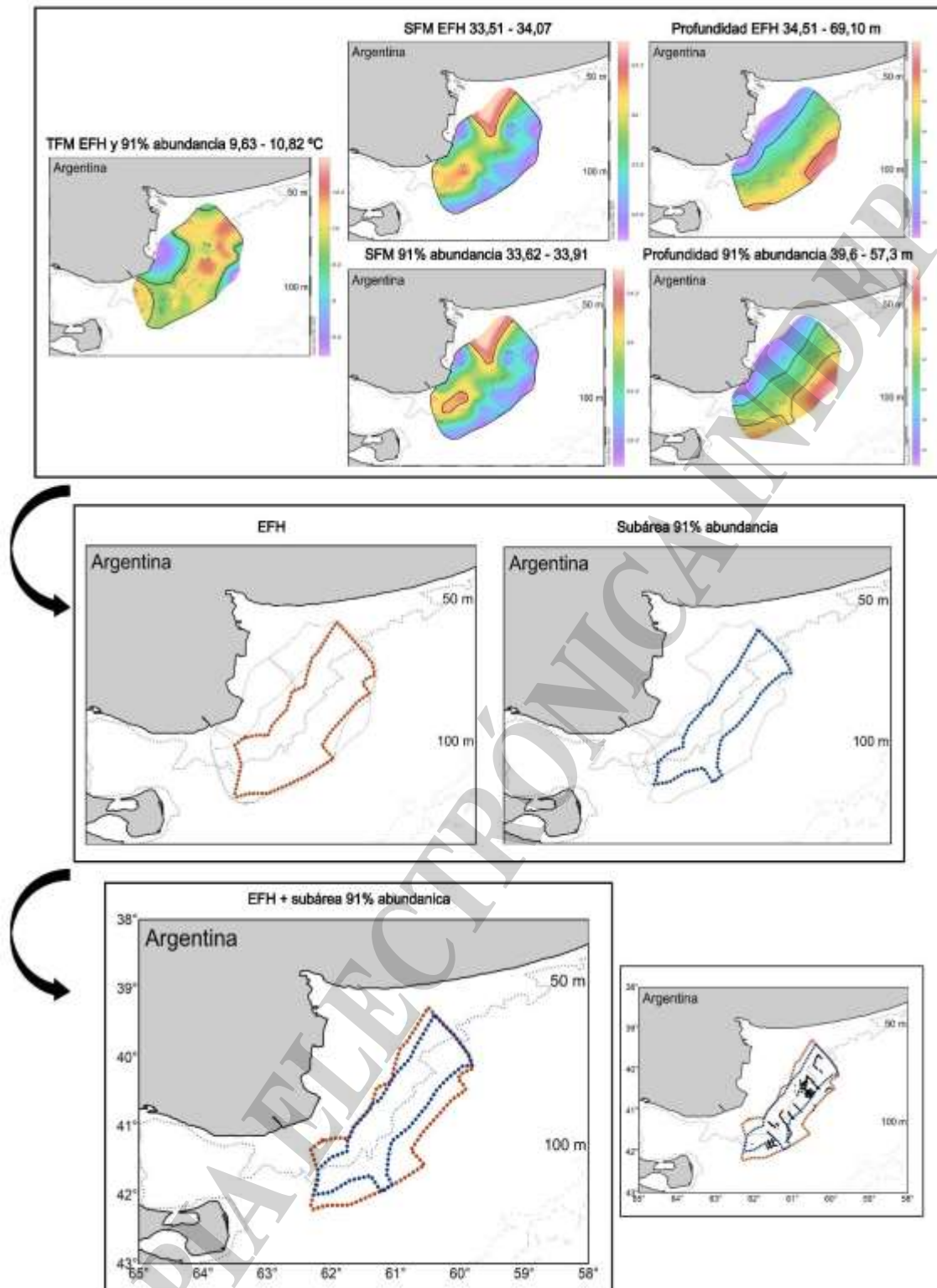


Figura 9. Hábitat esencial (EFH) de invierno de la caballa de la última década (2013-2022) formulado a partir de los datos de temperatura de fondo (TFM), salinidad de fondo (SFM) y profundidad registrados en las campañas de investigación científico-técnicas (puntos rojos). El área delimitada por los puntos azules indica la fracción del EFH en el cual se localizaron el 91% de las abundancias relativas de caballa. Los puntos negros indican los registros de presencia de caballa de las tres campañas de investigación (2013, 2019, 2022).



