



Financiado por  
la Unión Europea  
NextGenerationEU



Plan de  
Recuperación,  
Transformación  
y Resiliencia



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

MINISTERIO  
DE CIENCIA, INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES



VICEPRESIDENCIA  
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Marco de Actuaciones  
Prioritarias para Recuperar  
el Mar Menor

# PROYECTO BELICH: SEGUIMIENTO, ESTUDIO Y MODELIZACIÓN DEL ESTADO DEL MAR MENOR

Instituto Español de Oceanografía (IEO-CSIC)



Informe de actualización de resultados del  
programa de seguimiento del estado del  
Mar Menor (abril 2025)

 **CSIC**  
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



**BELICH** Monitorización,  
estudio y  
modelización  
del Mar Menor



Financiado por  
la Unión Europea  
NextGenerationEU



Plan de  
Recuperación,  
Transformación  
y Resiliencia



NOTA: Los datos presentados y su interpretación deben ponerse en el contexto de informes anteriores disponibles en la página web del IEO-CSIC ([http://www.ieo.es/es\\_ES/web/ieo/mar-menor](http://www.ieo.es/es_ES/web/ieo/mar-menor)). Queda absolutamente prohibida la publicación de los datos contenidos en este informe sin el consentimiento previo de los autores y del IEO-CSIC.

### Fuentes de Financiación:

- Proyecto DMMEM. IEO-CSIC.
- Proyecto BELICH, IEO-CSIC: Marco de Actuaciones Prioritarias para recuperar el Mar Menor. Sub-Actuación 8.1. Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITERD).
- Proyecto THINKING AZUL. IEO-CSIC.

### Equipo de trabajo IEO-CSIC:

Dirección y coordinación: Juan M. Ruiz, Centro Oceanográfico (CO) de Murcia

Eugenio Fraile, CO de Canarias

Marijn Oosterbaan, CO de Canarias (contratado BELICH)

Patricia Pérez, CO de Murcia (contratada BELICH)

Virginia Sandoval, CO de Murcia (contratada BELICH)

Victor Orenes, CO de Murcia (contratado BELICH)

Pedro Martínez, CO de Murcia (contratado BELICH)

Roberto González, CO de Murcia (contratado BELICH)

Antonio Ortolano, CO de Murcia (contratado BELICH)

Ana Ramírez, CO de Murcia (contratada BELICH)

Esperanza Moreno, CO de Murcia (contratada BELICH)

Rocío García, CO de Murcia

Jesús M. Mercado, CO de Málaga

Isabel Ferrera, CO de Málaga

Francisco G. Jakobsen, CO de Málaga

Lidia Yebra, CO de Málaga

Ana María Cabello, CO de Málaga (contratada BELICH)

Guillermo Domínguez, CO de Málaga (contratado BELICH)

### Este informe debe citarse de la siguiente forma:

IEO-CSIC (2025). Informe de actualización de resultados del programa de seguimiento del Mar Menor (abril 2025). Proyecto BELICH: Monitorización, Estudio y Modelización del Mar Menor (MAPMM-MITECO). IEO-CSIC.

<https://belich.ieo.csic.es/publicaciones/>



## 1 .Resumen y conclusiones

El propósito de este informe es la actualización del progreso de las actividades del proyecto BELICH y de las variables indicadoras del estado del Mar Menor. Para ello se presentan las novedades más destacadas respecto al último informe de febrero de 2025, que se resumen a continuación:

- El sistema de monitorización del proyecto BELICH fue implementado a finales de enero de 2025. Se presenta la continuación de los primeros resultados completos del sistema, que han permitido caracterizar por primera vez con alta resolución temporal los ciclos diarios de variables clave como temperatura, clorofila-a, oxígeno, turbidez y luz PAR, confirmando la utilidad del sistema para detectar cambios rápidos en el ecosistema. (Apartado 3.2.1).
- Respecto a la temperatura media de la laguna, se confirma que el invierno de 2025 ha sido uno de los más cálidos desde 2016, solo superado por el de 2023, lo que mantiene la tendencia de calentamiento a largo plazo observado en la laguna, obtenida mediante el análisis estandarizado de series temporales decadales (Apartado 4.1).
- Se ha actualizado el análisis de olas de calor y frío marinas presentado en el informe de agosto de 2024. Se han producido varios episodios de olas de calor marinas, destacando una ola de calor fuerte (Categoría II) de un mes de duración entre noviembre y diciembre de 2025. Por contra, no se han registrado olas de frío significativas en 2025 hasta la fecha (Apartado 4.2).
- La salinidad evoluciona siguiendo el patrón estacional anual típico, con un aumento progresivo hasta otoño y su posterior descenso. La tendencia de disminución de la intensidad de precipitaciones observada durante los últimos años se ha reflejado en una clara tendencia plurianual de aumento de esta variable hacia valores anteriores al periodo 2019-2020 caracterizado por la sucesión de DANAs de alta intensidad que causaron una drástica reducción de la salinidad en la laguna. Sin embargo, las lluvias de inicios de 2025 han provocado un descenso de la salinidad invernal a 42,8, frente a los 43,6 registrados en 2024. (Apartado 4.3).
- Los valores de clorofila a comienzos de 2025 han descendido notablemente en todas las estaciones a comienzos de 2025, destacando la estación A como la que presenta valores más altos tras la estación de la “mancha blanca”, aunque en general por debajo de 1 mg/m<sup>3</sup> (Apartado 4.4.1). Este mes no se actualiza la serie temporal de mapas de clorofila ya que se están implementando mejoras orientadas a optimizar los parámetros del algoritmo y reforzar la robustez del producto.
- Aunque se registró una reducción puntual de la turbidez y un aumento de la luz en el fondo a inicios de 2025, los valores se han mantenido en niveles cercanos al umbral crítico, sin



condiciones favorables para la recuperación de la vegetación bentónica en la zona de la “mancha blanca”. Los episodios de lluvias de marzo de 2025 provocaron aumentos puntuales de turbidez y reducción casi total de la luz en el fondo en la estación B, mientras que las ocurridas en abril, a pesar de la reducción de luz superficial por nubosidad, no se registraron aumentos de turbidez. (Apartado 4.5).

- De acuerdo con las variaciones descritas de la clorofila y la turbidez en los últimos años, dichas variables podrían estar siguiendo patrones de variación estacional, con valores medios más elevados en los meses más cálidos del año (entre primavera y otoño) y valores mínimos en los meses invernales, con aguas más transparentes y con concentraciones más bajas de pigmentos fotosintéticos. Este tipo de patrón de variación estacional sugiere un acoplamiento de estas variables a las variaciones estacionales de luz y temperatura, lo cual no se observaba en los años posteriores a la crisis eutrófica de 2016, cuando la variabilidad temporal de estas variables ha sido extrema e impredecible. Este supuesto cambio podría estar relacionado con la aparente estabilidad del sistema y el paso a un régimen hidrológico más seco, aunque es prematuro y especulativo establecer en estos momentos este tipo de patrones y relaciones. Por otro lado, el seguimiento del fenómeno conocido como “mancha blanca” mediante análisis satelital nos ha permitido también comprobar que su intensidad y extensión experimenta variaciones estacionales, con valores mínimos durante los meses invernales. Como se ha argumentado en informes anteriores, esta estacionalidad parece estar relacionada con la correlación entre el proceso de precipitación de calcita y la temperatura.

- Los niveles de oxígeno han seguido el patrón estacional típico, con una disminución durante el verano y un aumento gradual en otoño e invierno. Se ha registrado una buena oxigenación en toda la laguna, sin indicios de hipoxia, con los valores más altos en la estación B, siguiendo un patrón cíclico diario típico. (Apartado 4.6).

- Se observa un incremento sostenido del pH hasta valores de ~8,5, tendencia que deberá confirmarse en próximos meses. Además, los valores medios de pH son superiores a los registrados al principio de la serie temporal, lo que mantiene la tendencia general positiva de aumento en todo el periodo de estudio (Apartado 4.7).

- Respecto a los nutrientes, potencial redox y comunidades de zooplancton, continúa el procesado de muestras y no se ha añadido nueva información en este informe, por lo que se mantienen las mismas conclusiones que en los últimos informes, con carácter provisional hasta nueva actualización.

## 2. Antecedentes y objeto del informe

El presente informe presenta los resultados y avances, de carácter bimestral, del programa de seguimiento científico desarrollado para evaluar el estado del ecosistema marino del Mar



Financiado por  
la Unión Europea  
NextGenerationEU



Plan de  
Recuperación,  
Transformación  
y Resiliencia



Menor. Este programa se puso en marcha en el año 2016 para obtener conocimiento fiable y objetivo sobre el estado y la evolución del Mar Menor a partir del episodio de “sopa verde” ocurrido ese mismo año. Dicho programa de seguimiento se realizó en un principio como parte del proyecto DMMEM, financiado por el IEO-CSIC. Sin embargo, desde enero del año 2023 estas actividades de monitorización están integradas dentro del proyecto BELICH, que está financiado por el Marco de Actuaciones Prioritarias para la Recuperación del Mar Menor (MAPMM) del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD).

De manera complementaria a estos programas de seguimiento científico, en octubre de 2022 se instaló una boya piloto de monitorización oceanográfica (a partir de ahora “boya piloto” o SMLG) en el marco del proyecto europeo SMARTLAGOON, que está liderado por la Universitat Politècnica de València (UPV), la Uppsala University y la empresa VIELCA Ingenieros, S.A. (Grant Agreement Nº 101017861). En noviembre de 2024 se ha desinstalado tras la finalización del proyecto SMARTLAGOON. Esta boya ha servido de prueba y aprendizaje para la instalación del sistema de monitorización del proyecto BELICH (Sub-Actuación 8.1 del MAPMM), implementado a finales de enero de 2025. Este sistema permitirá disponer de un monitoreo continuo y casi en tiempo real en seis estaciones, que se describirán en apartados posteriores.

Por otro lado, las tareas que el IEO-CSIC realiza en el ámbito del proyecto THINKING AZUL son complementarias a las realizadas en el proyecto BELICH. El proyecto THINKING AZUL está financiado por fondos PRTR (Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia) del programa de Planes complementarios de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia y el MITERD.

A partir de febrero de 2023 el programa de monitorización del proyecto BELICH empezó a reportar resultados y los avances del programa de seguimiento científico desarrollado para evaluar el estado del ecosistema marino del Mar Menor en informes periódicos de carácter bimestral.

De acuerdo con lo expuesto, el presente informe técnico-científico tiene como objetivo la actualización de los datos publicados en el informe previo, mostrando los avances del programa de seguimiento y el estado general de la columna de agua del Mar Menor. Estos informes pueden consultarse en la página web del proyecto (<https://belich.ieo.csic.es/publicaciones/>).

### 3. Marco de trabajo

#### 3.1. Variables de estudio

En este programa de seguimiento se monitorizan diversas variables físico-químicas necesarias para evaluar el estado general de la columna de agua del Mar Menor. Los detalles completos sobre la metodología empleada para medir estas variables, así como otras fuentes de datos utilizadas se encuentran ampliamente descritos en el Anexo I. Cada una de estas variables nos



aporta información complementaria sobre el estado ecológico del Mar Menor:

**Temperatura (°C):** factor clave para la mayoría de los procesos físico-químicos y biológicos que rigen el funcionamiento del ecosistema lagunar. En su estado actual el ecosistema marino del Mar Menor es mucho más vulnerable, tanto a los efectos de los impactos antropogénicos locales, como a los relacionados con el cambio climático, entre ellos el calentamiento global. Por ello no sólo es importante la temperatura en términos absolutos, sino también la intensidad y frecuencia de las olas de calor (Olivier et al., 2021).

**Salinidad:** del mismo modo que la temperatura, la salinidad es una variable clave para entender la composición y dinámica del ecosistema lagunar, pero también es un indicador del balance hídrico resultante de tres procesos fundamentales: la evaporación, los aportes continentales y el intercambio de agua con el Mediterráneo. La salinidad definida como relación de conductividad no tiene unidades (UNESCO, 1985).

**Turbidez:** la turbidez (NTU) y el coeficiente de extinción de luz ( $K_d$ ,  $m^{-1}$ ) son indicadores de la extinción de la luz solar incidente entre la superficie del agua y el fondo (Kirk, 1985). La turbidez se encuentra íntimamente relacionada con la clorofila-*a*, ya que las células fitoplanctónicas absorben luz para la fotosíntesis, contribuyendo al aumento de la turbidez (disminución de la transparencia). No obstante, esta turbidez depende también de otras variables como las partículas en suspensión, tanto orgánicas como inorgánicas, zooplancton, bacterias, y las denominadas “sustancias amarillas” (compuestos orgánicos disueltos coloreados). En consecuencia, la turbidez del agua puede ser el resultado neto de uno o varios procesos que controlan dichas variables (exceso de nutrientes, resuspensión de sedimento por viento y oleaje, aportes terrígenos, procesos de descomposición de la materia orgánica, etc.). Por ello, esta variable también puede ser empleada para controlar la calidad del agua mediante sensores remotos multiespectrales e hiperspectrales (imágenes de satélite).

**Oxígeno disuelto (mg/l):** la concentración de oxígeno disuelto es un indicador clave del buen funcionamiento del ecosistema lagunar. Su concentración y variación en la columna de agua es el resultado de otras variables y procesos como la temperatura, la hidrodinámica, el intercambio con la atmósfera y, por supuesto, procesos biológicos como la fotosíntesis y la respiración.

**pH:** indica la acidez o alcalinidad del agua, en base a la actividad de los iones de hidrógeno ( $H^+$ ) e hidroxilo ( $OH^-$ ) que contiene. El agua marina es ligeramente alcalina (8,1 - 8,3). El pH es un factor crucial para evaluar la salud de los ecosistemas marinos, ya que influye en sus procesos químicos, utilizándose como indicador de la calidad del agua. La contaminación, ya sea atmosférica o por eutrofización del agua, tiende a aumentar la concentración de materia orgánica cuya mineralización produce  $CO_2$ , en especial en el fondo de la columna de agua. El exceso de  $CO_2$  desplaza el equilibrio del sistema tampón de bicarbonato del agua hacia la producción de protones que tienden a disminuir el pH, proceso conocido como acidificación (Doney et al., 2009). Otros procesos biológicos, como la fotosíntesis pueden tener el efecto



contrario al aumentar el pH, al igual que los aportes continentales ricos en carbonatos y calcio.

**Potencial redox (mV):** es una medida de la capacidad de una solución para oxidar o reducir sustancias químicas. Determinar si un ecosistema marino está en un estado oxidativo o reductor resulta crucial para comprender los complejos procesos biogeoquímicos que tienen lugar, sirviendo como un indicador del estado del ecosistema y facilitando la predicción de cambios ambientales. En ambientes típicamente oxidantes esta variable adopta valores positivos entre 0 y +200 mV y en ambientes reductores (hipóxicos o anóxicos) los valores son negativos pudiendo alcanzar valores entre -100 y -200 mV. Es un indicador temprano de procesos de agotamiento de oxígeno como los observados durante algunos episodios de hipoxia registrados en el Mar Menor (Ruiz et al 2020).

**Nutrientes ( $\mu\text{M}$ ):** la concentración de nitrógeno y fósforo total (NT y PT), así como la concentración de nutrientes inorgánicos disueltos (nitrito, nitrato, fosfato, silicato, amonio), son factores determinantes para la dinámica de los ecosistemas marinos, especialmente en aguas eutrofizadas como las del Mar Menor, ya que afecta de forma directa a la productividad fitoplanctónica (Ouaissa et al., 2023). El N y el P pueden estar en forma inorgánica y orgánica, disuelta o particulada. En este programa de seguimiento se miden las formas disueltas, tanto inorgánicas como orgánicas, así como las formas particuladas de forma puntual.

**Concentración de la clorofila-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ):** indicador de la calidad del agua en ecosistemas marinos costeros, especialmente en aguas eutrofizadas como las del Mar Menor (Ouaissa et al., 2023), ya que es un estimador de la biomasa de fitoplancton y por tanto de su productividad. Además, esta variable es clave para explicar las propiedades ópticas de la columna de agua y puede ser empleada para evaluar la calidad del agua mediante sensores remotos multiespectrales e hiperespectrales (imágenes de satélite). Los valores de referencia para los niveles de clorofila-a en el Mar Menor, publicados en el Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, establecen un umbral de 1,8  $\mu\text{g}/\text{L}$  para la clasificación entre los estados "bueno" y "moderado", y de 1,1  $\mu\text{g}/\text{L}$  para el límite entre los estados "muy bueno" y "bueno". No obstante, actualmente se está trabajando en la revisión y adaptación de estos umbrales utilizando los datos obtenidos del sistema de monitoreo descrito en este informe, junto con series históricas recopiladas en proyectos previos desarrollados por el Instituto Español de Oceanografía (IEO).

**Comunidades microbianas y de fitoplancton:** el análisis de las comunidades microbianas y de fitoplancton es fundamental para determinar el estado del ecosistema lagunar y su relación con las variables ambientales que gobiernan su funcionamiento (Ouaissa et al., 2023). El estudio de la composición del fitoplancton es también fundamental para el desarrollo de herramientas basadas en teledetección (satélites y drones).

**Comunidades de zooplancton:** la composición de las comunidades de mesozooplancton proporciona una visión de la dinámica temporal de la red trófica de la laguna a una escala temporal algo más amplia que el resto del plancton. La biomasa y producción del zooplancton



tienen un papel clave en la transferencia de energía, ya que consumen microplancton y son alimento para niveles tróficos superiores como peces o medusas.

**Comunidades de macrófitos bentónicos:** la distribución, abundancia y composición de las comunidades de macrófitos bentónicos del Mar Menor son indicadores excelentes y muy eficaces para detectar y cuantificar las respuestas tempranas y a largo plazo del ecosistema a los cambios ambientales, no solo en el sentido del deterioro, sino también de su recuperación.

## 3.2. Fuentes de datos

El origen y el tratamiento de los datos para cada variable de estudio ha ido variando ligeramente a través del transcurso de la serie histórica documentada en función de las herramientas y recursos disponibles en cada momento. Las fuentes de datos empleadas para cada variable en cada periodo temporal se detallan en el Anexo I. No obstante, estas fuentes se dividen en tres categorías principales: muestreos *in situ*, datos satelitales y sensores de luz PAR.

### 3.2.1. Estaciones de monitorización

Desde finales de enero de 2025, se ha implementado un sistema de monitorización continua en tiempo casi real. El sistema consta de 6 estaciones, tres de ellas están compuestas por una boya oceanográfica en superficie y un lander en el fondo – coincidentes con las ubicaciones del muestreo *in situ* A, B y C – dos landers en las golas de El Estacio y Marchamalo, y una última estación en la base militar de San Javier, que complementa el sistema de monitoreo con un mareógrafo y una estación meteorológica (Figura 1). El esquema de las boyas, landers y mareógrafo se puede ver en el Anexo I.

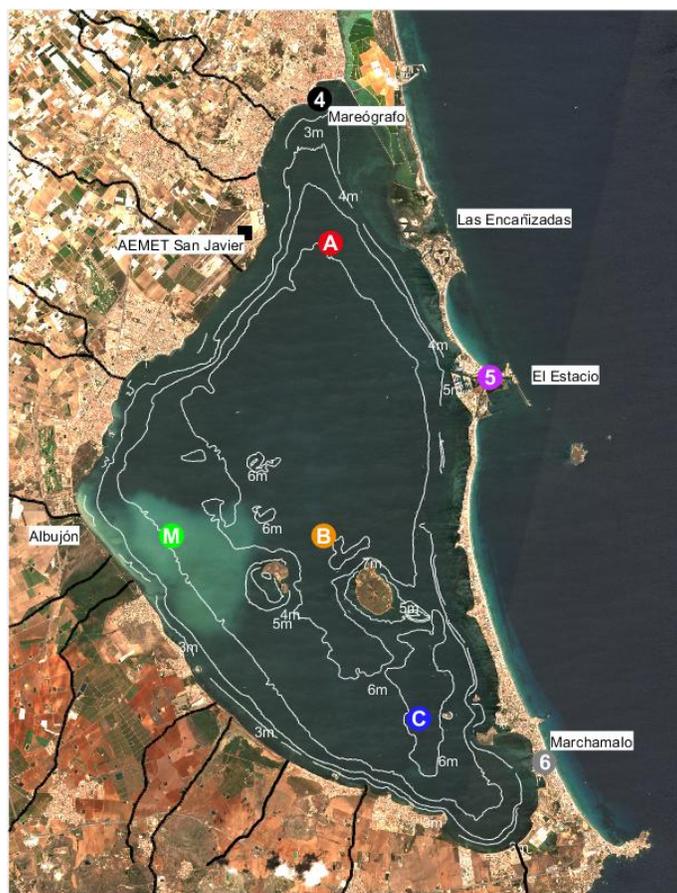


Figura 1: Ubicación de las estaciones de monitorización en real time; A, B, C, Mareógrafo (est. 4), El Estacio (est. 5), y Marchamalo (est. 6). Y de muestreo in situ (A, B, C y M). Mostrada sobre una imagen de satélite Sentinel2 obtenida el 03/08/2023.

Desde 2016 se realizan muestreos periódicos para evaluar el estado ecológico del Mar Menor. Originalmente, estos muestreos se realizaban con periodicidad mensual, pero desde la entrada en funcionamiento del proyecto BELICH, en enero de 2023, la frecuencia de muestreo se duplicó y actualmente es quincenal. Además, inicialmente estos muestreos se realizaban en tres estaciones de muestreo (A, B, C), pero en abril de 2023 se agregó una nueva estación situada en el interior de una zona de la laguna, localizada en el centro-oeste, que presenta un aspecto blanquecino de origen desconocido. Esta estación se ha denominado “M” y desde entonces está incluida en todos los análisis junto al resto de estaciones (Figura 1).

### 3.2.2. Datos satelitales

Los datos satelitales nos brindan la capacidad de generar series temporales que abarcan años previos a la implementación de los programas de seguimiento. Esta información resulta fundamental para proporcionar un contexto completo de la evolución del estado ecológico del



Mar Menor a lo largo del tiempo.

Las imágenes satelitales nos permiten analizar la temperatura y la clorofila-*a*. La temperatura se obtiene a través del producto "*Copernicus Mediterranean Sea – High Resolution L4 Sea Surface Temperature Reprocessed 0,05 deg resolution*" disponible desde el servicio de Copernicus (Nardelli et al., 2013).

Hasta la fecha, la concentración superficial de clorofila-*a* en la laguna se obtenía utilizando el producto "*Mediterranean Sea Ocean Colour Plankton MY L4 daily gapfree observations and climatology and monthly observations*" del portal marino de Copernicus (CMEMS). Sin embargo, desde febrero de 2024 se utiliza un algoritmo específico para el Mar Menor que ha sido diseñado a partir del análisis de datos de los satélites y sensores del color del océano (Tabla 1) y datos de clorofila-*a* procedentes de los muestreos *in situ* recopilados en el Mar Menor desde 2016.

Tabla 1: Características de los satélites y sensores analizados hasta agosto de 2023.

Satélite	Sensor	Fecha inicial	Resolución espacial (m)	Número de imágenes con datos válidos
TERRA	MODIS	02-2000	1000	4853
AQUA	MODIS	07-2002	1000	4518
SUOMI-NPP	VIIRS	01-2012	700	3468
NOAA20	VIIRS	12-2017	700	1542
SENTINEL 3A	OLCI	05-2016	300	1022
SENTINEL 3B	OLCI	05-2018	300	724

### 3.2.3. Sensores de luz PAR

Los sensores PAR (*Photosynthetically Active Radiation*), también conocidos como sensores de radiación fotosintéticamente activa ( $\mu\text{moles} \times \text{m}^{-2} \times \text{s}^{-1}$ ), son dispositivos utilizados para medir las longitudes de onda correspondientes a la luz visible, que es crucial para los procesos fotosintéticos en las plantas y otros organismos fotosintéticos.

Actualmente, se encuentran instalados de manera permanente dos sensores PAR dentro de la laguna. Uno de ellos está localizado en el punto de muestreo B, a seis metros de profundidad. El segundo, ubicado en la zona de la Encañizada, en el nordeste de la laguna, se encuentra a un metro de profundidad. Estos sensores permiten obtener una serie temporal de alta resolución



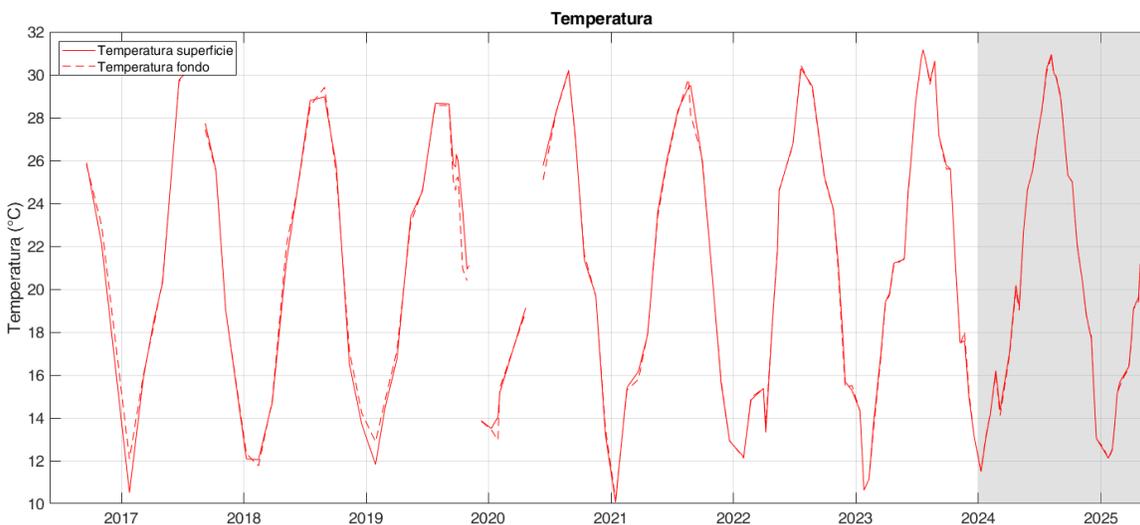
del coeficiente de extinción de la luz ( $Kd$ ) y compararla con la obtenida en los muestreos periódicos *in situ* con menor resolución temporal.

## 4. Resultados

En el presente informe, se presentan de manera concisa y detallada los resultados obtenidos tras llevar a cabo el análisis exhaustivo de los datos recopilados. Este estudio se ha centrado en el análisis de las variables mencionadas en el apartado anterior con el fin de proporcionar una visión clara y completa del estado actual del Mar Menor. Los datos de los muestreos *in situ* de septiembre y octubre se muestran desglosados en el Anexo II.

### 4.1. Temperatura

A partir de los datos de la serie temporal completa de temperaturas medias (media total), medidas *in situ* en las estaciones de muestreo desde 2016 (Figura 2), se observa un patrón estacional normal con un rango de temperaturas medias mínimas en invierno de 10 a 14°C y máximas en verano de 28 a 30°C (Tabla 2). Los datos de la serie temporal indican que las temperaturas de 2024 fueron en general menos cálidas en comparación con las del año anterior (2023), con una diferencia promedio de -0,5°C en invierno, -1,9°C en primavera y -0,3°C en verano (Tabla 2). Las temperaturas de 2023 fueron las más altas registradas en la serie, mientras que las de 2024 se sitúan dentro de los rangos habituales de años anteriores, aunque en verano se alcanzaron temperaturas máximas muy similares a las del año anterior y la temperatura media de otoño fue superior a lo registrado en los últimos 5 años (19,5°C; Tabla 2). El invierno de 2025 ha marcado una de las temperaturas medias más altas de los últimos años, solo por debajo de la registrada en 2023. (Figura 2. Tabla 2).



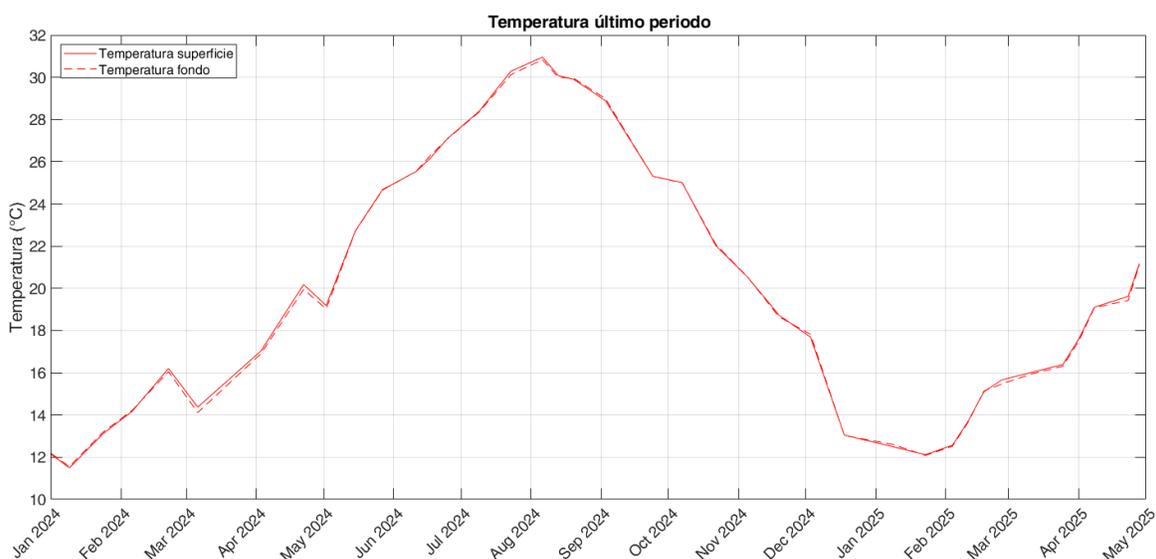


Figura 2: Temperatura media superficial (0,5 m; línea continua) y temperatura media del fondo (entre 4 y 6m dependiendo de la estación, Figura 1; línea discontinua) registradas en el último año natural durante los muestreos in situ del proyecto DMMEM y BELICH en las estaciones de muestreo A, B, C y M (ver Figura 1). En la parte superior se muestra la serie desde 2016 y en la parte inferior el último año.

Los datos registrados muestran la ausencia de estratificación térmica significativa en el Mar Menor. Hasta la fecha, el único episodio relevante de estratificación termo-halina de la columna de agua fue el de septiembre de 2019, que estuvo asociado a eventos climatológicos extremos por una Depresión Aislada en Niveles Altos (DANA; ver Apartado 4.3).

Por otro lado, a partir de los datos satelitales se han obtenido los promedios por año de la temperatura superficial del Mar Menor (Figura 3). Se aprecia claramente como existe una tendencia significativa positiva en las últimas cuatro décadas del orden de 2°C de calentamiento en total, con una tasa de cambio de +0,035°C por año (Figura 3).

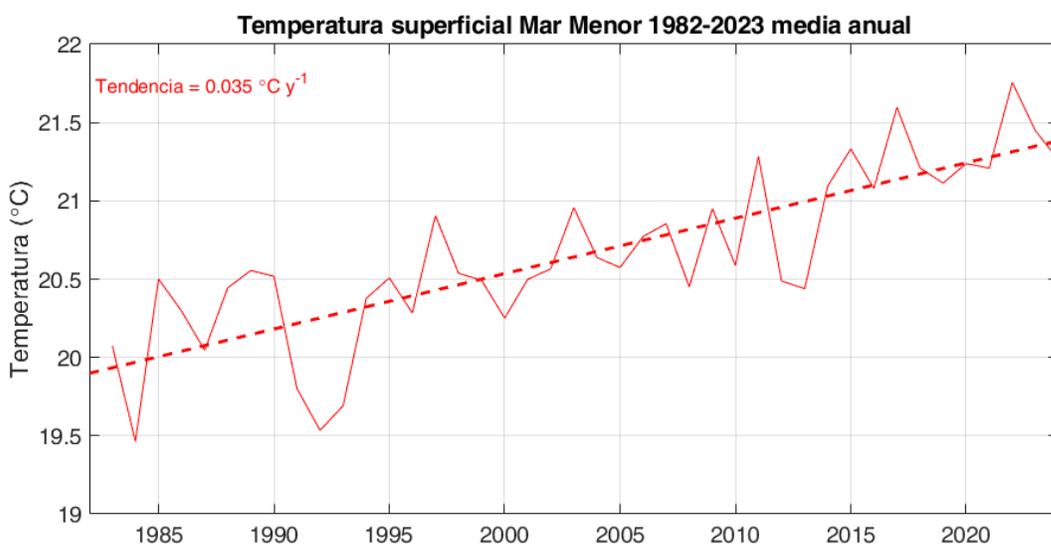


Figura 3: Serie temporal de temperatura superficial media anual desde 1982 hasta 2023 obtenida a partir de datos satelitales. La temperatura superficial mostró una tasa de cambio de +0.037°C por año en el periodo de estudio.

Tabla 2: Valores medios, mínimos (Min) y máximos (Max) de temperatura por año en superficie (0,5 m) y fondo (4-6m dependiendo de la estación. Figura 1), medidos durante los muestreos in situ DMMEM. Std: desviación estándar.