Discusión

La determinación de los EFH es una herramienta que resulta útil para identificar zonas en las que los peces desarrollan parte de sus ciclos de vida en relación con condiciones ambientales que favorecen su continuidad (Valavanis et al. 2004). Distintas administraciones pesqueras la consideran como efectiva para la gestión y la conservación de los recursos ícticos. Por ejemplo, se encuentra en el acta Magnuson-Stevens, la ley que gobierna el manejo de la pesca en las aguas de Estados Unidos.² La ocurrencia estacional de una especie en un determinado hábitat implica que esta presenta características beneficiosas para ello (en términos de variables ambientales, alimento, protección, etc.). En este estudio se observó que los cuatro factores ambientales analizados (TFM, SFM, índice de estabilidad y profundidad) tienen influencias significativas en la presencia de caballa en invierno, y podían utilizarse para caracterizar el EFH de invernada de la caballa en ER.

El rango térmico óptimo para esta especie fue muy acotado, entre 9,63 °C y 10,82 °C (amplitud térmica de 1,19 °C), mientras que el rango salino estuvo entre 33,51 y 34,07 (amplitud salina de 0,56). No se encontraron cardúmenes de *S. colias* a temperaturas menores de 9,63 °C, siendo que 8,5 °C fue el menor valor de TFM registrado en el área. Los registros térmicos con presencia de caballa en las campañas de investigación son coincidentes con aquellos datos de TSMs asociados a los partes de pesca. En estos últimos, los lances de pesca se realizaron en aguas con temperaturas entre los 9,14 °C y los 11,6 °C (amplitud térmica de 2,46 °C). Tampoco se registran cardúmenes a profundidades menores a 34 m ni mayores a 69 m, siendo que los cruceros de investigación cubrieron un área entre los 20 m y los 79 m de profundidad. En la caballa del Atlántico (*S. scombrus*) se identificó que la temperatura es la principal variable que determina la presencia de los cardúmenes en las áreas de invernada, con presencia de esta especie a temperaturas mayores a los 8,5 °C (Jansen et al. 2012, Jonker 2023), al igual que lo que se registra para *S. colias* en ER.

El área denominada ER presenta diferencias estacionales entre primavera e invierno en la estructura vertical del gradiente horizontal entre la zona costera y las aguas de la plataforma (Lucas et al. 2005). En primavera, se registra un frente marino poco profundo centrado en 12 °C coincidente con la isóbata de 40 m. Este frente térmico está asociado con el gradiente horizontal máximo de salinidad que separa las aguas del Golfo San Matías (GSM > 33,7) del régimen aguas de plataforma continental (APC: 33,5 – 33,7) en la isobata de 50 m. La presencia de este frente termohalino fue destacada también por Reiter et al. (2022). En invierno, y al igual que los resultados de este informe, Lucas et al. (2005) registran una columna verticalmente homogénea. Un máximo de salinidad es detectado en esta época del año, que inicia cercano a la costa y que se extiende hacia el este unos 200 km en la isobata de 60 m. En resumen, durante los meses de invierno, el área de ER se encuentra dominada por la señal del GSM, que se extiende sobre todo el área, mientras que en primavera-verano, el área presenta un marcado frente termohalino influenciado por la expansión de la señal estuarina hacia el este (principalmente por las descargas de los ríos Negro y Colorado) y un aumento de la influencia de APC desde el oeste de los 59°W.

Esta caracterización del área explica, al menos en parte, la elección de ER en invierno por los cardúmenes de caballa. Como se ha mencionado, en este hábitat invernal el recurso forma grandes y densos cardúmenes, poco activos y con escasa a nula actividad trófica en lo que ha sido definido como condiciones de semi-hibernación (Sette 1941, Padovani et al. 2016). En esta especie se ha registrado una caída de las reservas lipídicas durante el invierno, compatibles con estas condiciones (Padovani y Pájaro 2014; Padovani et al. 2016). En otra especie del género, como es en *S. scombrus*, se han observado patrones similares, ya que luego de la etapa de alimentación intensa de verano, los cardúmenes arriban a las áreas de invernada y se agrupan para constituir grandes concentraciones (Jansen et al. 2012). Esta fase ha sido sugerida como una “etapa de descanso” entre los procesos migratorios tróficos de verano y reproductivos de primavera e inicios de verano (Jonker 2023).

² <https://www.fisheries.noaa.gov/insight/understanding-essential-fish-habitat>



En zonas templadas, varias especies de peces entran en letargo durante los meses de invierno y, durante este período, los peces permanecen inactivos, dejan de alimentarse y reducen la síntesis de proteínas y el crecimiento (Cooke et al. 2003; Soyano y Mushirobira 2018). Sin embargo, se cree que la latencia en los peces difiere significativamente de la hibernación obligatoria en los vertebrados. Esto se debe a que la reducción del metabolismo durante el invierno se correlaciona con el descenso de la temperatura del agua y puede anularse con la inversión de la misma (Campbell et al, 2008). Esto se observa en especies como *Notothenia corriceps* o *Periophthalmus modestus*, las cuales, al igual de la caballa, también presentan una reducción de la actividad alimentaria y una movilización de las reservas lipídicas (Campbell 2008; Takegaki et al. 2006). La supresión del metabolismo estándar durante el invierno y el cese de la actividad de la caballa en ER podría necesitar condiciones de alta estabilidad ambientales que permitan mantener este estado durante la estación fría. La homogeneidad de la columna de agua en esta región brindaría las condiciones físicas necesarias y un hábitat adecuado para esta especie en invierno, bajo la cual la caballa podría sostener condiciones fisiológicas de bajo gasto energético. Cuando comienza a aumentar la temperatura, esta especie se ubica, predominantemente, en las capas superiores del agua, alimentándose de presas planctívoras disponibles en bancos pequeños y dispersas en bajas densidades (Padovani y Buratti 2019).

A partir de la determinación del EFH, sería interesante continuar en esta línea y determinar en trabajos futuros el Índice de Idoneidad del Hábitat (*Habitat Suitability Index* - HSI). El HSI, que permite identificar la capacidad de un hábitat de sustentar una especie de interés (Roloff et al. 1999), se ha utilizado con frecuencia para investigar el estado pasado y actual de los recursos pesqueros, pero también permite predecir cambios futuros en la dinámica de las poblaciones (Brooks 1997; Morris y Ball 2006; Chen, et al. 2009; Li et al. 2014). Los modelos de HSI suelen describir las relaciones entre la abundancia de peces y las condiciones ambientales de su hábitat, estimando un índice entre uno y cero como nivel de condición apta del hábitat (Chen et al. 2009). También se han utilizado ampliamente para describir y predecir la distribución espacial y las fluctuaciones temporales de los organismos marinos, especialmente en el caso de los peces pelágicos como la sardina (Zwolinski et al. 2011; Asch y Checkley 2013), la anchoa (Asch y Checkley 2013), el surel (Asch y Checkley 2013), los atunes y especies afines (Bigelow et al. 2002; Druon 2010; Yen et al. 2012).

El mapeo del EFH o bien del HSI, que permite caracterizar donde se desarrollan procesos biológicos relevantes para las especies marinas, resulta de enorme importancia en la planificación espacial marina donde se efectúa explotación pesquera, así como otras actividades humanas (Le Pape et al. 2014). Permitiría restringir los caladeros, o incitar a los pescadores a desplazarse hacia zonas favorables, de modo de colaborar con los gestores y científicos del sector pesquero para comprender mejor las relaciones entre los peces y el hábitat.

Bibliografía

- Asch RG, Checkley DM. 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.
- Base Regional de Datos Oceanográficos (BaRDO) - Gabinete de Oceanografía Física. 2022. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura de la Nación. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. Paseo Victoria Ocampo N°1, Mar del Plata, Bs. As. Argentina.
- Bellido JM, Brown AM, Valavanis VD, Giráldez A, Pierce GJ, Iglesias M, Palialexis A. 2008. Identifying essential fish habitat for small pelagic species in Spanish Mediterranean waters. *Hydrobiologia*. 612(1):171–184.
- Bigelow KA, Hampton J, Miyabe N. 2002. Application of a habitat-based model to estimate effective longline fishing effort and relative abundance of Pacific bigeye tuna (*Thunnus obesus*). *Fisheries Oceanography*. 11(3):143–155.
- Brooks RP. 1997. Improving habitat suitability index models. *Wildlife Society Bulletin*:163–167.