Tª (°C)		Superficie				Fondo			
Año	Estación	Media	Std	Min	Max	Media	Std	Min	Max
2016	Invierno	---	---	---	---	---	---	---	---
	Primavera	---	---	---	---	---	---	---	---
	Verano	25,9	0,0	25,9	25,9	25,8	0,0	25,8	25,8
	Otoño	22,1	0,0	22,1	22,1	23,0	0,0	23,0	23,0
	Anual	25,2	2,8	22,1	27,5	25,5	2,4	23,0	27,8
2017	Invierno	13,2	3,7	10,5	15,8	14,0	2,7	12,1	16,0
	Primavera	22,9	6,1	18,5	29,8	22,8	6,1	18,3	29,7
	Verano	29,1	1,9	27,7	30,4	29,0	2,1	27,5	30,5
	Otoño	22,3	4,6	19,0	25,5	22,3	4,6	19,0	25,5
	Anual	22,0	6,8	10,5	30,4	22,1	6,5	12,1	30,5
2018	Invierno	13,0	1,5	12,1	14,7	13,0	1,6	11,8	14,8
	Primavera	23,1	2,5	21,3	24,9	23,4	2,0	22,0	24,8
	Verano	28,9	0,1	28,8	29,0	29,0	0,6	28,5	29,4
	Otoño	18,7	6,3	13,7	25,8	18,9	5,8	14,2	25,4



	Anual	19,9	6,8	12,1	29,0	20,0	6,8	11,8	29,4
2019	Invierno	13,1	1,8	11,8	14,4	13,8	1,3	12,9	14,8
	Primavera	21,6	4,2	16,8	24,6	21,6	3,9	17,2	24,6
	Verano	27,0	1,5	25,7	28,7	26,4	2,0	24,6	28,6
	Otoño	21,1	4,5	13,9	26,0	20,1	4,7	13,8	25,2
	Anual	22,1	5,5	11,8	28,7	21,8	5,3	12,9	28,6
2020	Invierno	14,2	0,9	13,5	15,2	13,9	1,3	13,0	15,4
	Primavera	22,5	4,7	19,1	25,8	22,0	4,4	18,9	25,1
	Verano	28,5	1,6	27,1	30,2	28,5	1,6	27,0	30,2
	Otoño	18,1	4,3	13,2	21,4	18,3	4,2	13,5	21,6
	Anual	20,7	6,3	13,2	30,2	20,6	6,3	13,0	30,2
2021	Invierno	13,9	3,3	10,1	16,2	13,8	3,1	10,2	15,8
	Primavera	22,5	4,1	17,9	25,9	22,4	4,0	18,0	25,8
	Verano	28,3	1,6	26,0	29,5	28,1	1,5	26,2	29,8
	Otoño	16,7	4,4	12,9	21,4	16,7	4,3	12,9	21,4
	Anual	20,9	6,7	10,1	29,5	20,8	6,5	10,2	29,8
2022	Invierno	14,1	1,7	12,2	15,4	14,1	1,8	12,1	15,4
	Primavera	21,0	5,3	13,3	26,8	21,1	5,1	13,7	26,7
	Verano	28,3	2,7	25,3	30,3	28,3	2,8	25,2	30,4
	Otoño	18,7	3,7	15,3	23,7	18,5	3,7	15,3	23,7
	Anual	20,4	5,8	12,2	30,3	20,3	5,8	12,1	30,4
2023	Invierno	14,4	3,4	10,6	19,4	14,3	3,3	10,6	19,4
	Primavera	24,1	3,3	19,8	28,6	24,1	3,3	19,7	28,6
	Verano	29,4	2,1	25,8	31,2	29,4	2,2	25,6	31,2
	Otoño	18,3	4,5	13,2	25,6	18,5	4,4	13,2	25,6
	Anual	21,9	6,6	10,6	31,2	21,9	6,6	10,6	31,2
2024	Invierno	13,9	1,7	11,5	16,2	13,8	1,6	11,6	16,1
	Primavera	22,2	3,5	17,0	26,1	22,2	3,6	16,9	26,3
	Verano	29,1	1,9	25,3	31,0	29,1	1,8	25,4	30,8
	Otoño	19,5	4,1	13,0	25,0	19,5	4,1	13,0	25,0
	Anual	22,0	6,1	11,5	31,0	22,0	6,1	11,6	30,8
2025	Invierno	14,3	1,7	12,1	16,4	14,2	1,7	12,1	16,3
	Primavera*	19,4	1,5	17,6	21,2	19,3	1,5	17,5	21,1
	Anual*	16,0	3,0	12,1	21,2	15,9	2,9	12,1	21,1



\*Hasta 28/04/25

Con los datos del sistema de monitoreo continuo (boyas y landers) se pueden apreciar las variaciones diarias de la temperatura, registrando temperaturas ligeramente más bajas durante la noche y más altas durante el día. Además, se pueden distinguir las fluctuaciones más bruscas que experimenta esta variable en las golos de El Estacio y Marchamalo, que corresponden a la dinámica de intercambio de agua con el Mediterráneo (más caliente durante este periodo del año), forzada por los ciclos diarios de mareas (Figura 4).

Las temperaturas de marzo y abril han registrado un aumento progresivo, como es habitual en esta época del año, con descensos puntuales coincidiendo con los episodios de lluvia ocurridos a principios de marzo y entre el 12 y el 14 de abril de 2025 (Figura 4). En las golos de El Estacio y Marchamalo (Figura 5), se observa que, a medida que el agua se calienta, la diferencia de temperatura entre el Mar Menor y el Mediterráneo se acentúa, salvo en los primeros días de marzo, cuando las intensas lluvias sobre la laguna redujeron esa diferencia, tal como recogimos en el informe específico publicado en marzo ([link](#)).



Figura 4: Datos de temperatura registrados por las estaciones de monitoreo continuo de las boyas y landers instalados en enero de 2025. Se muestran las series temporales correspondientes a las estaciones A, B, C, representadas en color rojo, amarillo y azul, respectivamente. En las estaciones A, B y C, se distingue superficie (línea continua) y fondo (línea discontinua).

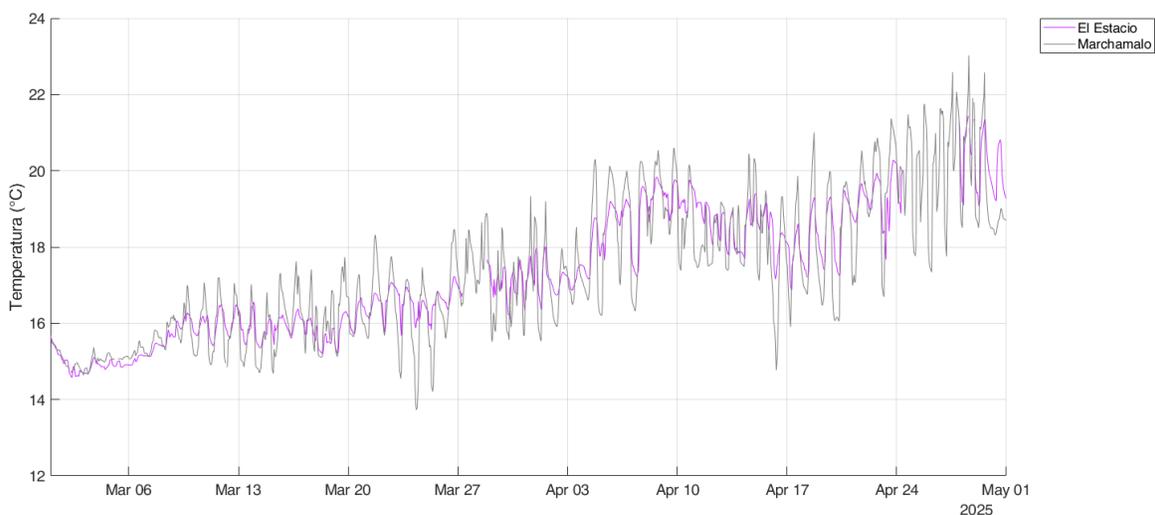


Figura 5: Datos de temperatura registrados por las estaciones de monitoreo continuo de las boyas y landers instalados en enero de 2025. Se muestran las series temporales correspondientes a las estaciones del Estacio y Marchamalo, representadas en color rosa y negro, respectivamente.

## 4.2. Olas de calor

La Figura 6 muestra los resultados del análisis de olas de calor y frío en el agua de la laguna desde enero de 2024. Durante este periodo se han registrado seis olas de calor: cinco de intensidad moderada (Categoría I) y una considerada fuerte (Categoría II). Esta última, de especial relevancia por su duración y estacionalidad, tuvo lugar en otoño y se extendió durante un mes, del 4 de noviembre al 10 de diciembre de 2025 (Figura 6; Figura 7; Tabla 3). En cuanto a las olas de frío, 2024 ha sido un año con escasa incidencia: solo se detectó una breve ola a principios de mayo, mientras que en lo que va de 2025 no se ha registrado ninguna (Figura 4; Figura 6; Tabla 4).

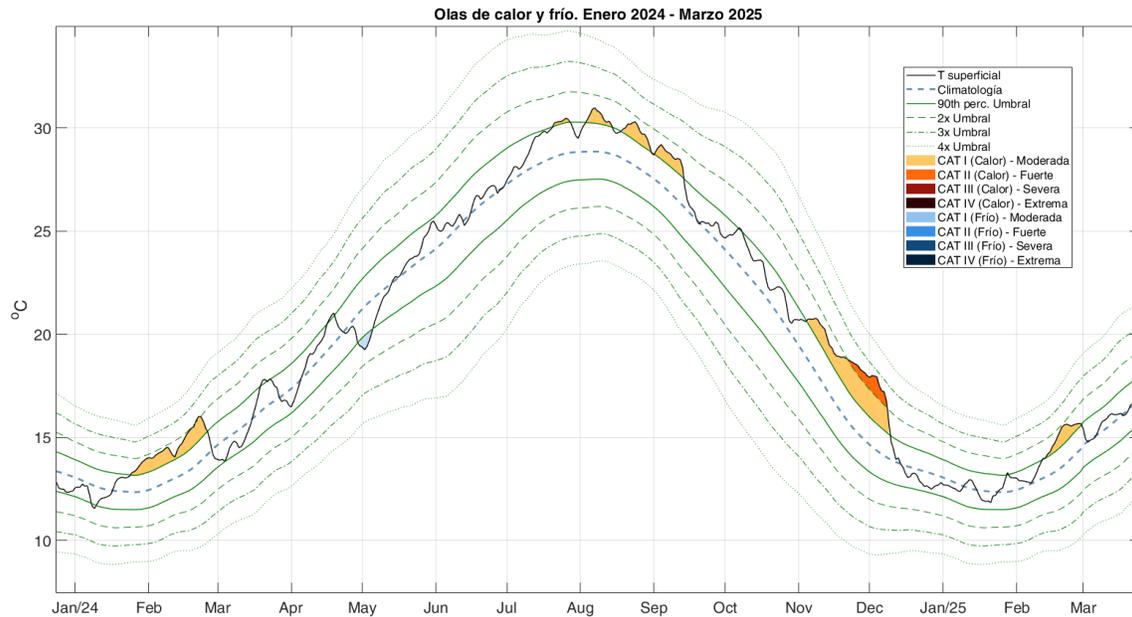


Figura 6: Serie temporal de temperatura desde enero de 2024 comparado con la climatología, mostrando las olas de calor y de frío en las categorías propuestas por [Hobday et. al \(2018\)](#).

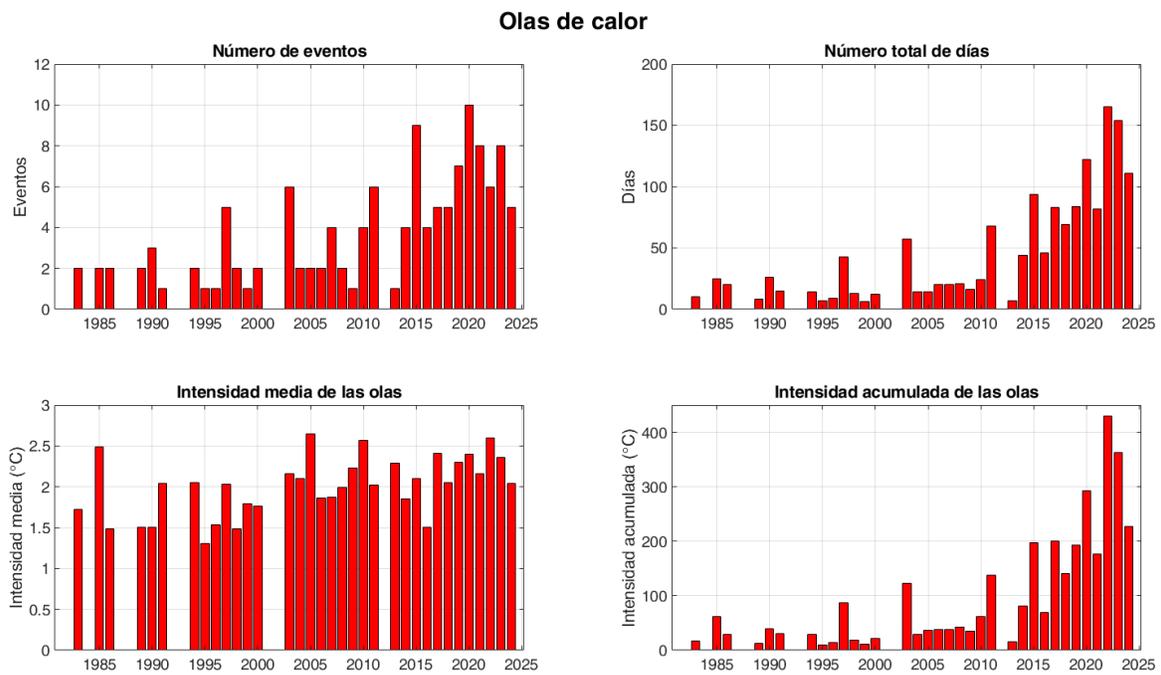


Figura 7: Estadísticas de olas de calor por año desde 1982.



### Olas de frío

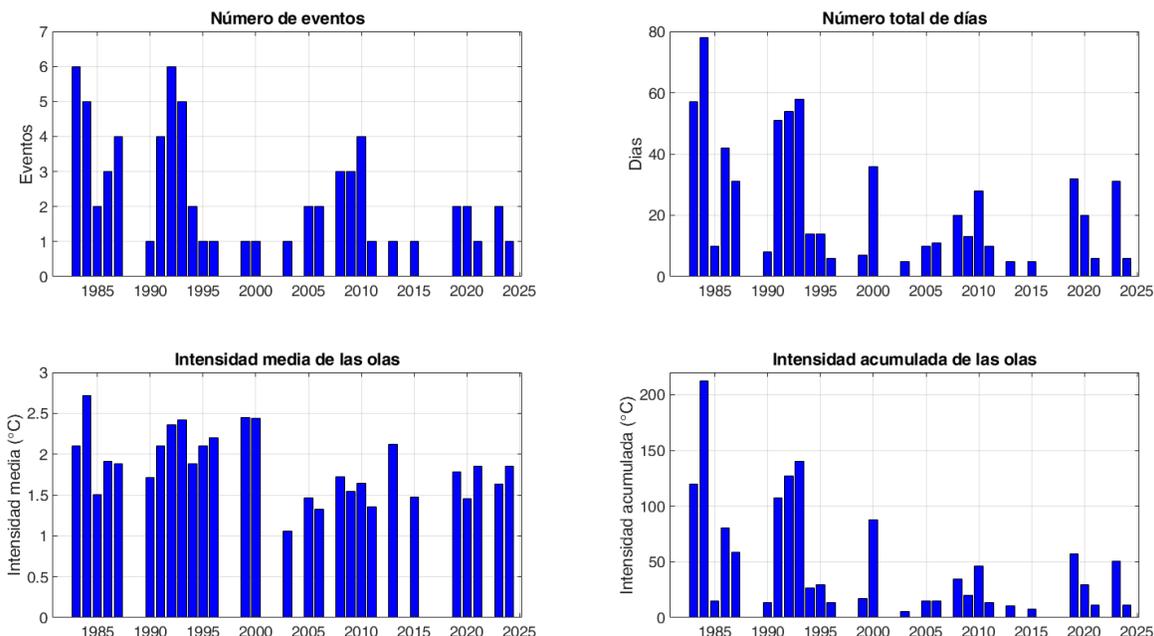


Figura 8: Estadísticas de olas de frío por año desde 1982.

La Figura 8 y la Tabla 3 muestran, por año, las características de las olas de calor marinas desde 1982. Se ve claramente que las olas de calor han ocurrido con mucha más frecuencia en los últimos diez años y también se están volviendo más extremas, siendo 2015, 2019, 2020, 2022 y 2023 los años en que se produjeron las olas más intensas hasta el momento. La intensidad acumulada es una combinación entre la intensidad media de las olas y la duración, siendo un buen indicador del posible impacto del calentamiento en el ecosistema lagunar. Estos resultados sugieren que, aunque en 2024 no han tenido lugar olas de calor tan extremas y acumuladas como en años anteriores, el calentamiento del agua de la laguna se ha acelerado en los últimos años y, en combinación con el exceso de nutrientes, podría estar relacionado con los mecanismos disruptivos que han conducido al colapso ecosistémico y su actual estado alterado. Si esta tendencia persiste, teniendo en cuenta que el estado actual del ecosistema es más vulnerable, se podrían estar alcanzando valores superiores a los umbrales de tolerancia de ciertas especies a esta variable, lo que supone un alto riesgo de desencadenar nuevos episodios disruptivos a corto y medio plazo del ecosistema lagunar.

Tabla 3: Estadísticas olas de calor desde 1982. Se presenta el número de olas de calor (Eventos), la suma total de días con olas de calor, la intensidad media de las olas (Int. media) e intensidad acumulada (Int. Acumulada) Se muestran los valores coloreados desde tonos blanco-amarillo (valores bajos) hasta naranja oscuro (valores altos).

Año	Eventos	Dias total	Int. media	Int acumulada
1982	0	0	0	0
1983	2	10	1,67	16,68
1984	0	0	0	0



1985	2	25	2,48	62,02
1986	2	18	1,50	26,96
1987	0	0	0	0
1988	0	0	0	0
1989	2	8	1,50	11,99
1990	3	26	1,51	39,34
1991	1	15	2,04	30,64
1992	0	0	0	0
1993	0	0	0	0
1994	2	14	2,05	28,76
1995	1	7	1,31	9,17
1996	1	9	1,53	13,78
1997	5	46	2,02	92,72
1998	2	13	1,49	19,31
1999	1	6	1,79	10,75
2000	2	12	1,77	21,18
2001	0	0	0	0
2002	0	0	0	0
2003	6	57	2,16	123,05
2004	2	14	2,11	29,57
2005	2	14	2,65	37,06
2006	2	20	1,90	37,91
2007	4	20	1,87	37,36
2008	2	21	1,99	41,89
2009	1	16	2,23	35,73
2010	4	24	2,57	61,60
2011	5	61	2,11	128,52
2012	0	0	0	0
2013	1	7	2,29	16,06
2014	4	44	1,85	81,57
2015	9	94	2,10	197,77
2016	4	46	1,51	69,33
2017	5	83	2,41	200,26
2018	5	69	2,05	141,37
2019	7	84	2,31	193,87
2020	10	122	2,40	293,04
2021	8	82	2,16	177,16
2022	6	165	2,60	427,15
2023	8	154	2,36	363,32
2024	5	111	2,04	226,63



2025*	1	17	1,45	24,66
-------	---	----	------	-------

\*Hasta 26/03/2025

Tabla 4: Estadísticas olas de frío desde 1982. Se presenta el número de olas de calor (Eventos), la suma total de días con olas de calor, la intensidad media de las olas (Int. media) e intensidad acumulada (Int. Acumulada) Se muestran los valores coloreados desde tonos blanco-azul claro (valores bajos) hasta azul oscuro (valores altos).

Año	Eventos	Días total	Int. media	Int. acumulada
1982	0	0	0	0
1983	6	57	2,10	119,46
1984	5	78	2,72	211,94
1985	2	10	1,50	15,04
1986	3	42	1,91	80,14
1987	4	32	1,85	59,33
1988	0	0	0	0
1989	0	0	0	0
1990	1	8	1,67	13,39
1991	5	46	2,18	100,06
1992	7	58	2,30	133,22
1993	5	58	2,42	140,47
1994	2	14	1,88	26,36
1995	1	14	2,10	29,45
1996	1	6	2,20	13,22
1997	0	0	0	0
1998	0	0	0	0
1999	1	7	2,48	17,36
2000	1	36	2,43	87,40
2001	0	0	0	0
2002	0	0	0	0
2003	1	5	1,06	5,30
2004	0	0	0	0
2005	2	10	1,46	14,65
2006	2	11	1,33	14,60
2007	0	0	0	0
2008	3	20	1,75	35,03
2009	3	13	1,55	20,10
2010	4	28	1,67	46,81
2011	1	10	1,36	13,58
2012	0	0	0	0
2013	1	5	2,12	10,62
2014	0	0	0	0



2015	1	5	1,47	7,37
2016	0	0	0	0
2017	0	0	0	0
2018	0	0	0	0
2019	2	32	1,79	57,19
2020	2	20	1,48	29,54
2021	1	6	1,86	11,14
2022	0	0	0	0
2023	2	31	1,64	50,80
2024	1	6	1,85	11,11
2025*	0	0	0	0

\*Hasta 26/03/2025

### 4.3. Salinidad

La Figura 9 combina la visualización de la serie temporal de la salinidad media junto con los datos de precipitación diaria procedentes de la estación meteorológica de *San Javier-Aeropuerto* (Agencia Estatal de Meteorología – AEMET). A los datos de precipitación se les aplicó una media móvil de una semana para ilustrar el patrón temporal de lluvia en el periodo considerado. Como se aprecia en las series temporales, los patrones de variación de la salinidad están muy relacionados con los de las precipitaciones. La tendencia plurianual de esta variable sí mostró una recuperación, respecto a los valores anormalmente bajos alcanzados tras la serie de eventos de lluvias torrenciales (DANAs) de 2019-2020 (Ruiz *et al.*, 2020; Tabla 5). Esta recuperación se relaciona con la tendencia de disminución de la intensidad de las precipitaciones en los últimos años. En lo que va de 2025, la salinidad ha disminuido en comparación con el mismo periodo de 2024, con una media invernal de 42,8 frente a los 43,6 registrados en el invierno de 2024 (Tabla 5. Figura 9).

Por norma general, no se produce estratificación halina en la laguna, habiendo sido ésta evidente solo durante eventos puntuales y muy intensos de lluvias torrenciales (>100 mm p.ej. enero 2017 y septiembre-octubre 2019).

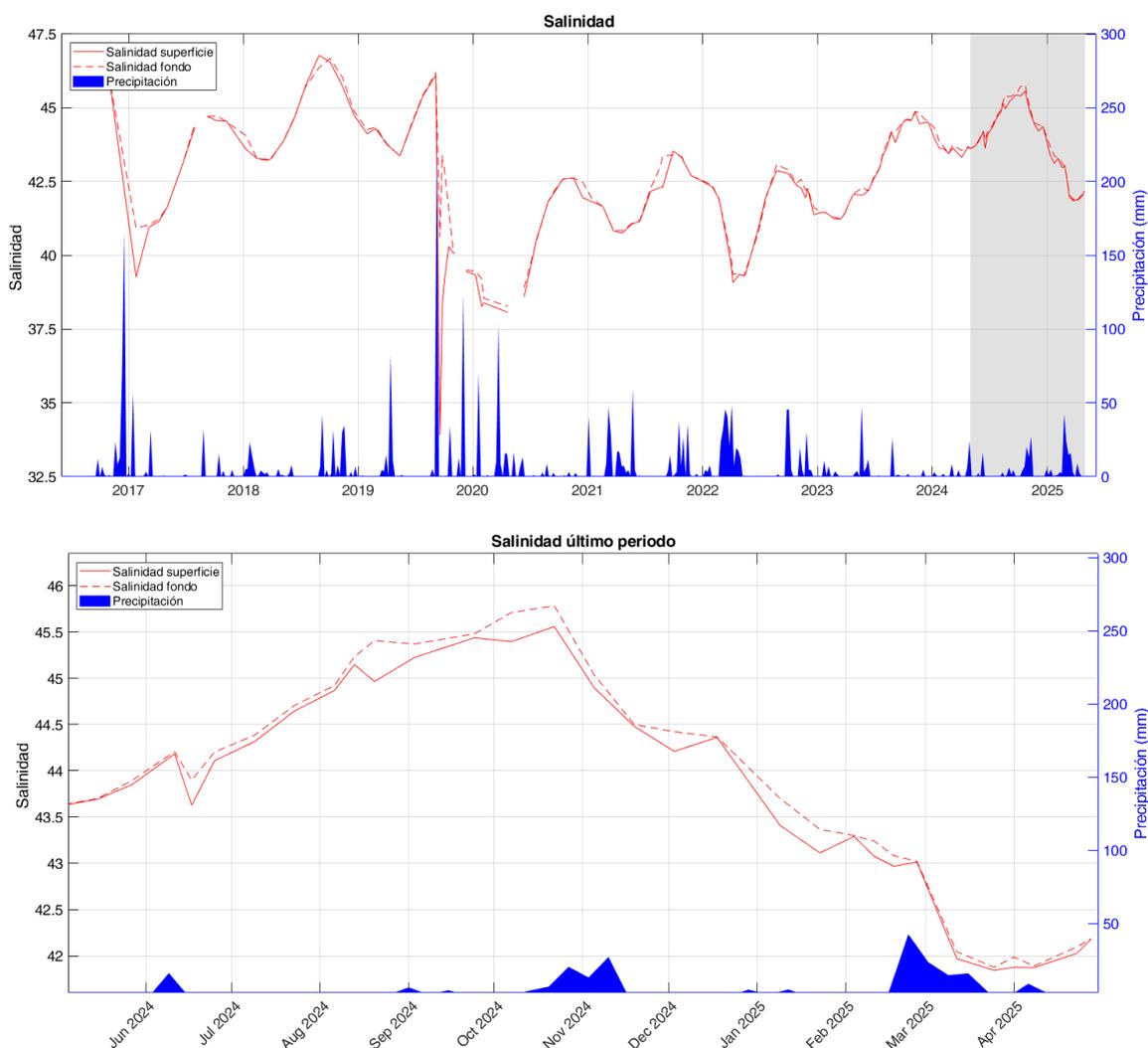


Figura 9: Datos de salinidad promedio en superficie (0,5m; rojo continuo) y fondo (entre 4 y 6m dependiendo de la estación, Figura 1; rojo discontinuo) en las estaciones de muestreo A, B, C y M de los muestreos del proyecto DMMEM y BELICH durante el último año natural. Datos de precipitación en el aeropuerto de San Javier obtenidos de la AEMET (azul). En la parte superior se muestra la serie desde 2016 y en la parte inferior el último año.

Tras las precipitaciones otoñales de 2024 y las ocurridas a principios de marzo de 2025, la tendencia decreciente típica de la salinidad para esta época del año se intensificó, con una bajada de -1,7 puntos en otoño de 2024 y de 2 puntos en marzo de 2025. Esto refleja claramente la influencia de las lluvias en la variación temporal de esta variable, así como su capacidad de recuperarse ante eventos de precipitaciones de intensidad leve y moderada (en general <100 mm) (Figura 9, Tabla 5).



Tabla 5: Valores medios, mínimos (Min) y máximos (Max) de salinidad por año medidos en superficie (0,5 m) y fondo (4-6m dependiendo de la estación. Figura 1), durante los muestreos. Std: desviación estándar.

Salinidad (-)		Superficie				Fondo			
Año	Estación	Media	Std	Min	Max	Media	Std	Min	Max
2016	Invierno	---	---	---	---	---	---	---	---
	Primavera	---	---	---	---	---	---	---	---
	Verano	43,6	0,0	43,6	43,6	43,6	0,0	43,6	43,6
	Otoño	46,5	0,0	46,5	46,5	46,4	0,0	46,4	46,4
	Anual	45,8	0,0	45,8	45,8	45,9	0,0	45,9	45,9
2017	Invierno	45,3	1,5	43,6	46,5	45,3	1,5	43,6	46,4
	Primavera	40,1	1,2	39,3	41,0	41,0	0,1	40,9	41,0
	Verano	42,0	1,0	41,1	43,1	42,0	1,0	41,2	43,1
	Otoño	44,5	0,3	44,3	44,7	44,6	0,2	44,5	44,7
	Anual	44,6	0,0	44,5	44,6	44,6	0,1	44,5	44,7
2018	Invierno	42,7	2,0	39,3	44,7	42,9	1,7	40,9	44,7
	Primavera	43,4	0,2	43,2	43,6	43,5	0,5	43,2	44,1
	Verano	44,2	0,6	43,9	44,6	44,3	0,6	43,9	44,7
	Otoño	46,3	0,7	45,7	46,8	46,0	0,5	45,7	46,4
	Anual	45,7	0,9	44,7	46,5	45,9	0,9	44,9	46,7
2019	Invierno	44,8	1,3	43,2	46,8	44,9	1,3	43,2	46,7
	Primavera	44,2	0,1	44,1	44,3	44,3	0,1	44,3	44,3
	Verano	43,8	0,5	43,4	44,4	43,8	0,5	43,4	44,4
	Otoño	40,4	5,2	33,9	46,1	43,8	2,2	40,6	46,2
	Anual	39,8	0,5	39,1	40,3	40,9	1,3	39,5	42,9
2020	Invierno	41,4	3,4	33,9	46,1	42,9	2,0	39,5	46,2
	Primavera	38,7	0,6	38,3	39,3	39,1	0,5	38,5	39,5
	Verano	38,3	0,4	38,1	38,6	38,6	0,4	38,3	38,9
	Otoño	41,5	0,8	40,5	42,1	41,5	0,9	40,5	42,2
	Anual	42,4	0,4	42,0	42,6	42,6	0,1	42,5	42,6
2021	Invierno	40,4	1,9	38,1	42,6	40,6	1,8	38,3	42,6
	Primavera	41,4	0,5	40,8	41,8	41,5	0,6	40,8	41,9
	Verano	41,0	0,2	40,8	41,2	41,0	0,2	40,8	41,2
	Otoño	42,6	0,6	42,2	43,5	43,0	0,5	42,3	43,4
	Anual	42,9	0,4	42,6	43,3	42,9	0,4	42,6	43,4
2022	Invierno	42,0	0,9	40,8	43,5	42,2	1,0	40,8	43,4
	Primavera	41,3	1,4	39,8	42,3	41,4	1,2	40,0	42,4
	Verano	39,6	0,8	39,1	40,9	39,7	0,6	39,3	40,8
	Otoño	42,5	0,5	42,0	42,9	42,6	0,6	41,9	43,1
	Anual	42,1	0,4	41,4	42,4	42,2	0,4	41,6	42,6
2023	Invierno	41,2	1,4	39,1	42,9	41,4	1,4	39,3	43,1



	Primavera	41,4	0,1	41,2	41,5	41,4	0,1	41,2	41,5
	Verano	42,2	0,3	41,8	42,6	42,3	0,3	41,8	42,6
	Otoño	43,6	0,6	42,9	44,5	43,7	0,6	42,9	44,5
	Anual	44,6	0,1	44,4	44,9	44,7	0,1	44,5	44,9
2024	Invierno	43,6	0,2	43,4	43,9	43,8	0,3	43,4	44,3
	Primavera	43,8	0,3	43,3	44,2	43,9	0,3	43,6	44,3
	Verano	44,9	0,4	44,3	45,4	45,1	0,4	44,4	45,6
	Otoño	44,8	0,6	44,2	45,6	45,0	0,7	44,4	45,8
2025	Anual	44,3	0,7	43,3	45,6	44,5	0,8	43,4	45,8
	Invierno	42,8	0,6	41,8	43,4	43,0	0,6	41,9	43,7
	Primavera*	42,0	0,1	41,9	42,2	42,0	0,1	41,9	42,2
	Anual*	42,6	0,6	41,8	43,4	42,6	0,7	41,9	43,7

\*Hasta 28/04/25

A partir de enero de 2025, en las estaciones de monitorización continua (boyas y landers, Figura 10), se observa un descenso de la salinidad asociado a los episodios de precipitaciones a principios de marzo de 2025 (tal y como hemos visto en los muestreos *in situ*), especialmente marcado en la capa superficial de la zona norte (Estación A). Asimismo, se aprecia una disminución clara de la salinidad hasta valores cercanos a ~37 durante la entrada de agua del Mediterráneo a través de las golas de El Estacio y Marchamalo. Estos registros destacan la relevancia de dichas estaciones para caracterizar de forma continua la dinámica de intercambio de agua entre el Mar Menor y el Mediterráneo (Figura 11).

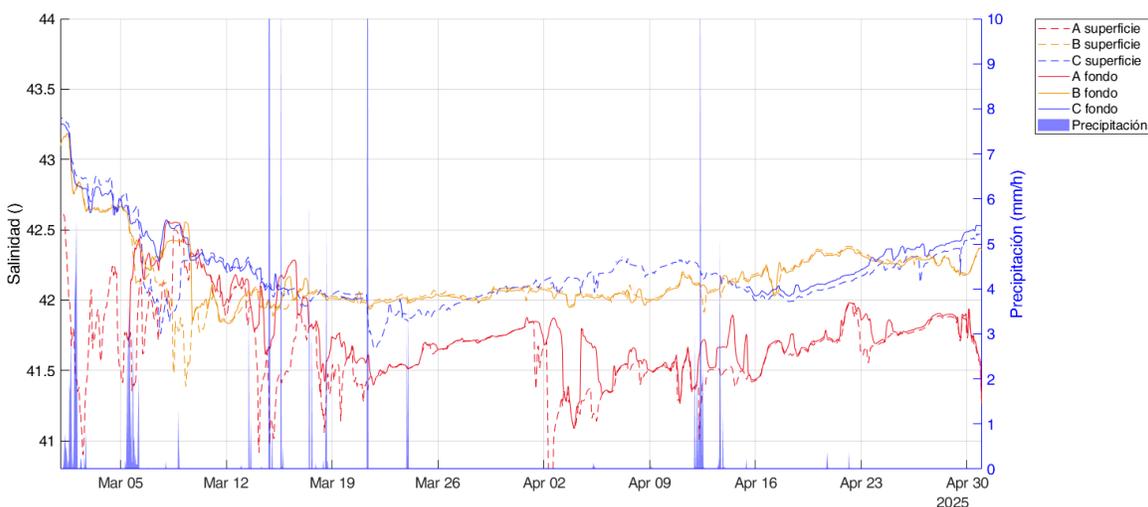


Figura 10: Datos de salinidad registrados por las estaciones de monitoreo continuo de las boyas y landers. Se muestran las series temporales correspondientes a las estaciones A, B, C, representadas en color rojo, amarillo y azul, respectivamente. En las estaciones A, B y C, se distingue superficie (línea continua) y fondo (línea discontinua).

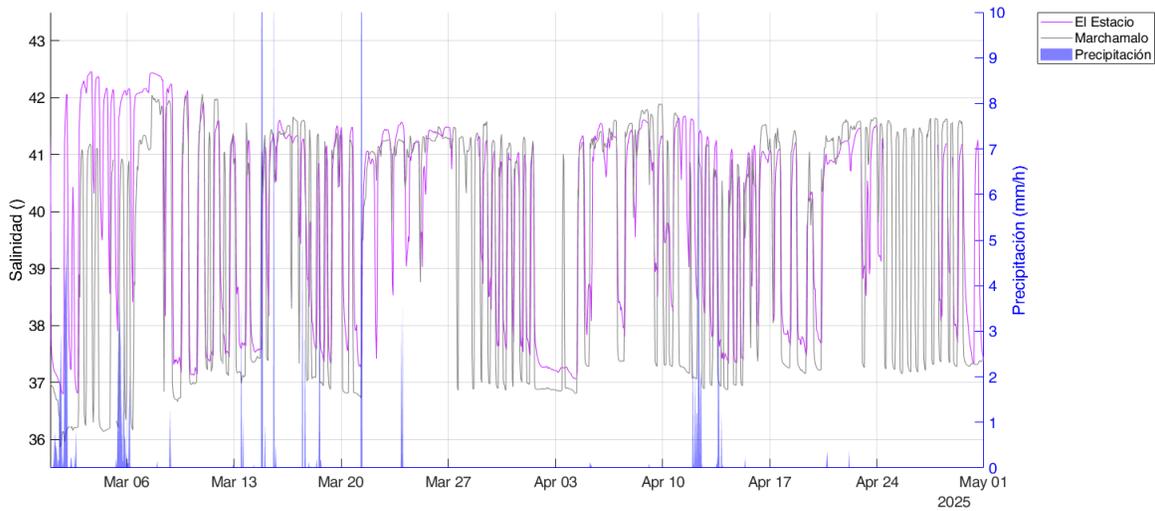


Figura 11: Datos de salinidad registrados por las estaciones de monitoreo continuo de las boyas y landers instalados en enero de 2025. Se muestran las series temporales correspondientes a las estaciones del Estacio y Marchamalo, representadas en color rosa y negro, respectivamente.

## 4.4. Concentración de la clorofila-*a*

### 4.4.1 Clorofila muestreos *in situ* y sistema de monitoreo continuo

Con respecto a las medidas de clorofila-*a* tomadas *in situ*, en la zona de la “mancha blanca” (estación M) los valores medios de clorofila-*a* fueron consistentemente más elevados que en el resto de estaciones de muestreo en casi todo 2024 y los primeros meses de 2025 (Figura 12; Tabla 6). No obstante, la concentración media de esta variable en el resto de la laguna mostró un leve salto a concentraciones superiores a 1 mg/m<sup>3</sup> a partir del mes de junio de 2024, manteniéndose hasta finales del año 2024 entre dicho valor y 1,5 mg/m<sup>3</sup>, con cierta variabilidad temporal.

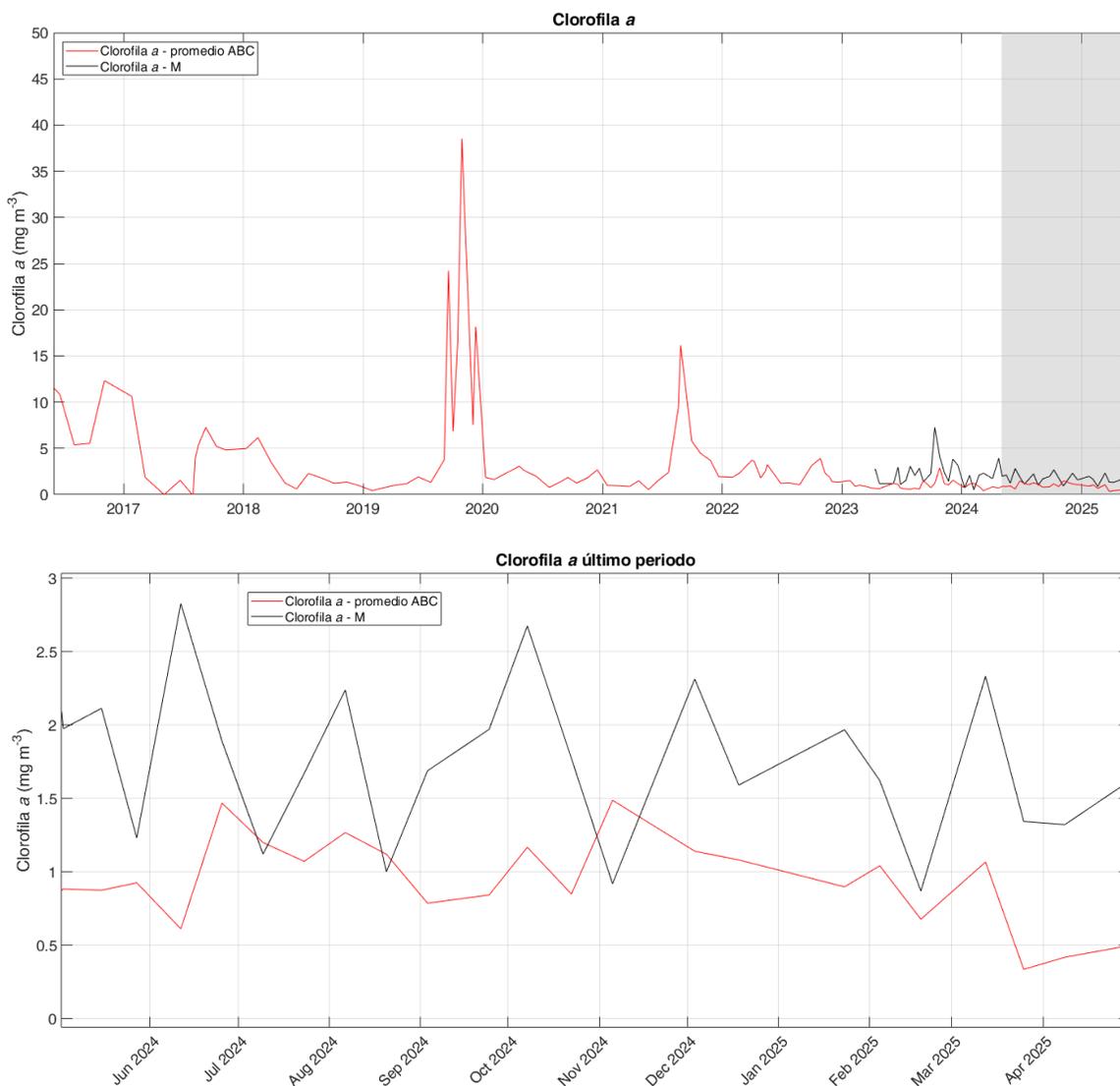


Figura 12: Datos de clorofila-a de las estaciones de BELICH (fluorescencia, sin calibrar hasta que haya más muestreos disponibles)

Tabla 6: Valores medios, mínimos (Min) y máximos (Max) de clorofila-a por año, medidos durante los muestreos in situ. Std: desviación estándar.

Clorofila-a (mg/m <sup>3</sup> )		4 m profundidad			
Año	Estación	Media	Std	Min	Max
2016	Invierno	---	---	---	---
	Primavera	---	---	---	---
	Verano	5,46	0,11	5,38	5,54
	Otoño	12,33	0,00	12,33	12,33
	Anual	9,26	3,52	5,38	12,33



2017	Invierno	6,24	6,20	1,86	10,63
	Primavera	0,77	1,10	0,00	1,55
	Verano	4,15	3,13	0,00	7,27
	Otoño	5,02	0,28	4,83	5,22
	Anual	4,07	3,37	0,00	10,63
2018	Invierno	4,86	1,36	3,45	6,16
	Primavera	0,92	0,44	0,61	1,23
	Verano	2,01	0,39	1,74	2,29
	Otoño	1,18	0,19	0,98	1,35
	Anual	2,40	1,87	0,61	6,16
2019	Invierno	0,55	0,18	0,42	0,69
	Primavera	1,36	0,49	0,97	1,91
	Verano	9,77	12,59	1,31	24,24
	Otoño	20,00	13,02	6,84	38,52
	Anual	11,03	12,87	0,42	38,52
2020	Invierno	1,74	0,16	1,62	1,86
	Primavera	2,56	0,54	1,99	3,06
	Verano	1,35	0,54	0,78	1,85
	Otoño	1,91	0,72	1,24	2,67
	Anual	1,91	0,67	0,78	3,06
2021	Invierno	0,94	0,06	0,87	1,00
	Primavera	1,15	0,53	0,53	1,49
	Verano	8,43	5,89	2,39	16,16
	Otoño	3,37	1,30	1,93	4,48
	Anual	3,85	4,47	0,53	16,16
2022	Invierno	2,64	0,96	1,86	3,71
	Primavera	2,49	0,99	1,22	3,61
	Verano	1,82	1,13	1,07	3,12
	Otoño	2,17	1,05	1,34	3,91
	Anual	2,29	0,97	1,07	3,91
2023	Invierno	1,00	0,30	0,71	1,50
	Primavera	1,11	0,33	0,78	1,57
	Verano	1,14	0,21	0,83	1,48
	Otoño	2,06	0,78	1,14	3,19
	Anual	1,35	0,63	0,71	3,19
2024	Invierno	1,04	0,25	0,73	1,37
	Primavera	1,24	0,22	1,00	1,57
	Verano	1,19	0,17	1,01	1,51
	Otoño	1,32	0,18	1,08	1,54
	Anual	1,20	0,22	0,73	1,57
2025	Invierno	1,01	0,34	0,59	1,38
	Primavera*	0,70	0,09	0,64	0,77



Anual*	0,92	0,31	0,59	1,38
--------	------	------	------	------

\*Hasta 28/04/2025

En las Figuras 13, 14, 15 y 16 se presentan los valores de la concentración de clorofila-*a* observados en la columna de agua para las 4 estaciones de muestreo *in situ*. Estos perfiles permiten ilustrar mejor las variaciones espacio-temporales en la laguna en las diferentes estaciones de muestreo *in situ* a diferentes profundidades. Además, en estas figuras se representa la variación temporal de luz disponible en el fondo como porcentaje de irradiancia superficial (%I<sub>0</sub>) a 4 metros de profundidad.

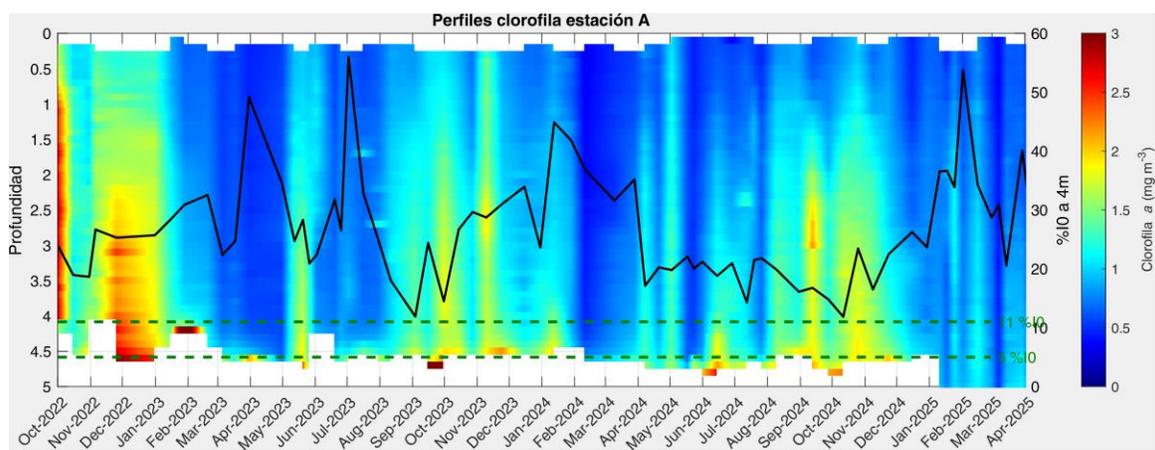


Figura 13: Perfiles de clorofila-*a* obtenidos durante los muestreos del proyecto BELICH en la Estación A. Los valores más altos se representan con colores cálidos (rojos), mientras que los valores más bajos se muestran con colores fríos (azules). Estos perfiles se presentan en función de la profundidad. La línea negra indica el %I<sub>0</sub> que alcanza los 4 metros

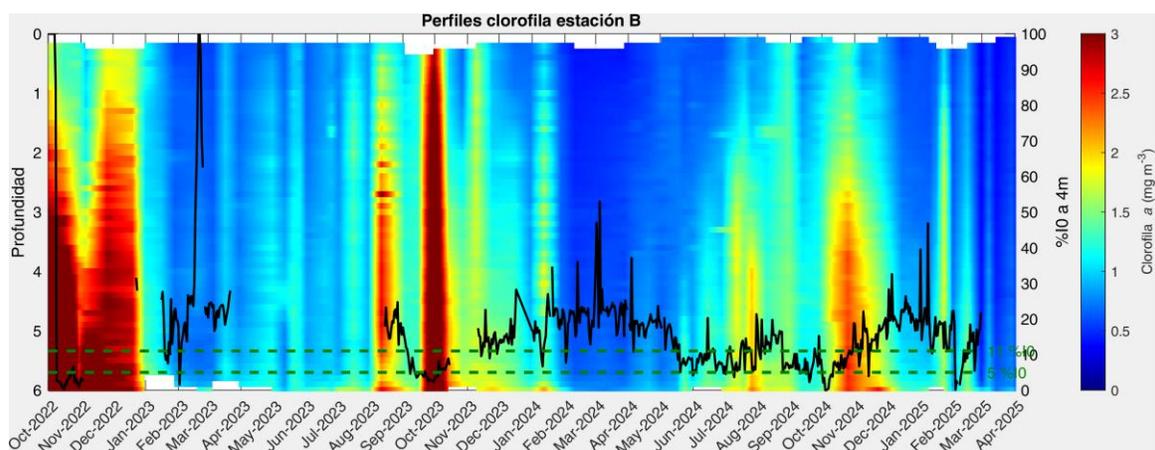


Figura 14: Perfiles de clorofila-*a* obtenidos durante los muestreos del proyecto BELICH en la Estación B. Los valores más altos se representan con colores cálidos (rojos), mientras que los valores más bajos se muestran con colores fríos (azules).



(azules). Estos perfiles se presentan en función de la profundidad. La línea negra indica el %I<sub>0</sub> que alcanza los 4 metros

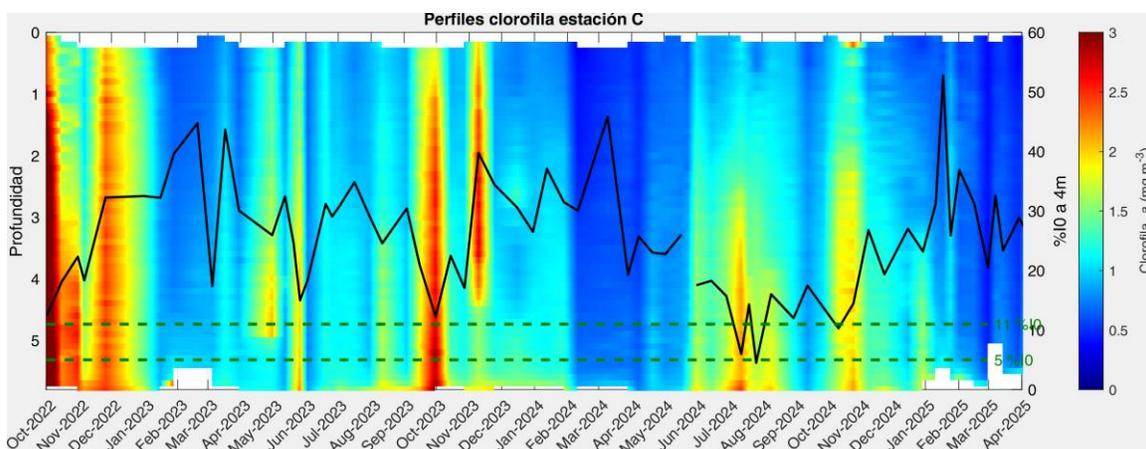


Figura 15: Perfiles de clorofila-*a* obtenidos durante los muestreos del proyecto BELICH en la Estación C. Los valores más altos se representan con colores cálidos (rojos), mientras que los valores más bajos se muestran con colores fríos (azules). Estos perfiles se presentan en función de la profundidad. La línea negra indica el %I<sub>0</sub> que alcanza los 4 metros

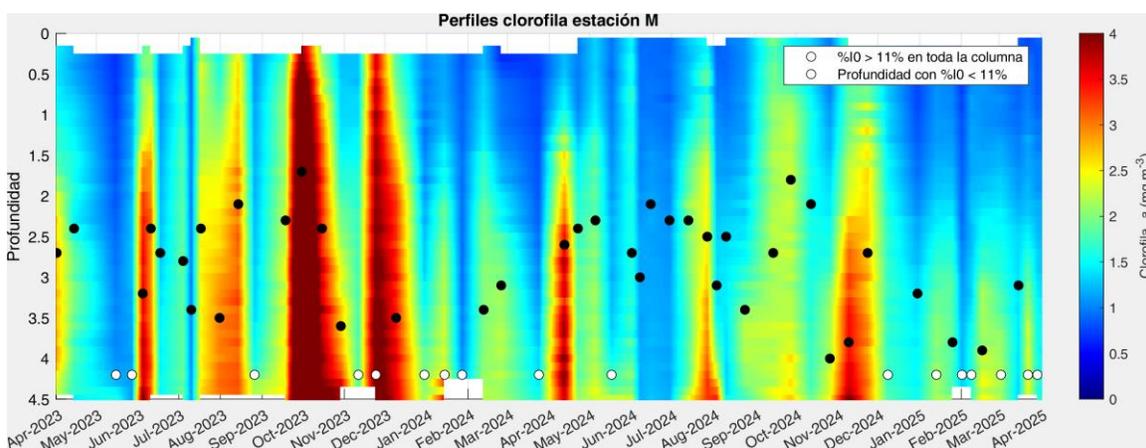


Figura 16: Perfiles de clorofila-*a* obtenidos durante los muestreos del proyecto BELICH en la Estación M. Los valores altos se representan con colores cálidos (rojos), mientras que los valores bajos se muestran con colores fríos (azules). Estos perfiles se presentan en función de la profundidad. Los puntos negros, indican la profundidad a partir de la cual el %I<sub>0</sub> es limitante para el crecimiento de los macrófitos (<10%), los puntos blancos indican los casos para los que el %I<sub>0</sub> no es limitante en toda la columna del agua.

Durante el periodo analizado (noviembre de 2022 a abril de 2025) en las gráficas anteriores se aprecia el comportamiento altamente fluctuante de la clorofila-*a* en la columna de agua, alternando periodos de concentraciones elevadas (< 2,5 mg/m<sup>3</sup>) con periodos de concentraciones mínimas (< 1 mg/m<sup>3</sup>). La duración de estos periodos es muy variable, entre 1



semana y varios meses, siendo los de la zona de la mancha blanca los de mayor intensidad y duración (Figura 16). En el resto de la laguna, la intensidad de estos episodios es, en general, significativamente menor, siendo las estaciones B y C las que muestran episodios de mayor intensidad. En las estaciones A, B y C, estas variaciones de la concentración de clorofila-a en la columna de agua muestran una estrecha correlación negativa con las de la turbidez de la columna de agua y, en consecuencia, con la cantidad de luz que llega a una determinada profundidad, respecto a la que atraviesa la superficie del agua (es decir, ‰). La estación B, situada en el centro de la laguna, es donde se detectan más indicios de limitación lumínica en el fondo, ya que los niveles de irradiancia permanecen dentro del umbral crítico para la fotosíntesis de los macrófitos bentónicos (10–5% ‰) durante aproximadamente seis meses, entre junio y noviembre de 2024. No obstante, a comienzos de 2025, los niveles de clorofila-a han disminuido de forma considerable en toda la laguna, siendo la estación A (excluyendo la zona de la 'mancha') la que ha registrado los valores ligeramente más elevados (Figuras 13, 14 y 15).

En la estación M los episodios de incremento de la clorofila-*a* son más frecuentes, intensos y prolongados con respecto al resto de la laguna (Figura 16). En este caso también parece que esta reducción de la luz no se explica totalmente por las variaciones de la clorofila-*a*. Hasta finales de diciembre de 2024, en la estación M la luz en la columna de agua se encontraba por encima del umbral de 11‰, en tan solo un 27% de las mediciones realizadas (n = 48).

Gracias al sistema de monitoreo continuo se pueden apreciar los ciclos diarios de la concentración de clorofila-*a*, con valores más altos por la noche (~1,7 mg/l) y mínimos al medio día (~0,5 mg/l). Durante los últimos dos meses, los niveles de clorofila han ido fluctuando, alcanzando los valores máximos tras las lluvias de principios de marzo y mediados de abril (tal y como hemos visto en anteriores apartados y en el informe específico publicado en marzo ([link](#))). Durante las lluvias de marzo, los valores más altos se registraron en la boya de la estación B, mientras que, tras las lluvias de abril, fue la boya de la estación C la que mostró las concentraciones más elevadas (Figura 17).

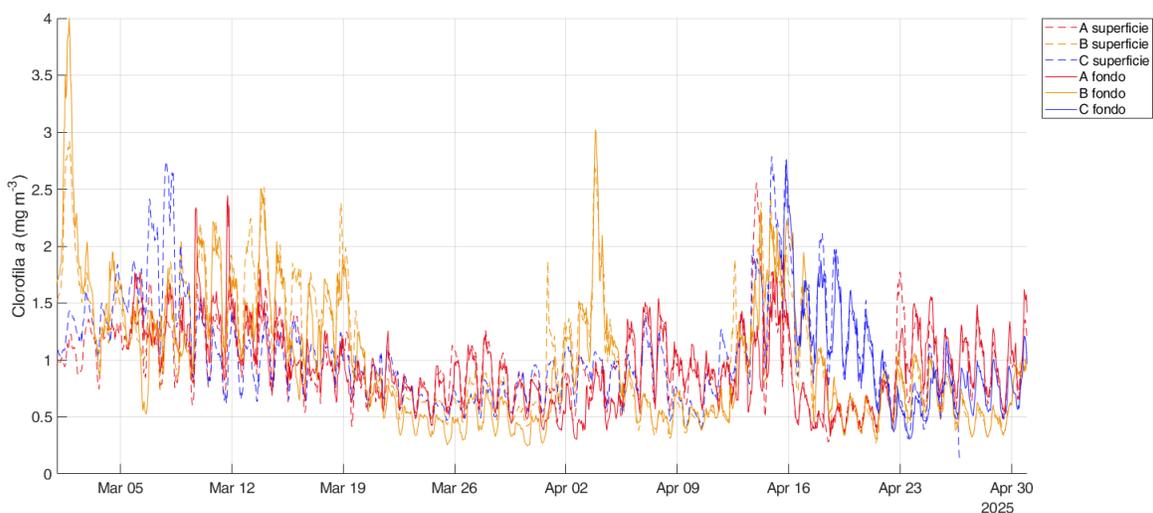


Figura 17: Datos de concentración de clorofila registrados por las estaciones de monitoreo continuo de las boyas y landers. Se muestran las series temporales correspondientes a las estaciones A, B, C, representadas en color rojo, amarillo y azul, respectivamente. En las estaciones A, B y C, se distingue superficie (línea continua) y fondo (línea discontinua).

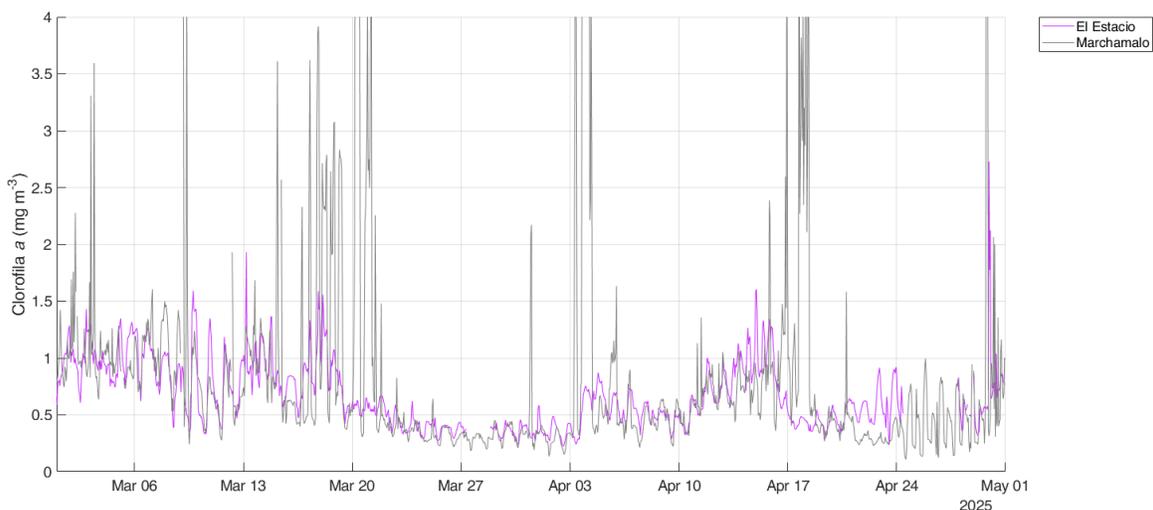


Figura 18: Datos de concentración de clorofila registrados por las estaciones de monitoreo continuo de las boyas y landers instalados en enero de 2025. Se muestran las series temporales correspondientes a las estaciones del Estacio y Marchamalo, representadas en color rosa y negro, respectivamente.

#### 4.5. Turbidez

A partir de los datos de radiación PAR registrados en los muestreos *in situ* y en los sensores instalados de forma permanente en el fondo, se observa que la turbidez de la columna de agua (determinada como  $K_d$ , coeficiente de extinción de la luz; Tabla 7 y Figura 19) sigue una dinámica temporal similar a la clorofila- $a$ , altamente fluctuante. En general, desde finales de



2022 se aprecia una tendencia general descendente de los valores medios del coeficiente de extinción de luz en la laguna, lo que indica que las aguas son relativamente más transparentes desde esa fecha. Durante los primeros meses de 2025, los valores de  $K_d$  en la laguna se han mantenido relativamente constantes, oscilando entre 0,2 y 0,4  $m^{-1}$ . Sin embargo, la zona de la “mancha blanca” ha mostrado de manera consistente valores significativamente más altos que el resto de la laguna, atribuibles a su elevada turbidez (Figura 19).

Como ocurrió en abril y en noviembre de 2024, tras las lluvias del mes de febrero de 2025, los niveles de  $K_d$  disminuyeron en la estación M igualándose a los del resto de la laguna, lo que coincidió con la bajada de clorofila-*a* comentada en el apartado anterior (Figura 19).

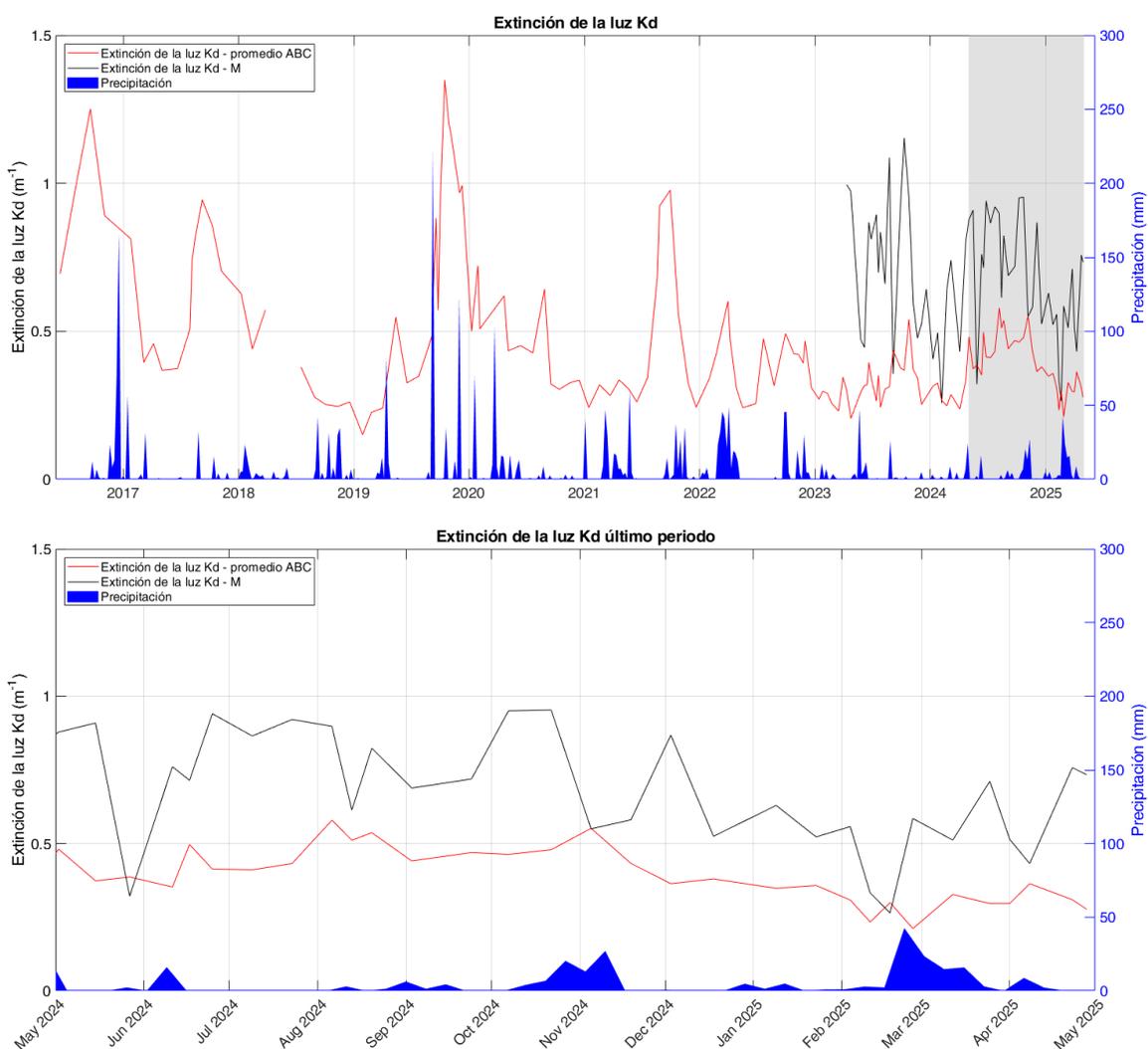


Figura 19: Coeficiente de extinción de la luz a partir de los datos obtenidos en los muestreos del proyecto DMMEM y BELICH en las estaciones de muestreo A, B, C y M, comparado con la precipitación en el aeropuerto de San Javier obtenido a partir de los datos de la AEMET. En la parte superior se muestra la serie desde 2016 y en la parte inferior el



último año.

La Figura 20 muestra la irradiancia tanto en superficie como en el fondo registrada por la boya de monitoreo continuo ubicada en la estación B. Durante las lluvias de principios de marzo, se observó un aumento de la turbidez en la laguna, lo que elevó los valores de  $K_d$  y redujo casi a cero la luz disponible en el fondo. En cambio, durante las precipitaciones del 12 de abril, aunque la cobertura nubosa disminuyó la irradiancia superficial, no se produjo un aumento significativo de la turbidez, por lo que el coeficiente de atenuación de la luz permaneció estable.

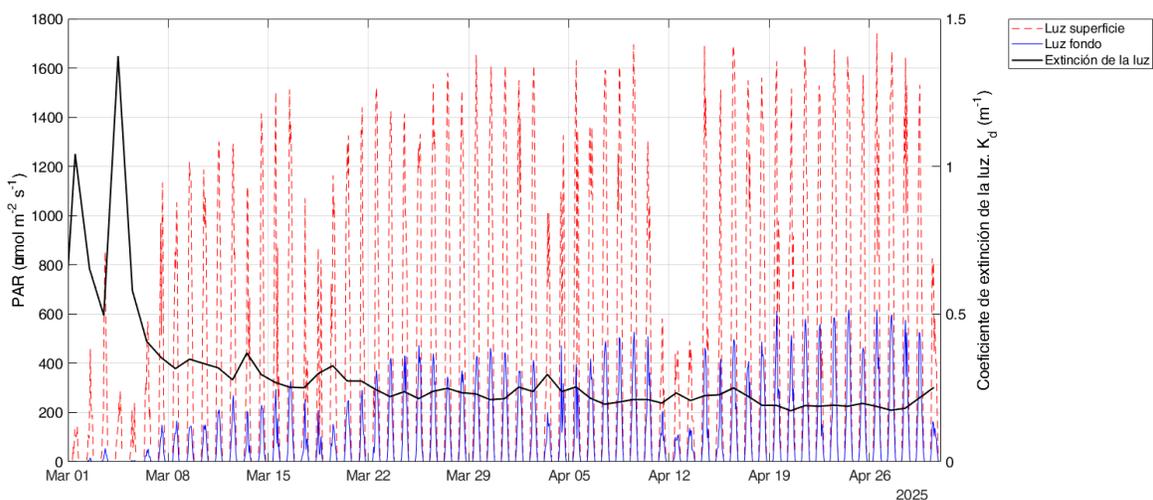


Figura 20: Datos de coeficiente de extinción de la luz registrados por las estaciones de monitoreo continuo de la boya en la estación B.

Tabla 7: Valores mínimos y máximos de extinción de la luz por año medidos durante los muestreos in situ.

Extinción de luz $K_d$ ( $m^{-1}$ )		4 m profundidad			
Año	Estación	Media	Std	Min	Max
2016	Invierno	---	---	---	---
	Primavera	---	---	---	---
	Verano	1,12	0,19	0,98	1,25
	Otoño	0,89	0,00	0,89	0,89
	Anual	0,95	0,23	0,69	1,25
2017	Invierno	0,60	0,30	0,39	0,81
	Primavera	0,40	0,05	0,37	0,46
	Verano	0,75	0,18	0,51	0,94
	Otoño	0,78	0,11	0,70	0,86
	Anual	0,63	0,22	0,37	0,94



2018	Invierno	0,55	0,10	0,44	0,63
	Primavera				
	Verano	0,33	0,07	0,28	0,38
	Otoño	0,25	0,01	0,25	0,26
	Anual	0,38	0,15	0,25	0,63
2019	Invierno	0,19	0,05	0,15	0,23
	Primavera	0,37	0,16	0,24	0,55
	Verano	0,59	0,20	0,35	0,88
	Otoño	1,10	0,16	0,95	1,35
	Anual	0,69	0,39	0,15	1,35
2020	Invierno	0,58	0,13	0,50	0,72
	Primavera	0,50	0,10	0,43	0,62
	Verano	0,46	0,16	0,32	0,64
	Otoño	0,32	0,02	0,30	0,33
	Anual	0,47	0,14	0,30	0,72
2021	Invierno	0,28	0,04	0,24	0,32
	Primavera	0,30	0,04	0,26	0,34
	Verano	0,73	0,29	0,34	0,98
	Otoño	0,37	0,16	0,24	0,56
	Anual	0,45	0,26	0,24	0,98
2022	Invierno	0,46	0,13	0,34	0,60
	Primavera	0,31	0,09	0,24	0,47
	Verano	0,43	0,10	0,32	0,49
	Otoño	0,40	0,06	0,31	0,47
	Anual	0,39	0,10	0,24	0,60
2023	Invierno	0,28	0,04	0,23	0,35
	Primavera	0,42	0,07	0,34	0,51
	Verano	0,44	0,05	0,39	0,51
	Otoño	0,45	0,13	0,32	0,64
	Anual	0,40	0,10	0,23	0,64
2024	Invierno	0,34	0,04	0,26	0,38
	Primavera	0,47	0,10	0,29	0,58
	Verano	0,56	0,05	0,50	0,66
	Otoño	0,52	0,07	0,42	0,60
	Anual	0,48	0,10	0,26	0,66
2025	Invierno	0,35	0,06	0,26	0,42
	Primavera	0,39	0,03	0,35	0,42
	Anual*	0,36	0,05	0,26	0,42

\*Hasta 28/04/2025

Como se aprecia en la Figura 21, durante el 80% del periodo de estudio, en la estación M se han registrado en el fondo valores medios de %<sub>o</sub> por debajo de los niveles críticos para el



crecimiento fotosintético de los macrófitos bentónicos (<10% respecto a la radiación superficial) debido a la turbidez extrema registrada en esta zona de la laguna. Esta observación es consistente con la casi total ausencia de vegetación bentónica en el área de la superficie ocupada por la mancha blanca (<https://www.ieo.es/documents/>).

La luz PAR disponible (%I<sub>0</sub>) en el fondo en la estación M ha ido variando a lo largo del año 2024. Desde junio de 2024 ha tenido valores de %I<sub>0</sub> inferiores al 10%, llegando a estar por debajo del 5% en casi todos los muestreos de verano y otoño. Esto da una idea del comportamiento anormalmente estable de esta masa de agua blanquecina, no observable en las plumas creadas por vertidos desde tierra o emisarios, que son mucho más variables en función de vientos, corrientes, etc. Esta estabilidad explica la ausencia de vegetación reportada en el informe específico sobre la mancha blanca presentado en mayo de 2024 (IEO-CSIC 2024; [link](#)).

A comienzos de 2025 se registró una disminución temporal de la turbidez en la estación M, lo que favoreció un aumento de la disponibilidad de luz PAR en el fondo, alcanzándose valores óptimos en varios muestreos puntuales. Sin embargo, la luz se ha mantenido en niveles próximos al umbral crítico durante todo el periodo, sin que se haya producido una fase prolongada que pudiera favorecer el desarrollo sostenido de la vegetación bentónica (Figura 21).

En el resto de la laguna, los valores de irradiancia (%I<sub>0</sub>) han mantenido niveles óptimos para el desarrollo de los macrófitos durante gran parte de 2024, excepto la parte central de laguna (estación B). En los primeros meses de 2025, parece que la luz disponible en el fondo ha aumentado, gracias al descenso de la turbidez y concentración de clorofila, tal y como hemos visto en apartados anteriores.

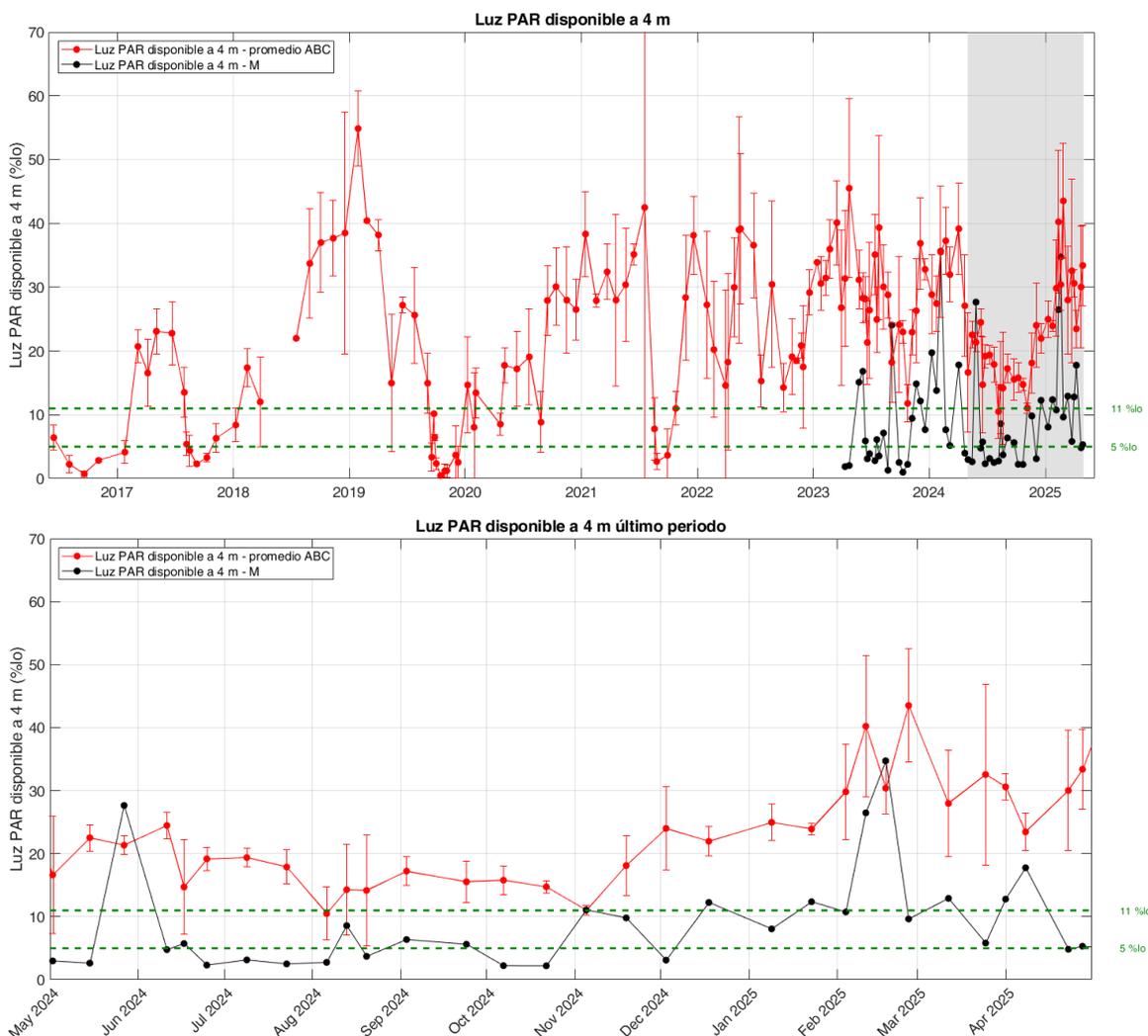


Figura 21: Evolución del porcentaje de radiación PAR que atraviesa la superficie del agua y que alcanza la profundidad de 4 metros. La línea negra muestra la media de la luz PAR que alcanza los 4 m en los puntos de muestreos A, B y C. La línea continua verde representa la luz PAR disponible a 4 m en la estación M. Las líneas verdes discontinuas representan los niveles de 11% y 5%, críticos para el crecimiento fotosintético de la vegetación bentónica. En la parte superior se muestra la serie desde 2016 y en la parte inferior el último año.

En las Figuras 22, 23, 24 y 26 se presentan las variaciones espacio-temporales de turbidez obtenidas a partir de los perfiles registrados con la sonda multiparamétrica en las cuatro estaciones de muestreo. En las estaciones A y B se observó un notable incremento de turbidez en octubre, lo que generó una significativa reducción del %I<sub>0</sub>, especialmente en la estación B donde se alcanzaron valores del 5 %I<sub>0</sub> cuando la turbidez superó los 0,9 FTU. No obstante, a partir de diciembre de 2024 los valores de turbidez se redujeron significativamente en ambas



estaciones.

En la estación M, tal y como hemos comentado anteriormente, se han registrado los niveles más altos de turbidez de toda la laguna. En esta estación, la relación entre la turbidez y la profundidad a partir de la cual la luz resulta limitante para el crecimiento de macrófitos es especialmente evidente, destacando un incremento puntual de turbidez concentrado en el fondo (más allá de los 3 metros) hacia finales de septiembre, que desaparece a finales del año y principios de 2025, pero que volvió a manifestarse, aunque de forma más leve, durante los meses de febrero y marzo de 2025 (Figura 25).

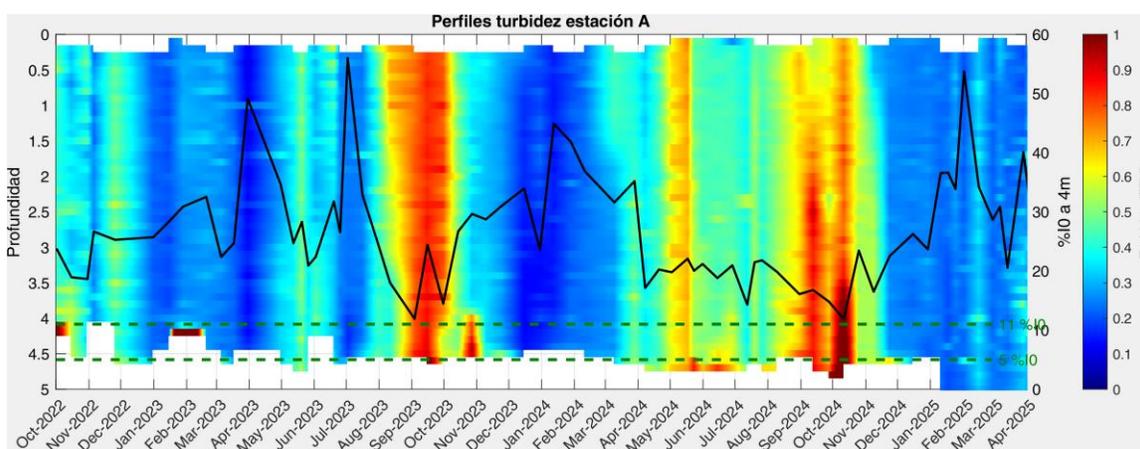


Figura 22: Perfiles de turbidez obtenidos durante los muestreos del proyecto BELICH en la Estación A. Los valores altos se representan con colores cálidos (rojos), mientras que los valores bajos se muestran con colores fríos (azules). Estos perfiles se presentan en función de la profundidad. La línea negra indica el %I<sub>0</sub> que alcanza los 4 metros.

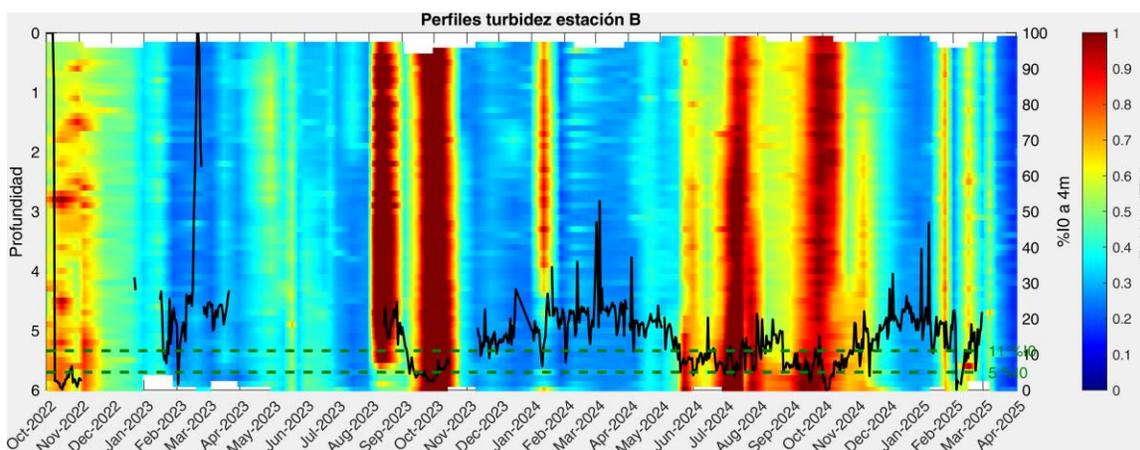


Figura 23: Perfiles de turbidez obtenidos durante los muestreos del proyecto BELICH en la Estación B. Los valores altos se representan con colores cálidos (rojos), mientras que los valores bajos se muestran con colores fríos (azules). Estos



perfiles se presentan en función de la profundidad. La línea negra indica el %I<sub>0</sub> que alcanza los 4 metros.

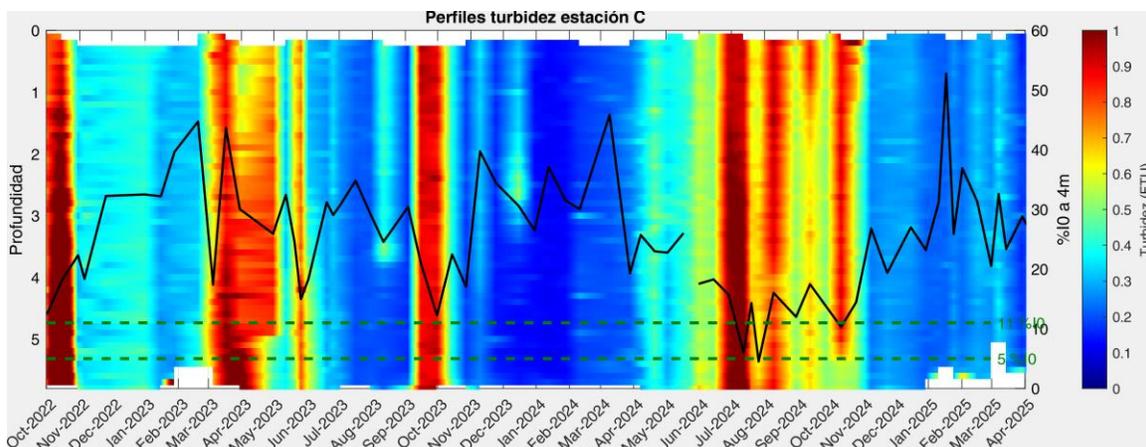


Figura 24: Perfiles de turbidez obtenidos durante los muestreos del proyecto BELICH en la Estación C. Los valores altos se representan con colores cálidos (rojos), mientras que los valores bajos se muestran con colores fríos (azules). Estos perfiles se presentan en función de la profundidad. La línea negra indica el %I<sub>0</sub> que alcanza los 4 metros.

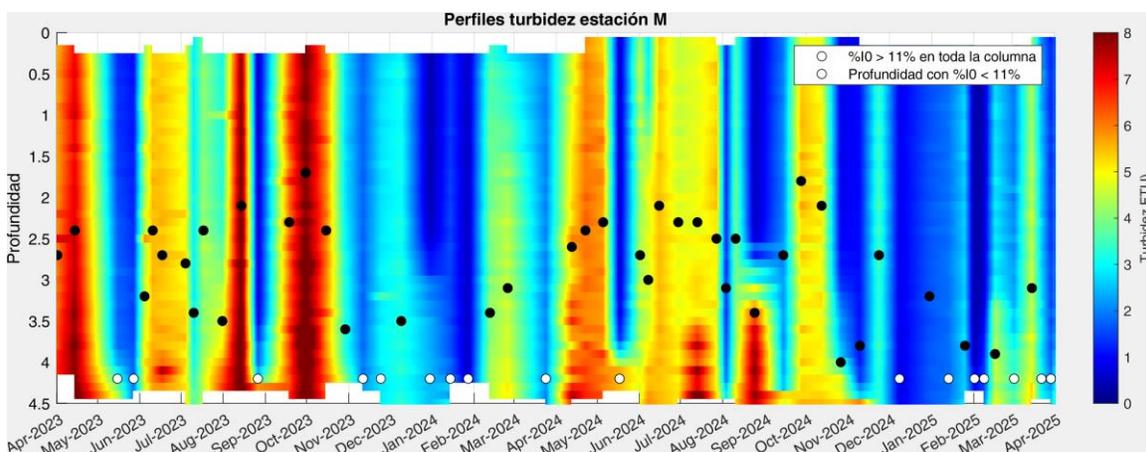


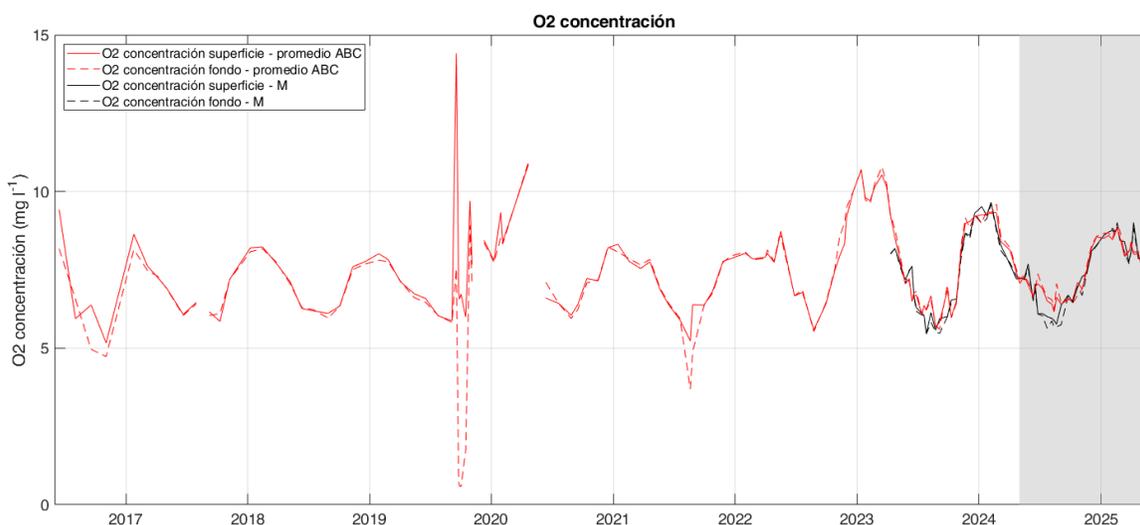
Figura 25: Perfiles de turbidez obtenidos durante los muestreos del proyecto BELICH en la Estación M. Los valores altos se representan con colores cálidos (rojos), mientras que los valores bajos se muestran con colores fríos (azules). Estos perfiles se presentan en función de la profundidad. Los puntos negros, indican la profundidad a partir de la cual el %I<sub>0</sub> es limitante para el crecimiento de los macrófitos (<10%), los puntos blancos indican que la el %I<sub>0</sub> no es limitante en toda la columna del agua.

## 4.6. Oxígeno

Las concentraciones medias de oxígeno registrados durante los muestreos *in situ* en invierno de 2024 alcanzaron valores máximos propios de la época del año (media de 9,4 mg/l);



experimentando a continuación una disminución característica desde el periodo primaveral, y alcanzando valores medios mínimos en verano de 6,4 mg/l, lo que coincidió con el aumento de la temperatura. Tras esta disminución estival, a partir de otoño se observa un cambio de tendencia (aumento), siguiendo la variación típica de esta variable (Tabla 8; Figura 26). Además, la concentración de oxígeno no muestra grandes diferencias entre las capas superficiales y profundas, lo que indica ausencia de procesos de estratificación termohalina en la columna de agua que interfieran en la difusión de oxígeno. De hecho, no se han apreciado síntomas de déficit de oxígeno críticos para el ecosistema lagunar (hipoxia, anoxia) desde el último evento registrado en 2021. Por otro lado, aunque no se observa ninguna alteración significativa de los patrones de variación natural de esta variable en la estación M, en esta localidad se han registrado desde finales de junio de 2024 valores de oxígeno ligeramente por debajo de los registrados en el resto de estaciones de muestreo, pero sin alcanzar valores críticos en ninguna ocasión (Figura 26). Desde otoño del 2024, los niveles de oxígeno de la laguna han mostrado una tendencia ascendente, típica de esta época del año, alcanzando sus valores máximos entre febrero y abril de 2025.



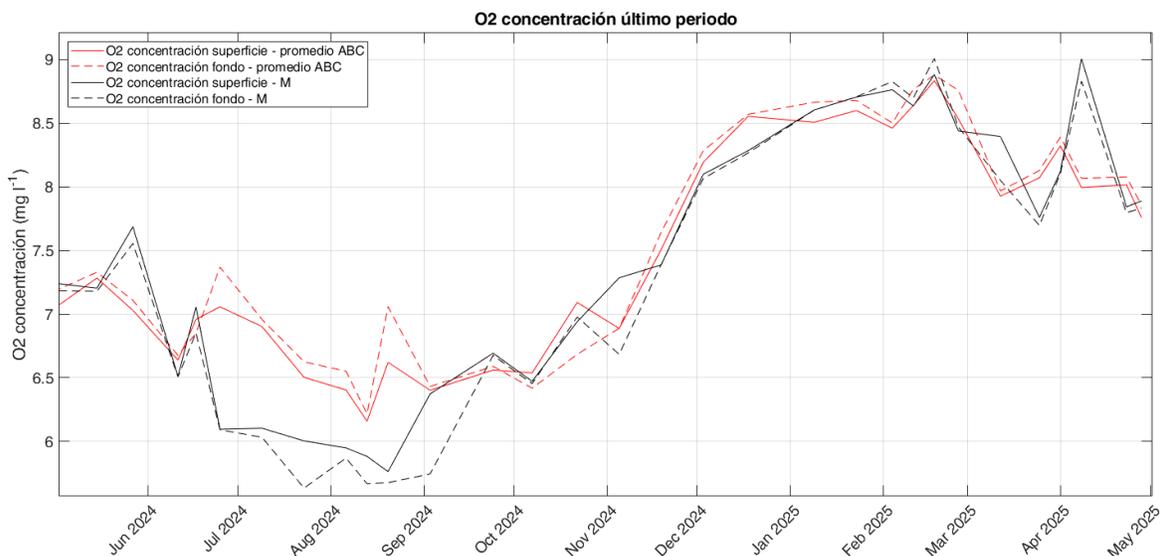


Figura 26: Series temporales promedio de oxígeno disuelto para las capas superficiales (0,5 m; línea continua) y de fondo (entre 4 y 6m dependiendo de la estación, Figura 1; línea discontinua) de los muestreos del proyecto DMMEM y BELICH para las estaciones de muestreo A, B, C y M de la laguna del Mar Menor.

Tabla 8: Valores medios, mínimos (Min) y máximos (Max) de oxígeno disuelto por año medidos en superficie (0,5 m) y fondo (4-6m dependiendo de la estación. Figura 1), durante los muestreos. Std: desviación estándar.

Oxígeno disuelto (mg/l)		Superficie				Fondo			
Año	Estación	Media	Std	Min	Max	Media	Std	Min	Max
2016	Invierno	---	---	---	---	---	---	---	---
	Primavera	---	---	---	---	---	---	---	---
	Verano	6,2	0,3	5,9	6,4	5,8	1,1	5,0	6,6
	Otoño	5,2	0,0	5,2	5,2	4,7	0,0	4,7	4,7
	Anual	6,7	1,9	5,2	9,4	6,1	1,6	4,7	8,2
2017	Invierno	8,1	0,7	7,6	8,6	7,8	0,5	7,5	8,1
	Primavera	6,7	0,6	6,1	7,2	6,7	0,6	6,0	7,3
	Verano	6,3	0,2	6,2	6,5	6,2	0,3	6,0	6,4
	Otoño	6,5	0,9	5,9	7,2	6,6	0,8	6,1	7,2
	Anual	6,9	0,9	5,9	8,6	6,8	0,7	6,0	8,1
2018	Invierno	8,1	0,3	7,7	8,2	8,0	0,2	7,8	8,2
	Primavera	6,7	0,6	6,3	7,1	6,7	0,5	6,3	7,1
	Verano	6,1	0,1	6,1	6,2	6,1	0,2	6,0	6,2
	Otoño	7,2	0,8	6,3	7,8	7,2	0,7	6,3	7,7
	Anual	7,2	0,9	6,1	8,2	7,1	0,8	6,0	8,2
2019	Invierno	7,9	0,1	7,8	8,0	7,8	0,0	7,8	7,8
	Primavera	6,8	0,3	6,6	7,1	6,7	0,4	6,5	7,1



	Verano	7,9	3,6	5,9	14,4	4,2	3,2	0,6	7,5
	Otoño	7,7	1,4	6,0	9,7	5,3	3,9	0,6	8,9
	Anual	7,6	2,1	5,9	14,4	5,5	3,0	0,6	8,9
2020	Invierno	8,5	0,8	7,8	9,3	8,2	0,4	7,7	8,5
	Primavera	8,7	3,0	6,6	10,9	9,0	2,7	7,1	10,9
	Verano	6,3	0,2	6,0	6,4	6,2	0,2	5,9	6,4
	Otoño	7,5	0,6	7,1	8,2	7,5	0,6	7,1	8,2
	Anual	7,7	1,5	6,0	10,9	7,6	1,4	5,9	10,9
2021	Invierno	7,9	0,4	7,5	8,3	7,9	0,2	7,7	8,1
	Primavera	7,0	0,7	6,4	7,8	7,1	0,7	6,4	7,8
	Verano	6,0	0,5	5,2	6,4	5,2	1,2	3,7	6,4
	Otoño	7,5	0,6	6,8	7,9	7,5	0,6	6,8	8,0
	Anual	7,0	0,9	5,2	8,3	6,8	1,3	3,7	8,1
2022	Invierno	7,9	0,1	7,8	8,0	7,9	0,1	7,8	8,1
	Primavera	7,9	0,8	6,7	8,7	7,9	0,8	6,7	8,6
	Verano	6,3	0,6	5,6	6,8	6,3	0,7	5,5	6,9
	Otoño	8,6	1,0	7,5	10,0	8,9	0,9	7,6	10,0
	Anual	7,8	1,1	5,6	10,0	7,9	1,1	5,5	10,0
2023	Invierno	10,2	0,4	9,7	10,7	10,2	0,5	9,6	10,8
	Primavera	7,4	0,9	6,6	8,9	7,3	0,9	6,6	8,7
	Verano	6,2	0,4	5,7	6,6	6,1	0,5	5,2	6,8
	Otoño	8,0	1,3	6,1	9,2	8,0	1,4	6,1	9,3
	Anual	7,8	1,7	5,7	10,7	7,8	1,7	5,2	10,8
2024	Invierno	9,4	0,2	9,2	9,7	9,3	0,4	8,8	9,8
	Primavera	7,2	0,4	6,6	8,0	7,2	0,5	6,6	8,1
	Verano	6,4	0,2	6,1	6,7	6,5	0,3	6,0	6,8
	Otoño	7,4	0,8	6,5	8,5	7,4	0,9	6,3	8,5
	Anual	7,4	1,0	6,1	9,4	7,4	1,0	6,0	9,4
2025	Invierno*	8,5	0,3	8,0	8,8	8,5	0,3	8,0	8,9
	Primavera*	8,1	0,2	7,8	8,3	8,1	0,2	7,9	8,3
	Anual*	8,3	0,3	7,8	8,8	8,4	0,4	7,9	8,9

\*Hasta 28/04/2025

Gracias al sistema de monitoreo continuo se pueden observar las variaciones diarias en la concentración de oxígeno, con valores máximos durante la noche y mínimos al medio día; lo que coincide con el patrón observado en la clorofila (ver Apartado 4.3.1). Además, tal y como también se observa en la clorofila, los niveles más altos de oxígeno registrados durante estos primeros meses de monitoreo con el sistema se han observado en la boya de la estación B (Figura 27). Los episodios de lluvia han provocado descensos leves en la concentración de oxígeno, aunque en ningún caso se han alcanzado niveles de riesgo de hipoxia o anoxia. La Figura 28 muestra los niveles de oxígeno registrados en las golas de El Estacio y Marchamalo mediante los landers del sistema de monitoreo continuo. En ambos casos, los niveles se



mantuvieron óptimos y estables durante marzo y abril, con la excepción del episodio de lluvias de principios de marzo, que provocó un descenso en la concentración de oxígeno en Marchamalo, recuperándose una vez finalizado el evento.

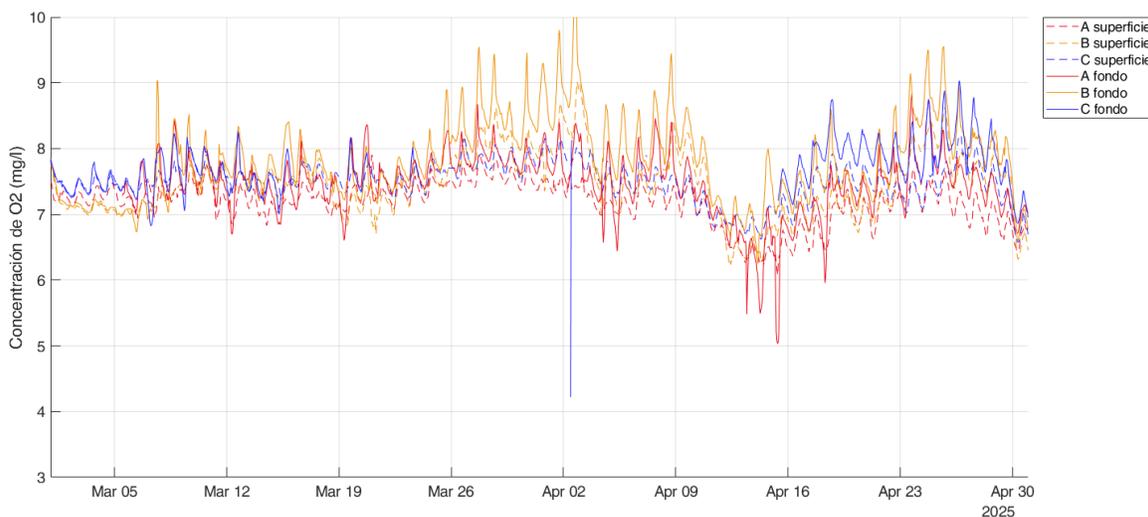


Figura 27: Datos de oxígeno disuelto registrados por las estaciones de monitoreo continuo de las boyas y landers. Se muestran las series temporales correspondientes a las estaciones A, B, C, representadas en color rojo, amarillo y azul, respectivamente. En las estaciones A, B y C, se distingue superficie (línea continua) y fondo (línea discontinua).

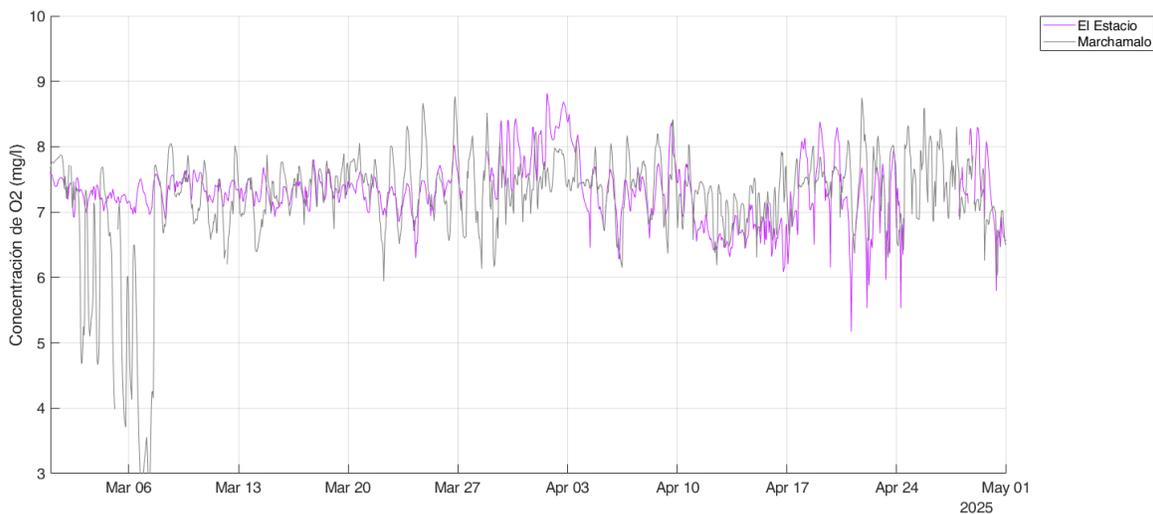


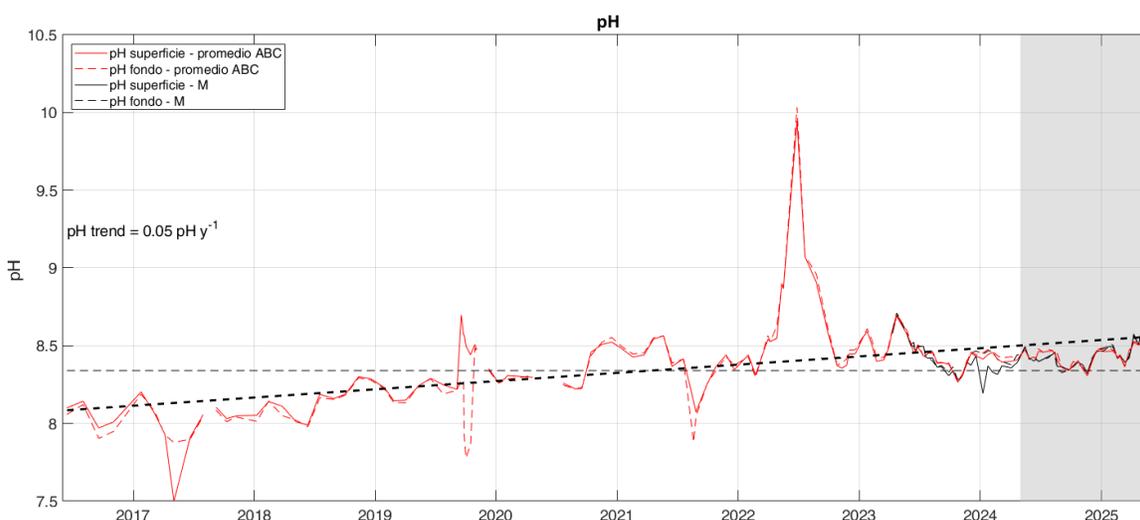
Figura 28: Datos de concentración de oxígeno registrados por las estaciones de monitoreo continuo de las boyas y landers instalados en enero de 2025. Se muestran las series temporales correspondientes a las estaciones del Estacio y Marchamalo, representadas en color rosa y negro, respectivamente.



## 4.7. pH

Los valores promedio del pH del Mar Menor se muestran en la Figura 29 y en la Tabla 9. Se observa una tendencia general positiva de aumento del pH de +0,06 unidades por año, experimentando un incremento neto para todo el periodo de estudio desde 8 a 8,6 (+0,6). Dentro de esta tendencia general se observan fluctuaciones episódicas que podrían responder a diferentes fenómenos o perturbaciones. Por ejemplo, la última parte del episodio de “sopa verde” en 2017 y en 2021 mostraron sendos eventos puntuales de acidificación, con una disminución de los valores de pH del orden de -0,5 unidades. Por el contrario, en marzo 2022, los valores de pH cambiaron y mostraron un aumento considerablemente anómalo hasta alcanzar en junio de 2022 valores de pH de 10. Posteriormente, los valores comenzaron a disminuir rápidamente de nuevo hasta alcanzar en septiembre de 2022 valores próximos a 8,5 unidades. Se desconoce la causa de este máximo eventual y excepcional.

La estación M experimentó una disminución de pH en superficie a principios de enero de 2024, presentando valores de hasta 8,2 (0,2 puntos inferior al resto de la laguna) que se mantuvieron hasta principios de marzo (Figura 29, Tabla 9). Tras este periodo, el pH de superficie en la estación M volvió a aumentar hasta alcanzar los mismos valores que en el resto de la laguna. A mediados de agosto de 2024, se observó una leve disminución en toda la laguna, que se ha mantenido hasta finales de año. Sin embargo, desde mediados de marzo de 2025, se ha observado un aumento del pH en la laguna, alcanzando valores en torno a 8,5. Será necesario seguir monitorizando en los próximos meses para confirmar si esta tendencia se mantiene o se trata de una fluctuación puntual.



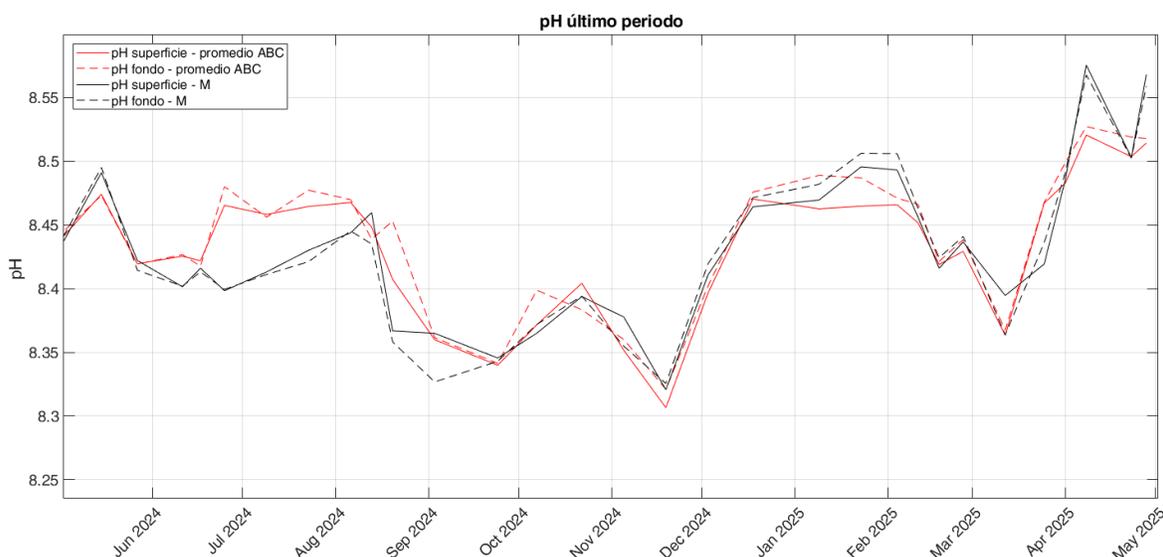


Figura 29: Valores de pH superficial (0,5m; línea continua) y pH del fondo (entre 4 y 6m dependiendo de la estación, Figura 1; línea discontinua) de los muestreos del proyecto DMMEM y BELICH en las estaciones de muestreo A, B, C y M de la laguna del Mar Menor durante el último año natural.

Tabla 9: Valores medios, mínimos (Min) y máximos (Max) de pH por año medidos en superficie (0,5 m) y fondo (4-6m dependiendo de la estación. Figura 1), durante los muestreos. Std: desviación estándar.

pH		Superficie				Fondo			
Año	Estación	Media	Std	Min	Max	Media	Std	Min	Max
2016	Invierno	---	---	---	---	---	---	---	---
	Primavera	---	---	---	---	---	---	---	---
	Verano	8,06	0,12	7,97	8,14	8,01	0,15	7,90	8,12
	Otoño	8,01	0,00	8,01	8,01	7,95	0,00	7,95	7,95
	Anual	8,06	0,08	7,97	8,14	8,01	0,10	7,90	8,12
2017	Invierno	8,13	0,10	8,06	8,20	8,13	0,08	8,08	8,19
	Primavera	7,78	0,24	7,50	7,93	7,90	0,02	7,88	7,93
	Verano	8,08	0,03	8,06	8,10	8,07	0,03	8,05	8,09
	Otoño	8,04	0,01	8,03	8,05	8,03	0,02	8,01	8,04
	Anual	7,98	0,20	7,50	8,20	8,02	0,10	7,88	8,19
2018	Invierno	8,10	0,04	8,05	8,14	8,07	0,07	8,01	8,14
	Primavera	8,00	0,01	7,99	8,01	8,00	0,03	7,98	8,02
	Verano	8,17	0,02	8,16	8,19	8,16	0,01	8,15	8,16
	Otoño	8,26	0,06	8,19	8,30	8,25	0,06	8,18	8,29
	Anual	8,14	0,11	7,99	8,30	8,13	0,11	7,98	8,29



2019	Invierno	8,19	0,06	8,15	8,23	8,18	0,06	8,14	8,22
	Primavera	8,23	0,07	8,15	8,29	8,22	0,08	8,13	8,29
	Verano	8,46	0,21	8,22	8,70	8,18	0,15	7,92	8,28
	Otoño	8,45	0,06	8,35	8,51	8,18	0,34	7,78	8,49
	Anual	8,38	0,17	8,15	8,70	8,19	0,20	7,78	8,49
2020	Invierno	8,29	0,02	8,26	8,31	8,28	0,01	8,26	8,28
	Primavera	8,30	0,00	8,30	8,30	8,31	0,00	8,31	8,31
	Verano	8,24	0,02	8,22	8,26	8,23	0,01	8,22	8,25
	Otoño	8,50	0,03	8,46	8,52	8,50	0,06	8,44	8,55
	Anual	8,34	0,12	8,22	8,52	8,33	0,12	8,22	8,55
2021	Invierno	8,45	0,03	8,43	8,48	8,47	0,03	8,45	8,49
	Primavera	8,49	0,11	8,37	8,56	8,50	0,10	8,39	8,56
	Verano	8,22	0,15	8,07	8,42	8,15	0,23	7,88	8,41
	Otoño	8,38	0,05	8,35	8,44	8,38	0,05	8,34	8,43
	Anual	8,37	0,14	8,07	8,56	8,36	0,20	7,88	8,56
2022	Invierno	8,43	0,11	8,31	8,54	8,43	0,14	8,30	8,57
	Primavera	8,96	0,58	8,53	9,95	8,99	0,60	8,53	10,03
	Verano	8,85	0,25	8,58	9,07	8,88	0,25	8,61	9,08
	Otoño	8,40	0,04	8,36	8,45	8,43	0,04	8,38	8,48
	Anual	8,66	0,41	8,31	9,95	8,69	0,43	8,30	10,03
2023	Invierno	8,49	0,08	8,40	8,59	8,51	0,08	8,41	8,62
	Primavera	8,54	0,08	8,47	8,69	8,55	0,09	8,47	8,71
	Verano	8,42	0,04	8,36	8,45	8,42	0,04	8,37	8,45
	Otoño	8,36	0,07	8,27	8,44	8,37	0,07	8,28	8,46
	Anual	8,45	0,10	8,27	8,69	8,46	0,10	8,28	8,71
2024	Invierno	8,39	0,03	8,36	8,43	8,44	0,03	8,40	8,47
	Primavera	8,43	0,03	8,39	8,48	8,43	0,02	8,42	8,48
	Verano	8,42	0,05	8,34	8,46	8,42	0,05	8,34	8,48
	Otoño	8,38	0,05	8,31	8,47	8,39	0,05	8,33	8,48
	Anual	8,41	0,04	8,31	8,48	8,42	0,04	8,33	8,48
2025	Invierno	8,44	0,03	8,37	8,47	8,45	0,04	8,37	8,49
	Primavera*	8,51	0,02	8,48	8,53	8,52	0,02	8,50	8,54
	Anual*	8,47	0,05	8,37	8,53	8,47	0,05	8,37	8,54

\*Hasta 28/04/2025

## 5. Bibliografía

Belando, M. D., Bernardeau-Esteller, J., Paradinas, I., Ramos-Segura, A., García-Muñoz, R., García-Moreno, P., Marín-Guirao, L., & Ruiz, J. M. (2021). Long-term coexistence between the macroalga *Caulerpa prolifera* and the seagrass *Cymodocea nodosa* in a Mediterranean lagoon.



Aquatic Botany, 173, 103415.

Doney, S. C., Fabry, V. J., Feely, R. A., & Kleypas, J. A. (2009). Ocean acidification: the other CO<sub>2</sub> problem. *Annual Review of Marine Science*, 1, 169-192.

Hobday, A. J., Alexander, L. V., Perkins, S. E., Smale, D. A., Straub, S. C., Oliver, E. C. J., Benthuyesen, J. A., Burrows, M. T., Donat, M. G., Feng, M., Holbrook, N. J., Moore, P. J., Scannell, H. A., Sen Gupta, A., & Wernberg, T. (2016). A hierarchical approach to defining marine heatwaves. *Progress in Oceanography*, 141, 227-238.

Kirk, J. T. (1985). Effects of suspensoids (turbidity) on penetration of solar radiation in aquatic ecosystems. *Hydrobiologia*, 125, 195-208.

Kirk, J. T. (1994). *Light and photosynthesis in aquatic ecosystems*. Cambridge University Press

Long, J. S., Hu, C., Robbins, L. L., Byrne, R. H., Paul, J. H., & Wolny, J. L. (2007). Optical and biochemical properties of a southwest Florida whiting event. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 196, 258-268.

Marin-Guirao, L., Bernardeau-Esteller, J., Belando, M. D., García Muñoz, R., Ramos Segura, A., Alcoverro, T., Minguito Frutos, M., & Ruiz, J. M. (2022). Photo-acclimatory thresholds anticipate sudden shifts in seagrass ecosystem state under reduced light conditions. *Marine Environmental Research*, 177, 105636.

Mercado, J. M., Yebra, L., Gómez-Jakobsen, F., García-Gómez, C., Salles, S., Ouaisa, S., & Ferrera, I. (2023). Biodiversity of protists in coastal areas of the Mediterranean Sea affected by nutrient pollution. ASLO meeting, Palma de Mallorca, June 2023.

Nardelli, B. B., Tronconi, C., Pisano, A., & Santoleri, R. (2013). High and ultra-high resolution processing of satellite Sea Surface Temperature data over Southern European Seas in the framework of MyOcean project. *Remote Sensing of Environment*, 129, 1-16.

Oliver, E. C., Benthuyesen, J. A., Darmaraki, S., Donat, M. G., Hobday, A. J., Holbrook, N. J., Schlegel, R. W., & Sen Gupta, A. (2021). Marine heatwaves. *Annual Review of Marine Science*, 13, 313-342.

Ouaisa, S., Gómez-Jakobsen, F., Yebra, L., Ferrera, I., Moreno-Ostos, E., Belando, M. D., Ruiz, J. M., & Mercado, J. M. (2023). Phytoplankton dynamics in the Mar Menor, a Mediterranean coastal lagoon strongly impacted by eutrophication. *Marine Pollution Bulletin*, 192, 1150741.

UNESCO. (1985). The international system of units (SI) in oceanography. UNESCO Technical Papers No. 45, IAPSO Pub. Sci. No. 32, Paris, France.

Yebra, L., Mercado, J. M., Ferrera, I., Ouaisa, S., García Muñoz, R., & Ruiz, J. M. (2023). Impacto de la eutrofización en la biomasa de mesozooplankton del Mar Menor. En: Pérez-Rubín Feigl, J.,



Fernández, B., Onrubia, M., & Díaz-Acha, Y. (Eds.), Libro de resúmenes de la XXV Bienal de la RSEHN - Málaga 2023, pp. 155-156. ISBN: 978-84-09-53007-6.

## 6. Listado de abreviaturas

ADN: Ácido Desoxirribonucleico.

ARNr: Ácido Ribonucleico ribosómico.

BELA: Algoritmo de teledetección de la clorofila específico para el Mar Menor.

BELICH: Seguimiento, Estudio y Modelización del ecosistema marino del Mar Menor.

CTD: Conductividad, Temperatura, Profundidad (Conductivity, Temperature, Depth).

DANA: Depresión Aislada en Niveles Altos.

DMMEM: Mar Menor Eutrophication Monitoring programme

IEO-CSIC: Instituto Español de Oceanografía. Centro Superior de Investigaciones Científicas.

IMIDA: Instituto Murciano de Investigación de Desarrollo Agrario.

Kd: Coeficiente de extinción de la luz.

MAPMM: Marco de Actuaciones Prioritarias para la recuperación del Mar Menor.

MITECO: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

NID: Nitrógeno Inorgánico Disuelto.

NT: Nitrógeno total.

NTU: Unidad Nefelométrica de Turbidez (Nephelometric Turbidity Unit).

P90: Percentil climatológico 90.

PAR: Radiación Fotosintéticamente Activa (Photosynthetically Active Radiaton).

PCR: Reacción en cadena de la polimerasa

pH: Potencial de Hidrógeno.

PT: Fósforo total.

SMLG: Boya piloto SMARTLAGOON.



SST: Temperatura Superficial del Mar (Sea Surface Temperature).

Std: Desviación Estándar (Standard Deviation).

## 7. Anexos

### 7.1. Anexo I: Estaciones de monitorización BELICH

La Figura 30 muestra el esquema de los sensores instalados en las estaciones de monitorización BELICH (Figura 1). Las estaciones de El Estacio y Marchamalo (5 y 6) están equipadas con landers (fondeos), debido a la presencia de tráfico marítimo en estos canales, mientras que las estaciones A, B y C tienen sendas boyas oceanográficas en la superficie.

Las estaciones han sido diseñadas para obtener datos de alta resolución temporal, tanto de aguas superficiales como profundas, con el objetivo de identificar episodios de estratificación en la columna de agua. La boya incorpora una unidad central de procesamiento (data logger) CR100x de Campbell Scientific, que se encarga de registrar y transmitir datos de los diferentes tipos de sensores en tiempo real.

Tanto la boya como el lander están equipados con un sensor Seabird HydroCAT-EP, capaz de medir oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, concentración de clorofila, ph y turbidez. Además, la boya cuenta con una estación meteorológica (Gill MaxiMet Weather Station), que proporciona información sobre la dirección y velocidad del viento, temperatura del aire, humedad e irradiancia solar. Por su parte, el lander incorpora también un sensor AquaDopp, que mide la velocidad y dirección de la corriente a diferentes profundidades.

Finalmente, la boya de la Estación B incluye además dos sensores Seabird ECO-PAR (en superficie y fondo) y 3 Trios (dos tipos ARC y uno tipo ACC). Los sensores PAR permiten medir la radiación fotosintéticamente activa (PAR) tanto sub-superficial como en el fondo, mientras que los sensores Trios proporcionan mediciones de radiancia e irradiancia solar.



### Configuración boya con lander

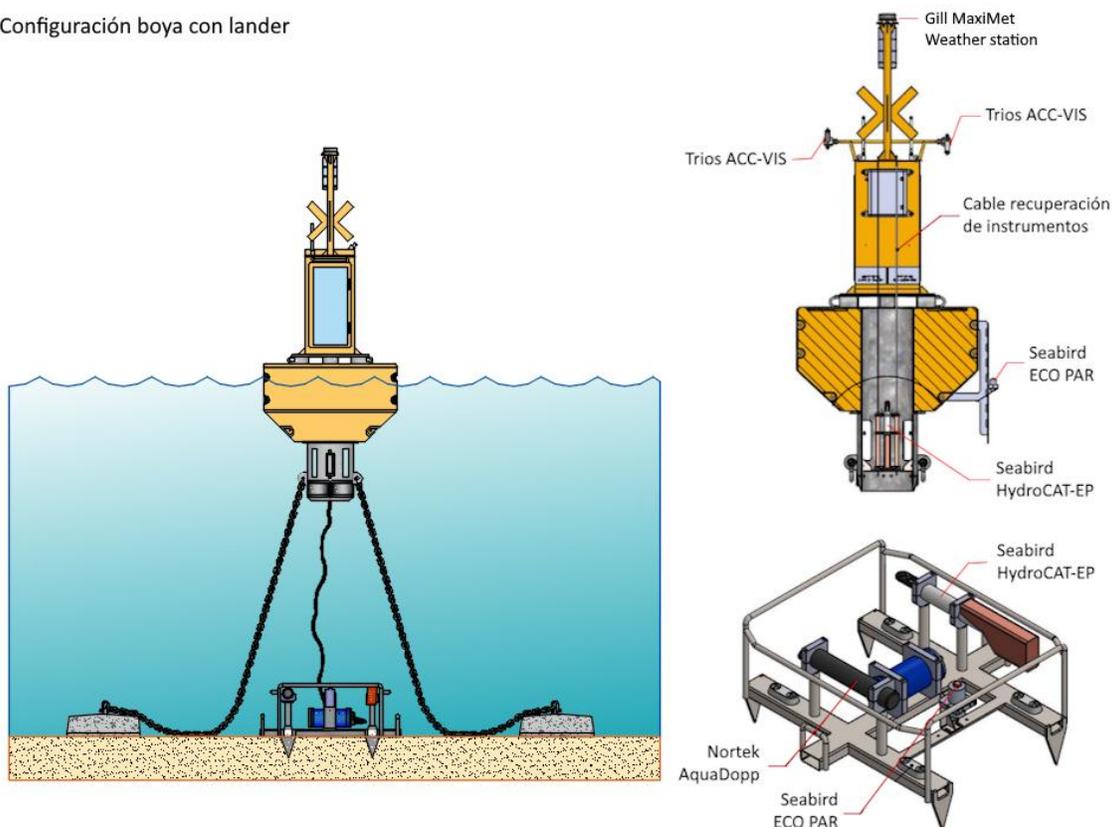


Figura 30: Esquema boya y lander (fondeo) de las estaciones de monitorización A, B, y C. Las estaciones de Estación y Marchamalo (5 y 6) solo tienen la parte profunda (lander).

La Figura 31 muestra el esquema de los sensores instalados en la estación de monitorización 4, en el puerto de San Pedro del Pinatar. La estación mide con alta resolución el nivel del mar con un mareógrafo, y también la radiación y factores meteorológicos como el viento, la temperatura y las precipitaciones.

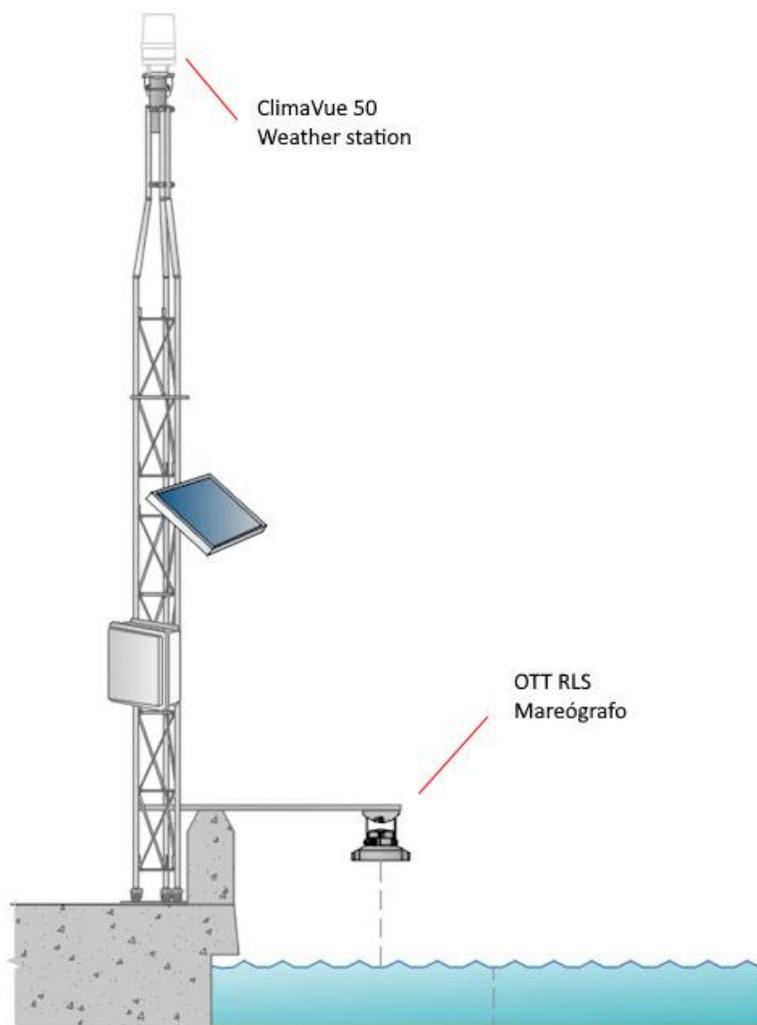


Figura 31: Esquema de los sensores instalados en la estación 4 en el puerto de San Pedro del Pinatar.

## 7.2. Anexo II: Metodología

### 7.2.1. Temperatura

La obtención de la temperatura se ha llevado a cabo con diferentes y complementarias fuentes de datos, lo que ha posibilitado la adquisición de una resolución espacio-temporal considerable para la variable en cuestión. Las fuentes de datos empleadas se detallan a continuación:

- 2012 – actualidad: Sensor HOBO Water Temp Pro v2 sumergido a una profundidad de 1,5 metros. Hasta junio de 2023 se ubicó en el Puerto de Lo Pagán y, a partir de ese momento, se trasladó a la boya piloto SMLG.
- 2016 – actualidad: Muestreos con sondas multiparamétricas a través del proyecto DMMEM. Desde octubre de 2022 se realiza un perfil vertical con el CTD modelo JFE AAQ176, como



parte del proyecto BELICH. Estos muestreos se realizan aproximadamente cada dos semanas (según las condiciones meteorológicas).

- Octubre de 2022 – Noviembre de 2024: Empleo de sensores en la boya piloto SMLG (Sensores de temperatura mediante termistores Beta Therm 100KSA). Estos sensores proporcionan datos de temperatura a diferentes profundidades (0,5m, 1,5m, 2m, 2,5m, 4m y 5m. Figura 31. Anexo I), en continuo (cada 5 minutos) y en tiempo casi real.
- Enero de 2025 – actualidad: sensor de temperatura incluido en la sonda multiparamétrica HydroCAT-EP V2 (Sea-bird), en 5 montes submarinos en las estaciones de monitorización en tiempo real y en las 3 boyas oceanográficas instaladas en el proyecto BELICH (Figura 1).
- 1982 – actualidad: Datos del satélite Copernicus Mediterranean Sea – High Resolution L4 Sea Surface Temperature Reprocessed 0,05 deg resolution (Nardelli et al., 2013).

Todas estas fuentes de datos son de suma importancia para llevar a cabo un análisis espacial y temporal de la temperatura del agua de la laguna. La presencia del sensor HOBO y los sensores de la boya oceanográfica del proyecto BELICH han permitido mantener una serie continua de Temperatura Superficial del Mar (SST) desde el año 2012, así como datos a diferentes profundidades, permitiendo obtener series del perfil vertical de la columna de agua. Además, ambas fuentes de datos son complementarias, ya que han posibilitado la realización de una intercalibración entre los sensores. Los muestreos con sondas multiparamétricas nos han permitido, a su vez, realizar un análisis espacial de la SST en las cuatro estaciones de muestreo. Por último, los datos satelitales del satélite Copernicus Mediterranean Sea – High Resolution L4 Sea Surface Temperature Reprocessed, con una resolución de 0,05 grados (disponible en <https://doi.org/10.48670/moi-00173>), han ampliado la disponibilidad de datos SST en el Mar Menor más allá del año 2012. Estos datos también han sido sometidos a un proceso de intercalibración con el sensor HOBO y los sensores de la boya piloto SMLG.

### 7.2.2. Olas de calor

Se ha realizado un análisis de olas de calor con la clasificación propuesta por [Hobday et al. 2018](#). Una ola de calor marina es un período de temperaturas marinas anormalmente altas en relación con la temperatura estacional promedio en una región marina en particular, el Mar Menor en este caso. Un período de temperaturas altas se considera ola de calor si dura cinco o más días, con temperaturas superiores al percentil climatológico 90 (P90) según un período de referencia histórico de 30 años. La serie temporal de temperatura media obtenida en este período de referencia es lo que, de aquí en adelante, denominamos Climatología. De esta forma se establecen 4 categorías de olas de calor dependiendo de cuánto multiplique la temperatura media diaria el percentil climatológico 90: moderado (1-2xP90, categoría I), fuerte (2-3xP90, categoría II), severo (3-4xP90, categoría III), extremo (1->4xP90, categoría IV). La Figura 33 muestra, por meses, la serie temporal de temperatura superficial del periodo 1982-2012 (31 años total) empleada como referencia para determinar la climatología.

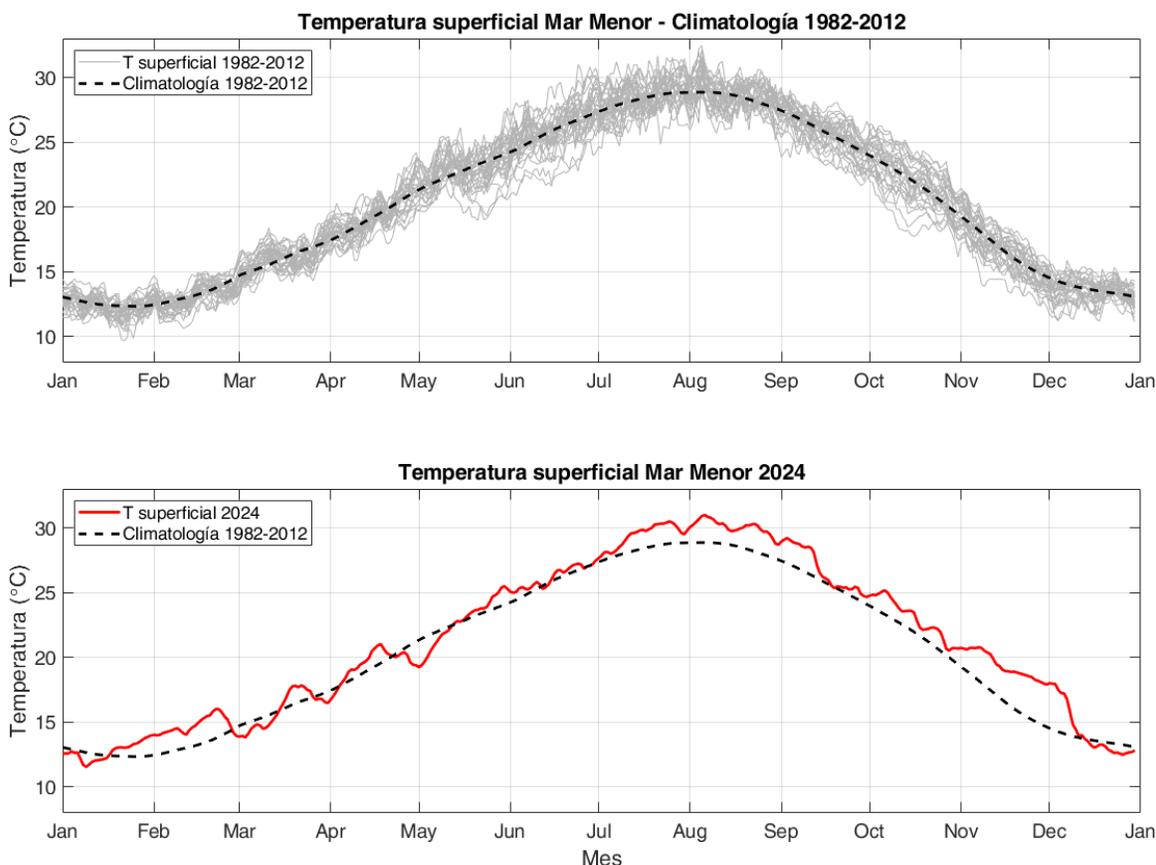


Figura 33: Parte superior, serie climatológica utilizada como referencia para el análisis de olas de calor (1982-2012). Parte inferior, serie de temperatura del año 2024 comparada con la serie climatológica de referencia.

### 7.2.3. Clorofila-a

La medida de clorofila-*a* se lleva a cabo mediante dos métodos distintos: espectrofotométricos y fluorescencia. La espectrofotometría es una técnica analítica que permite la cuantificación de compuestos en solución, basándose en la relación directa que existe entre la absorción de luz y la concentración del compuesto en cuestión. Para realizar esta medición, se emplea una muestra del medio acuático que se filtra por un filtro Whatman GF/F de 47 mm de diámetro, seguido de la extracción de la clorofila-*a* con acetona al 90%. La concentración de clorofila-*a* se determina luego en el espectrofotómetro.

Por otro lado, el método basado en fluorescencia se centra en la medición de la energía emitida por organismos fotosintéticos, en forma de fluorescencia de la clorofila-*a*. Esta medición se realiza in situ y proporciona datos instantáneos.

- Mayo 2016 – actualidad: Se recopila a partir de muestreos in situ en todas las estaciones de muestreo (Figura 1). Estos se realizan de forma quincenal según las condiciones meteorológicas. La clorofila-*a* se determina a partir de espectrofotometría. Además, desde



octubre de 2022, se realizan perfiles verticales de CTD que obtienen datos de clorofila-*a* (por fluorescencia).

- Octubre de 2022 – actualidad: Se ha instalado un sensor de fluorescencia a una profundidad de 3 metros en la boya piloto SMLG, con una frecuencia de muestreo cada 5 minutos. Estos sensores miden la clorofila-*a* a través de fluorescencia.
- Enero de 2025 – actualidad: sensor de temperatura incluido en la sonda multiparamétrica HydroCAT-EP V2 (Sea-bird), en 5 montes submarinos en las estaciones de monitorización en tiempo real y en las 3 boyas oceanográficas instaladas en el proyecto BELICH (Figura 1).

Obtener medidas a partir de diferentes fuentes es esencial para mantener una serie temporal precisa y de calidad. Los sensores de la boya oceanográfica del proyecto BELICH proporciona una serie continua de datos de la laguna a diversas profundidades, mientras que los muestreos in situ permiten calibrar los sensores de monitoreo continuo y obtener mediciones altamente precisas de la clorofila-*a* mediante espectrofotometría.

#### 7.2.4. Turbidez

La turbidez se evalúa de dos formas: mediante irradiancia PAR, y como proporción de luz dispersada (backscatter). La irradiancia PAR mide la cantidad de radiación integrada en el rango de longitudes de onda que son capaces de producir actividad fotosintética activa (400-700 nm). A partir de esta medición, se estima la transparencia como coeficiente de extinción de la luz ( $K_d$ ,  $m^{-1}$ ). La turbidez también se puede calcular midiendo la proporción de luz dispersada cuando un rayo de luz atraviesa la muestra de agua, expresándose en valores de NTU (unidad nefelométrica de turbidez). Por último, a partir del coeficiente de extinción de la luz, se ha determinado la proporción de luz que queda disponible para los organismos fotosintéticos del fondo (%*l*<sub>0</sub>) (Kirk, 1994). Los datos de turbidez se obtienen de las siguientes fuentes:

- Mayo 2016 – actualidad: Los valores de turbidez se recopilan a partir de muestreos in situ en las estaciones de muestreo (Figura 1). Estos se realizan de forma quincenal según las condiciones meteorológicas. La turbidez se evalúa a partir de irradiancia PAR utilizando un sensor LiCor plano ( $2\pi$ ). Además, desde octubre de 2022, se realizan perfiles verticales de CTD que obtienen datos de turbidez (tanto NTU como por irradiancia PAR).
- Octubre de 2022 – actualidad: Se ha instalado un sensor de turbidez (NTU) a una profundidad de 3 metros en la boya piloto SMLG, con una frecuencia de muestreo cada 5 minutos. Adicionalmente, se han desplegado dos sensores PAR fondeados de forma permanente en dos ubicaciones diferentes: uno a 6 metros de profundidad aprovechando la estructura sumergida de la boya, y otro a 1 metro de profundidad en el nordeste de la laguna. Estos sensores miden la turbidez tanto en unidades de NTU como mediante la irradiancia PAR.
- Enero de 2025 – actualidad: sensor de temperatura incluido en la sonda multiparamétrica HydroCAT-EP V2 (Sea-bird), en 5 montes submarinos en las estaciones de monitorización en tiempo real y en las 3 boyas oceanográficas instaladas en el proyecto BELICH (Figura 1).



Estas múltiples mediciones son esenciales para mantener una serie temporal precisa y de calidad. Los sensores en la boya oceanográfica del proyecto BELICH y los sensores PAR proporcionan una serie continua de datos de la laguna a diversas profundidades, mientras que los muestreos in situ permiten calibrar los sensores de monitoreo continuo y obtener mediciones altamente precisas de la turbidez.

### 7.2.5. Oxígeno disuelto

La medición del oxígeno disuelto se basa en el fenómeno de la extinción dinámica de la luminiscencia. Este principio se sustenta en la disminución de la energía del luminóforo provocada por la presencia del oxígeno en la muestra. De esta forma, el sensor logra determinar la concentración de oxígeno en función de la pérdida de emisión de luz del luminóforo. Este método ostenta diversas ventajas, entre las que destacan su sensibilidad y su inmediata respuesta, lo que permite realizar mediciones con una alta precisión en tiempo real.

Los datos de oxígeno disuelto se obtienen de las siguientes fuentes:

- Mayo 2016 – actualidad: Se mide a partir de muestreos in situ en todas las estaciones de muestreo (Figura 1). Estos se realizan con frecuencia mensual, y en ocasiones semanal, dependiendo de las circunstancias de la laguna en cada momento. Desde octubre de 2022, estos muestreos se están realizando a través de perfiles verticales con el CTD modelo JFE AAQ176 (este dispositivo tiene incorporado un sensor de oxígeno disuelto).
- Octubre de 2022 – actualidad: en la boya piloto SMLG se instalaron 3 sensores de oxígeno Aanderaa Optode 4531 a diferentes profundidades (1m, 3m y 6m), tomando medidas de forma continua (cada 5 minutos), y en tiempo casi-real.
- Enero de 2025 – actualidad: sensor de temperatura incluido en la sonda multiparamétrica HydroCAT-EP V2 (Sea-bird), en 5 montes submarinos en las estaciones de monitorización en tiempo real y en las 3 boyas oceanográficas instaladas en el proyecto BELICH (Figura 1).

La obtención de datos a partir de muestreos in situ nos permite obtener una serie temporal de calidad desde 2016 del oxígeno disuelto en la laguna. Adicionalmente, los sensores de oxígeno en la boya oceanográfica del proyecto BELICH, nos permite obtener medidas de continuo, que posibilitan la determinación de fenómenos de anoxia en periodos de tiempo muy cortos. Actualmente, ambas medidas son complementarias, ya que los muestreos in situ nos permiten calibrar los sensores de la boya piloto SMLG.

### 7.2.6. pH

El pH se obtiene a partir de un electrodo de vidrio (glass electrode), este sensor aprovecha la propiedad de un vidrio sensible al pH, que responde a los cambios de concentración de iones de hidrógeno (H+) en la muestra. Estas medidas se obtienen en escala NBS. Este tipo de sensores



nos permiten tomar mediciones de pH precisas y en tiempo real.

Los datos de pH se obtienen de las siguientes fuentes:

- Mayo 2016 – actualidad: Los valores de pH se obtienen a partir de muestreos in situ en todas las estaciones de muestreo (Figura 1). Estos se realizan con frecuencia mensual, y en ocasiones semanal, dependiendo de las circunstancias de la laguna en cada momento. Desde octubre de 2022, estos muestreos se están realizando a través de perfiles verticales con el CTD modelo JFE AAQ176, este dispositivo tiene incorporado un sensor de pH.
- Enero de 2025 – actualidad: sensor de temperatura incluido en la sonda multiparamétrica HydroCAT-EP V2 (Sea-bird), en 5 montes submarinos en las estaciones de monitorización en tiempo real y en las 3 boyas oceanográficas instaladas en el proyecto BELICH (Figura 1).

La obtención de datos a partir de estos muestreos nos permite obtener una serie temporal de calidad desde 2016 de pH.

### 7.2.7. Nutrientes

Desde 2019 se viene analizando la concentración de nitrógeno y fósforo total (NT y PT) en las muestras recogidas mensualmente, con el fin de caracterizar el pool completo de ambos nutrientes. Estos análisis se realizan a partir de muestras prefiltradas por filtros de 0,7  $\mu\text{m}$ , por tanto, incluyen sólo la fracción disuelta, tanto orgánica como inorgánica. Las concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos en este periodo (que serán presentadas en el siguiente informe) son aproximadamente un orden de magnitud menor que las concentraciones promediadas de NT y PT, por lo que estas corresponden principalmente a formas orgánicas que pueden tener su origen en la actividad de las comunidades de la laguna (excreción, depredación o lisis celular) o proceder de fuentes externas (aportes a través de los cursos de agua). Estas formas de N y P pueden corresponder a materia orgánica lábil o recalcitrante, según sea más o menos fácilmente metabolizable por las comunidades microbianas. Es decir, el N y P soluble constituyen un almacén de nutrientes que, dependiendo de su naturaleza y de la actividad de las comunidades bacterianas, podría ser más o menos movilizado.

### 7.2.8. Potencial Redox

La medición del potencial redox se realiza mediante electrodos metálicos combinados, uno de medición y otro de referencia. La tendencia de los agentes químicos de aceptar o donar electrones determina el potencial del metal, lo que determina el voltaje potencial de oxidación-reducción de soluciones acuosas.

Los datos de potencial redox se obtienen de las siguientes fuentes:



- Abril de 2022 – actualidad: a partir de muestreos in situ en todas las estaciones de muestreo (Figura 1). Estos se realizan con frecuencia mensual, dependiendo de las circunstancias de la laguna en cada momento. Estas mediciones se realizan con la sonda de medición redox SenTix® ORP-T 900.

La obtención de datos a partir de estos muestreos in situ nos permite obtener una serie temporal de calidad desde abril de 2022.

### 7.2.9. Comunidades microbianas y de fitoplancton

Para enumerar la abundancia de distintos grupos de pico-, nano- y microplancton se realizan muestreos con botella Niskin en las distintas estaciones. Para el análisis del picoplancton, las muestras se fijan con glutaraldehído (1% concentración final) y se congelan a -80 C hasta su procesado. La abundancia de picoplancton se analiza mediante citometría de flujo, mediante la que se puede identificar la abundancia de la cianobacteria *Synechococcus*, de picoplancton eucariota y de bacterias heterótrofas. El análisis de la abundancia y composición de nano- y microplancton se realiza mediante microscopía. Para ello, se fijan muestras en botellas de vidrio oscuro con solución de Lugol (2% concentración final).

Además, la biomasa de pico-, nano- y microplancton se recoge en filtros de policarbonato para el análisis exhaustivo de su diversidad, tanto procariota como eucariota, mediante herramientas genéticas. El ADN se extrae de los filtros y se usa para amplificar mediante PCR los marcadores genéticos 16S y 18S ARNr, para procariotas y eucariotas, respectivamente.

### 7.2.10. Comunidades de zooplancton

Desde 2016 se realizan muestreos mensuales para evaluar el estado de las comunidades de zooplancton del Mar Menor. Los muestreos consisten en pescas de arrastre con una red de plancton (50 cm diámetro) equipada con una malla de 200 micras (0,2 mm) de paso de luz. Inicialmente, estos muestreos se realizaban en tres estaciones (A, B y C, Figura 1), no obstante, una vez analizados los datos del periodo inicial se optimizó el muestreo, reduciéndolo a la estación B desde 2019, al considerarse esta estación representativa del resto de la laguna.

Las muestras obtenidas se dividen en dos alícuotas mediante un subdivisor Folsom. Una alícuota se preserva en etanol para análisis taxonómico y otra alícuota se fracciona por tamaño en tres fracciones (<200, 200-500 y >1000 micras) y se ultracongela en nitrógeno líquido para análisis de



Financiado por  
la Unión Europea

NextGenerationEU



Plan de  
Recuperación,  
Transformación  
y Resiliencia



biomasa y metabolismo. Las muestras congeladas se mantienen a  $-80^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis en el CO Málaga.

#### 7.2.11. Comunidades de macrófitos bentónicos

El grupo de Ecología de Angiospermas Marinas del C.O. de Murcia (IEO-CSIC) realiza un seguimiento de la vegetación bentónica del Mar Menor desde 2014. La metodología puede ser consultada en Belando et al., (2021).



## 7.3. Anexo III: Perfiles CTD

### 7.3.1. Temperatura

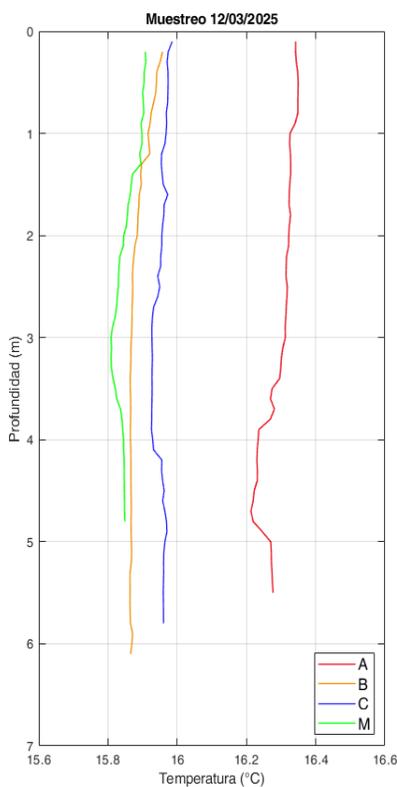


Figura 36. Perfiles de Temperatura obtenidos el día 12/03/25 con el CTD.

Tabla 14. Datos de Temperatura de los perfiles de CTD obtenidos el día 12/03/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	16,31 °C	16,35 °C	16,33 °C	0,01 °C
A	3-7 m	16,21 °C	16,31 °C	16,26 °C	0,03 °C
B	0-3 m	15,87 °C	15,96 °C	15,90 °C	0,03 °C
B	3-7 m	15,86 °C	15,87 °C	15,87 °C	0,00 °C
C	0-3 m	15,93 °C	15,99 °C	15,96 °C	0,01 °C
C	3-7 m	15,93 °C	15,97 °C	15,95 °C	0,02 °C
M	0-3 m	15,81 °C	15,91 °C	15,87 °C	0,03 °C
M	3-7 m	15,81 °C	15,85 °C	15,83 °C	0,02 °C

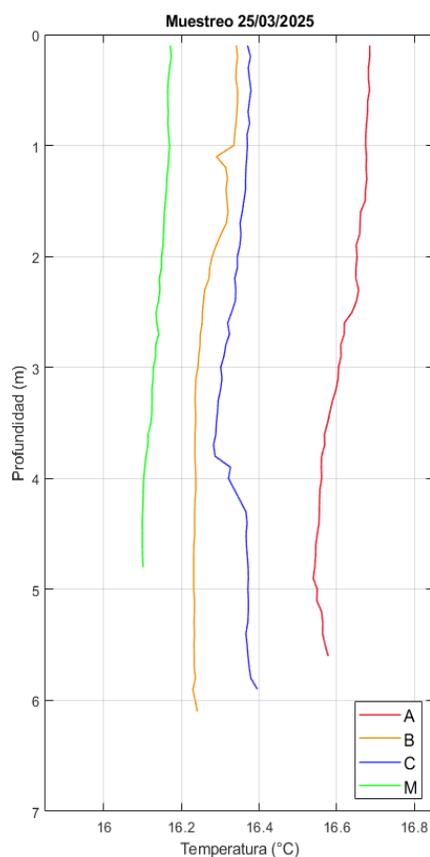


Figura 37. Perfiles de Temperatura obtenidos el día 25/03/25 con el CTD.

Tabla 15. Datos de Temperatura de los perfiles de CTD obtenidos el día 25/03/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	16,61 °C	16,68 °C	16,66 °C	0,02 °C
A	3-7 m	16,54 °C	16,60 °C	16,56 °C	0,02 °C
B	0-3 m	16,24 °C	16,34 °C	16,30 °C	0,04 °C
B	3-7 m	16,23 °C	16,24 °C	16,23 °C	0,00 °C
C	0-3 m	16,31 °C	16,38 °C	16,35 °C	0,02 °C
C	3-7 m	16,28 °C	16,40 °C	16,34 °C	0,04 °C
M	0-3 m	16,13 °C	16,17 °C	16,16 °C	0,01 °C
M	3-7 m	16,10 °C	16,13 °C	16,11 °C	0,01 °C

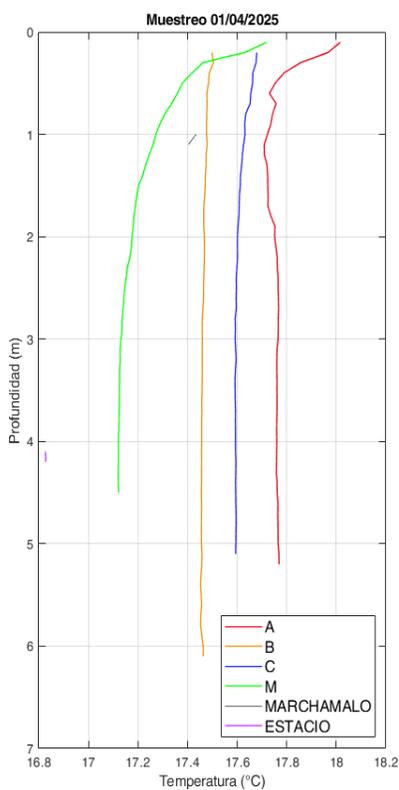


Figura 38. Perfiles de Temperatura obtenidos el día 01/04/25 con el CTD.

Tabla 16. Datos de Temperatura de los perfiles de CTD obtenidos el día 01/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	17,71 °C	18,02 °C	17,77 °C	0,07 °C
A	3-7 m	17,76 °C	17,77 °C	17,76 °C	0,00 °C
B	0-3 m	17,46 °C	17,50 °C	17,47 °C	0,01 °C
B	3-7 m	17,45 °C	17,46 °C	17,46 °C	0,00 °C
C	0-3 m	17,59 °C	17,68 °C	17,62 °C	0,03 °C
C	3-7 m	17,59 °C	17,60 °C	17,59 °C	0,00 °C
M	0-3 m	17,14 °C	17,72 °C	17,26 °C	0,15 °C
M	3-7 m	17,12 °C	17,13 °C	17,12 °C	0,00 °C

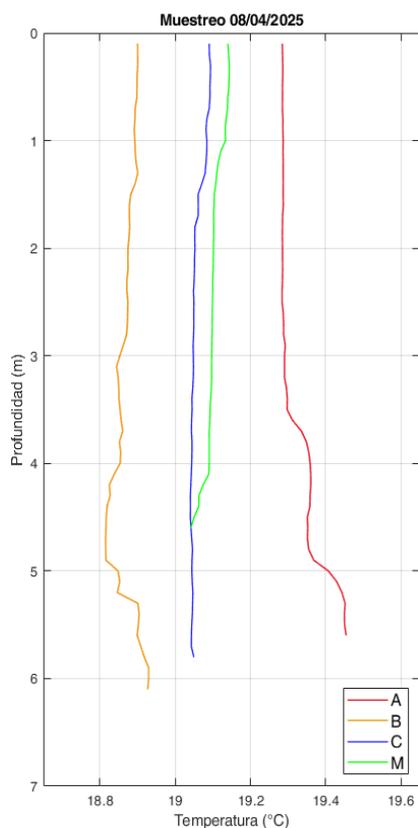


Figura 39. Perfiles de Temperatura obtenidos el día 08/04/25 con el CTD.

Tabla 17. Datos de Temperatura de los perfiles de CTD obtenidos el día 08/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	19,28 °C	19,29 °C	19,29 °C	0,00 °C
A	3-7 m	19,29 °C	19,45 °C	19,36 °C	0,05 °C
B	0-3 m	18,86 °C	18,90 °C	18,89 °C	0,01 °C
B	3-7 m	18,82 °C	18,93 °C	18,86 °C	0,04 °C
C	0-3 m	19,05 °C	19,09 °C	19,07 °C	0,02 °C
C	3-7 m	19,04 °C	19,05 °C	19,04 °C	0,00 °C
M	0-3 m	19,10 °C	19,14 °C	19,12 °C	0,02 °C
M	3-7 m	19,04 °C	19,10 °C	19,08 °C	0,02 °C

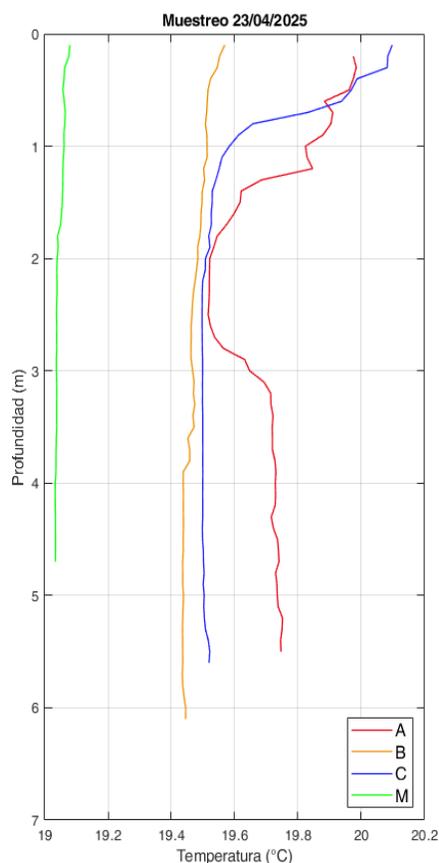


Figura 40. Perfiles de Temperatura obtenidos el día 23/04/25 con el CTD.

Tabla 18. Datos de Temperatura de los perfiles de CTD obtenidos el día 23/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	19,52 °C	19,98 °C	19,70 °C	0,18 °C
A	3-7 m	19,65 °C	19,75 °C	19,73 °C	0,02 °C
B	0-3 m	19,46 °C	19,57 °C	19,50 °C	0,03 °C
B	3-7 m	19,43 °C	19,47 °C	19,45 °C	0,01 °C
C	0-3 m	19,50 °C	20,10 °C	19,64 °C	0,21 °C
C	3-7 m	19,50 °C	19,52 °C	19,50 °C	0,01 °C
M	0-3 m	19,04 °C	19,08 °C	19,05 °C	0,01 °C
M	3-7 m	19,03 °C	19,04 °C	19,04 °C	0,00 °C

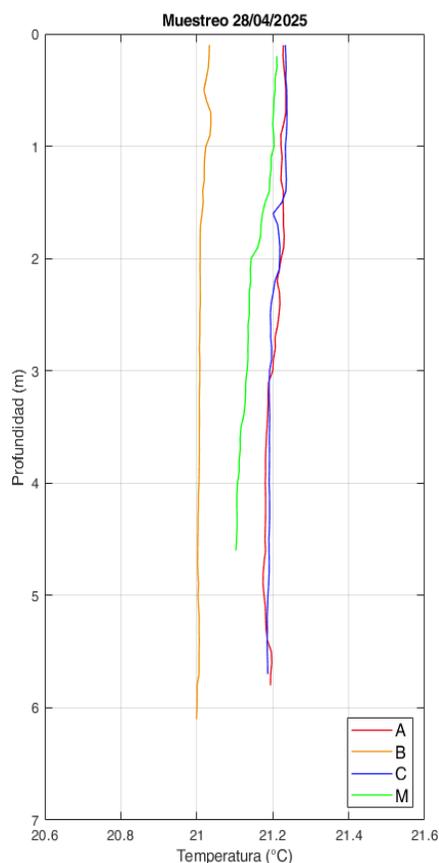


Figura 41. Perfiles de Temperatura obtenidos el día 28/04/25 con el CTD.

Tabla 19. Datos de Temperatura de los perfiles de CTD obtenidos el día 28/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	21,20 °C	21,23 °C	21,22 °C	0,01 °C
A	3-7 m	21,17 °C	21,20 °C	21,18 °C	0,01 °C
B	0-3 m	21,01 °C	21,04 °C	21,02 °C	0,01 °C
B	3-7 m	21,00 °C	21,01 °C	21,00 °C	0,00 °C
C	0-3 m	21,19 °C	21,24 °C	21,22 °C	0,02 °C
C	3-7 m	21,19 °C	21,19 °C	21,19 °C	0,00 °C
M	0-3 m	21,13 °C	21,21 °C	21,17 °C	0,03 °C
M	3-7 m	21,10 °C	21,13 °C	21,11 °C	0,01 °C



### 7.3.2. Salinidad

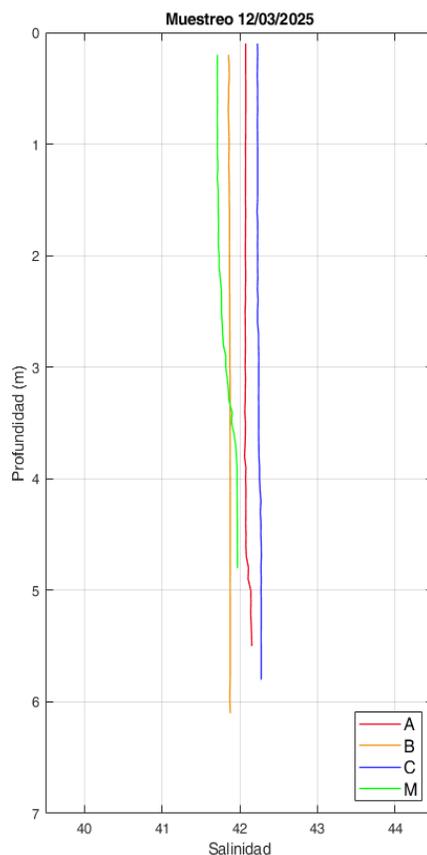


Figura 42. Perfiles de Salinidad obtenidos el día 12/03/25 con el CTD.

Tabla 20. Datos de Salinidad de los perfiles de CTD obtenidos el día 12/03/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	42,07	42,08	42,08	0,00
A	3-7 m	42,06	42,16	42,09	0,03
B	0-3 m	41,85	41,87	41,87	0,01
B	3-7 m	41,87	41,88	41,88	0,00
C	0-3 m	42,22	42,25	42,23	0,00
C	3-7 m	42,24	42,28	42,26	0,01
M	0-3 m	41,71	41,82	41,73	0,03
M	3-7 m	41,82	41,97	41,93	0,05

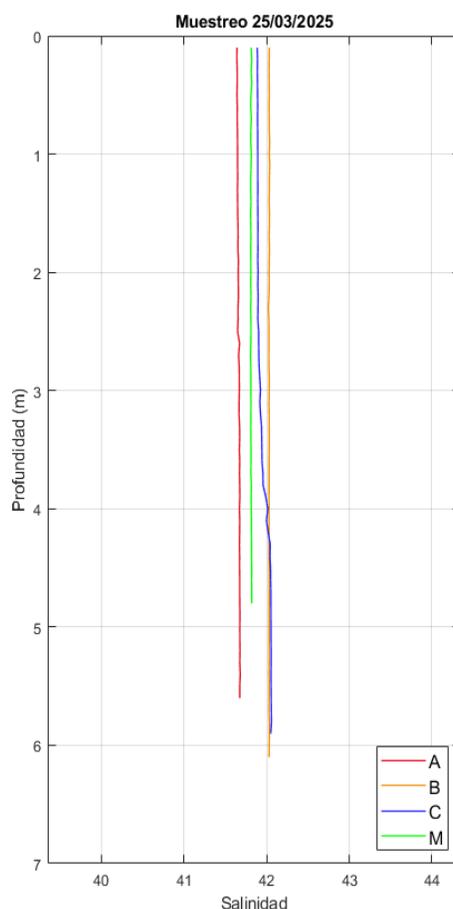


Figura 43. Perfiles de Salinidad obtenidos el día 25/03/25 con el CTD.

Tabla 21. Datos de Salinidad de los perfiles de CTD obtenidos el día 25/03/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	41,64	41,67	41,65	0,01
A	3-7 m	41,67	41,68	41,67	0,00
B	0-3 m	42,02	42,04	42,03	0,00
B	3-7 m	42,03	42,03	42,03	0,00
C	0-3 m	41,88	41,92	41,89	0,01
C	3-7 m	41,92	42,06	42,01	0,05
M	0-3 m	41,80	41,82	41,81	0,00
M	3-7 m	41,81	41,82	41,81	0,00

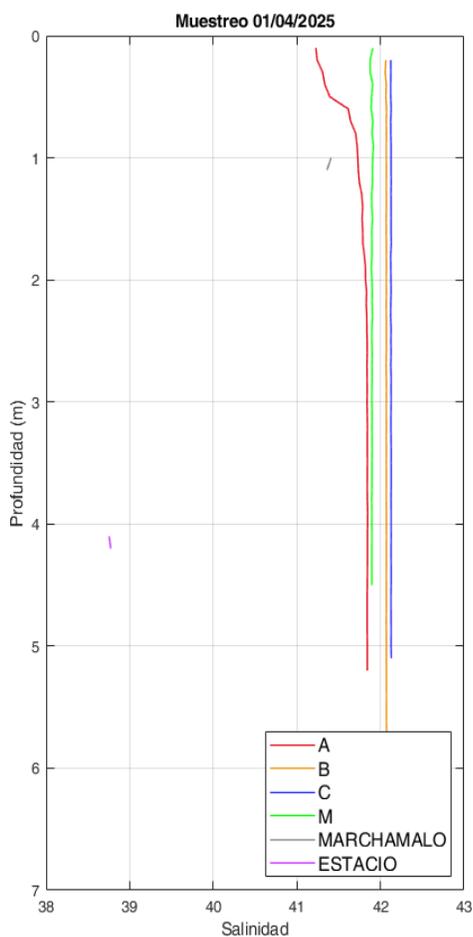


Figura 44. Perfiles de Salinidad obtenidos el día 01/04/25 con el CTD.

Tabla 22. Datos de Salinidad de los perfiles de CTD obtenidos el día 01/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	41,23	41,84	41,70	0,20
A	3-7 m	41,84	41,85	41,84	0,00
B	0-3 m	42,06	42,07	42,07	0,00
B	3-7 m	42,07	42,07	42,07	0,00
C	0-3 m	42,12	42,13	42,13	0,00
C	3-7 m	42,13	42,13	42,13	0,00
M	0-3 m	41,88	41,92	41,90	0,01
M	3-7 m	41,90	41,90	41,90	0,00

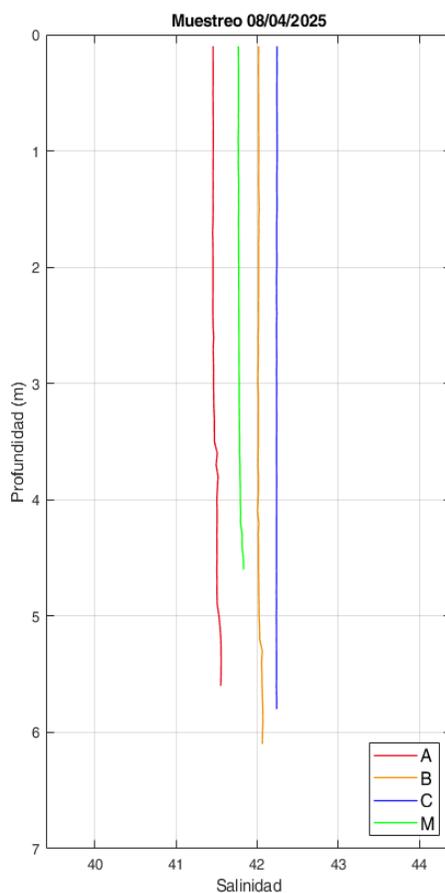


Figura 45. Perfiles de Salinidad obtenidos el día 08/04/25 con el CTD.

Tabla 23. Datos de Salinidad de los perfiles de CTD obtenidos el día 08/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	41,45	41,47	41,46	0,00
A	3-7 m	41,46	41,56	41,51	0,03
B	0-3 m	42,01	42,03	42,02	0,00
B	3-7 m	42,01	42,07	42,03	0,02
C	0-3 m	42,24	42,25	42,24	0,00
C	3-7 m	42,24	42,24	42,24	0,00
M	0-3 m	41,77	41,78	41,77	0,00
M	3-7 m	41,78	41,83	41,80	0,02

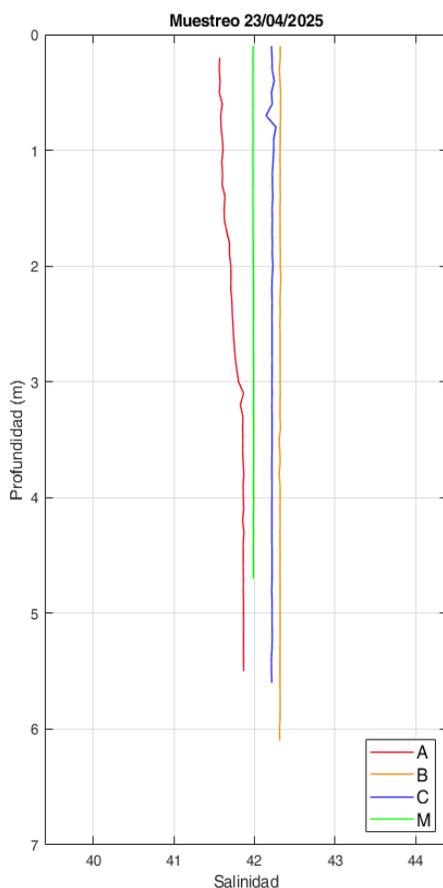


Figura 46. Perfiles de Salinidad obtenidos el día 23/04/25 con el CTD.

Tabla 24. Datos de Salinidad de los perfiles de CTD obtenidos el día 23/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	41,56	41,78	41,65	0,07
A	3-7 m	41,80	41,87	41,86	0,01
B	0-3 m	42,31	42,33	42,32	0,00
B	3-7 m	42,31	42,32	42,32	0,00
C	0-3 m	42,14	42,27	42,22	0,02
C	3-7 m	42,21	42,22	42,22	0,00
M	0-3 m	41,98	41,99	41,98	0,00
M	3-7 m	41,99	41,99	41,99	0,00

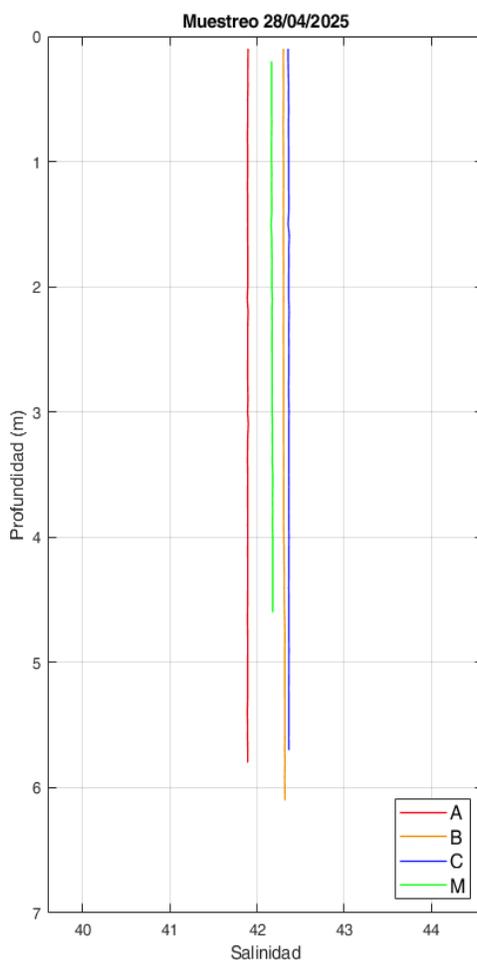


Figura 47. Perfiles de Salinidad obtenidos el día 28/04/25 con el CTD.

Tabla 25. Datos de Salinidad de los perfiles de CTD obtenidos el día 28/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	41,89	41,90	41,89	0,00
A	3-7 m	41,89	41,90	41,89	0,00
B	0-3 m	42,30	42,30	42,30	0,00
B	3-7 m	42,30	42,32	42,31	0,01
C	0-3 m	42,36	42,37	42,36	0,00
C	3-7 m	42,36	42,37	42,36	0,00
M	0-3 m	42,16	42,17	42,17	0,00
M	3-7 m	42,17	42,18	42,18	0,00



### 7.3.3. Saturación de O2

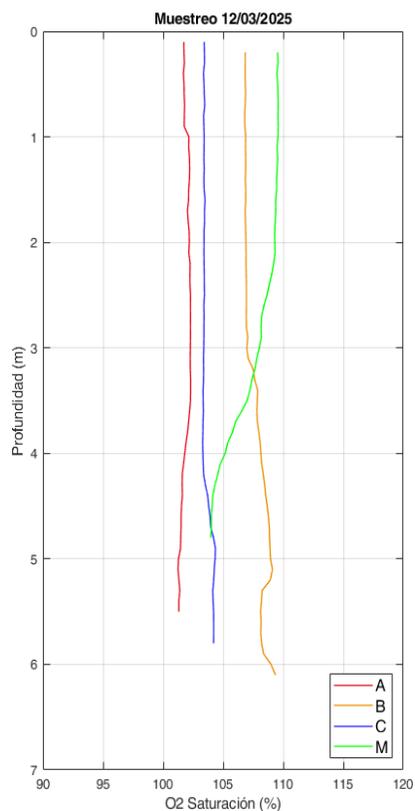


Figura 48. Perfiles de Saturación de O2 obtenidos el día 12/03/25 con el CTD.

Tabla 26. Datos de Saturación de O2 de los perfiles de CTD obtenidos el día 12/03/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	101,69 %	102,28 %	102,06 %	0,22 %
A	3-7 m	101,24 %	102,30 %	101,75 %	0,39 %
B	0-3 m	106,79 %	107,05 %	106,88 %	0,05 %
B	3-7 m	106,96 %	109,35 %	108,29 %	0,57 %
C	0-3 m	103,36 %	103,49 %	103,42 %	0,03 %
C	3-7 m	103,29 %	104,35 %	103,75 %	0,42 %
M	0-3 m	108,16 %	109,58 %	109,22 %	0,46 %
M	3-7 m	103,96 %	108,01 %	105,68 %	1,48 %

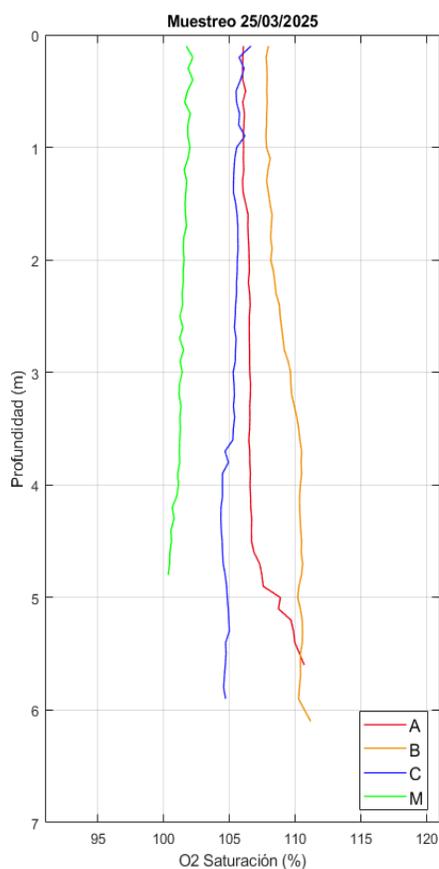


Figura 49. Perfiles de Saturación de O2 obtenidos el día 25/03/25 con el CTD.

Tabla 27. Datos de Saturación de O2 de los perfiles de CTD obtenidos el día 25/03/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	106,00 %	106,59 %	106,28 %	0,22 %
A	3-7 m	106,48 %	110,69 %	107,51 %	1,41 %
B	0-3 m	107,78 %	109,47 %	108,25 %	0,48 %
B	3-7 m	109,65 %	111,17 %	110,36 %	0,29 %
C	0-3 m	105,31 %	106,65 %	105,63 %	0,28 %
C	3-7 m	104,36 %	105,41 %	104,81 %	0,34 %
M	0-3 m	101,23 %	102,24 %	101,67 %	0,26 %
M	3-7 m	100,36 %	101,42 %	100,98 %	0,34 %

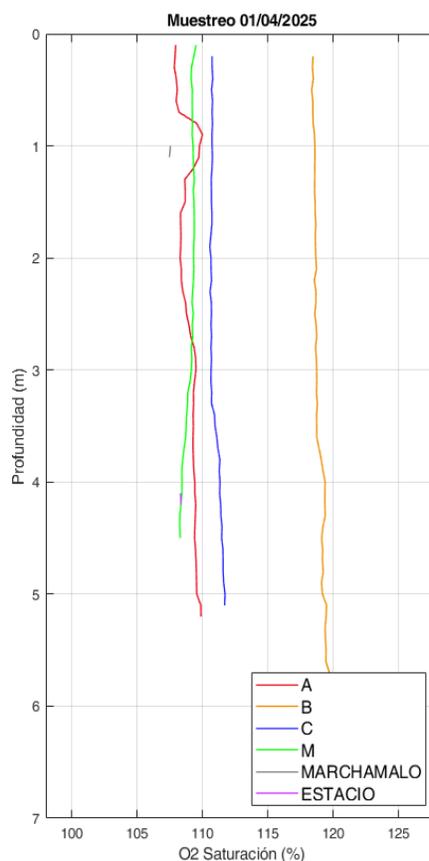


Figura 50. Perfiles de Saturación de O2 obtenidos el día 01/04/25 con el CTD.

Tabla 28. Datos de Saturación de O2 de los perfiles de CTD obtenidos el día 01/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	107,83 %	109,99 %	108,66 %	0,62 %
A	3-7 m	109,27 %	109,87 %	109,44 %	0,16 %
B	0-3 m	118,34 %	118,73 %	118,57 %	0,10 %
B	3-7 m	118,71 %	119,80 %	119,22 %	0,34 %
C	0-3 m	110,55 %	110,78 %	110,69 %	0,05 %
C	3-7 m	110,64 %	111,71 %	111,24 %	0,35 %
M	0-3 m	109,12 %	109,50 %	109,27 %	0,08 %
M	3-7 m	108,25 %	109,14 %	108,59 %	0,28 %

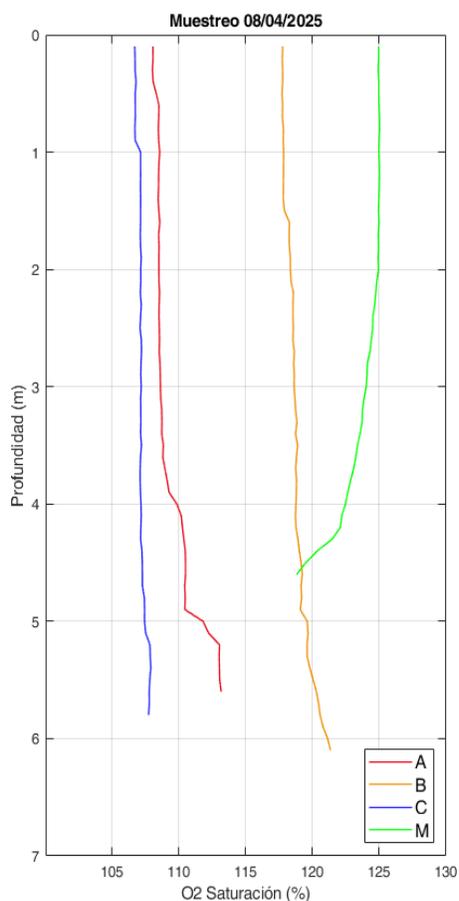


Figura 51. Perfiles de Saturación de O2 obtenidos el día 08/04/25 con el CTD.

Tabla 29. Datos de Saturación de O2 de los perfiles de CTD obtenidos el día 08/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	108,03 %	108,62 %	108,46 %	0,17 %
A	3-7 m	108,63 %	113,18 %	110,43 %	1,59 %
B	0-3 m	117,73 %	118,65 %	118,13 %	0,36 %
B	3-7 m	118,64 %	121,37 %	119,41 %	0,78 %
C	0-3 m	106,70 %	107,21 %	107,03 %	0,20 %
C	3-7 m	107,11 %	107,91 %	107,37 %	0,28 %
M	0-3 m	124,10 %	125,05 %	124,83 %	0,28 %
M	3-7 m	118,83 %	124,04 %	122,43 %	1,55 %

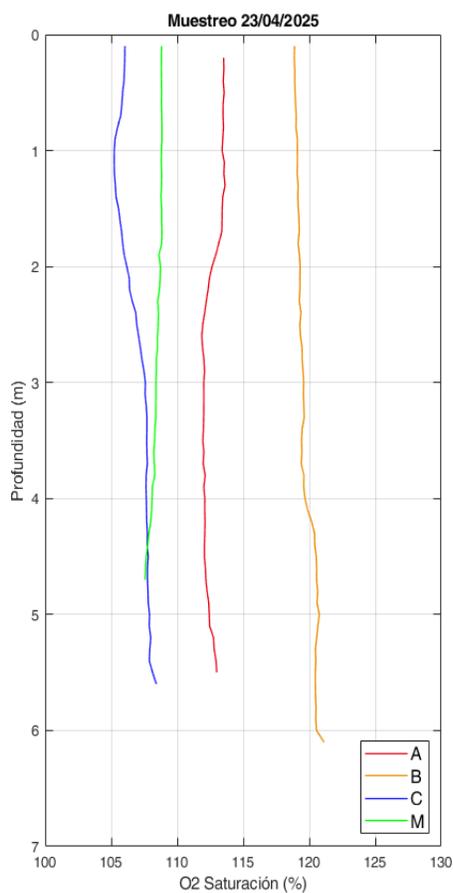


Figura 52. Perfiles de Saturación de O2 obtenidos el día 23/04/25 con el CTD.

Tabla 30. Datos de Saturación de O2 de los perfiles de CTD obtenidos el día 23/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	111,86 %	113,62 %	112,98 %	0,66 %
A	3-7 m	111,94 %	112,99 %	112,23 %	0,31 %
B	0-3 m	118,87 %	119,53 %	119,17 %	0,18 %
B	3-7 m	119,39 %	121,13 %	120,18 %	0,51 %
C	0-3 m	105,23 %	107,48 %	106,07 %	0,67 %
C	3-7 m	107,56 %	108,42 %	107,79 %	0,18 %
M	0-3 m	108,42 %	108,85 %	108,72 %	0,14 %
M	3-7 m	107,56 %	108,39 %	108,09 %	0,29 %

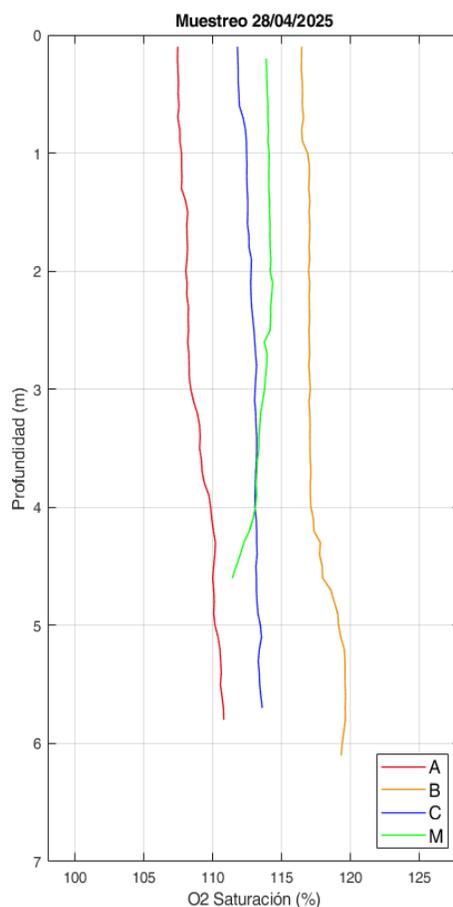


Figura 53. Perfiles de Saturación de O2 obtenidos el día 28/04/25 con el CTD.

Tabla 31. Datos de Saturación de O2 de los perfiles de CTD obtenidos el día 28/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	107,43 %	108,28 %	107,89 %	0,32 %
A	3-7 m	108,39 %	110,79 %	109,85 %	0,68 %
B	0-3 m	116,42 %	117,03 %	116,83 %	0,25 %
B	3-7 m	116,97 %	119,62 %	118,25 %	1,10 %
C	0-3 m	111,77 %	113,17 %	112,51 %	0,42 %
C	3-7 m	113,03 %	113,58 %	113,22 %	0,15 %
M	0-3 m	113,73 %	114,34 %	114,05 %	0,14 %
M	3-7 m	111,40 %	113,75 %	112,92 %	0,69 %



### 7.3.4. Concentración de O<sub>2</sub>

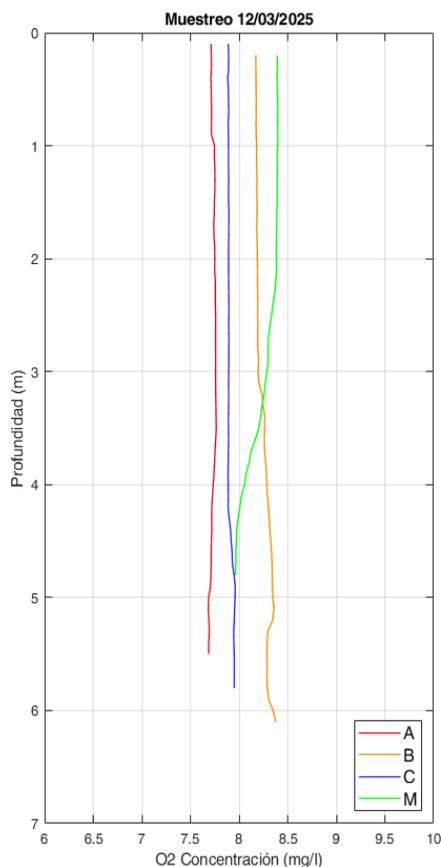


Figura 54. Perfiles de Concentración de O<sub>2</sub> obtenidos el día 12/03/25 con el CTD.

Tabla 32. Datos de Concentración de O<sub>2</sub> de los perfiles de CTD obtenidos el día 12/03/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	7,71 mg/l	7,76 mg/l	7,74 mg/l	0,02 mg/l
A	3-7 m	7,68 mg/l	7,77 mg/l	7,73 mg/l	0,03 mg/l
B	0-3 m	8,17 mg/l	8,20 mg/l	8,18 mg/l	0,01 mg/l
B	3-7 m	8,20 mg/l	8,38 mg/l	8,30 mg/l	0,04 mg/l
C	0-3 m	7,88 mg/l	7,90 mg/l	7,89 mg/l	0,00 mg/l
C	3-7 m	7,89 mg/l	7,96 mg/l	7,92 mg/l	0,03 mg/l
M	0-3 m	8,30 mg/l	8,40 mg/l	8,37 mg/l	0,03 mg/l
M	3-7 m	7,96 mg/l	8,29 mg/l	8,10 mg/l	0,12 mg/l

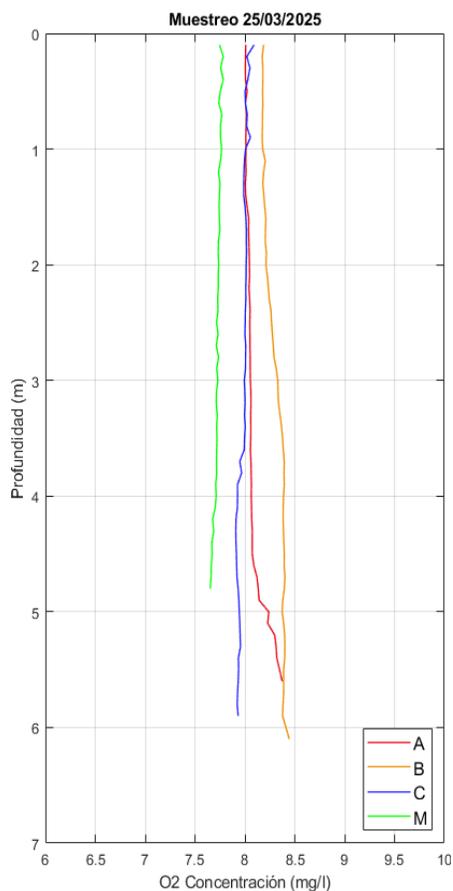


Figura 55. Perfiles de Concentración de O2 obtenidos el día 25/03/25 con el CTD.

Tabla 33. Datos de Concentración de O2 de los perfiles de CTD obtenidos el día 25/03/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	8,00 mg/l	8,05 mg/l	8,03 mg/l	0,02 mg/l
A	3-7 m	8,06 mg/l	8,37 mg/l	8,13 mg/l	0,11 mg/l
B	0-3 m	8,17 mg/l	8,31 mg/l	8,21 mg/l	0,04 mg/l
B	3-7 m	8,33 mg/l	8,45 mg/l	8,38 mg/l	0,02 mg/l
C	0-3 m	7,99 mg/l	8,09 mg/l	8,01 mg/l	0,02 mg/l
C	3-7 m	7,91 mg/l	8,00 mg/l	7,95 mg/l	0,03 mg/l
M	0-3 m	7,71 mg/l	7,78 mg/l	7,74 mg/l	0,02 mg/l
M	3-7 m	7,65 mg/l	7,73 mg/l	7,70 mg/l	0,02 mg/l

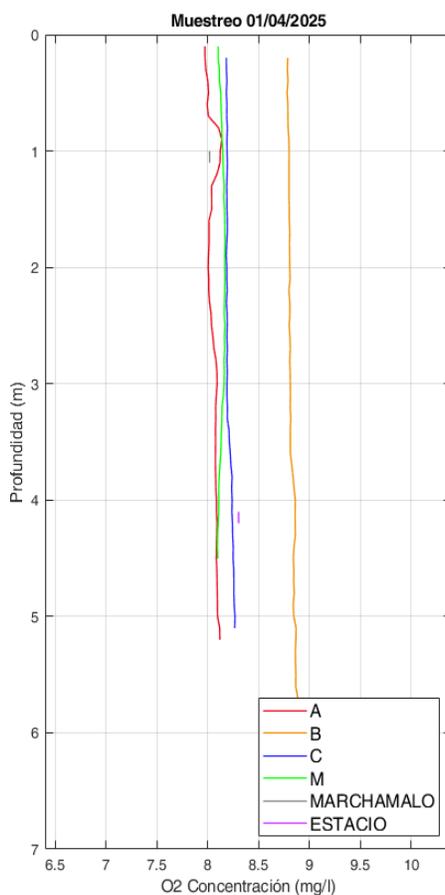


Figura 56. Perfiles de Concentración de O2 obtenidos el día 01/04/25 con el CTD.

Tabla 34. Datos de Concentración de O2 de los perfiles de CTD obtenidos el día 01/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	7,97 mg/l	8,14 mg/l	8,04 mg/l	0,05 mg/l
A	3-7 m	8,07 mg/l	8,12 mg/l	8,09 mg/l	0,01 mg/l
B	0-3 m	8,78 mg/l	8,81 mg/l	8,80 mg/l	0,01 mg/l
B	3-7 m	8,81 mg/l	8,89 mg/l	8,85 mg/l	0,03 mg/l
C	0-3 m	8,18 mg/l	8,19 mg/l	8,19 mg/l	0,00 mg/l
C	3-7 m	8,19 mg/l	8,27 mg/l	8,23 mg/l	0,03 mg/l
M	0-3 m	8,10 mg/l	8,17 mg/l	8,15 mg/l	0,02 mg/l
M	3-7 m	8,09 mg/l	8,16 mg/l	8,12 mg/l	0,02 mg/l

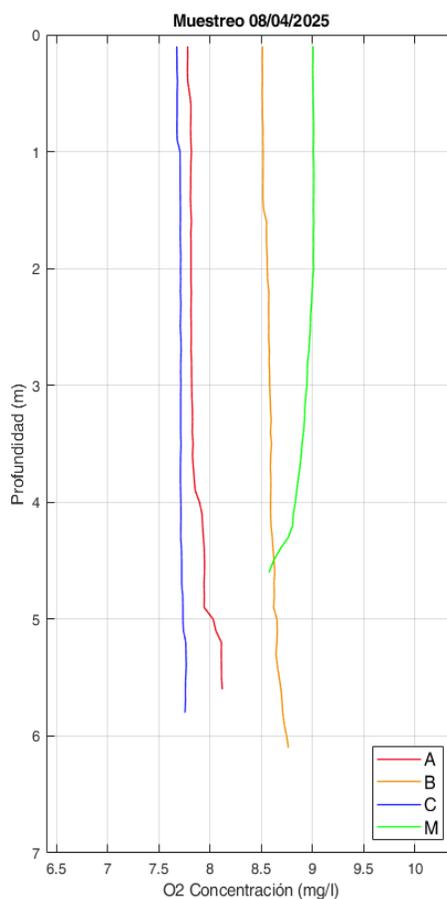


Figura 57. Perfiles de Concentración de O2 obtenidos el día 08/04/25 con el CTD.

Tabla 35. Datos de Concentración de O2 de los perfiles de CTD obtenidos el día 08/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	7,78 mg/l	7,82 mg/l	7,81 mg/l	0,01 mg/l
A	3-7 m	7,82 mg/l	8,12 mg/l	7,94 mg/l	0,11 mg/l
B	0-3 m	8,51 mg/l	8,58 mg/l	8,54 mg/l	0,03 mg/l
B	3-7 m	8,58 mg/l	8,76 mg/l	8,63 mg/l	0,05 mg/l
C	0-3 m	7,67 mg/l	7,72 mg/l	7,70 mg/l	0,02 mg/l
C	3-7 m	7,71 mg/l	7,77 mg/l	7,73 mg/l	0,02 mg/l
M	0-3 m	8,95 mg/l	9,01 mg/l	9,00 mg/l	0,02 mg/l
M	3-7 m	8,57 mg/l	8,94 mg/l	8,83 mg/l	0,11 mg/l

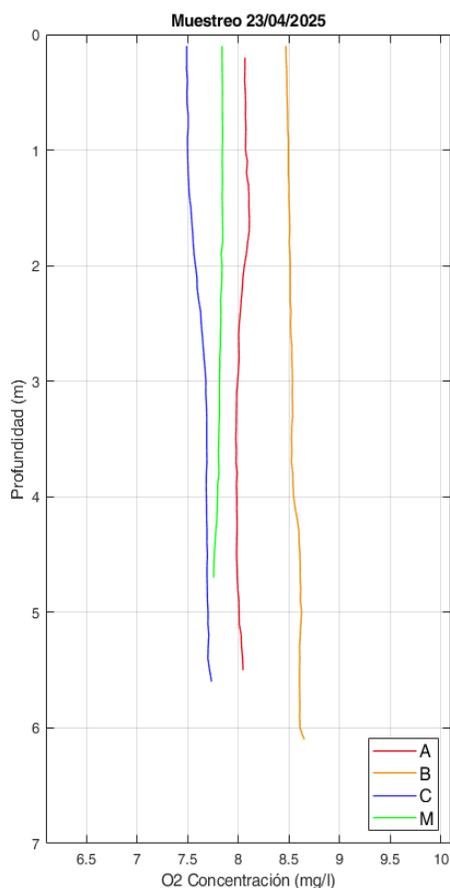


Figura 58. Perfiles de Concentración de O2 obtenidos el día 23/04/25 con el CTD.

Tabla 36. Datos de Concentración de O2 de los perfiles de CTD obtenidos el día 23/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	8,00 mg/l	8,11 mg/l	8,06 mg/l	0,03 mg/l
A	3-7 m	7,98 mg/l	8,05 mg/l	8,00 mg/l	0,02 mg/l
B	0-3 m	8,47 mg/l	8,53 mg/l	8,50 mg/l	0,02 mg/l
B	3-7 m	8,52 mg/l	8,65 mg/l	8,58 mg/l	0,04 mg/l
C	0-3 m	7,49 mg/l	7,67 mg/l	7,55 mg/l	0,06 mg/l
C	3-7 m	7,68 mg/l	7,74 mg/l	7,69 mg/l	0,01 mg/l
M	0-3 m	7,82 mg/l	7,85 mg/l	7,84 mg/l	0,01 mg/l
M	3-7 m	7,76 mg/l	7,82 mg/l	7,79 mg/l	0,02 mg/l

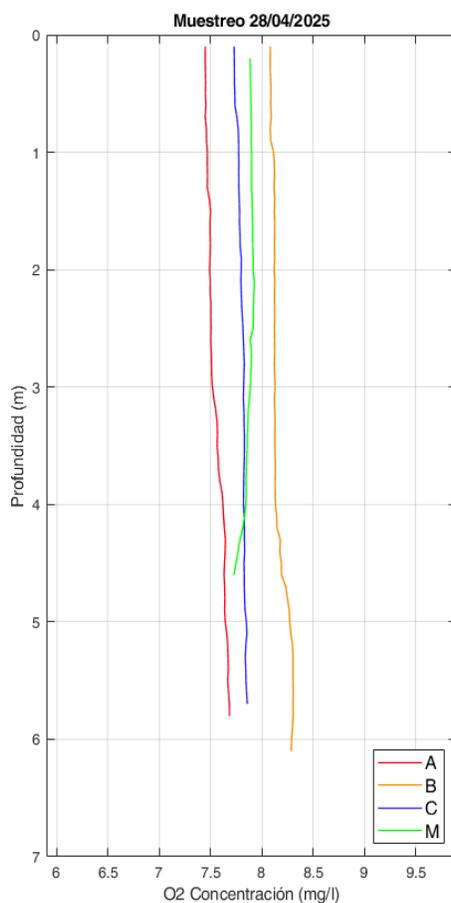


Figura 59. Perfiles de Concentración de O2 obtenidos el día 28/04/25 con el CTD.

Tabla 37. Datos de Concentración de O2 de los perfiles de CTD obtenidos el día 28/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	7,45 mg/l	7,51 mg/l	7,48 mg/l	0,02 mg/l
A	3-7 m	7,52 mg/l	7,68 mg/l	7,62 mg/l	0,05 mg/l
B	0-3 m	8,08 mg/l	8,13 mg/l	8,11 mg/l	0,02 mg/l
B	3-7 m	8,12 mg/l	8,30 mg/l	8,21 mg/l	0,08 mg/l
C	0-3 m	7,73 mg/l	7,83 mg/l	7,78 mg/l	0,03 mg/l
C	3-7 m	7,82 mg/l	7,86 mg/l	7,83 mg/l	0,01 mg/l
M	0-3 m	7,88 mg/l	7,93 mg/l	7,90 mg/l	0,01 mg/l
M	3-7 m	7,73 mg/l	7,89 mg/l	7,83 mg/l	0,05 mg/l



### 7.3.5. Turbidez

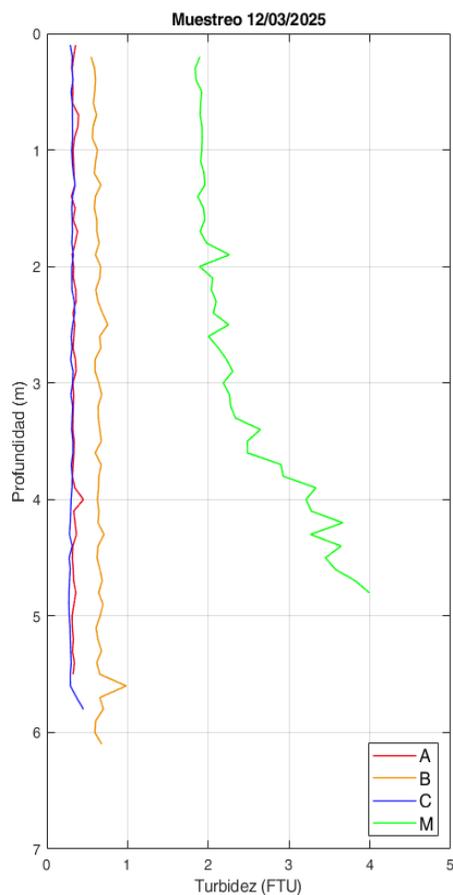


Figura 60. Perfiles de Turbidez obtenidos el día 12/03/25 con el CTD.

Tabla 38. Datos de Turbidez de los perfiles de CTD obtenidos el día 12/03/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	0,30 FTU	0,39 FTU	0,34 FTU	0,02 FTU
A	3-7 m	0,31 FTU	0,45 FTU	0,34 FTU	0,03 FTU
B	0-3 m	0,55 FTU	0,76 FTU	0,62 FTU	0,04 FTU
B	3-7 m	0,59 FTU	0,98 FTU	0,66 FTU	0,07 FTU
C	0-3 m	0,29 FTU	0,35 FTU	0,32 FTU	0,01 FTU
C	3-7 m	0,27 FTU	0,45 FTU	0,31 FTU	0,03 FTU
M	0-3 m	1,84 FTU	2,30 FTU	1,99 FTU	0,13 FTU
M	3-7 m	2,18 FTU	3,99 FTU	3,04 FTU	0,59 FTU

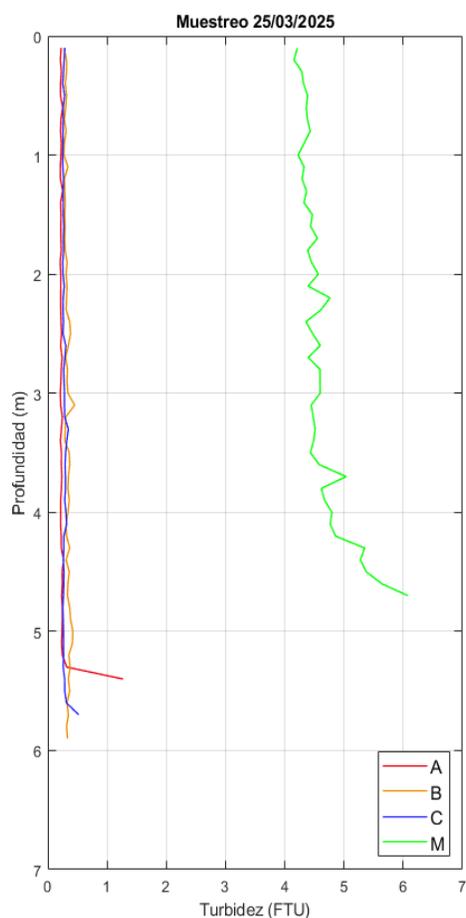


Figura 61. Perfiles de Turbidez obtenidos el día 25/03/25 con el CTD.

Tabla 39. Datos de Turbidez de los perfiles de CTD obtenidos el día 25/03/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	0,21 FTU	0,25 FTU	0,22 FTU	0,01 FTU
A	3-7 m	0,21 FTU	1,27 FTU	0,28 FTU	0,21 FTU
B	0-3 m	0,27 FTU	0,39 FTU	0,31 FTU	0,03 FTU
B	3-7 m	0,29 FTU	0,45 FTU	0,35 FTU	0,04 FTU
C	0-3 m	0,25 FTU	0,30 FTU	0,27 FTU	0,01 FTU
C	3-7 m	0,25 FTU	0,52 FTU	0,29 FTU	0,05 FTU
M	0-3 m	4,15 FTU	4,76 FTU	4,41 FTU	0,14 FTU
M	3-7 m	4,43 FTU	6,08 FTU	4,89 FTU	0,47 FTU

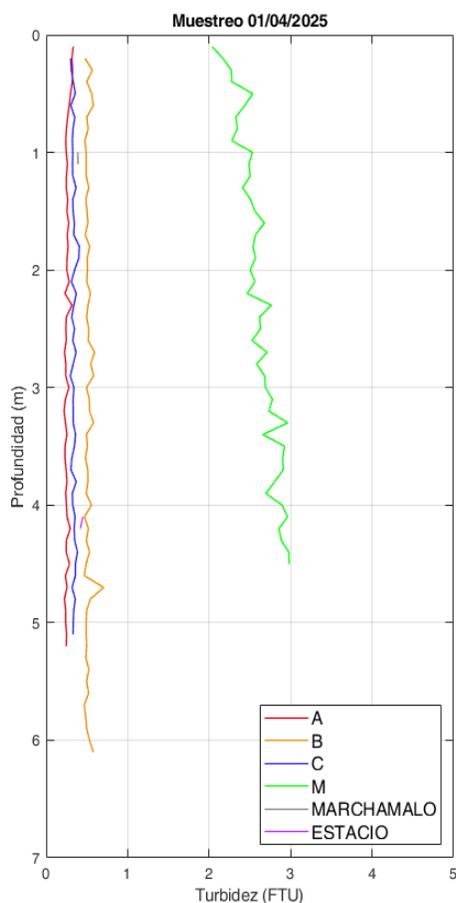


Figura 62. Perfiles de Turbidez obtenidos el día 01/04/25 con el CTD.

Tabla 40. Datos de Turbidez de los perfiles de CTD obtenidos el día 01/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	0,23 FTU	0,33 FTU	0,27 FTU	0,03 FTU
A	3-7 m	0,22 FTU	0,30 FTU	0,25 FTU	0,02 FTU
B	0-3 m	0,47 FTU	0,59 FTU	0,52 FTU	0,03 FTU
B	3-7 m	0,47 FTU	0,71 FTU	0,51 FTU	0,05 FTU
C	0-3 m	0,30 FTU	0,41 FTU	0,34 FTU	0,03 FTU
C	3-7 m	0,30 FTU	0,38 FTU	0,34 FTU	0,02 FTU
M	0-3 m	2,04 FTU	2,76 FTU	2,49 FTU	0,17 FTU
M	3-7 m	2,66 FTU	2,98 FTU	2,85 FTU	0,11 FTU

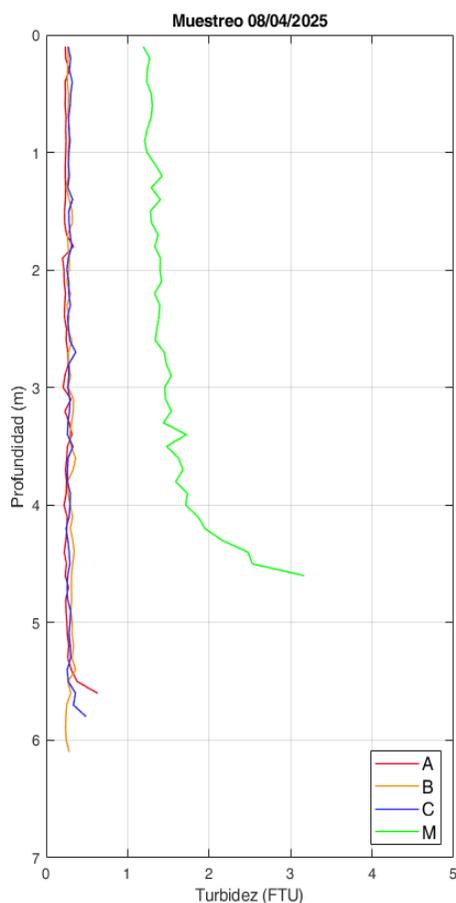


Figura 63. Perfiles de Turbidez obtenidos el día 08/04/25 con el CTD.

Tabla 41. Datos de Turbidez de los perfiles de CTD obtenidos el día 08/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	0,20 FTU	0,34 FTU	0,24 FTU	0,02 FTU
A	3-7 m	0,21 FTU	0,63 FTU	0,27 FTU	0,08 FTU
B	0-3 m	0,24 FTU	0,32 FTU	0,28 FTU	0,02 FTU
B	3-7 m	0,24 FTU	0,36 FTU	0,30 FTU	0,03 FTU
C	0-3 m	0,25 FTU	0,36 FTU	0,29 FTU	0,02 FTU
C	3-7 m	0,24 FTU	0,49 FTU	0,29 FTU	0,05 FTU
M	0-3 m	1,19 FTU	1,54 FTU	1,34 FTU	0,08 FTU
M	3-7 m	1,44 FTU	3,17 FTU	1,86 FTU	0,47 FTU

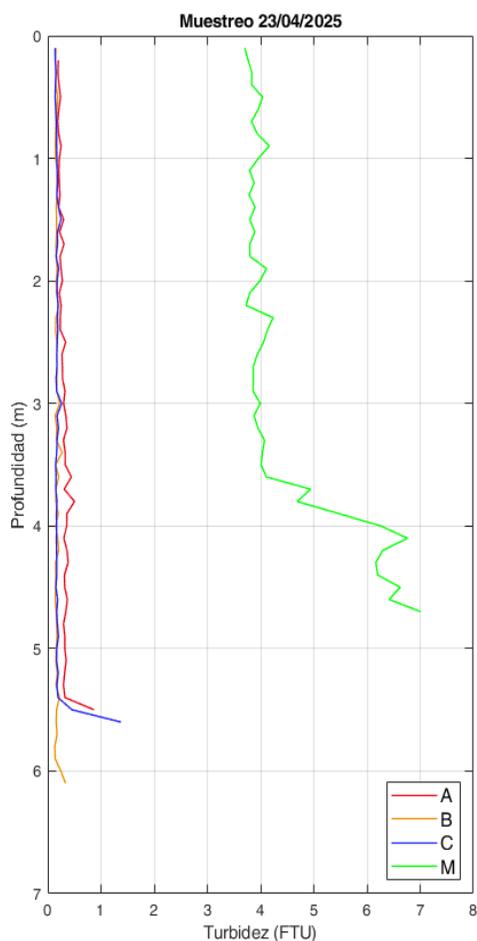


Figura 64. Perfiles de Turbidez obtenidos el día 23/04/25 con el CTD.

Tabla 42. Datos de Turbidez de los perfiles de CTD obtenidos el día 23/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	0,19 FTU	0,34 FTU	0,24 FTU	0,04 FTU
A	3-7 m	0,29 FTU	0,87 FTU	0,36 FTU	0,11 FTU
B	0-3 m	0,14 FTU	0,21 FTU	0,16 FTU	0,01 FTU
B	3-7 m	0,13 FTU	0,33 FTU	0,18 FTU	0,04 FTU
C	0-3 m	0,14 FTU	0,25 FTU	0,17 FTU	0,02 FTU
C	3-7 m	0,15 FTU	1,37 FTU	0,23 FTU	0,24 FTU
M	0-3 m	3,70 FTU	4,24 FTU	3,90 FTU	0,13 FTU
M	3-7 m	3,88 FTU	7,01 FTU	5,27 FTU	1,18 FTU

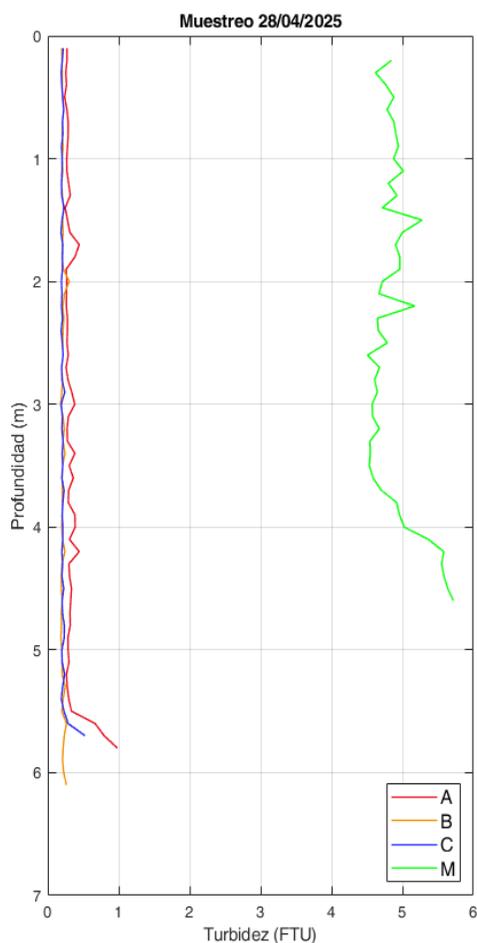


Figura 65. Perfiles de Turbidez obtenidos el día 28/04/25 con el CTD.

Tabla 43. Datos de Turbidez de los perfiles de CTD obtenidos el día 28/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	0,24 FTU	0,44 FTU	0,29 FTU	0,04 FTU
A	3-7 m	0,26 FTU	0,98 FTU	0,37 FTU	0,16 FTU
B	0-3 m	0,19 FTU	0,30 FTU	0,21 FTU	0,02 FTU
B	3-7 m	0,18 FTU	0,26 FTU	0,21 FTU	0,02 FTU
C	0-3 m	0,19 FTU	0,24 FTU	0,20 FTU	0,01 FTU
C	3-7 m	0,19 FTU	0,53 FTU	0,22 FTU	0,06 FTU
M	0-3 m	4,51 FTU	5,28 FTU	4,83 FTU	0,18 FTU
M	3-7 m	4,53 FTU	5,72 FTU	5,00 FTU	0,46 FTU



### 7.3.6. pH

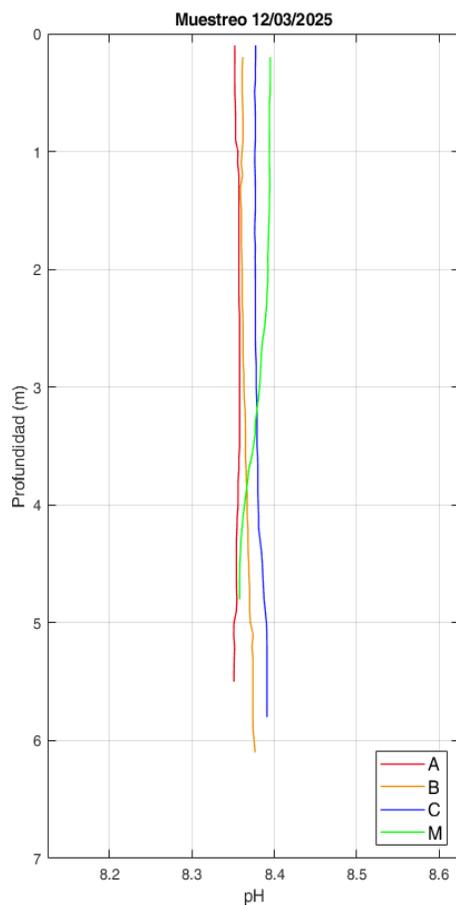


Figura 66. Perfiles de pH obtenidos el día 12/03/25 con el CTD.

Tabla 44. Datos de pH de los perfiles de CTD obtenidos el día 12/03/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	8,35	8,36	8,36	0,00
A	3-7 m	8,35	8,36	8,35	0,00
B	0-3 m	8,36	8,36	8,36	0,00
B	3-7 m	8,36	8,38	8,37	0,00
C	0-3 m	8,38	8,38	8,38	0,00
C	3-7 m	8,38	8,39	8,38	0,01
M	0-3 m	8,38	8,40	8,39	0,00
M	3-7 m	8,36	8,38	8,37	0,01

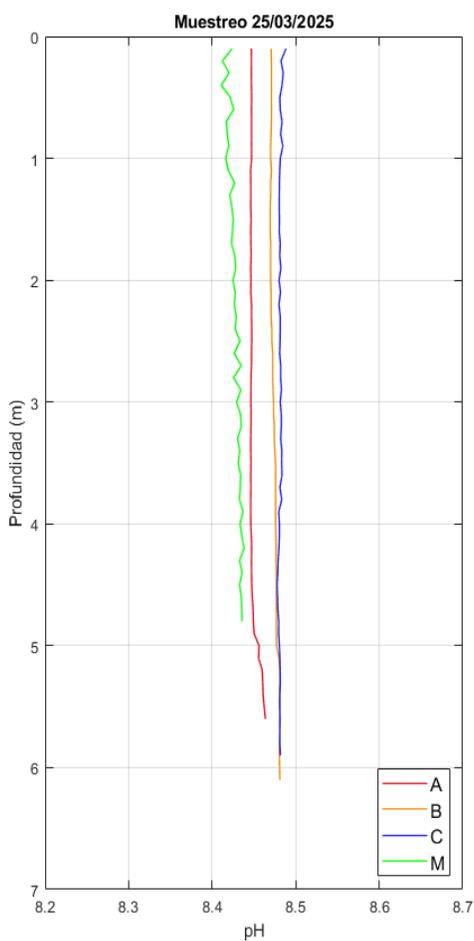


Figura 67. Perfiles de pH obtenidos el día 25/03/25 con el CTD.

Tabla 45. Datos de pH de los perfiles de CTD obtenidos el día 25/03/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	8,45	8,45	8,45	0,00
A	3-7 m	8,45	8,46	8,45	0,01
B	0-3 m	8,47	8,47	8,47	0,00
B	3-7 m	8,47	8,48	8,48	0,00
C	0-3 m	8,48	8,49	8,48	0,00
C	3-7 m	8,48	8,48	8,48	0,00
M	0-3 m	8,41	8,43	8,42	0,01
M	3-7 m	8,43	8,44	8,43	0,00

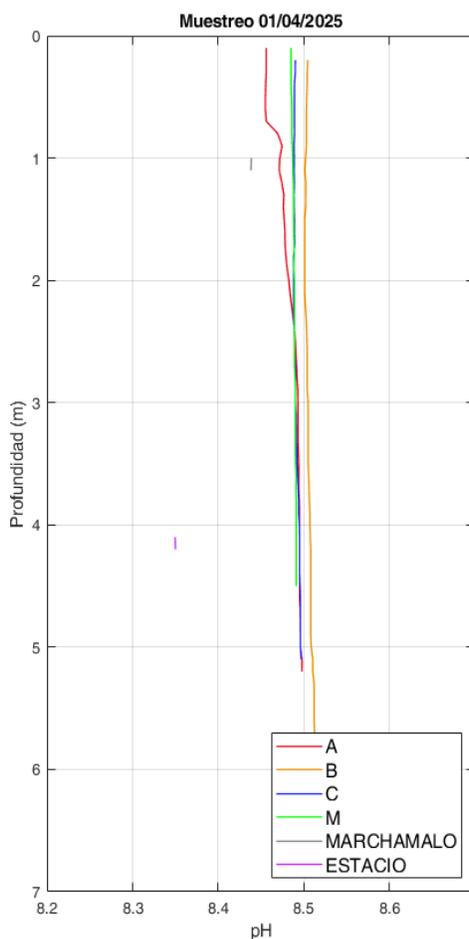


Figura 68. Perfiles de pH obtenidos el día 01/04/25 con el CTD.

Tabla 46. Datos de pH de los perfiles de CTD obtenidos el día 01/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	8,46	8,49	8,48	0,01
A	3-7 m	8,49	8,50	8,49	0,00
B	0-3 m	8,50	8,50	8,50	0,00
B	3-7 m	8,50	8,51	8,51	0,00
C	0-3 m	8,49	8,49	8,49	0,00
C	3-7 m	8,49	8,50	8,49	0,00
M	0-3 m	8,48	8,49	8,49	0,00
M	3-7 m	8,49	8,49	8,49	0,00

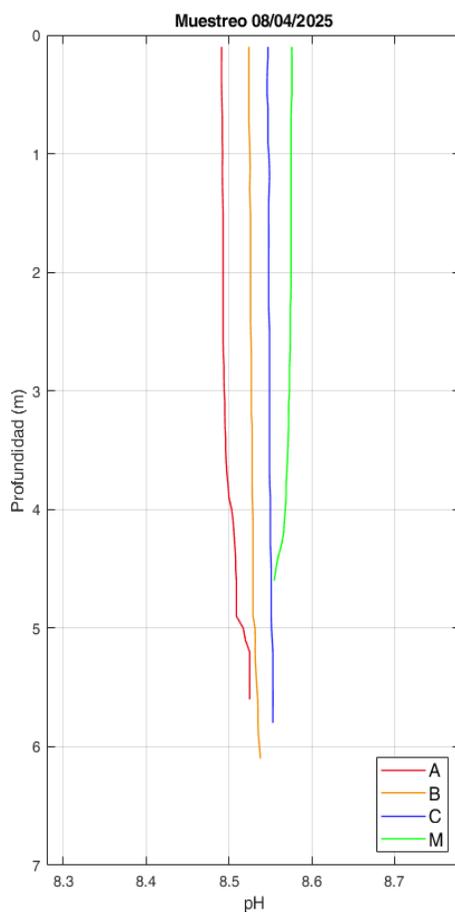


Figura 69. Perfiles de pH obtenidos el día 08/04/25 con el CTD.

Tabla 47. Datos de pH de los perfiles de CTD obtenidos el día 08/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	8,49	8,49	8,49	0,00
A	3-7 m	8,49	8,53	8,51	0,01
B	0-3 m	8,52	8,53	8,53	0,00
B	3-7 m	8,53	8,54	8,53	0,00
C	0-3 m	8,55	8,55	8,55	0,00
C	3-7 m	8,55	8,55	8,55	0,00
M	0-3 m	8,57	8,58	8,57	0,00
M	3-7 m	8,55	8,57	8,57	0,01

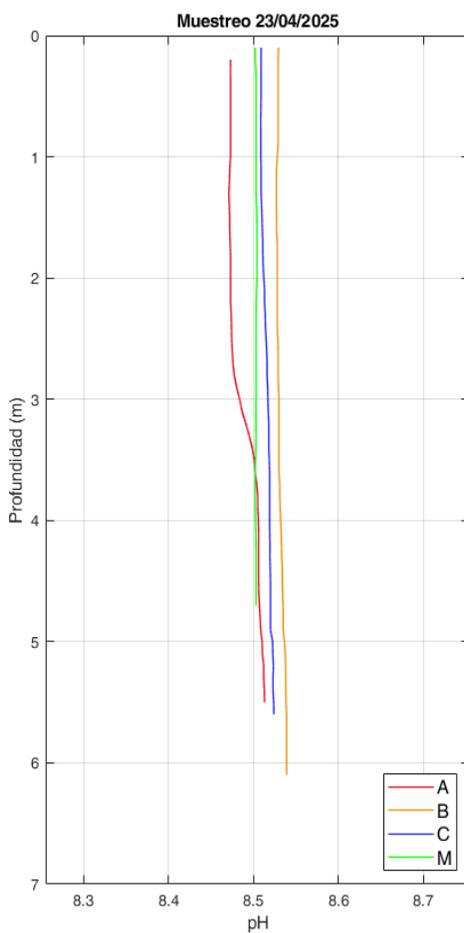


Figura 70. Perfiles de pH obtenidos el día 23/04/25 con el CTD.

Tabla 48. Datos de pH de los perfiles de CTD obtenidos el día 23/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	8,47	8,48	8,47	0,00
A	3-7 m	8,48	8,51	8,50	0,01
B	0-3 m	8,53	8,53	8,53	0,00
B	3-7 m	8,53	8,54	8,53	0,00
C	0-3 m	8,51	8,52	8,51	0,00
C	3-7 m	8,52	8,52	8,52	0,00
M	0-3 m	8,50	8,50	8,50	0,00
M	3-7 m	8,50	8,50	8,50	0,00

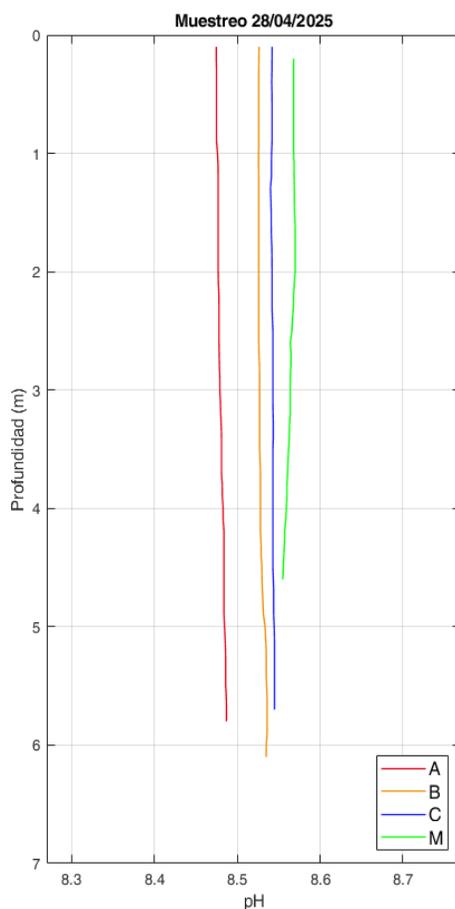


Figura 71. Perfiles de pH obtenidos el día 28/04/25 con el CTD.

Tabla 49. Datos de pH de los perfiles de CTD obtenidos el día 28/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	8,47	8,48	8,48	0,00
A	3-7 m	8,48	8,49	8,48	0,00
B	0-3 m	8,53	8,53	8,53	0,00
B	3-7 m	8,53	8,54	8,53	0,00
C	0-3 m	8,54	8,54	8,54	0,00
C	3-7 m	8,54	8,54	8,54	0,00
M	0-3 m	8,56	8,57	8,57	0,00
M	3-7 m	8,55	8,56	8,56	0,00



### 7.3.7. Luz PAR

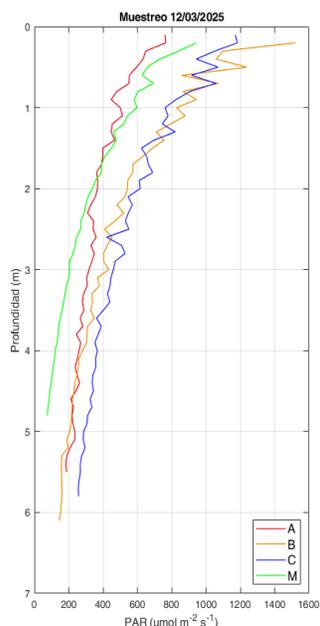


Figura 72. Perfiles de Luz PAR obtenidos el día 12/03/25 con el CTD.

Tabla 50. Datos de Luz PAR de los perfiles de CTD obtenidos el día 12/03/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	309,90 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	765,03 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	454,03 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	128,27 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
A	3-7 m	182,44 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	317,97 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	249,07 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	37,33 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
B	0-3 m	403,16 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1520,66 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	724,07 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	284,76 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
B	3-7 m	145,69 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	433,13 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	245,09 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	79,74 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
C	0-3 m	421,43 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1182,79 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	740,18 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	217,44 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
C	3-7 m	256,21 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	460,66 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	342,42 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	61,94 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
M	0-3 m	204,07 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	943,88 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	463,49 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	196,35 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
M	3-7 m	76,05 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	205,28 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	134,21 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	41,32 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

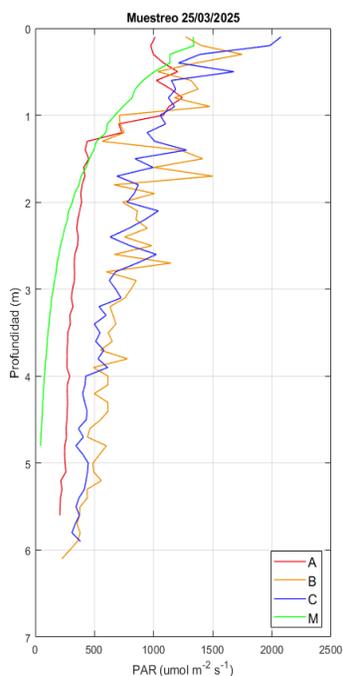


Figura 73. Perfiles de Luz PAR obtenidos el día 25/03/25 con el CTD.

Tabla 51. Datos de Luz PAR de los perfiles de CTD obtenidos el día 25/03/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	329,01 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1243,61 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	647,84 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	342,84 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
A	3-7 m	207,86 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	319,09 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	264,13 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	29,95 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
B	0-3 m	566,09 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1749,27 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1039,30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	320,11 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
B	3-7 m	224,88 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	808,61 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	530,01 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	140,83 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
C	0-3 m	626,09 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	2076,83 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1060,99 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	357,41 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
C	3-7 m	310,39 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	724,75 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	457,55 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	103,63 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
M	0-3 m	161,65 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1341,44 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	566,43 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	361,91 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
M	3-7 m	44,75 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	152,19 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	88,51 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	32,74 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

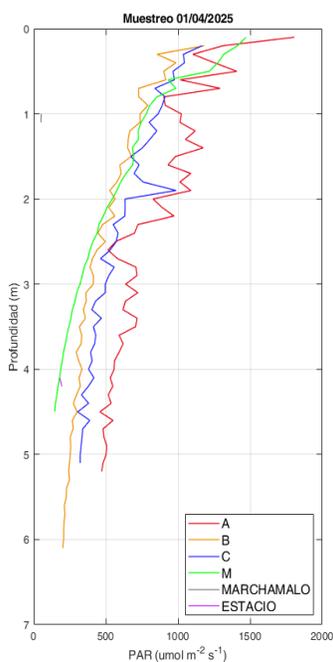


Figura 74. Perfiles de Luz PAR obtenidos el día 01/04/25 con el CTD.

Tabla 52. Datos de Luz PAR de los perfiles de CTD obtenidos el día 01/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	514,95 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1806,10 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	989,24 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	275,75 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
A	3-7 m	459,48 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	721,97 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	566,54 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	79,00 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
B	0-3 m	390,56 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1181,60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	651,41 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	192,18 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
B	3-7 m	201,02 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	412,91 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	282,19 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	56,10 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
C	0-3 m	463,58 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1167,72 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	765,46 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	186,74 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
C	3-7 m	305,80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	496,38 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	390,69 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	55,24 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
M	0-3 m	336,97 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1471,21 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	738,66 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	328,57 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
M	3-7 m	145,31 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	321,58 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	220,50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	54,89 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

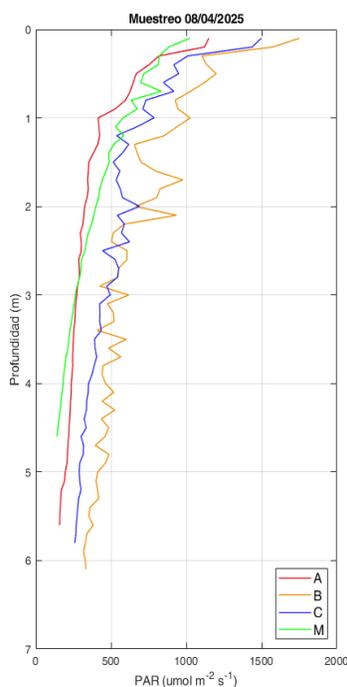


Figura 75. Perfiles de Luz PAR obtenidos el día 08/04/25 con el CTD.

Tabla 53. Datos de Luz PAR de los perfiles de CTD obtenidos el día 08/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	277,86 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1150,17 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	472,36 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	237,93 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
A	3-7 m	159,06 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	273,06 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	221,48 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	34,53 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
B	0-3 m	425,33 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1752,37 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	861,18 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	310,29 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
B	3-7 m	317,18 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	618,21 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	441,69 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	78,90 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
C	0-3 m	443,51 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1498,36 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	707,04 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	259,25 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
C	3-7 m	259,59 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	494,46 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	342,46 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	62,08 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
M	0-3 m	275,15 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1023,54 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	530,35 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	203,89 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
M	3-7 m	141,86 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	263,58 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	198,64 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	38,51 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

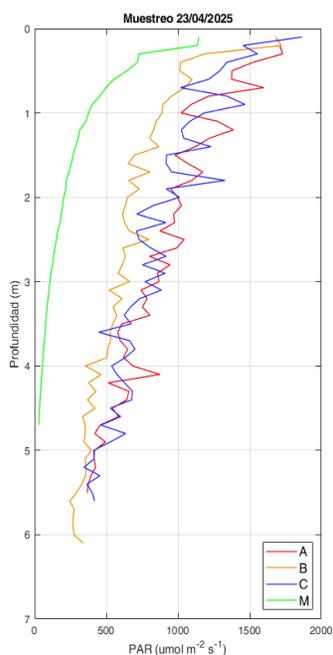


Figura 76. Perfiles de Luz PAR obtenidos el día 23/04/25 con el CTD.

Tabla 54. Datos de Luz PAR de los perfiles de CTD obtenidos el día 23/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	801,92 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1729,20 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1156,94 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	253,44 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
A	3-7 m	367,81 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	874,41 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	588,08 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	154,66 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
B	0-3 m	583,44 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1720,34 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	856,03 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	286,81 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
B	3-7 m	246,05 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	662,42 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	409,40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	112,16 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
C	0-3 m	711,29 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1864,13 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1084,41 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	283,60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
C	3-7 m	344,95 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	885,11 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	573,31 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	137,13 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
M	0-3 m	113,85 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1145,38 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	369,84 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	275,22 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
M	3-7 m	30,76 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	108,04 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	63,95 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	24,26 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

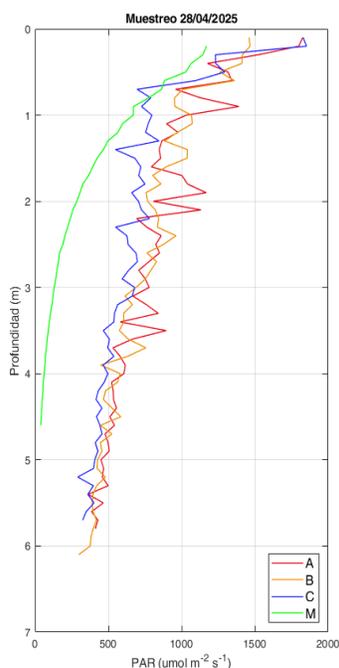


Figura 77. Perfiles de Luz PAR obtenidos el día 28/04/25 con el CTD.

Tabla 55. Datos de Luz PAR de los perfiles de CTD obtenidos el día 28/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	693,17 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	1825,77 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	1038,21 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	304,30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$
A	3-7 m	362,90 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	895,10 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	556,40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	130,83 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$
B	0-3 m	753,12 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	1467,21 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	997,26 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	229,39 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$
B	3-7 m	298,83 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	755,82 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	503,23 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	109,88 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$
C	0-3 m	548,61 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	1852,24 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	849,39 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	335,99 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$
C	3-7 m	292,06 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	679,80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	458,09 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	89,19 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$
M	0-3 m	141,01 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	1168,90 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	508,31 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	327,78 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$
M	3-7 m	38,57 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	131,60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	77,14 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	29,26 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$



### 7.3.8. Clorofila

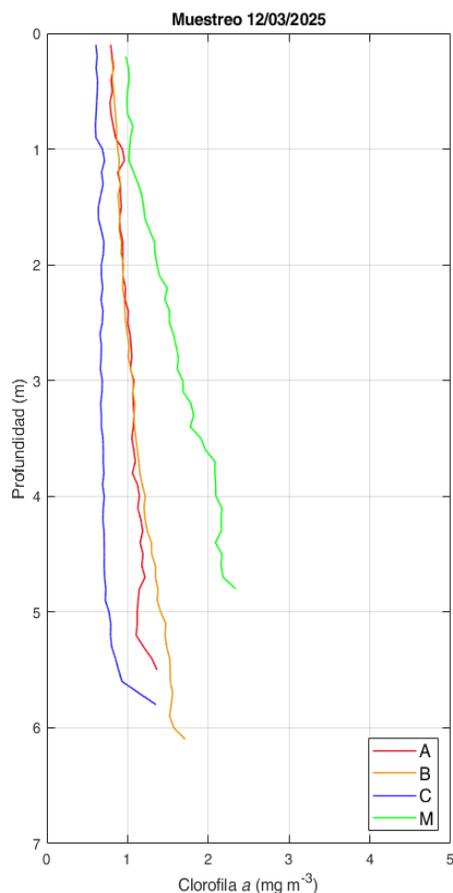


Figura 78. Perfiles de Clorofila obtenidos el día 12/03/25 con el CTD.

Tabla 56. Datos de Clorofila de los perfiles de CTD obtenidos el día 12/03/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	0,78 $\text{mg/m}^3$	1,05 $\text{mg/m}^3$	0,91 $\text{mg/m}^3$	0,08 $\text{mg/m}^3$
A	3-7 m	1,05 $\text{mg/m}^3$	1,36 $\text{mg/m}^3$	1,14 $\text{mg/m}^3$	0,07 $\text{mg/m}^3$
B	0-3 m	0,80 $\text{mg/m}^3$	1,04 $\text{mg/m}^3$	0,91 $\text{mg/m}^3$	0,06 $\text{mg/m}^3$
B	3-7 m	1,07 $\text{mg/m}^3$	1,71 $\text{mg/m}^3$	1,32 $\text{mg/m}^3$	0,19 $\text{mg/m}^3$
C	0-3 m	0,60 $\text{mg/m}^3$	0,71 $\text{mg/m}^3$	0,66 $\text{mg/m}^3$	0,03 $\text{mg/m}^3$
C	3-7 m	0,67 $\text{mg/m}^3$	1,35 $\text{mg/m}^3$	0,77 $\text{mg/m}^3$	0,15 $\text{mg/m}^3$
M	0-3 m	0,98 $\text{mg/m}^3$	1,63 $\text{mg/m}^3$	1,25 $\text{mg/m}^3$	0,23 $\text{mg/m}^3$
M	3-7 m	1,68 $\text{mg/m}^3$	2,34 $\text{mg/m}^3$	2,02 $\text{mg/m}^3$	0,19 $\text{mg/m}^3$

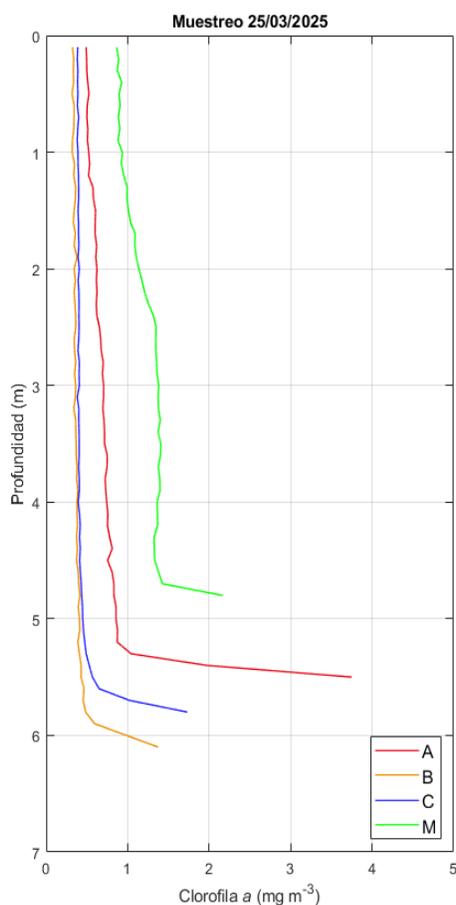


Figura 79. Perfiles de Clorofila obtenidos el día 25/03/25 con el CTD.

Tabla 57. Datos de Clorofila de los perfiles de CTD obtenidos el día 25/03/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	0,49 $\text{mg/m}^3$	0,70 $\text{mg/m}^3$	0,58 $\text{mg/m}^3$	0,07 $\text{mg/m}^3$
A	3-7 m	0,70 $\text{mg/m}^3$	3,75 $\text{mg/m}^3$	0,94 $\text{mg/m}^3$	0,62 $\text{mg/m}^3$
B	0-3 m	0,32 $\text{mg/m}^3$	0,38 $\text{mg/m}^3$	0,35 $\text{mg/m}^3$	0,01 $\text{mg/m}^3$
B	3-7 m	0,34 $\text{mg/m}^3$	1,37 $\text{mg/m}^3$	0,45 $\text{mg/m}^3$	0,20 $\text{mg/m}^3$
C	0-3 m	0,38 $\text{mg/m}^3$	0,41 $\text{mg/m}^3$	0,40 $\text{mg/m}^3$	0,01 $\text{mg/m}^3$
C	3-7 m	0,38 $\text{mg/m}^3$	1,73 $\text{mg/m}^3$	0,50 $\text{mg/m}^3$	0,27 $\text{mg/m}^3$
M	0-3 m	0,86 $\text{mg/m}^3$	1,36 $\text{mg/m}^3$	1,07 $\text{mg/m}^3$	0,18 $\text{mg/m}^3$
M	3-7 m	1,33 $\text{mg/m}^3$	2,17 $\text{mg/m}^3$	1,42 $\text{mg/m}^3$	0,18 $\text{mg/m}^3$

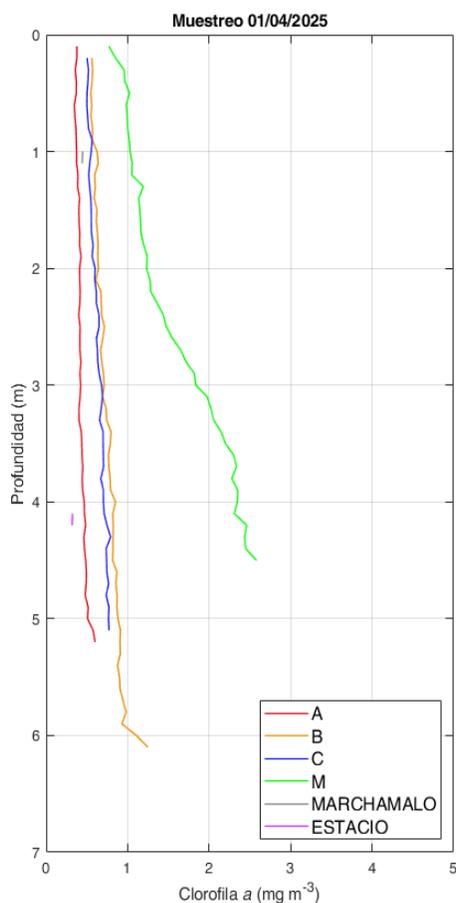


Figura 80. Perfiles de Clorofila obtenidos el día 01/04/25 con el CTD.

Tabla 58. Datos de Clorofila de los perfiles de CTD obtenidos el día 01/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	0,35 $\text{mg/m}^3$	0,43 $\text{mg/m}^3$	0,39 $\text{mg/m}^3$	0,02 $\text{mg/m}^3$
A	3-7 m	0,40 $\text{mg/m}^3$	0,60 $\text{mg/m}^3$	0,47 $\text{mg/m}^3$	0,05 $\text{mg/m}^3$
B	0-3 m	0,55 $\text{mg/m}^3$	0,71 $\text{mg/m}^3$	0,62 $\text{mg/m}^3$	0,05 $\text{mg/m}^3$
B	3-7 m	0,69 $\text{mg/m}^3$	1,25 $\text{mg/m}^3$	0,86 $\text{mg/m}^3$	0,11 $\text{mg/m}^3$
C	0-3 m	0,50 $\text{mg/m}^3$	0,65 $\text{mg/m}^3$	0,57 $\text{mg/m}^3$	0,05 $\text{mg/m}^3$
C	3-7 m	0,66 $\text{mg/m}^3$	0,79 $\text{mg/m}^3$	0,72 $\text{mg/m}^3$	0,04 $\text{mg/m}^3$
M	0-3 m	0,77 $\text{mg/m}^3$	1,82 $\text{mg/m}^3$	1,20 $\text{mg/m}^3$	0,26 $\text{mg/m}^3$
M	3-7 m	1,84 $\text{mg/m}^3$	2,58 $\text{mg/m}^3$	2,26 $\text{mg/m}^3$	0,20 $\text{mg/m}^3$

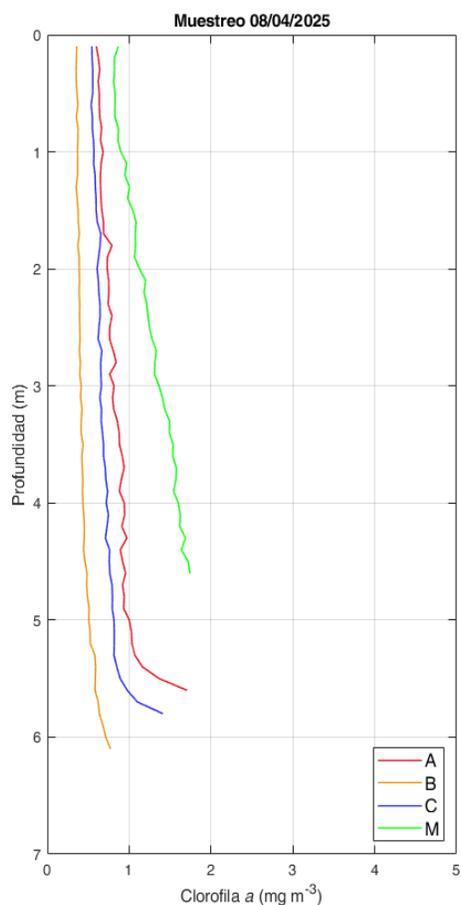


Figura 81. Perfiles de Clorofila obtenidos el día 08/04/25 con el CTD.

Tabla 59. Datos de Clorofila de los perfiles de CTD obtenidos el día 08/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	0,60 mg/m <sup>3</sup>	0,84 mg/m <sup>3</sup>	0,70 mg/m <sup>3</sup>	0,07 mg/m <sup>3</sup>
A	3-7 m	0,80 mg/m <sup>3</sup>	1,71 mg/m <sup>3</sup>	0,98 mg/m <sup>3</sup>	0,19 mg/m <sup>3</sup>
B	0-3 m	0,35 mg/m <sup>3</sup>	0,40 mg/m <sup>3</sup>	0,38 mg/m <sup>3</sup>	0,02 mg/m <sup>3</sup>
B	3-7 m	0,41 mg/m <sup>3</sup>	0,77 mg/m <sup>3</sup>	0,51 mg/m <sup>3</sup>	0,10 mg/m <sup>3</sup>
C	0-3 m	0,54 mg/m <sup>3</sup>	0,67 mg/m <sup>3</sup>	0,60 mg/m <sup>3</sup>	0,04 mg/m <sup>3</sup>
C	3-7 m	0,64 mg/m <sup>3</sup>	1,41 mg/m <sup>3</sup>	0,79 mg/m <sup>3</sup>	0,16 mg/m <sup>3</sup>
M	0-3 m	0,81 mg/m <sup>3</sup>	1,33 mg/m <sup>3</sup>	1,04 mg/m <sup>3</sup>	0,18 mg/m <sup>3</sup>
M	3-7 m	1,37 mg/m <sup>3</sup>	1,74 mg/m <sup>3</sup>	1,56 mg/m <sup>3</sup>	0,11 mg/m <sup>3</sup>

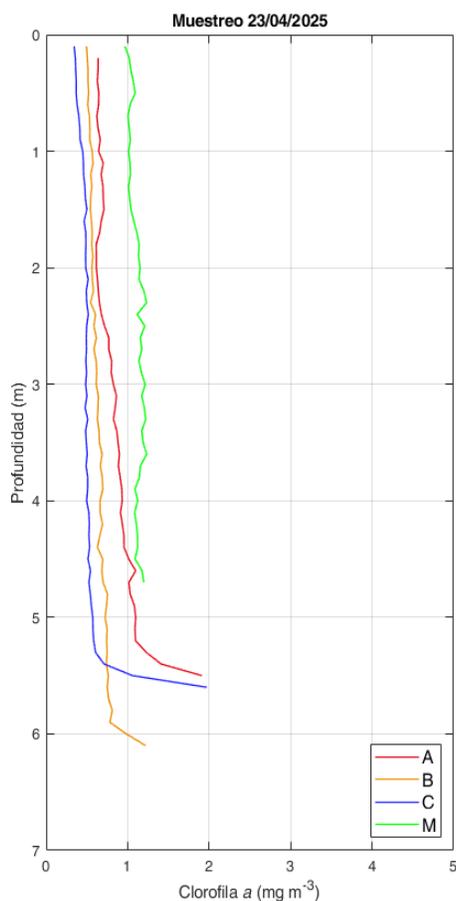


Figura 82. Perfiles de Clorofila obtenidos el día 23/04/25 con el CTD.

Tabla 60. Datos de Clorofila de los perfiles de CTD obtenidos el día 23/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	0,61 $\text{mg/m}^3$	0,80 $\text{mg/m}^3$	0,67 $\text{mg/m}^3$	0,05 $\text{mg/m}^3$
A	3-7 m	0,83 $\text{mg/m}^3$	1,91 $\text{mg/m}^3$	1,02 $\text{mg/m}^3$	0,23 $\text{mg/m}^3$
B	0-3 m	0,50 $\text{mg/m}^3$	0,62 $\text{mg/m}^3$	0,56 $\text{mg/m}^3$	0,03 $\text{mg/m}^3$
B	3-7 m	0,61 $\text{mg/m}^3$	1,22 $\text{mg/m}^3$	0,73 $\text{mg/m}^3$	0,11 $\text{mg/m}^3$
C	0-3 m	0,34 $\text{mg/m}^3$	0,52 $\text{mg/m}^3$	0,45 $\text{mg/m}^3$	0,05 $\text{mg/m}^3$
C	3-7 m	0,48 $\text{mg/m}^3$	1,97 $\text{mg/m}^3$	0,60 $\text{mg/m}^3$	0,30 $\text{mg/m}^3$
M	0-3 m	0,97 $\text{mg/m}^3$	1,23 $\text{mg/m}^3$	1,09 $\text{mg/m}^3$	0,07 $\text{mg/m}^3$
M	3-7 m	1,09 $\text{mg/m}^3$	1,23 $\text{mg/m}^3$	1,16 $\text{mg/m}^3$	0,05 $\text{mg/m}^3$

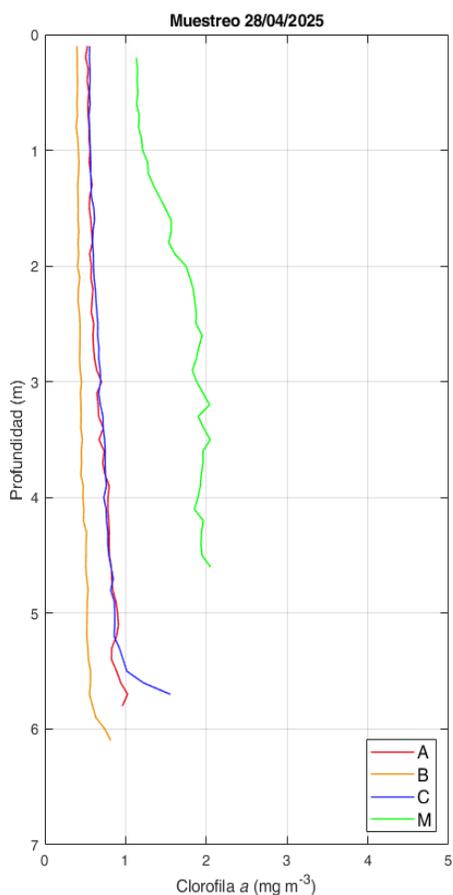


Figura 83. Perfiles de Clorofila obtenidos el día 28/04/25 con el CTD.

Tabla 61. Datos de Clorofila de los perfiles de CTD obtenidos el día 28/04/25.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	0,51 $\text{mg/m}^3$	0,64 $\text{mg/m}^3$	0,57 $\text{mg/m}^3$	0,03 $\text{mg/m}^3$
A	3-7 m	0,64 $\text{mg/m}^3$	1,03 $\text{mg/m}^3$	0,81 $\text{mg/m}^3$	0,09 $\text{mg/m}^3$
B	0-3 m	0,39 $\text{mg/m}^3$	0,44 $\text{mg/m}^3$	0,41 $\text{mg/m}^3$	0,01 $\text{mg/m}^3$
B	3-7 m	0,44 $\text{mg/m}^3$	0,82 $\text{mg/m}^3$	0,52 $\text{mg/m}^3$	0,08 $\text{mg/m}^3$
C	0-3 m	0,55 $\text{mg/m}^3$	0,69 $\text{mg/m}^3$	0,60 $\text{mg/m}^3$	0,04 $\text{mg/m}^3$
C	3-7 m	0,67 $\text{mg/m}^3$	1,55 $\text{mg/m}^3$	0,84 $\text{mg/m}^3$	0,18 $\text{mg/m}^3$
M	0-3 m	1,13 $\text{mg/m}^3$	1,95 $\text{mg/m}^3$	1,50 $\text{mg/m}^3$	0,30 $\text{mg/m}^3$
M	3-7 m	1,85 $\text{mg/m}^3$	2,05 $\text{mg/m}^3$	1,95 $\text{mg/m}^3$	0,06 $\text{mg/m}^3$