- Buratti CC. 2015. Identificación de *stocks* de caballa (*Scomber japonicus*) en el mar Argentino mediante técnicas de morfometría tradicional y geométrica. Inf. Inv. INIDEP, 098.
- Buratti CC, Orlando P, Garcarena AD, 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, 029
- Buratti CC, Orlando P. 2019. ¿Existe una expansión hacia el sur en la distribución de la caballa (*Scomber colias*)? Inf. Inv. INIDEP.
- Campbell HA, Fraser KP, Bishop CM, Peck LS, Egginton S. 2008. Hibernation in an Antarctic fish: on ice for winter. PLoS One. 3(3): e1743.
- Chen X, Li G, Feng B, Tian S. 2009. Habitat suitability index of Chub mackerel (*Scomber japonicus*) from July to September in the East China Sea. Journal of oceanography. 65:93–102.
- Cooke SJ, Grant EC, Schreer JF, Philipp DP, Devries AL. 2003. Low temperature cardiac response to exhaustive exercise in fish with different levels of winter quiescence. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology. 134(1):157–165.
- Cremonte F, Sardella NH. 1997. The parasitofauna of *Scomber japonicus* Houuttuyn, 1782 (Pisces: Scombridae) in two zones of the Argentine Sea. Fisheries Research. 31(1–2):1–9.
- DOC, 1997. Department of Commerce. Magnuson–Stevens Act., Provisions: Essential Fish Habitat (EFH). Federal Register, vol.62, issue 244, pp. 66531–66559
- Druon J-N. 2010. Habitat mapping of the Atlantic bluefin tuna derived from satellite data: Its potential as a tool for the sustainable management of pelagic fisheries. Marine Policy. 34(2):293–297. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2009.07.005>
- Giannoulaki M, Iglesias M, Tugores MP, Bonanno A, Patti B, De Felice A, Leonori I, Bigot J-L, Tičina V, Pyrounaki MM. 2013. Characterizing the potential habitat of European anchovy *Engraulis encrasicolus* in the Mediterranean Sea, at different life stages. Fisheries Oceanography. 22(2):69–89.
- Golden software. 1995. Surfer, Version 6.01. Golden, Colorado: Golden Software Inc.
- Hartig, F., Hartig, M. F. 2021. Package ‘DHARMA’. R package version 0.3, 3.
- Iversen SA. 2002. Changes in the perception of the migration pattern of Northeast Atlantic mackerel during the last 100 years. In: ICES Marine Science Symposia (1991–2003).
- Jansen T, Campbell A, Kelly C, Hátún H, Payne MR. 2012. Migration and fisheries of North East Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) in autumn and winter. PLoS One, 7(12), e51541.
- Jonker A. 2023. Mapping essential fish habitats of herring (*Clupea harengus*) and mackerel (*Scomber scombrus*) in the North East Atlantic. MSc Thesis.
- Le Pape O, Delavenne J, Vaz S. 2014. Quantitative mapping of fish habitat: a useful tool to design spatialised management measures and marine protected area with fishery objectives. Ocean & Coastal Management, 87, 8-19.
- Li G, Chen X, Lei L, Guan W. 2014. Distribution of hotspots of chub mackerel based on remote-sensing data in coastal waters of China. International Journal of Remote Sensing. 35(11–12):4399–4421.
- Lucas AJ, Guerrero RA, Mianzan HW, Acha EM, Lasta CA. 2005. Coastal oceanographic regimes of the northern Argentine continental shelf (34–43 S). Estuarine, Coastal and Shelf Science. 65(3):405–420.
- Martins MM, Skagen D, Marques V, Zwolinski J, Silva A. 2013. Changes in the abundance and spatial distribution of the Atlantic chub mackerel (*Scomber colias*) in the pelagic ecosystem and fisheries off Portugal. Sci Mar. 77(4):551–563.
- 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. INVEST. DESARR. PESQ. N° 17: 5-33.



- Menna BV, Cassanelli M, Madirolas A, Cabreira AG. 2022. BI500 y BEI a LSSS: Migración de datos de la información acústica de las campañas de investigación. Inf. Ases. Transf. INIDEP, 080.
- Morris L, Ball D. 2006. Habitat suitability modelling of economically important fish species with commercial fisheries data. ICES Journal of Marine Science. 63(9):1590–1603.
- Olafsdottir AH, Utne KR, Jacobsen JA, Jansen T, Óskarsson GJ, Nøttestad L, Elvarsson BP, Broms C, Slotte A. 2019. Geographical expansion of Northeast Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) in the Nordic Seas from 2007 to 2016 was primarily driven by stock size and constrained by low temperatures. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. 159:152–168.
- Orlando P, Garciarena AD, Buratti GE, Parietti M, Buratti CC. 2023. *Scomber colias*: estadística pesquera, composición en número, longitud y edad de las capturas comerciales en el año 2022. Estimación de parámetros poblacionales. Inf. Inv. INIDEP, 12 pp.
- Padovani L, Leonarduzzi E, Casagrande P. 2016. Alimentación y condición nutricional de la caballa *Scomber colias* (Trucco y Buratti, MS) en el sector bonaerense de El Rincón. Resultados del muestreo de desembarque, año 2015. Inf. Inv. INIDEP.
- Padovani L, Pájaro M. 2014. Dieta y hábitos alimentarios de la caballa (<*Scomber japonicus*>) en el sector bonaerense de El Rincón. Octubre, 2012. Inf. Inv. INIDEP.
- Padovani L, Buratti C. 2019. Ecología trófica de la caballa (*Scomber colias*) en la zona denominada “El Rincón”. Inf. Inv. INIDEP 042.
- 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. JOSS. 7(78):4684.
- Perrotta RG. 2004. Caballa (*Scomber japonicus*). In: El mar argentino y sus recursos pesqueros Los peces marinos de interés pesquero Caracterización biológica y evaluación del estado de explotación. Vol. 4. INIDEP. Mar del Plata, Argentina; p. 117–125.
- Reiter ML, Luz Clara M, Moreira D. 2022. Análisis de temperatura y salinidad en El Rincón y alrededores a partir de observaciones in-situ de primavera para 1978-2018. Inf. Inv. INIDEP 083.
- Roldán MI, Perrotta RG, Cortey M, Pla C. 2000. Molecular and morphologic approaches to discrimination of variability patterns in chub mackerel, *Scomber japonicus*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 253(1):63–74.
- Roloff GJ, Kernohan B J. 1999. Evaluating reliability of habitat suitability index models. Wildlife Society Bulletin, 973-985.
- Schlitzer R. 2022. Ocean data view. <https://epic.awi.de/id/eprint/56921/>
- Sette OE. 1941. Biology of the atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) of North America. Part 1: early life history, including growth, drift. Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service.:149.
- STECF. 2006. Report of the Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries Opinion on ‘Sensitive and Essential Fish Habitats in the Mediterranean Sea’. Brussels 3–7 April 2006, <http://stecf.jrc.cec.eu.int/>.
- Soyano K, Mushirobira Y. 2018. The Mechanism of Low-Temperature Tolerance in Fish. In: Iwaya-Inoue M, Sakurai M, Uemura M, editors. Survival Strategies in Extreme Cold and Desiccation. Vol. 1081. Singapore: Springer Singapore; p. 149–164.
- Takegaki T, Fujii T, Ishimatsu A. 2006. Overwintering habitat and low-temperature tolerance of the young mudskipper *Boleophthalmus pectinirostris*. Nippon Suisan Gakkaishi, 72(5), 880-885.
- Trucco MI, Buratti CC. 2017. Taxonomic review of Argentine mackerel *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1782) by phylogenetic analysis. Molecular Biology Research Communications. 6(3):141.
- Valavanis VD, Georgakarakos S, Kapantagakos A, Palialexis A, Katara I. 2004. A GIS environmental modelling approach to essential fish habitat designation. Ecological Modelling, 178(3-4), 417-427.



Yen K-W, Lu H-J, Chang Y, Lee M-A. 2012. Using remote-sensing data to detect habitat suitability for yellowfin tuna in the Western and Central Pacific Ocean. *International Journal of Remote Sensing*. 33(23):7507–7522.

Zuur AF, Ieno EN, Meesters EH. 2009. *A Beginner's Guide to R*. Springer.

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.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP