



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

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 (diciembre 2024)

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). Queda absolutamente prohibida la publicación de los datos contenidos en este informe sin el consentimiento previo de los autores y del IEO-CSIC.



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de
Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



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 Fernández, Centro Oceanográfico (CO) de Murcia

Eugenio Fraile, CO de Canarias

Marijn Oosterbaan, CO de Canarias (contratado DMMEM)

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 Lizán, 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 (2024). Informe de actualización de resultados del programa de seguimiento del Mar Menor (diciembre 2024).

Proyecto BELICH: Monitorización, Estudio y Modelización del Mar Menor (MAPMM-MITECO). IEO-CSIC.

http://www.ieo.es/es_ES/web/ieo/mar-menor.



Tabla de contenido

1. Resumen y conclusiones	5
2. Antecedentes y objeto del informe.....	7
3. Marco de trabajo	7
3.1. Variables de estudio	7
3.2. Fuentes de datos	10
3.2.1. Muestreos <i>in situ</i>	10
3.2.2. Datos satelitales.....	11
3.2.3. Sensores de luz PAR.....	12
4. Resultados.....	12
4.1. Temperatura.....	13
4.2. Salinidad.....	16
4.3. Concentración de la clorofila-a	19
4.3.1 Clorofila muestreos <i>in situ</i>	19
4.3.1. Clorofila satelital	27
4.4. Turbidez	30
4.5. Oxígeno.....	39
4.6. pH.....	42
4.7. Potencial redox.....	45
4.8. Zooplancton	46
5. Bibliografía	49
6. Listado de abreviaturas.....	51
7. Anexos	52
7.1. Anexo I: Metodología	52
7.1.1. Temperatura	52
7.1.2. Clorofila-a.....	53
7.1.3. Turbidez.....	53
7.1.4. Oxígeno disuelto.....	54
7.1.5. pH	54
7.1.6. Nutrientes	55
7.1.7. Potencial Redox	55
7.1.8. Comunidades microbianas y de fitoplancton.....	55



7.1.9. Comunidades de zooplancton.....	56
7.1.10. Comunidades de macrófitos bentónicos.....	56
7.3. Anexo III: Perfiles CTD	57
7.3.1. Temperatura.....	57
7.3.2. Salinidad	61
7.3.3. Saturación de O ₂	65
7.3.4. Concentración de O ₂	69
7.3.5. Turbidez.....	73
7.3.6. pH	77
7.3.7. Luz PAR.....	81
7.3.8. Clorofila.....	87



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 octubre de 2024, que se resumen a continuación:

- La boya piloto “SMARTLAGOON” ha sido retirada tras finalizar el periodo previsto para su funcionamiento. A finales de enero de 2025, se procederá a la instalación del sistema completo de monitorización del proyecto BELICH.

- La temperatura del Mar Menor registrada en otoño de 2024 ha sido la más alta registrada en los últimos 5 años. La temperatura media anual su tendencia ascendente desde 1982 (Apartado 4.1).

- La salinidad está siguiendo el patrón estacional típico, con una disminución en primavera y un aumento progresivo hasta invierno. Además, tal y como ocurrió en el resto de estaciones de 2024, ha sido el otoño más salino de los últimos años con valores medios de 44,2-45,8. Estos valores han sido los máximos registrados desde el invierno de 2019, lo que consolida la tendencia ascendente de esta variable desde su disminución después de la DANA de 2019. En la actualidad los valores de esta variable ya se encuentran dentro de los rangos habituales para la laguna, y esta paulatina recuperación de la salinidad está relacionada con la menor intensidad de las precipitaciones durante los últimos años (Apartado 4.2).

- Los valores de clorofila se han mantenido relativamente estables durante 2024 (1,0-2,0 mg/m³). Sin embargo, la excepción ha ocurrido en la estación M, ya que ha registrado valores superiores al resto de estaciones de muestreo con diferentes picos en 2024; el último de ellos con valores de 2,6 mg/m³ de clorofila a principios de octubre (Apartado 4.3.1). En el resto de la laguna (estaciones A, B y C) la concentración media de esta variable ha mostrado un leve salto a concentraciones superiores a 1 mg/m³ a partir del mes de junio, y que se ha mantenido hasta finales de año. Además, los valores más elevados se registraron en la estación B y C; es decir, la parte centro y sur de la laguna. Los mapas de clorofila satelital (Apartado 4.3.2) reflejan bien las variaciones espacio-temporales descritas para las estaciones de muestreo A, B, C y M, así como otros patrones espaciales asociados a gradientes ambientales característicos de la laguna (oeste-este, norte-sur). El análisis de imágenes de satélite también indica que la turbidez de la laguna se produce mayormente en la zona de la mancha blanca y que esta continúa siendo un fenómeno muy persistente, aunque parece existir cierto patrón de variación temporal relacionado con la estacionalidad.

- En la estación M se han registrado valores de turbidez altos desde principios de junio de 2024. No obstante, los eventos lluviosos producidos a principios de octubre provocaron un aumento puntual de la turbidez registrados por los sensores PAR de la estación B y una disminución posterior de la turbidez en la zona de la "mancha". Además, en la estación M, la radiación PAR



disponible a 4 metros (%lo) se ha mantenido por debajo del umbral mínimo crítico para el crecimiento de las comunidades de macrófitos (valores críticos por debajo del 5%) desde mediados de junio hasta finales del año. Estos bajos niveles de radiación PAR se han mantenido de forma casi constante desde que se incorporó esta estación al programa de seguimiento, lo que es consistente con la casi total ausencia de macrófitos en esta parte de la laguna. En el resto de la albufera los niveles de luz PAR que alcanzan el fondo se han mantenido por lo general por encima de los umbrales críticos la mayor parte del tiempo. Estos niveles se consideran óptimos para el desarrollo de la vegetación bentónica (Apartado 4.4), pero a partir de junio mostraron una caída paulatina hacia niveles críticos, con valores por debajo del umbral mínimo crítico durante más del 50% de los días desde junio hasta mediados de octubre. Esta caída es coherente con el incremento de la turbidez (Kd) y la clorofila en los mismos meses.

- Los niveles de oxígeno han seguido el patrón estacional típico, con una disminución durante el verano y un aumento gradual en otoño. Los valores registrados indican una buena oxigenación del agua sin indicios ni riesgos de hipoxia o anoxia, incluso en la zona de blanqueamiento del agua (estación M), donde los valores medios de esta variable son similares a los observados en el resto de la laguna (Apartado 4.5).

- Los valores de pH se han mantenido entre 8,3 y 8,5 en los últimos meses, y han sido ligeramente inferiores a los registrados en la época estival. En contraposición, 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 4.6). No obstante, desde finales de 2023 se observa una tendencia estable de los valores y se observa una que suaviza su tendencia general observada inicialmente desde el principio del periodo considerado.

- Los valores de potencial redox registrados se mantienen alrededor de los 100 mV, lo que indica que hay un ambiente oxidante sin eventos de hipoxia o anoxia. Además, no se han registrado valores extremos desde que se comenzó a monitorear esta variable en noviembre de 2022 (Apartado 4.7).

- Las comunidades de mesozooplankton han sufrido descensos acusados en su abundancia en 2023 y 2024 con respecto al periodo 2020-2022, principalmente del grupo copépodos, coincidiendo con las floraciones masivas de la medusa *Cotylorhiza tuberculata* en los veranos de 2023 y 2024 (Apartado 4.8).

- Respecto a los nutrientes, 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 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 que se va a instalar a finales de enero de 2025 (Sub-Actuación 8.1 del MAPMM).

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 IEO (http://www.ieo.es/es_ES/web/ieo/mar-menor).

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. 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 solo 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 (Kd , 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 hiperespectrales (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 (μM): 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 (mg/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).

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. Muestreos *in situ*

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).

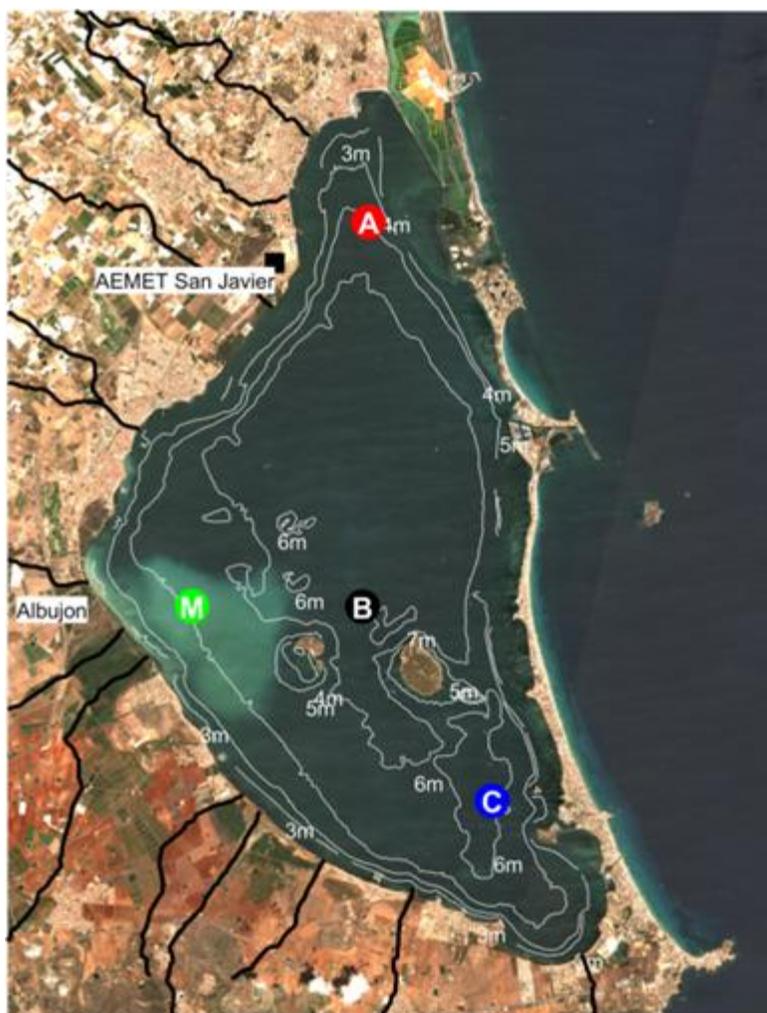


Figura 1: Ubicación de las estaciones de muestreo (A, B, C y M) mostrada sobre una imagen de satélite Sentinel2 obtenida el 03/08/2023.

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
SENTINEL3A	OLCI	05-2016	300	1022
SENTINEL3B	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

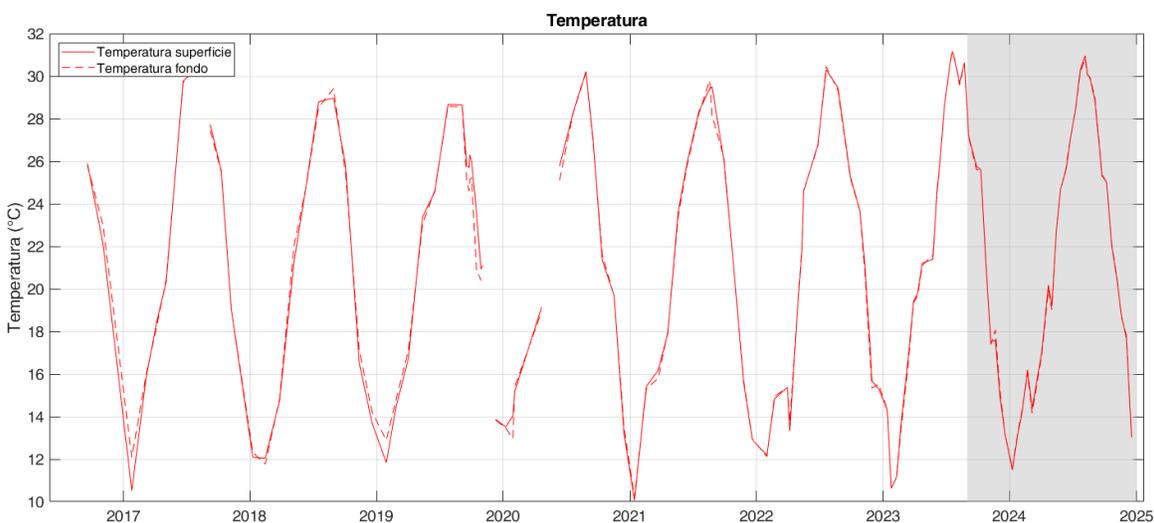
En el presente informe, se presentan de manera concisa y detallada los resultados obtenidos tras llevar a cabo el análisis exhaustivo de los datos recopilados. Este estudio se ha centrado en el análisis de las variables mencionadas en el apartado anterior con el fin de proporcionar una visión



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 han sido 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 ha sido superior a lo registrado en los últimos 5 años (19,5°C; Tabla 2).



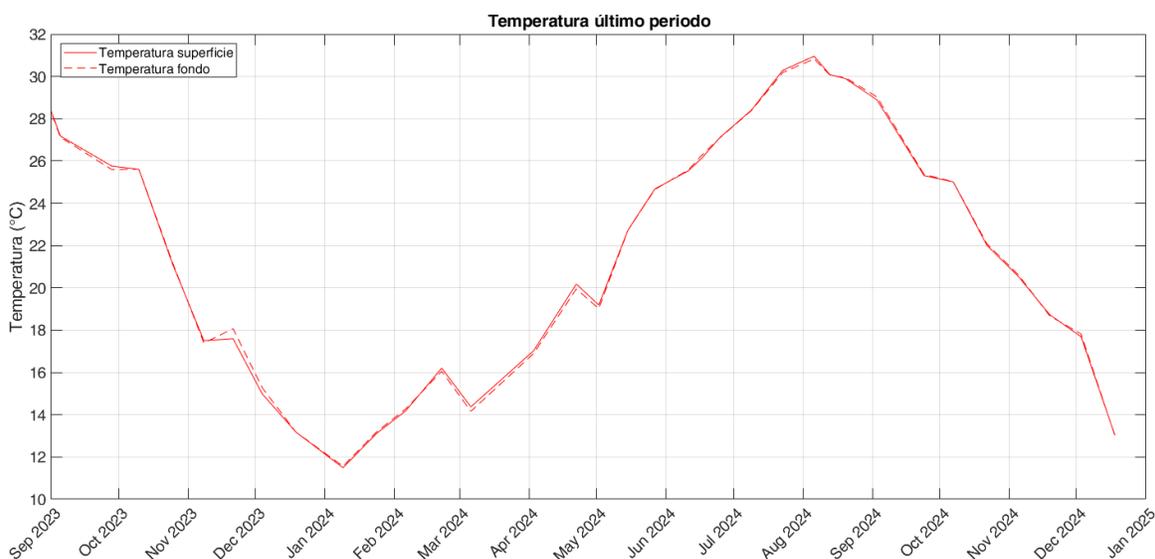


Figura 2: Temperatura media superficial (0,5 m; línea continua) y temperatura media del fondo (entre 4 y 6 m dependiendo de la estación, Figura 1; línea discontinua) registradas en el último año natural durante los muestreos *in situ* del proyecto DMMEM y BELICH en las estaciones de muestreo A, B, C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

Tabla 2: Valores medios, mínimos (Min) y máximos (Max) de temperatura por año en superficie (0,5 m) y fondo (4-6 m 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

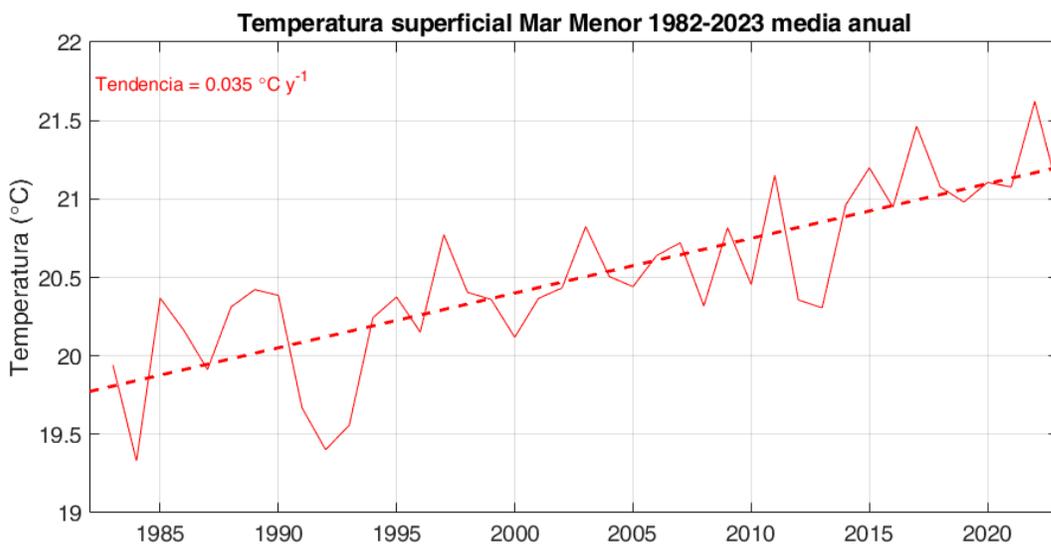


Figura 3: Serie temporal de temperatura superficial media anual desde 1982 hasta 2023 obtenida a partir de datos satelitales. La temperatura superficial mostró una tasa de cambio de $+0.037^{\circ}\text{C}$ por año en el periodo de estudio.

4.2. Salinidad

La Figura 4 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 situándose en valores medios de salinidad superiores a 45 tras las lluvias



torrenciales de 2017, lo que estuvo relacionado con la menor intensidad de las precipitaciones en ese periodo. Igualmente, desde la drástica caída de la salinidad a consecuencia de una serie de eventos torrenciales (DANAs) entre 2019 y 2020, esta variable se ha mantenido en valores bajos (no superiores a 43,2; Tabla 3) respecto a los rangos normalmente registrados en años anteriores (e históricamente) en la laguna (Ruiz *et al.*, 2020).

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).

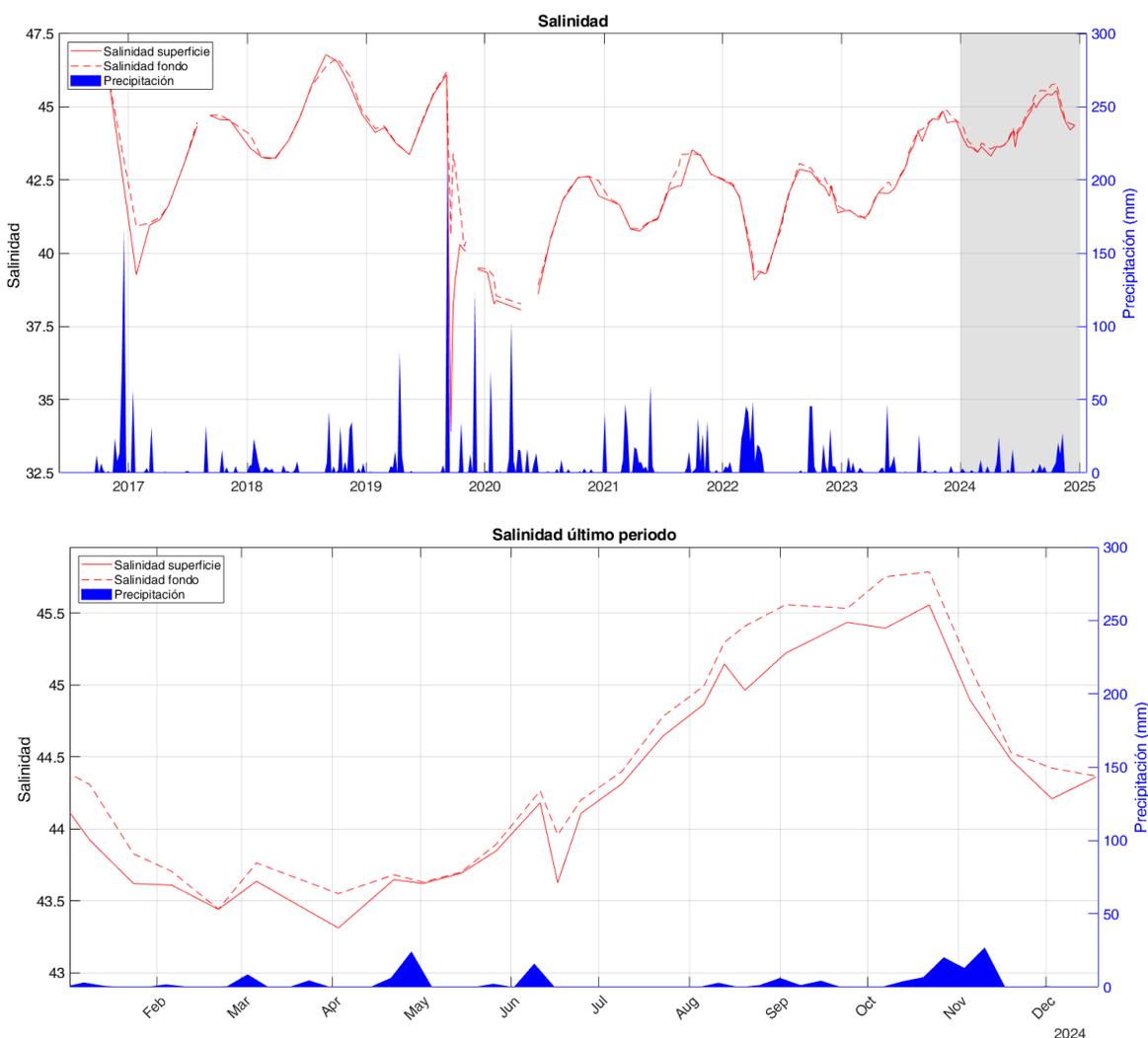


Figura 4: Datos de salinidad promedio en superficie (0,5 m; rojo continuo) y fondo (entre 4 y 6 m dependiendo de la estación, Figura 1; rojo discontinuo) en las estaciones de muestreo A, B, C y M de los muestreos del proyecto DMMEM y BELICH durante el último año natural. Datos de precipitación en el 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.



Tabla 3: Valores medios, mínimos (Min) y máximos (Max) de salinidad por año medidos en superficie (0,5 m) y fondo (4-6 m 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
	Anual	44,3	0,7	43,3	45,6	44,5	0,8	43,4	45,8

En 2024 se han alcanzado los máximos valores de salinidad desde las DANAs de 2019, con promedios de 43,7 en invierno, 43,9 en primavera, 45 en verano y 44,9 en otoño (Tabla 3). Estos datos confirman la tendencia al alza de la salinidad, que ha ido consolidándose desde la marcada caída provocada por la DANA de 2019. Especialmente en verano, la salinidad ha mostrado una tendencia positiva destacada (Figura 4, Tabla 3), particularmente marcada a partir de 2022, coincidiendo con una reducción progresiva de la frecuencia e intensidad de los eventos de precipitaciones.

Tras las lluvias de principios de junio de 2024, los valores descendieron ligeramente de 44,2 a 43,6, pero se recuperaron rápidamente. Posteriormente, las precipitaciones otoñales no han afectado a la tendencia creciente típica de esta época del año, aunque si se observa una leve estratificación entre la capa superficial y profunda de la laguna, con una diferencia de aproximadamente 0,3 puntos de salinidad a la baja en la capa superficial. 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).

4.3. Concentración de la clorofila-a

4.3.1 Clorofila muestreos *in situ*

Con respecto a las medidas de clorofila-a tomadas *in situ*, en la zona de la “mancha” los valores medios de clorofila-a son consistentemente más elevados que en el resto de estaciones de muestreo en casi todo 2024, mostrando un máximo de 3,95 mg/m³ en abril de 2024 (Figura 5; Tabla 4), tras el cual la concentración de clorofila en esta estación volvió a disminuir hasta valores similares a los encontrados al principio del año 2024 (< 2,5 mg/m³). No obstante, la concentración media de esta variable en el resto de la laguna muestra un leve salto a concentraciones superiores



a 1 mg/m^3 a partir del mes de junio que se mantiene hasta la fecha, y que parece estar en el origen del incremento de la turbidez de la columna de agua (K_d) (ver siguientes apartados).

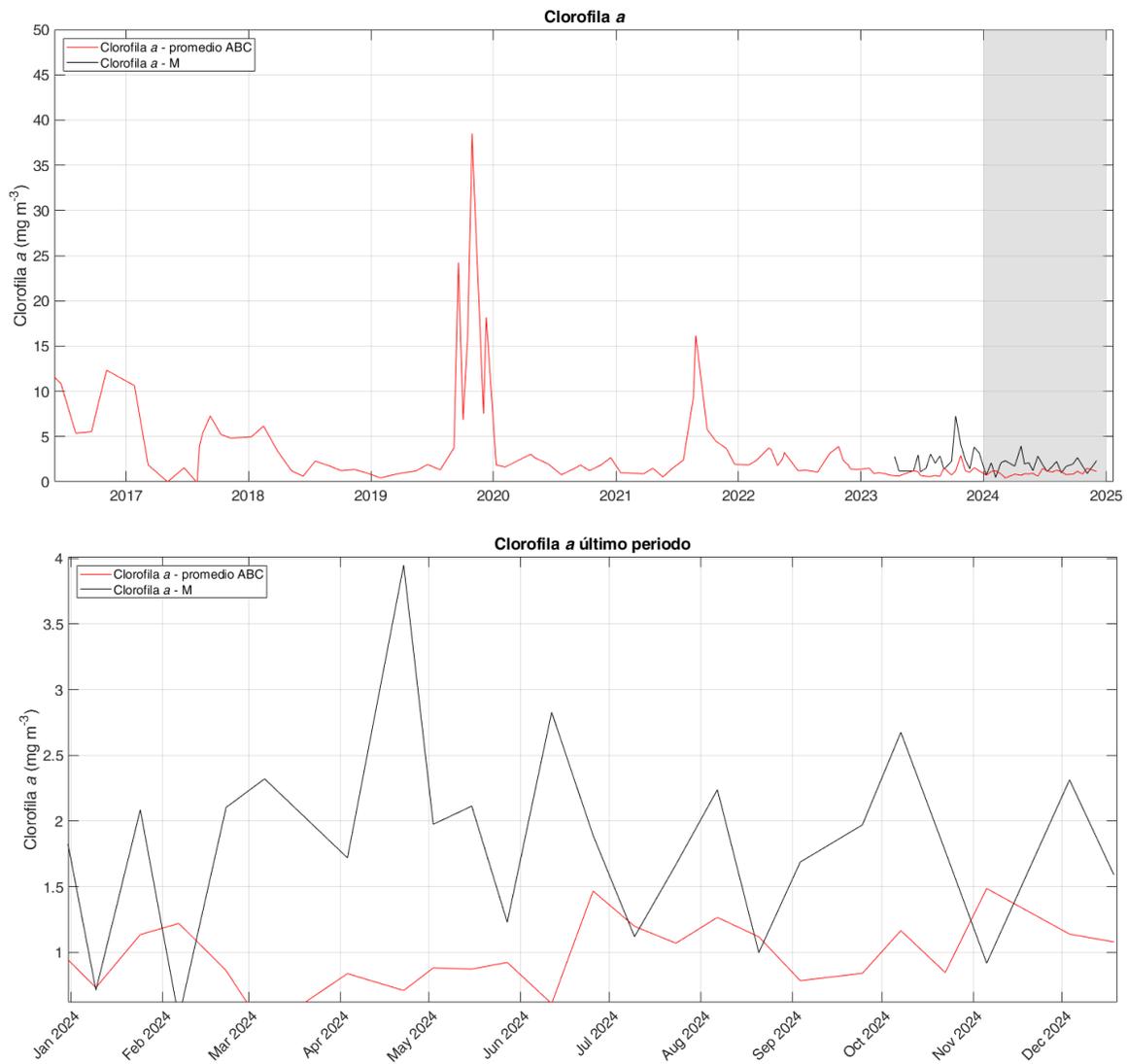


Figura 5: Datos de clorofila-a obtenidos en los muestreos del proyecto DMMEM y BELICH durante el último año en las estaciones de muestreo A, B, C y M de la laguna del Mar Menor. En la parte superior se muestra la serie desde 2016 y en la parte inferior el último año.



Tabla 4: 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 ³)		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

En las Figuras 6, 7, 8 y 9 se presentan los valores de la concentración de clorofila-*a* 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 (%I₀) a 4 metros de profundidad.

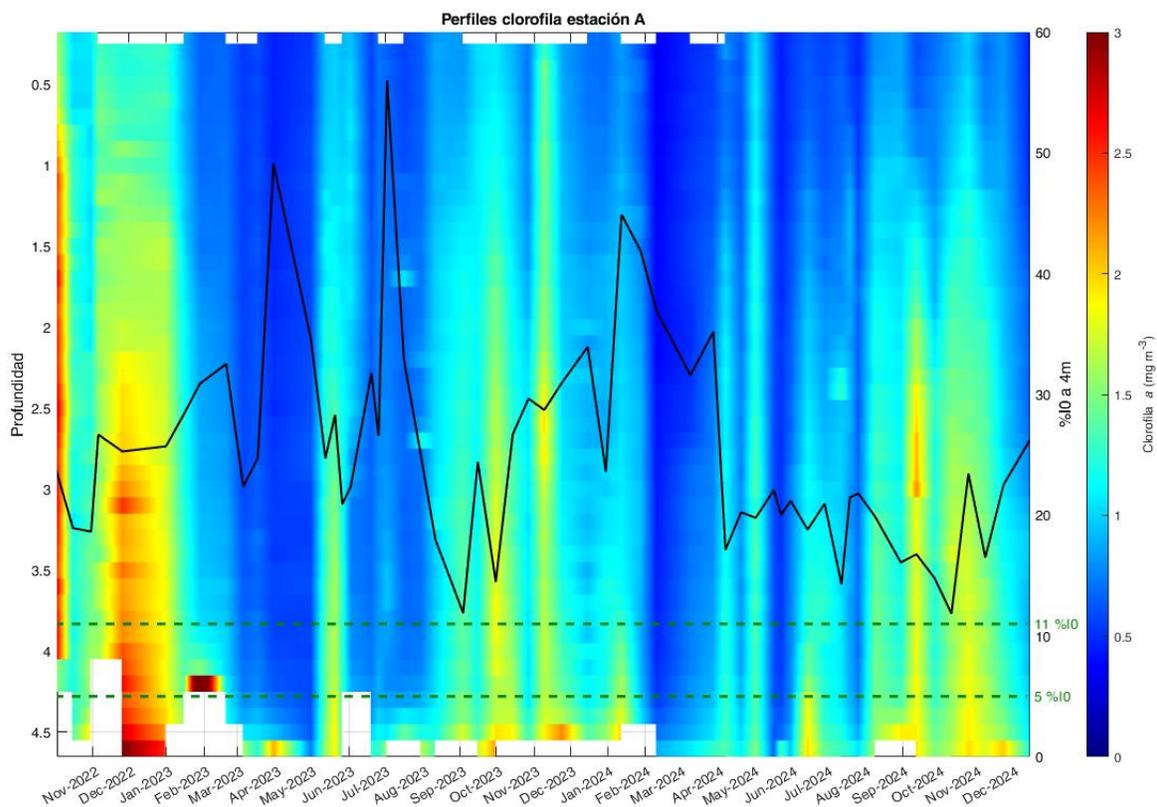


Figura 6: Perfiles de clorofila-*a* obtenidos durante los muestreos del proyecto BELICH en la Estación A. Los valores más altos se representan con colores cálidos (rojos), mientras que los valores más bajos se muestran con colores fríos (azules). Estos perfiles se presentan en función de la profundidad. La línea negra indica el % que alcanza los 4 metros

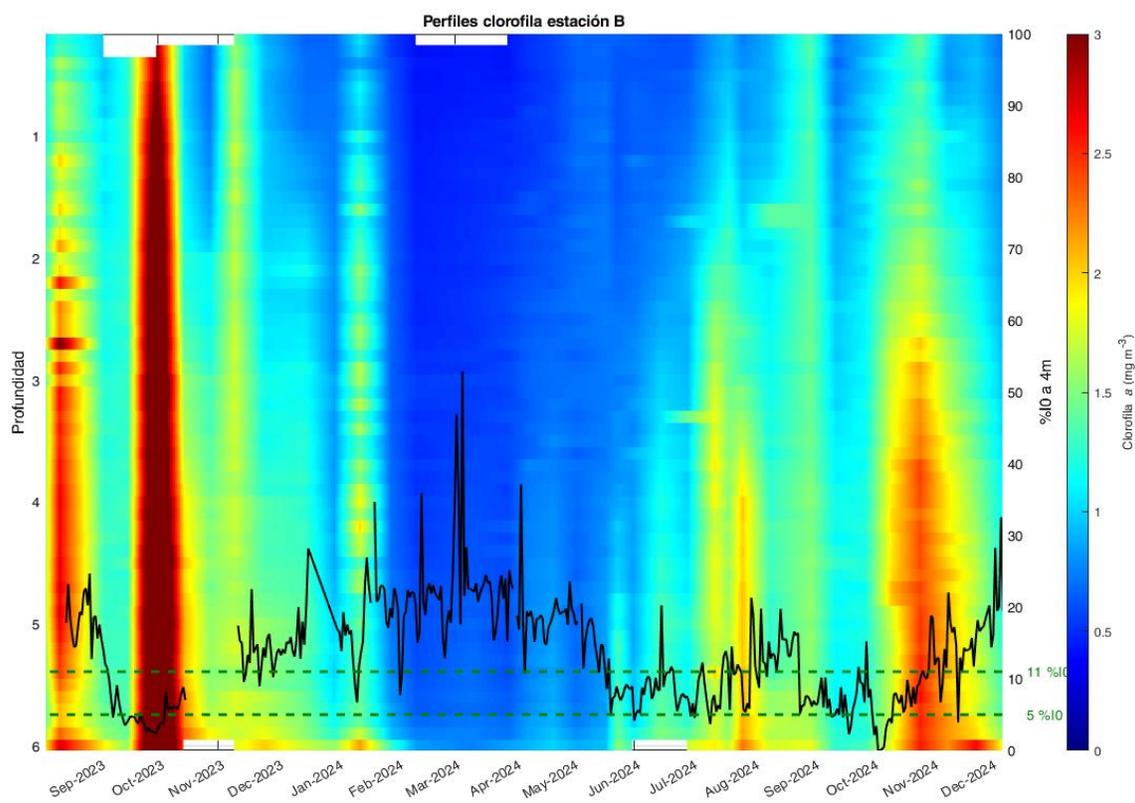


Figura 7: Perfiles de clorofila- a obtenidos durante los muestreos del proyecto BELICH en la Estación B. Los valores más altos se representan con colores cálidos (rojos), mientras que los valores más bajos se muestran con colores fríos (azules). Estos perfiles se presentan en función de la profundidad. La línea negra indica el %l₀ que alcanza los 4 metros.

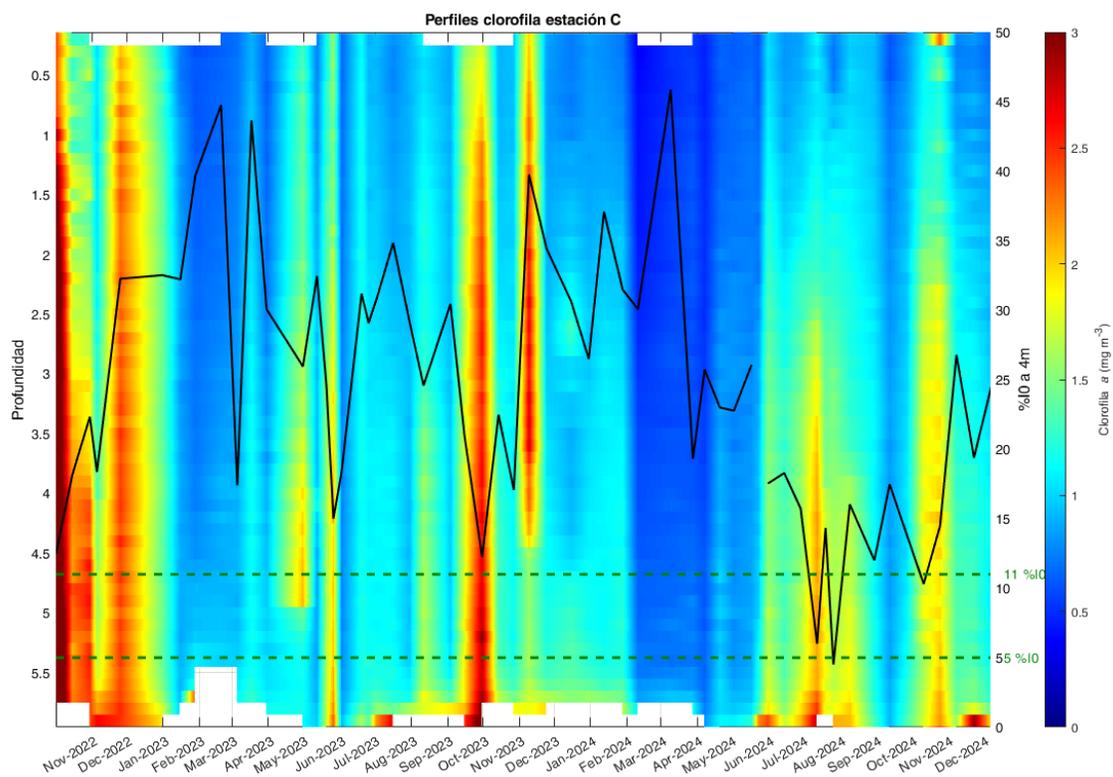


Figura 8: Perfiles de clorofila-a obtenidos durante los muestreos del proyecto BELICH en la Estación C. Los valores más altos se representan con colores cálidos (rojos), mientras que los valores más bajos se muestran con colores fríos (azules). Estos perfiles se presentan en función de la profundidad. La línea negra indica el %I₀ que alcanza los 4 metros.

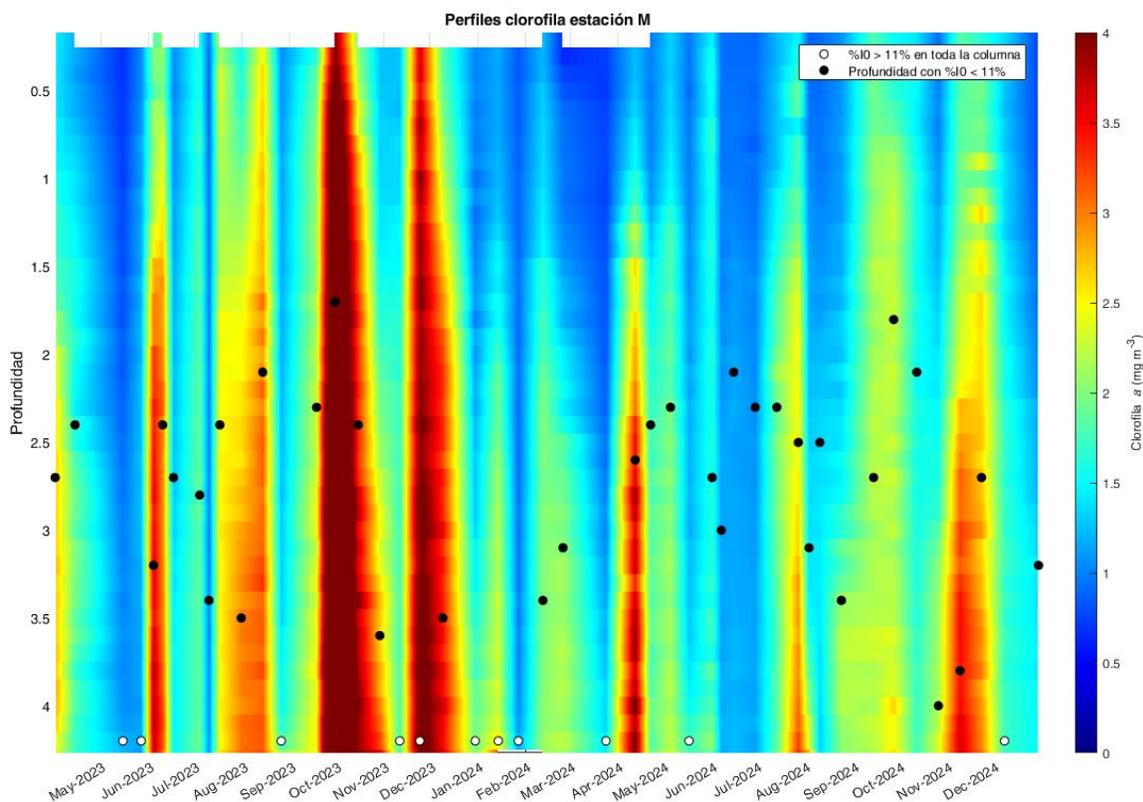


Figura 9: Perfiles de clorofila-*a* obtenidos durante los muestreos del proyecto BELICH en la Estación M. Los valores altos se representan con colores cálidos (rojos), mientras que los valores bajos se muestran con colores fríos (azules). Estos perfiles se presentan en función de la profundidad. Los puntos negros, indican la profundidad a partir de la cual el %I₀ es limitante para el crecimiento de los macrófitos (<10%), los puntos blancos indican que la el %I₀ no es limitante en toda la columna del agua.

Durante el periodo mostrado se observan diferentes episodios de incremento de la clorofila-*a*, que han sido especialmente intensos en las estaciones B y C. También se aprecia claramente como durante estos episodios la disponibilidad de luz en el fondo disminuye en mayor o menor medida, alcanzando los valores más elevados en los periodos entre eventos. Esta reducción se produce de forma particularmente intensa en la estación B, donde alcanza valores por debajo de los niveles de %I₀ que se consideran críticos para el crecimiento y supervivencia de los macrófitos bentónicos (< 11% de %I₀). En este sentido, se observan dos episodios, el de mayor intensidad que tuvo lugar en otoño de 2023 y el más reciente, a partir de junio de 2024. A finales de octubre, coincidiendo con un nuevo incremento de la clorofila-*a*, el %I₀ experimenta una mayor reducción quedando claramente por debajo de los niveles críticos, a pesar de que las concentraciones de clorofila no son tan elevadas como las observadas en el evento de otoño de 2023. Esto es probablemente debido a que la clorofila-*a* no es el único factor que explica la turbidez de la columna de agua y, por tanto, las variaciones de %I₀ (ver apartado sobre la turbidez).

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 9). En el periodo analizado, la luz en la



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

columna de agua se encuentra por encima del umbral de 11‰, en tan solo un 18,4% de las mediciones realizadas. En este caso también parece que esta reducción de la luz no se explica totalmente por las variaciones de la clorofila- α .

4.3.1. Clorofila satelital

Para este informe se han elaborado los mapas diarios de concentración de la clorofila el Mar Menor que continúan la serie de mapas presentados en los informes anteriores, concretamente para los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2024 (Figuras 10, 11, 12 y 13). Como novedad a partir de este informe, se ha aplicado una máscara que elimina las zonas con una profundidad menor de 2 metros, ya que estas zonas mostraban valores altos de clorofila que no correspondían con las observaciones registradas en muestreos *in situ*. Probablemente este pobre funcionamiento del algoritmo se deba a que la señal captada por el satélite estuviera afectada por la reflectancia de las comunidades de *Caulerpa prolifera* que ocupan el fondo. representación y su integración en el visor que se está preparando actualmente.

Los mapas de distribución diaria de clorofila satelital reflejan bien las variaciones espacio-temporales descritas para las estaciones de muestreo A, B, C y M, pero además ponen en evidencia otros patrones espaciales asociados a gradientes ambientales característicos de la laguna (oeste-este, norte-sur).

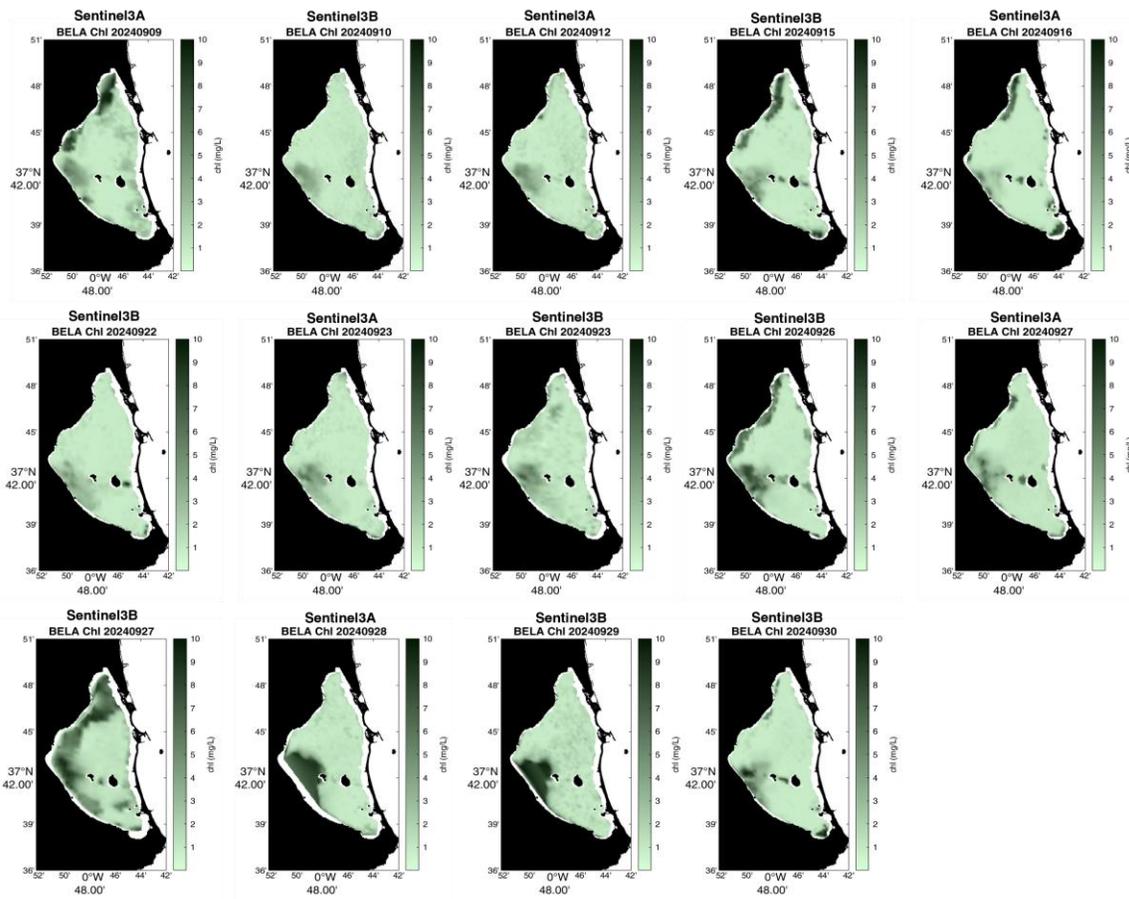


Figura 10. Concentración de la clorofila superficial para imágenes diarias válidas de Sentinel3A y Sentinel3B de septiembre de 2024.

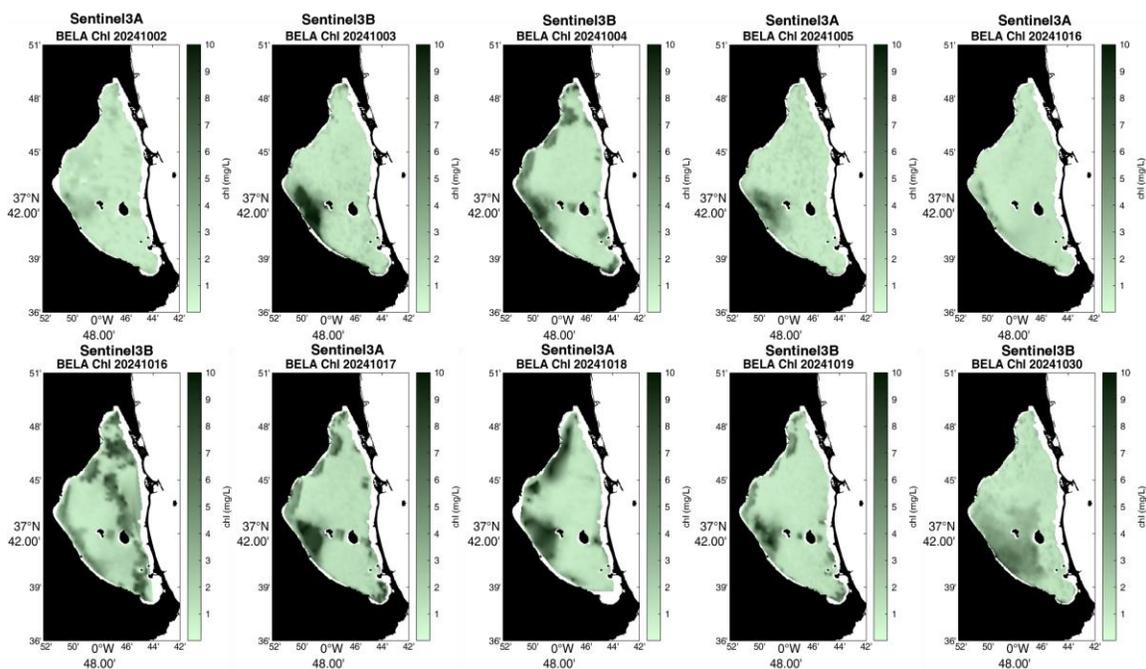


Figura 11. Concentración de la clorofila superficial para imágenes diarias válidas de Sentinel3A y Sentinel3B de octubre de 2024.

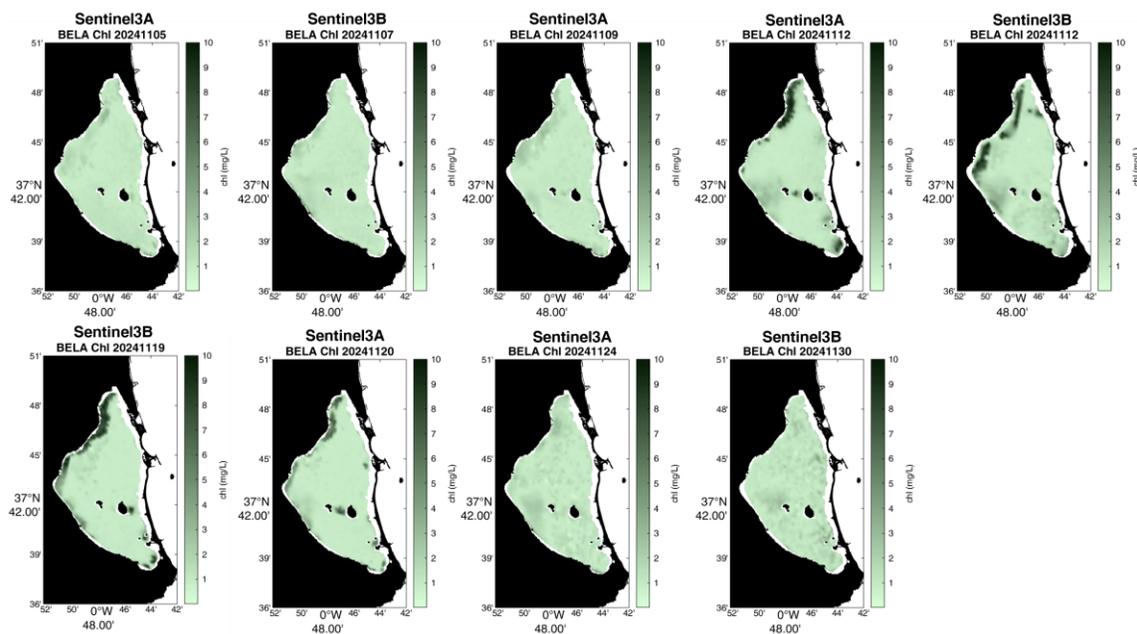


Figura 12. Concentración de la clorofila superficial para imágenes diarias válidas de Sentinel3A y Sentinel3B de noviembre de 2024.

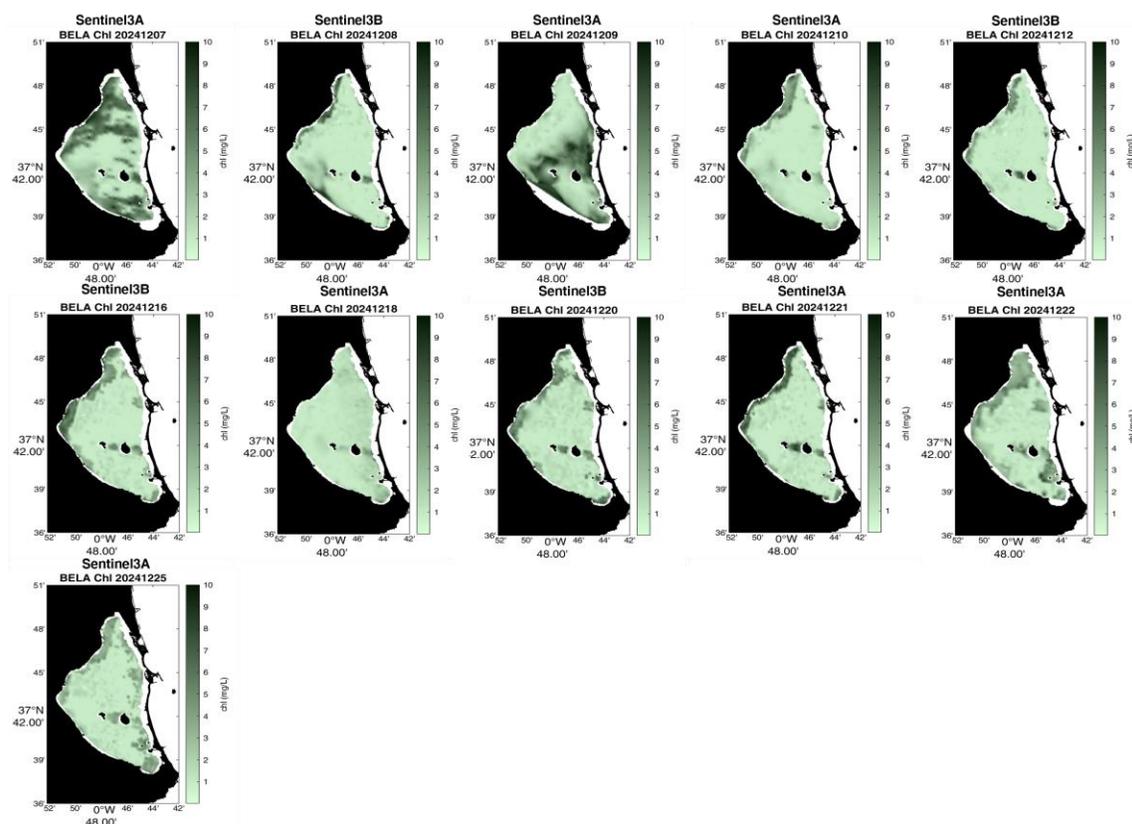


Figura 13. Concentración de la clorofila superficial para imágenes diarias válidas de Sentinel3A y Sentinel3B de diciembre de 2024.

Durante septiembre, se observa un incremento en la concentración de clorofila, especialmente en las áreas cercanas a la costa y en la denominada "mancha blanca", un fenómeno que se intensifica hacia finales de ese mes y durante octubre. Sin embargo, a partir de noviembre, la concentración de clorofila disminuye de manera generalizada en toda la laguna. No obstante, entre el 12 y el 20 de noviembre, persisten niveles elevados en las aguas costeras del noroeste de la laguna.

4.4. Turbidez

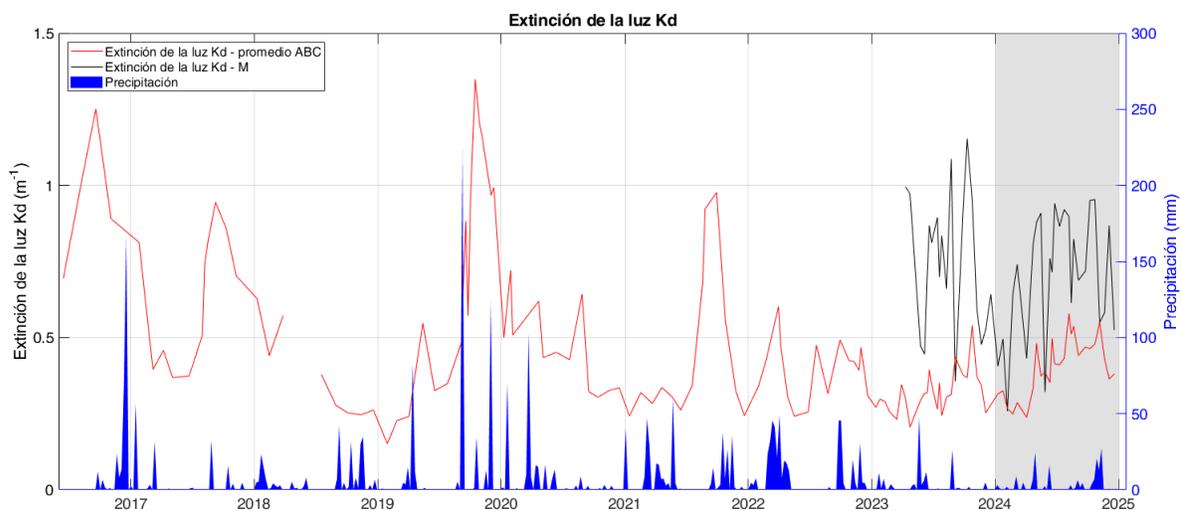
A partir de los datos de radiación PAR registrados en los muestreos *in situ* y en los sensores instalados de forma permanente en el fondo se observa que la transparencia de la columna de agua (K_d , coeficiente de extinción de la luz; Tabla 5 y Figura 14) muestra una dinámica general similar a la clorofila-*a*, pero mucho más variable en determinados momentos. En general, desde finales de 2022 se aprecia una leve tendencia descendente de los valores medios de extinción de luz en toda la laguna, lo que indica que las aguas son relativamente más transparentes desde esa fecha. No obstante, los registros en continuo obtenidos mediante los sensores PAR (Figura 14) muestran un incremento del K_d a partir de junio de 2024 desde valores en torno a 0,2 hacia



valores que fluctúan entre 0,3 y 0,5 m^{-1} . Este incremento coincide con el incremento de las concentraciones de clorofila-*a* a valores medios superiores a 1 mg/m^3 en el mismo periodo.

En 2024, los valores de *Kd* se han mantenido estables en toda la laguna excepto en la estación M, donde la variable ha mostrado variaciones muy amplias y fluctuantes con tendencia creciente desde febrero. Estos aumentos coinciden con el aumento de los niveles de clorofila-*a*, tal y como hemos visto en el apartado anterior (Figura 5).

Como ocurrió en septiembre del 2023 y en abril de 2024, tras el periodo de lluvias registrado a principios de noviembre del 2024, los niveles de *Kd* disminuyeron en la estación M igualándose a los del resto de la laguna, lo que coincide con la bajada de clorofila-*a* comentada en el apartado anterior. Tras este evento, los valores de *Kd* en la zona de la “mancha” volvieron a alcanzar los valores altos que presentaba antes de las lluvias. Estos eventos lluviosos produjeron un aumento puntual de los niveles de *Kd* registrados en los sensores PAR de la estación B, que volvieron a los valores normales al cabo de dos días (Figura 14).



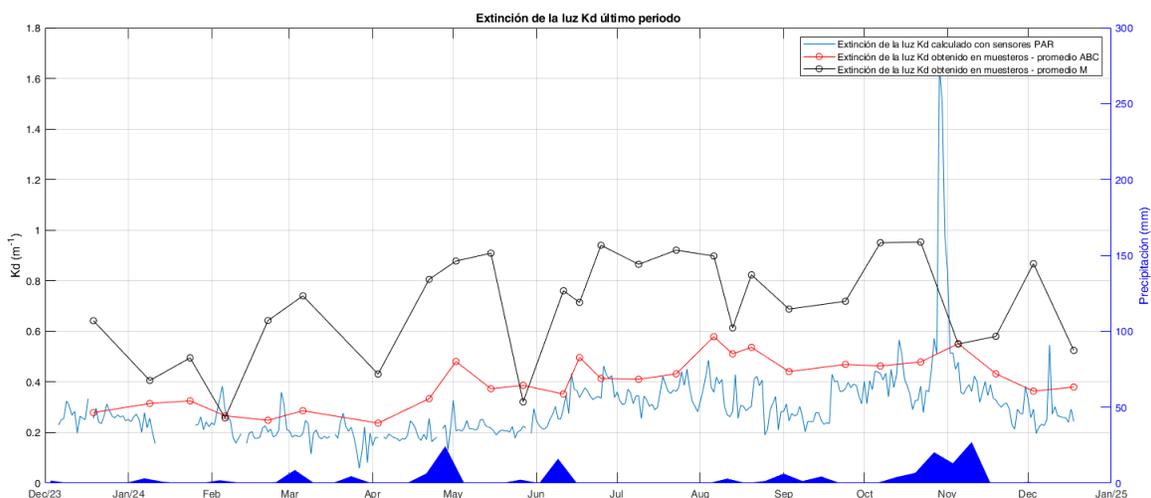


Figura 14: Coeficiente de extinción de la luz a partir de los datos obtenidos en los muestreos del proyecto DMMEM y BELICH en las estaciones de muestreo A, B, C y M, comparado con la precipitación en el aeropuerto de San Javier obtenido a partir de los datos de la AEMET. En la parte superior se muestra la serie desde 2016 y en la parte inferior el último año.

Tabla 5: Valores mínimos y máximos de extinción de la luz por año medidos durante los muestreos *in situ*.

Extinción de luz Kd (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



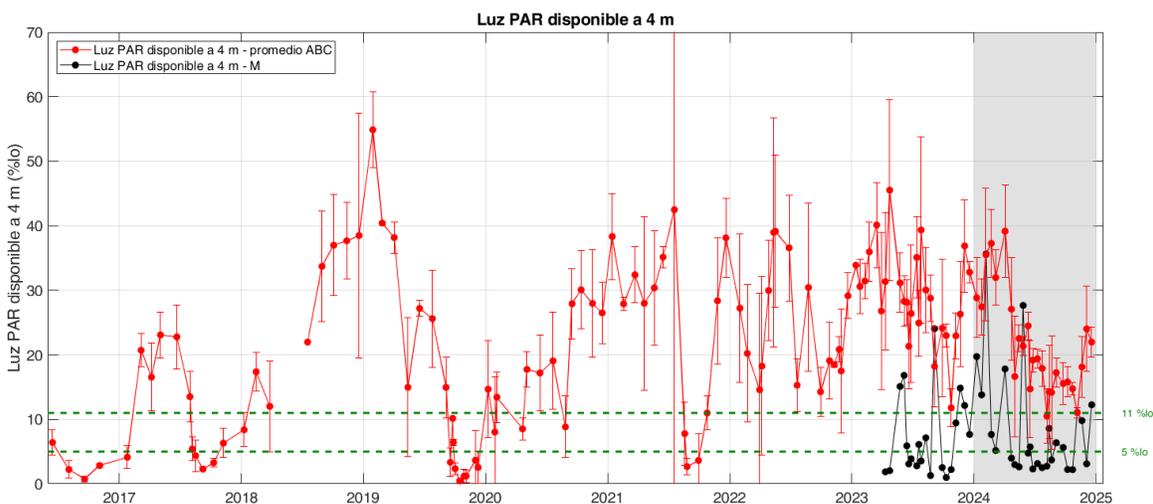
	Primavera	0,37	0,16	0,24	0,55
	Verano	0,59	0,20	0,35	0,88
	Otoño	1,10	0,16	0,95	1,35
	Anual	0,69	0,39	0,15	1,35
2020	Invierno	0,58	0,13	0,50	0,72
	Primavera	0,50	0,10	0,43	0,62
	Verano	0,46	0,16	0,32	0,64
	Otoño	0,32	0,02	0,30	0,33
	Anual	0,47	0,14	0,30	0,72
2021	Invierno	0,28	0,04	0,24	0,32
	Primavera	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

Como se aprecia en la Figura 15, durante el 80% del periodo de estudio, en la estación M se han registrado en el fondo valores medios de %I₀ 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 (%I₀) en el fondo en la estación M ha ido variando a lo largo del año 2024. Ésta fue aumentando a principios de año hasta que a mediados de febrero volvió a bajar a valores críticos para el crecimiento fotosintético (Figura 15). Esta elevada turbidez persistió hasta finales de mayo, coincidiendo con el periodo de lluvias comentado en apartado anteriores. No obstante, tras este evento, la masa de agua blanquecina recuperó rápidamente su extensión, forma y color previos, manteniendo valores de %I₀ inferiores al 5% durante casi todo el periodo de verano y principios de otoño, y subiendo a niveles críticos alrededor del 11% en los últimos meses del año. 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; <https://www.ieo.es/es/mar-menor>).

En el resto de la laguna, los valores de irradiancia (%I₀) han mostrado una tendencia al aumento desde inicios de 2024, manteniendo niveles óptimos para el desarrollo de los macrófitos. Sin embargo, a partir de verano ha mostrado una tendencia descendente casi continua hasta alcanzar niveles por debajo de los niveles críticos (< 10%I₀) hasta finales del año. En este punto, es importante destacar los valores registrados por los sensores PAR, que muestran niveles inferiores al 10 % desde junio durante más de la mitad de los días de seguimiento, recuperándose únicamente en el periodo registrado en diciembre de 2024 (Figura 15).



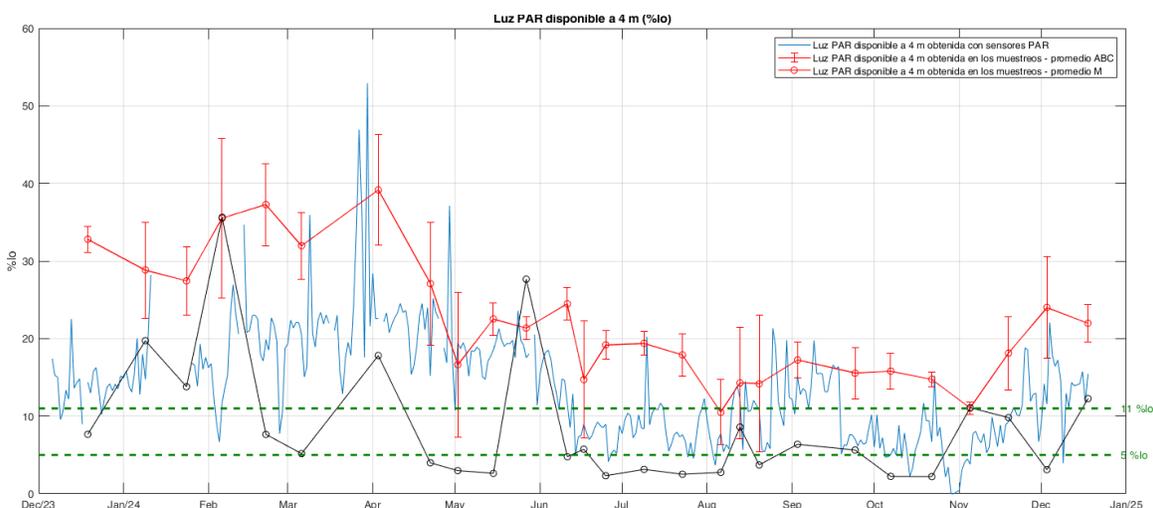


Figura 15: Evolución del porcentaje de radiación PAR que atraviesa la superficie del agua y que alcanza la profundidad de 4 metros. La línea negra muestra la media de la luz PAR que alcanza los 4 m en los puntos de muestreos A, B y C. La línea continua verde representa la luz PAR disponible a 4 m en 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 16, 17, 18 y 19 se presentan las variaciones espacio-temporales de turbidez obtenidas a partir de los perfiles registrados con el sensor CTD en las cuatro estaciones de muestreo. En las estaciones A y B se observa un notable incremento de turbidez en octubre, lo que generó una significativa reducción del %l₀, particularmente en la estación B donde se alcanzaron valores del 5 %l₀ cuando la turbidez superó los 0,9 FTU.

En la estación C se registró un aumento significativo de turbidez a principios de agosto, lo que estuvo relacionado con niveles críticos de %l₀. 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 (Figura 19).

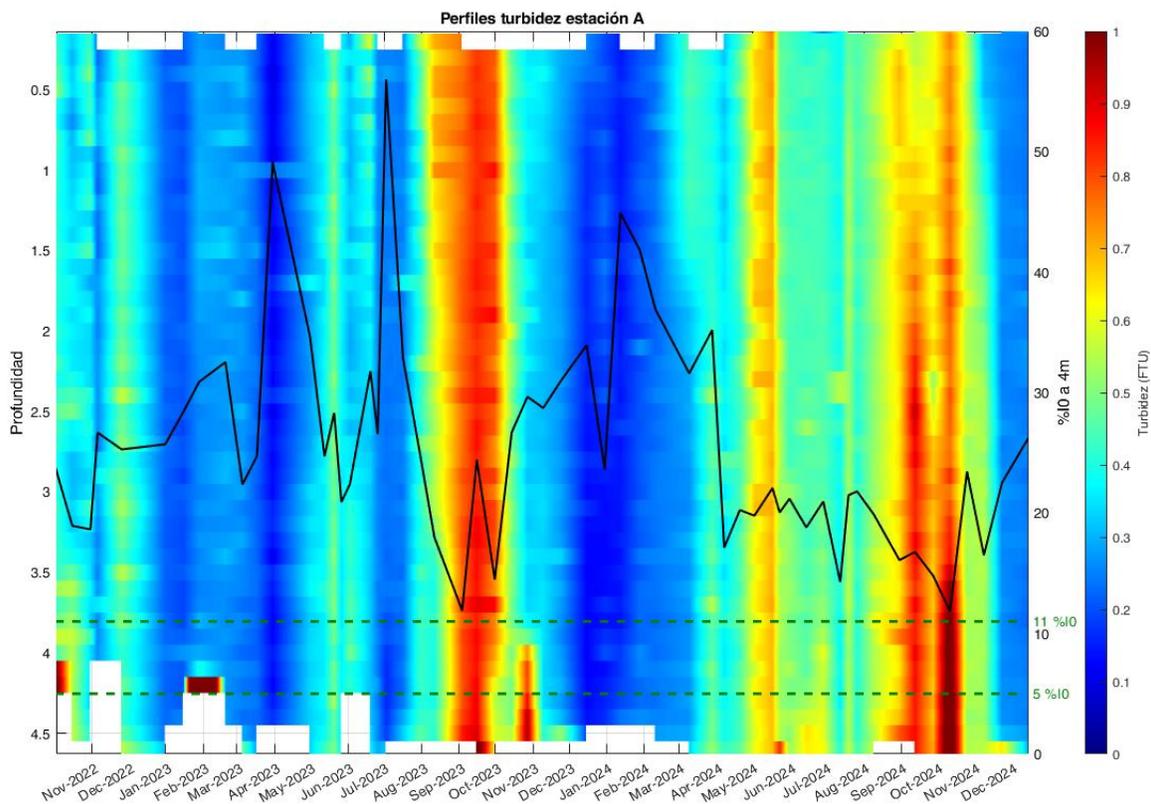


Figura 16: Perfiles de turbidez obtenidos durante los muestreos del proyecto BELICH en la Estación A. Los valores altos se representan con colores cálidos (rojos), mientras que los valores bajos se muestran con colores fríos (azules). Estos perfiles se presentan en función de la profundidad. La línea negra indica el %₀ que alcanza los 4 metros.

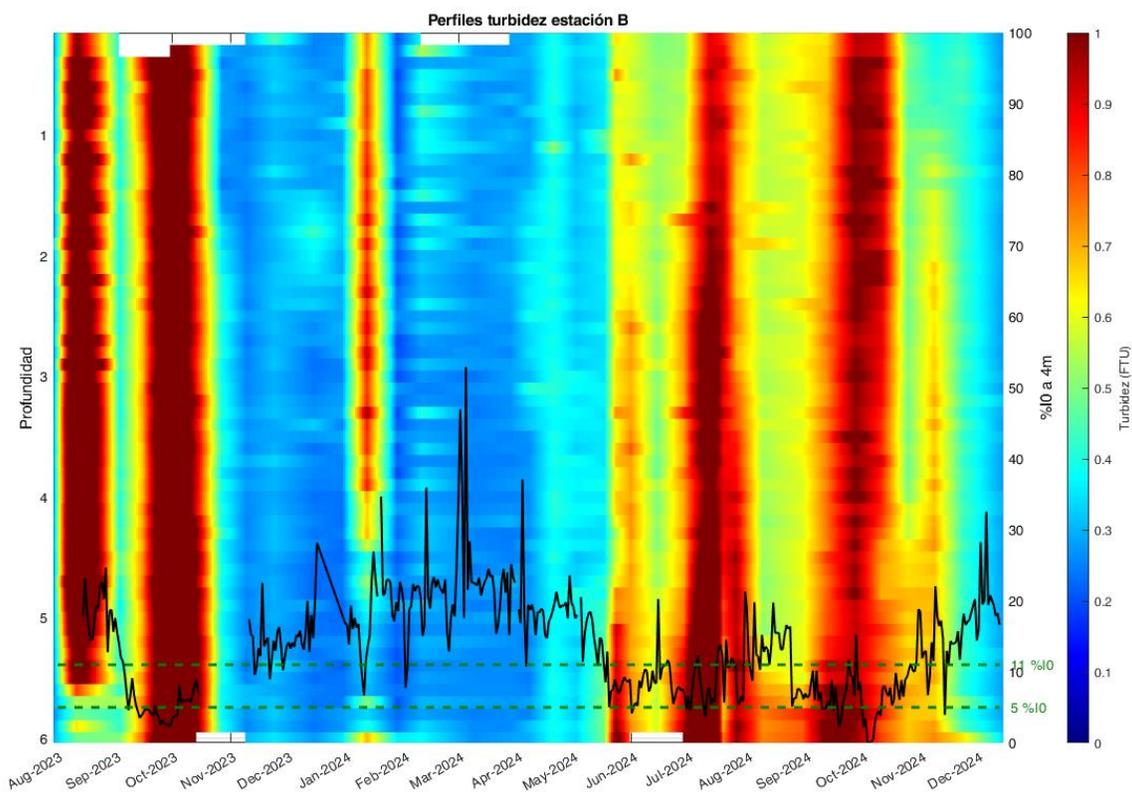


Figura 17: Perfiles de turbidez obtenidos durante los muestreos del proyecto BELICH en la Estación B. Los valores de altos se representan con colores cálidos (rojos), mientras que los valores bajos se muestran con colores fríos (azules). Estos perfiles se presentan en función de la profundidad. La línea negra indica el %I₀ que alcanza los 4 metros calculado con los sensores PAR instalados permanentemente.

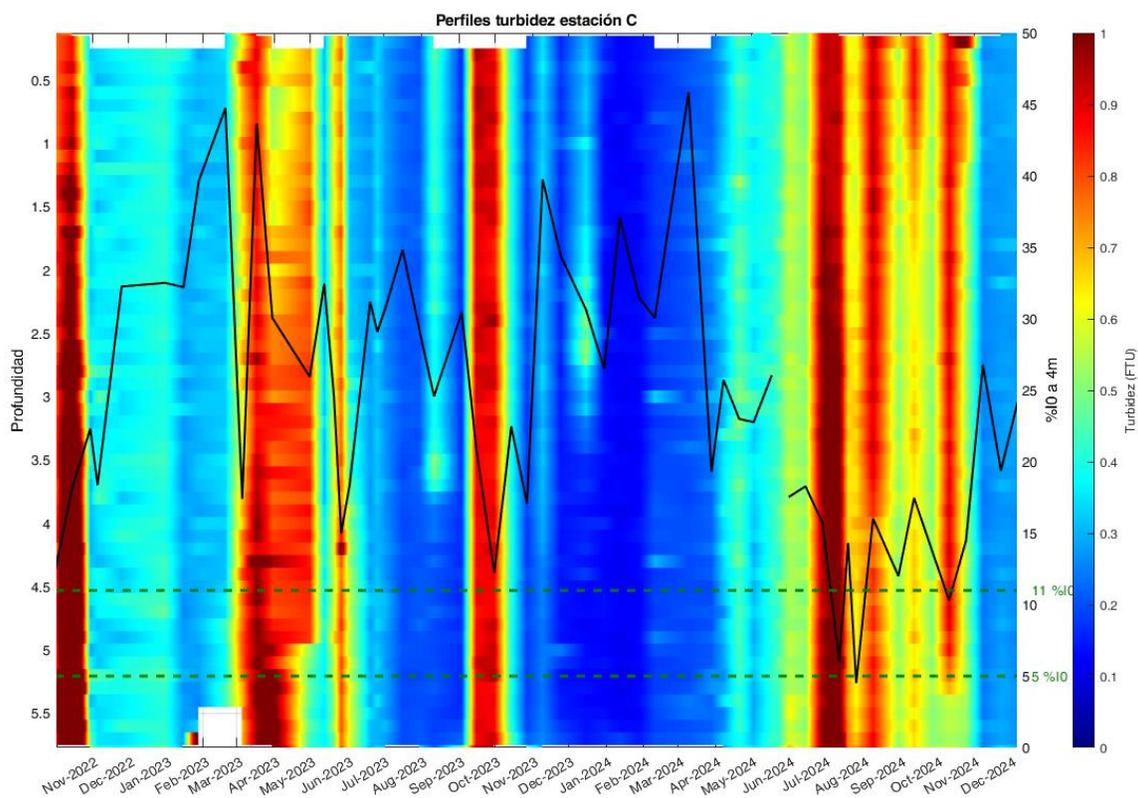


Figura 18: Perfiles de turbidez obtenidos durante los muestreos del proyecto BELICH en la Estación C. Los valores altos se representan con colores cálidos (rojos), mientras que los valores bajos se muestran con colores fríos (azules). Estos perfiles se presentan en función de la profundidad. La línea negra indica el %I₀ que alcanza los 4 metros.

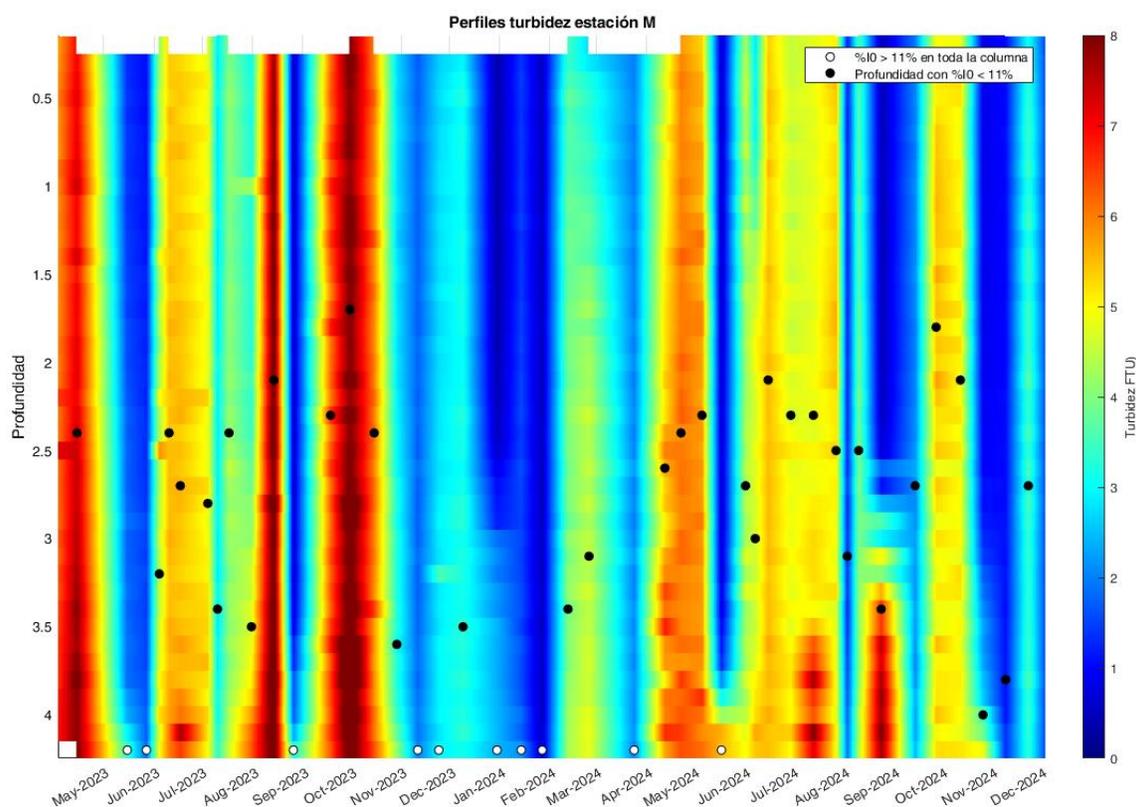


Figura 19: Perfiles de turbidez obtenidos durante los muestreos del proyecto BELICH en la Estación M. Los valores altos se representan con colores cálidos (rojos), mientras que los valores bajos se muestran con colores fríos (azules). Estos perfiles se presentan en función de la profundidad. Los puntos negros, indican la profundidad a partir de la cual el $%I_0$ es limitante para el crecimiento de los macrófitos ($<10\%$), los puntos blancos indican que la $%I_0$ no es limitante en toda la columna del agua.

4.5. 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 6; Figura 20). 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 20).

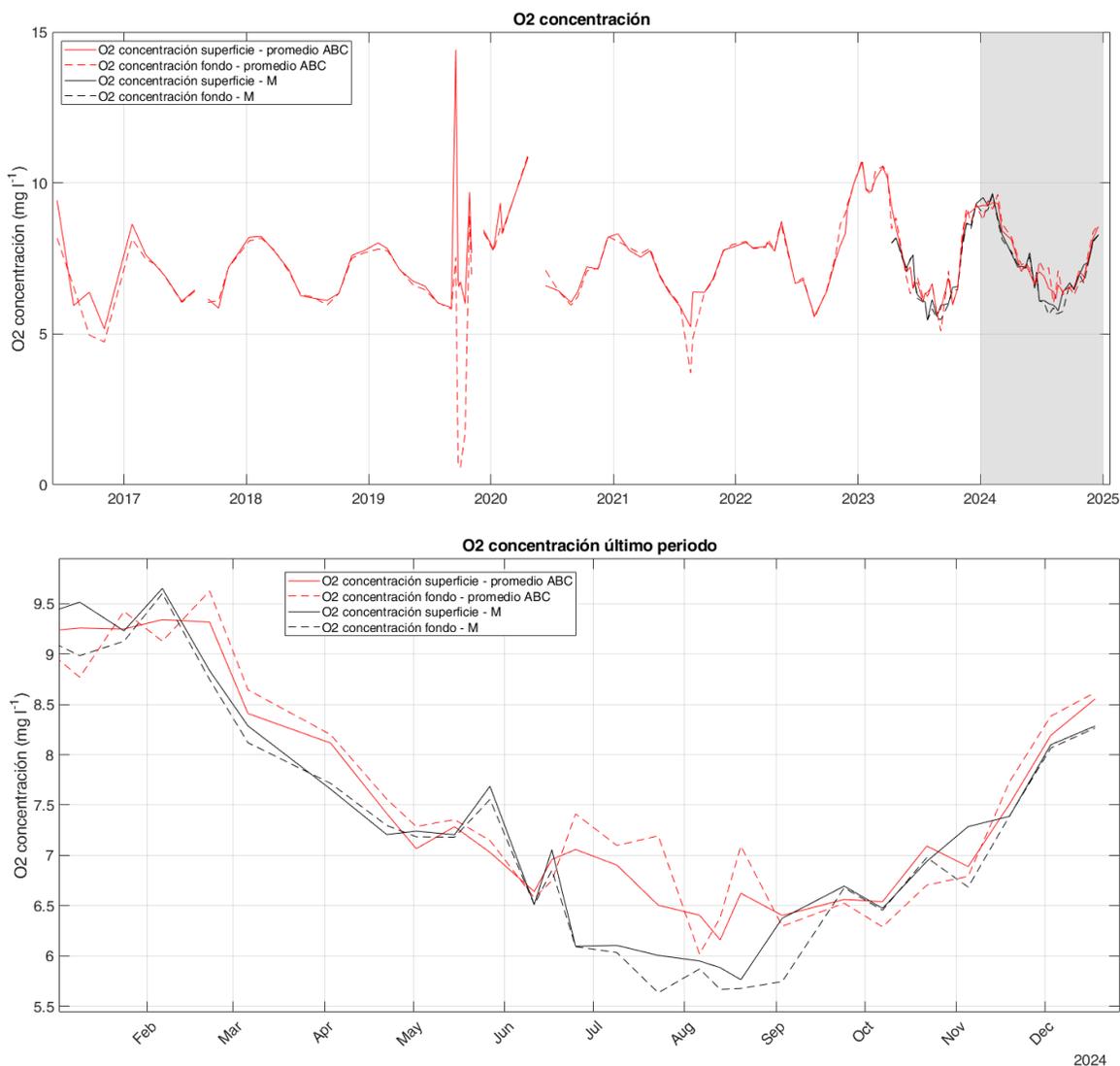


Figura 20: Series temporales promedio de oxígeno disuelto para las capas superficiales (0,5 m; línea continua) y de fondo (entre 4 y 6m dependiendo de la estación, Figura 1; línea discontinua) de los muestreos del proyecto DMMEM y BELICH para las estaciones de muestreo A, B, C y M de la laguna del Mar Menor.



Tabla 6: Valores medios, mínimos (Min) y máximos (Max) de oxígeno disuelto por año medidos en superficie (0,5 m) y fondo (4-6 m 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

4.6. pH

Los valores promedio del pH del Mar Menor se muestran en la Figura 21 y en la Tabla 7. 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 21, Tabla 7). 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. No obstante, desde finales de 2023 parece que hay una tendencia de estabilización de esta variable, que suaviza su tendencia general de aumento observada desde el principio del periodo de estudio considerado.

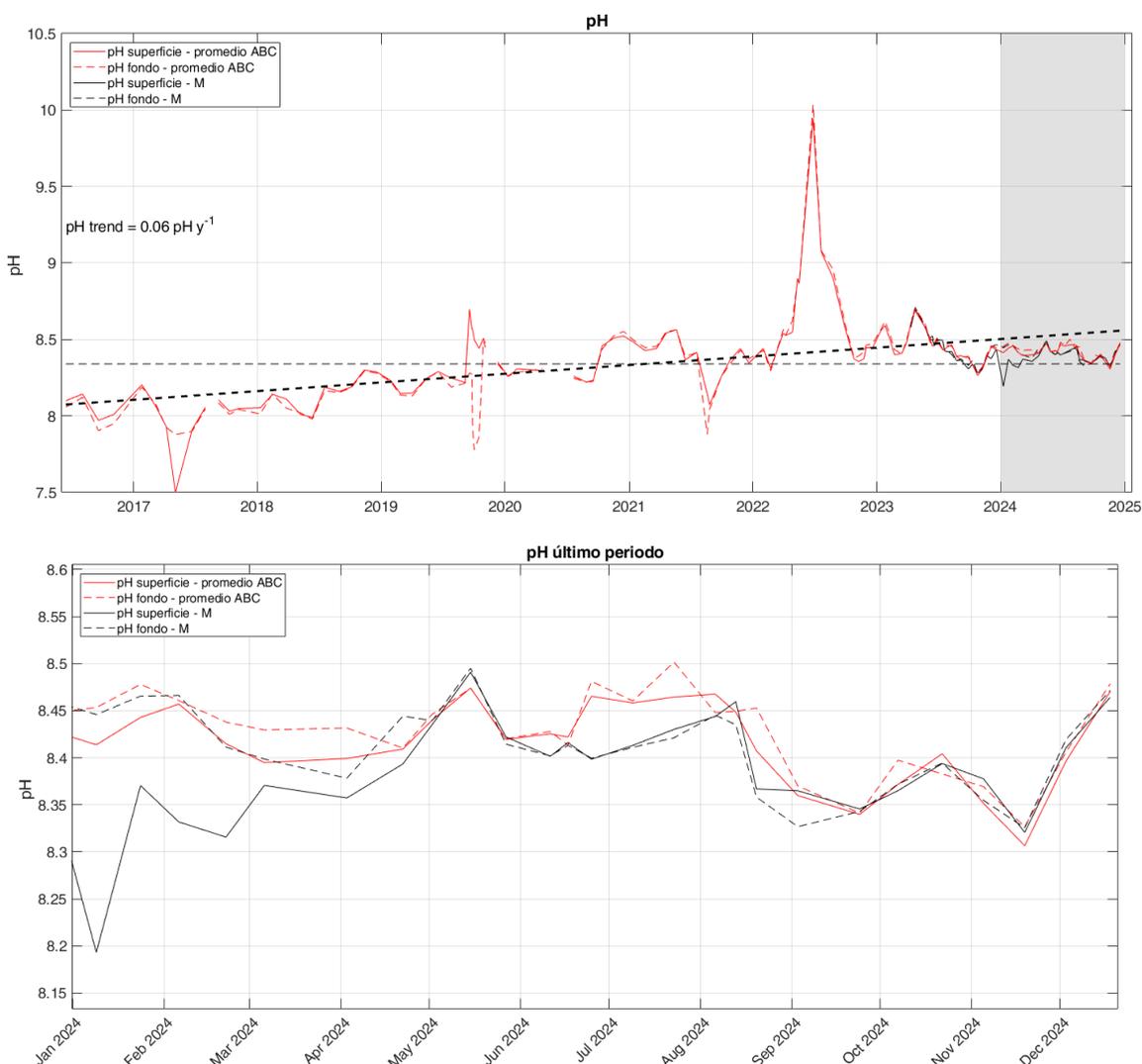


Figura 21: Valores de pH superficial (0,5m; línea continua) y pH del fondo (entre 4 y 6 m dependiendo de la estación, Figura 1; línea discontinua) de los muestreos del proyecto DMMEM y BELICH en las estaciones de muestreo A, B, C y M de la laguna del Mar Menor durante el último año natural.

Tabla 7: 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

4.7. Potencial redox

Tal y como se puede observar en la Figura 22 y la Tabla 8, el potencial redox del Mar Menor se ha comportado de forma muy estable a lo largo del período analizado (junio 2022-diciembre 2024), manteniéndose en torno a los 100 mV. Estos datos reflejan la ausencia de eventos extremos desde noviembre de 2022 e indican un estado de la columna de agua predominantemente oxidante.

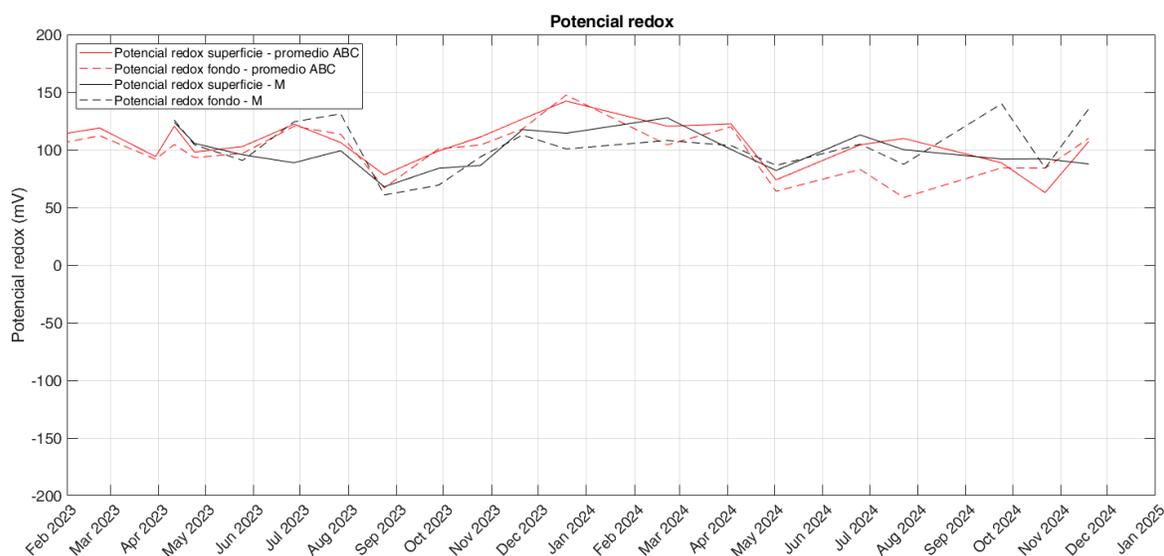


Figura 22: Valores de redox superficial (0,5m) y fondo (4-6m dependiendo de la estación, Figura 1; línea discontinua) de los muestreos *in situ* del proyecto DMMEM y BELICH en las estaciones de muestreo A, B, C y M de la laguna del Mar Menor.

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

Potencial redox (mV)		Superficie				Fondo			
Año	Estación	Media	Std	Min	Max	Media	Std	Min	Max
2022	Otoño	100,6	12,9	88,8	121,0	100,4	16,0	84,5	125,7



	Anual	95,1	12,1	79,6	121,0	90,8	15,9	67,7	125,7
2023	Invierno	108,6	12,9	94,2	119,0	103,0	10,3	91,9	112,3
	Primavera	109,1	10,3	99,9	121,3	105,7	12,4	95,4	121,4
	Verano	91,9	14,7	75,8	104,6	92,2	26,3	65,5	118,0
	Otoño	121,6	15,4	105,1	135,4	118,1	17,1	101,7	135,8
	Anual	107,9	15,5	75,8	135,4	104,8	17,5	65,5	135,8
2024	Invierno	122,3	0,0	122,3	122,3	105,2	0,0	105,2	105,2
	Primavera	99,8	21,3	76,0	117,0	91,4	23,3	69,7	115,9
	Verano	99,8	21,3	76,0	117,0	91,4	23,3	69,7	115,9
	Otoño*	86,3	22,8	70,2	102,4	101,3	24,3	84,1	118,5
	Anual	98,9	18,7	70,2	122,3	93,3	19,8	65,9	118,5

4.8 Zooplancton

La abundancia total de mesozooplancton experimentó marcadas fluctuaciones durante el periodo estudiado (Figura 23).

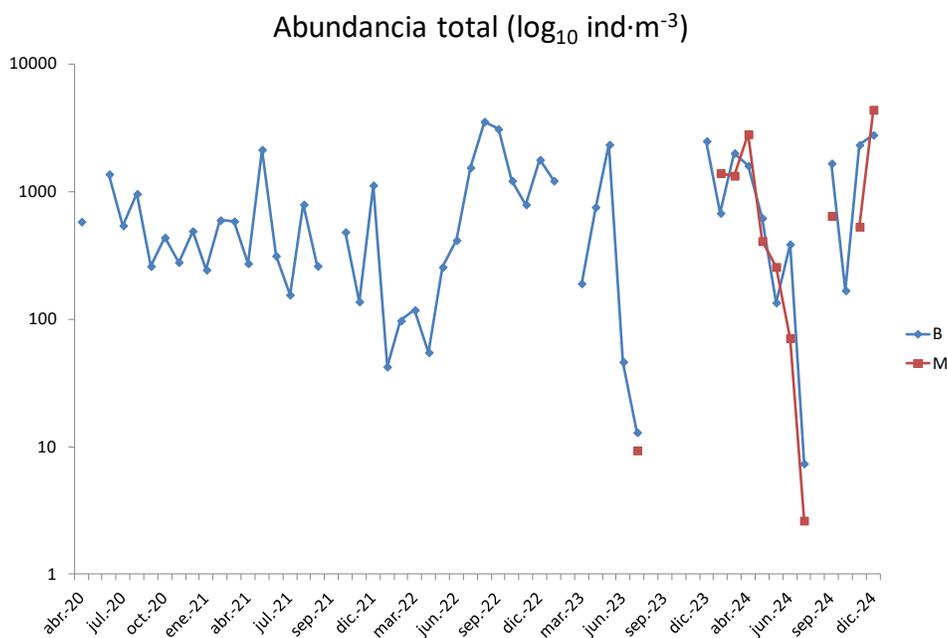


Figura 23. Abundancia total de mesozooplancton (\log_{10} ind·m⁻³) en las estaciones B y M del Mar Menor.



En la Estación "B", se observó una abundancia relativamente constante durante 2020 y 2021, con valor promedio de $604 \pm 485 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$ y que oscilaron aproximadamente entre 100 y $1000 \text{ ind}/\text{m}^3$. Sin embargo, en años posteriores se observa una mayor variabilidad, con picos de abundancia en las primaveras de 2023 y 2024, seguidos de caídas marcadas en el mes de julio de los mismos años. En la estación M, cuya monitorización comenzó en julio de 2023 en la zona afectada por la "mancha blanca", las variaciones de la abundancia mostraron una dinámica similar a B, con fluctuaciones similares en los meses en los que se ha realizado el muestreo en paralelo en las dos estaciones. Ambas series presentan una acusada reducción en la abundancia de mesozooplankton en julio de 2023 y 2024, coincidiendo con floraciones masivas de medusas de la especie *Cotylorhiza tuberculata*. Siendo los valores de densidad mínimos registrados en la serie temporal en julio de 2024 (2.63 y $7.37 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$ en M y B respectivamente). Estos mínimos son seguidos de un repunte hacia finales de otoño, con densidades superiores a $2700 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$ en ambas estaciones. Estas variaciones en la abundancia de mesozooplankton pueden estar asociadas a cambios tanto en la abundancia de sus presas principales (microzooplankton y microfitoplancton, menores a 200 micras) como de sus depredadores (p. ej. medusas de la especie *Cotylorhiza tuberculata*), así como a variaciones en las condiciones ambientales, como la temperatura o la salinidad.

En este sentido, cabe destacar que durante los meses de verano y otoño de 2023 y 2024 se produjeron en el Mar Menor sendas floraciones de alta intensidad de las poblaciones de la medusa *Cotylorhiza tuberculata* (Fernández-Alías y Pérez-Ruzafa 2023, 2024), importante depredadora de la fracción de zooplankton aquí considerada. Esto podría haber causado un control "top-down" (predador-presa) de las poblaciones de mesozooplankton por parte de las medusas (Pérez-Ruzafa et al. 2002), reflejado en los bajos valores de densidad registrados en los meses de julio de 2023 y 2024 en las estaciones B y M. Este tipo de control de abundancia de mesozooplankton por depredación ha sido registrado también en aguas cercanas del Mar Mediterráneo asociado al depredador *Sardina pilchardus* (Yebra et al. 2020).

La composición de la comunidad y la abundancia relativa de los distintos grupos de zooplankton presentes en el Mar Menor también reflejó importantes cambios durante el periodo estudiado (Figuras 24 y 25).



Abundancia relativa (%) estación B

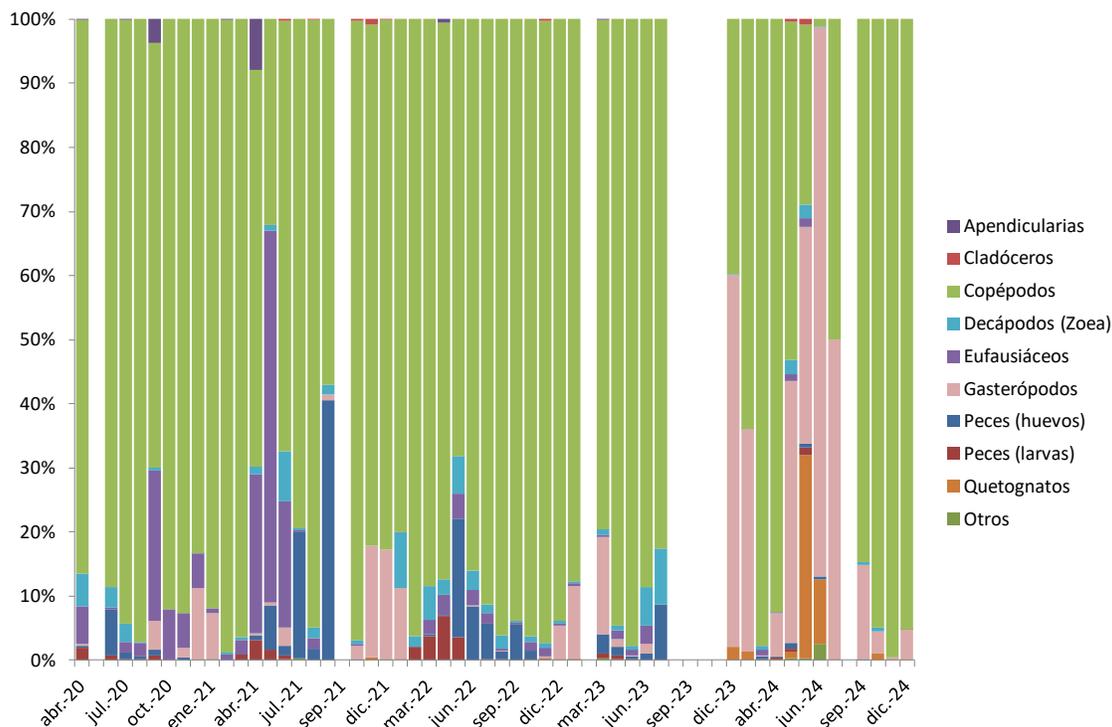


Figura 24. Abundancia relativa de mesozooplancton (%) en la estación B del Mar Menor.

En la Estación B (Figura 24), se observó una marcada dominancia de los copépodos durante todo el año, con abundancias relativas superiores al 80% en la mayoría de muestras, reflejando su papel central en la red trófica de la laguna. Sin embargo, en periodos específicos (p. ej. julio-septiembre de 2021 y abril-junio de 2024), otros grupos como los eufausiáceos, quetognatos, gasterópodos y huevos de peces mostraron un notable aumento en su abundancia relativa. Este patrón de fluctuaciones temporales en la composición del zooplancton sugiere la existencia de factores ambientales o eventos biológicos, capaces de modificar la composición de la comunidad de mesozooplancton. En este sentido, la dominancia de copépodos durante los meses de primavera e invierno contrasta notablemente con su menor representación, y mayor diversidad de otros grupos, durante los meses de verano y otoño; sugiriendo cambios estacionales relacionados con la temperatura.

En la estación M (Figura 25), al igual que en la estación B, se observó una clara dominancia de copépodos, superando el 80-90% de la abundancia relativa en la mayoría de las muestras, excepto de mayo a julio de 2024, cuando otros grupos, como huevos de peces, gasterópodos y quetognatos, presentaron incrementos notables en su abundancia relativa, aumentando la diversidad en la composición de la comunidad.

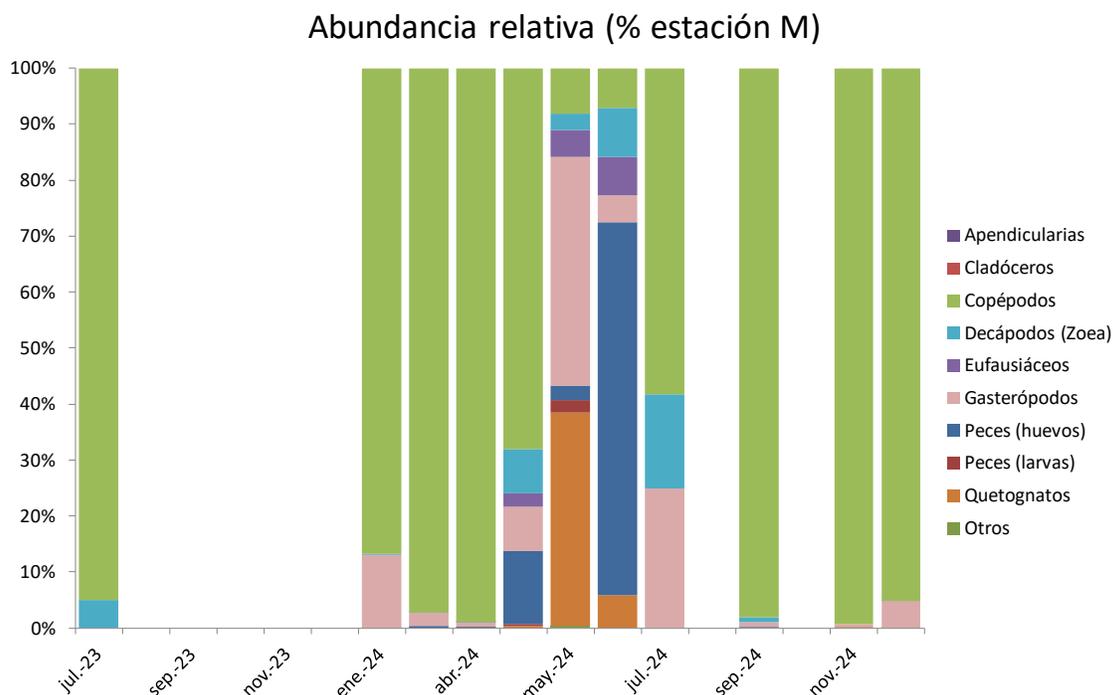


Figura 25. Abundancia relativa de mesozooplancton (%) en la estación M del Mar Menor.

Este cambio en la composición taxonómica durante los meses de verano y otoño, con un aumento de la diversidad de grupos, es común en ambas estaciones (B y M), lo que indica que los factores que modulan la abundancia y composición del mesozooplancton son comunes en toda la laguna. Así, el aumento de temperatura y la depredación de las medusas de forma preferente sobre los copépodos en verano de 2023 y 2024 pudieron ejercer un control sobre este grupo de organismos, del que se beneficiarían otros grupos del mesozooplancton, al reducirse de esa manera la competencia por el alimento (microplankton) y otros recursos.

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 CO₂ problem. *Annual Review of Marine Science*, 1, 169-192.



Fernández-Alías A, Pérez-Ruzafa Á (2023) Estado de las poblaciones de medusas en el Mar Menor (Actualización 06 Julio 2023). https://canalmarmenor.carm.es/wp-content/uploads/Estado-poblaciones-de-Medusas_06-Julio-2023.pdf. Accessed 18 Jan 2025

Fernández-Alías A, Pérez-Ruzafa Á (2024) Actualización del estado de las poblaciones de escifozoos en el Mar Menor (22 de agosto de 2024). https://canalmarmenor.carm.es/wp-content/uploads/Estado-de-las-%09poblaciones-de-medusas_22-ag-2024_Mar-Menor.pdf. Accessed 18 Jan 2025

Hobday, A. J., Alexander, L. V., Perkins, S. E., Smale, D. A., Straub, S. C., Oliver, E. C. J., Benthuyzen, 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., Benthuyzen, 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.



Pérez-Ruzafa A, Gilabert J, Gutiérrez JM, Fernández AI, Marcos C, Sabah S (2002) Evidence of a planktonic food web response to changes in nutrient input dynamics in the Mar Menor coastal lagoon, Spain. *Hydrobiologia* 475–476:359–369. doi: 10.1023/A:1020343510060

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

Yebra L, Espejo E, Putzeys S, Giráldez A, Gómez-Jakobsen F, León P, Salles S, Torres P, Mercado JM (2020) Zooplankton Biomass Depletion Event Reveals the Importance of Small Pelagic Fish Top-Down Control in the Western Mediterranean Coastal Waters. *Front Mar Sci* 7:1–15. doi: 10.3389/fmars.2020.608690

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 Radiation).

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: Metodología

7.1.1. 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).
- 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 ha 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. 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 han sido sometidos a un proceso de intercalibración con el sensor HOBO.

7.1.2. 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.

Desde mayo de 2016 a la actualidad los datos de clorofila se recopilan 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).

Obtener medidas a partir de diferentes fuentes es esencial para mantener una serie temporal precisa y de calidad. Los muestreos *in situ* permiten calibrar los sensores de monitoreo continuo y obtener mediciones altamente precisas de la clorofila-a mediante espectrofotometría.

7.1.3. 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 (% I_0) (Kirk, 1994).

Los datos de turbidez se obtienen desde mayo 2016 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 (2π). Además, desde octubre de 2022, se realizan perfiles verticales de CTD que obtienen datos de turbidez (tanto NTU como por irradiancia PAR).

Estas múltiples mediciones son esenciales para mantener una serie temporal precisa y de calidad. 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.

7.4. 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 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).

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.

7.1.5. 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.

Desde mayo de 2016 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.

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

7.1.6. 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 μm , 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.

7.1.7. 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 desde abril de 2022 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.

7.1.8. 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.

7.1.9. 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 biomasa y metabolismo. Las muestras congeladas se mantienen a -80°C hasta su análisis en el CO de Málaga.

7.1.10. 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

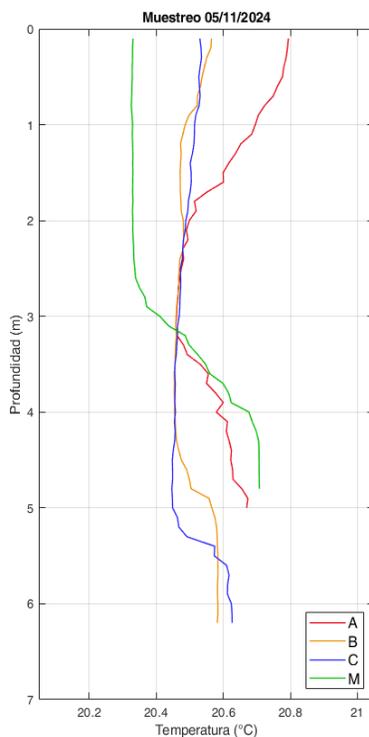


Figura 26. Perfiles de Temperatura obtenidos el día 05/11/24 con el CTD.

Tabla 9. Datos de Temperatura de los perfiles de CTD obtenidos el día 05/11/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	20,46 °C	20,79 °C	20,61 °C	0,12 °C
A	3-7 m	20,46 °C	20,67 °C	20,58 °C	0,07 °C
B	0-3 m	20,46 °C	20,57 °C	20,49 °C	0,03 °C
B	3-7 m	20,45 °C	20,58 °C	20,51 °C	0,06 °C
C	0-3 m	20,47 °C	20,54 °C	20,50 °C	0,02 °C
C	3-7 m	20,45 °C	20,63 °C	20,50 °C	0,07 °C
M	0-3 m	20,33 °C	20,37 °C	20,33 °C	0,01 °C
M	3-7 m	20,41 °C	20,71 °C	20,61 °C	0,10 °C

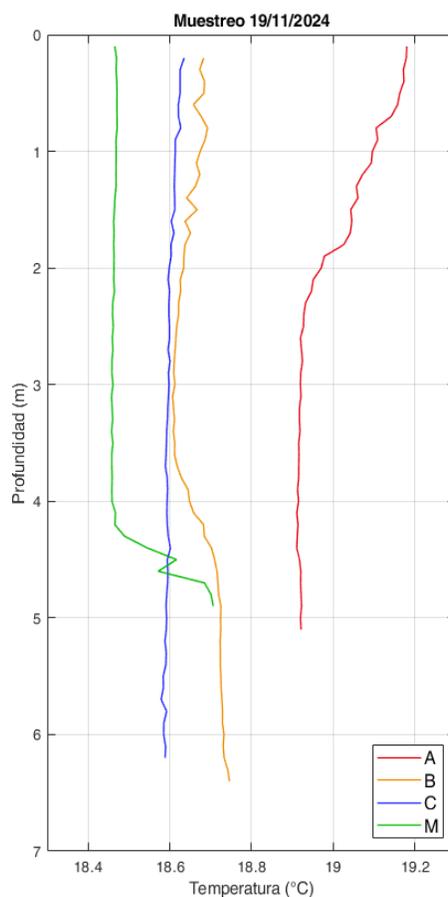


Figura 27. Perfiles de Temperatura obtenidos el día 19/11/24 con el CTD.

Tabla 10. Datos de Temperatura de los perfiles de CTD obtenidos el día 19/11/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	18,92 °C	19,18 °C	19,04 °C	0,09 °C
A	3-7 m	18,91 °C	18,92 °C	18,92 °C	0,00 °C
B	0-3 m	18,61 °C	18,69 °C	18,65 °C	0,03 °C
B	3-7 m	18,61 °C	18,75 °C	18,69 °C	0,05 °C
C	0-3 m	18,60 °C	18,64 °C	18,61 °C	0,01 °C
C	3-7 m	18,58 °C	18,60 °C	18,59 °C	0,00 °C
M	0-3 m	18,46 °C	18,47 °C	18,47 °C	0,00 °C
M	3-7 m	18,46 °C	18,71 °C	18,51 °C	0,09 °C

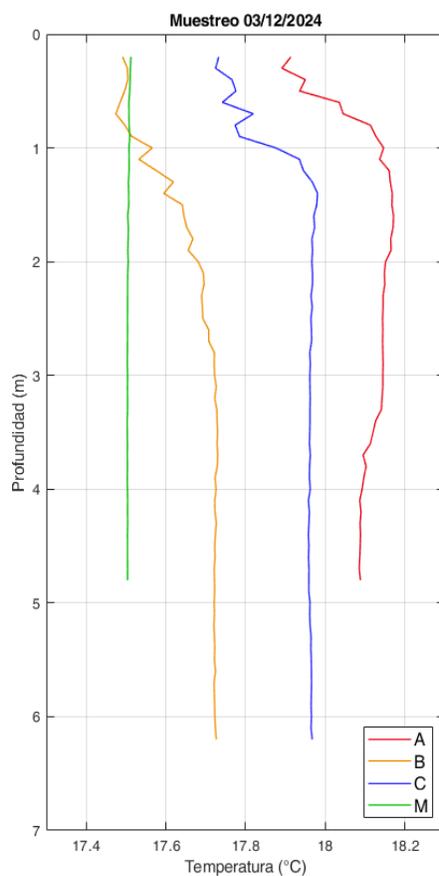


Figura 28. Perfiles de Temperatura obtenidos el día 03/12/24 con el CTD.

Tabla 11. Datos de Temperatura de los perfiles de CTD obtenidos el día 03/12/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	17,89 °C	18,17 °C	18,11 °C	0,08 °C
A	3-7 m	18,08 °C	18,14 °C	18,11 °C	0,02 °C
B	0-3 m	17,47 °C	17,72 °C	17,61 °C	0,09 °C
B	3-7 m	17,72 °C	17,73 °C	17,72 °C	0,00 °C
C	0-3 m	17,72 °C	17,98 °C	17,90 °C	0,09 °C
C	3-7 m	17,96 °C	17,97 °C	17,96 °C	0,00 °C
M	0-3 m	17,50 °C	17,51 °C	17,51 °C	0,00 °C
M	3-7 m	17,50 °C	17,50 °C	17,50 °C	0,00 °C

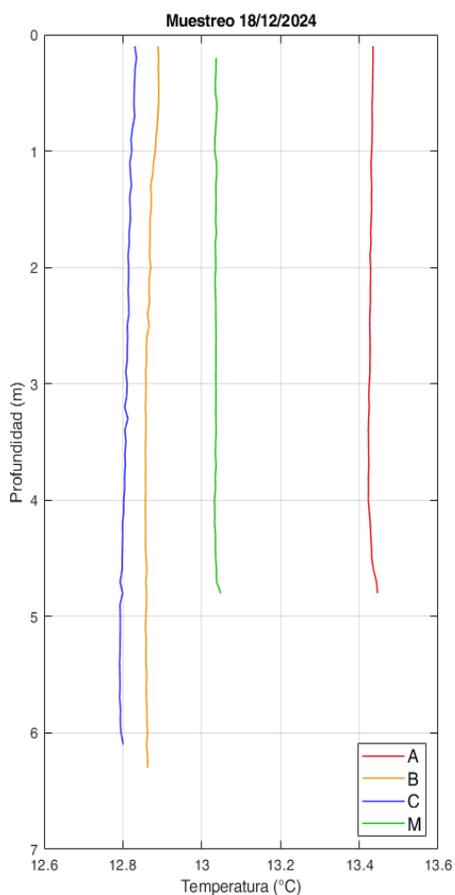


Figura 29. Perfiles de Temperatura obtenidos el día 18/12/24 con el CTD.

Tabla 12. Datos de Temperatura de los perfiles de CTD obtenidos el día 18/12/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	13,43 °C	13,43 °C	13,43 °C	0,00 °C
A	3-7 m	13,42 °C	13,45 °C	13,43 °C	0,01 °C
B	0-3 m	12,86 °C	12,89 °C	12,87 °C	0,01 °C
B	3-7 m	12,86 °C	12,86 °C	12,86 °C	0,00 °C
C	0-3 m	12,81 °C	12,83 °C	12,82 °C	0,01 °C
C	3-7 m	12,79 °C	12,81 °C	12,80 °C	0,01 °C
M	0-3 m	13,03 °C	13,04 °C	13,04 °C	0,00 °C
M	3-7 m	13,03 °C	13,05 °C	13,04 °C	0,00 °C



7.3.2. Salinidad

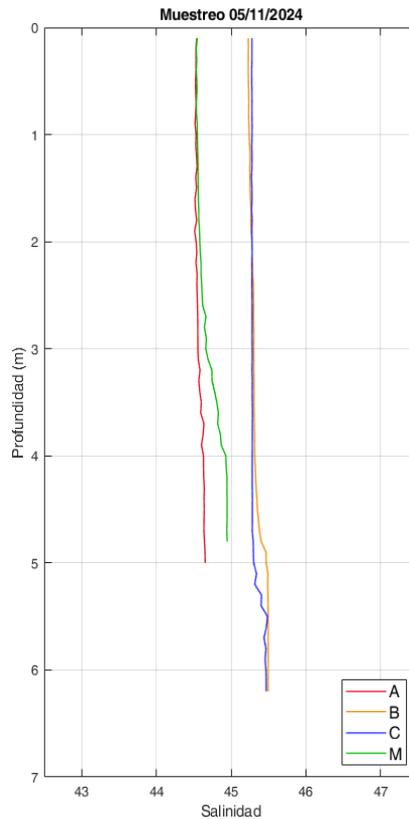


Figura 30. Perfiles de Salinidad obtenidos el día 05/11/24 con el CTD.

Tabla 13. Datos de Salinidad de los perfiles de CTD obtenidos el día 05/11/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	44,51	44,56	44,53	0,01
A	3-7 m	44,56	44,65	44,62	0,03
B	0-3 m	45,23	45,30	45,26	0,03
B	3-7 m	45,30	45,50	45,40	0,08
C	0-3 m	45,27	45,28	45,28	0,00
C	3-7 m	45,28	45,49	45,34	0,08
M	0-3 m	44,53	44,67	44,57	0,04
M	3-7 m	44,66	44,95	44,86	0,10

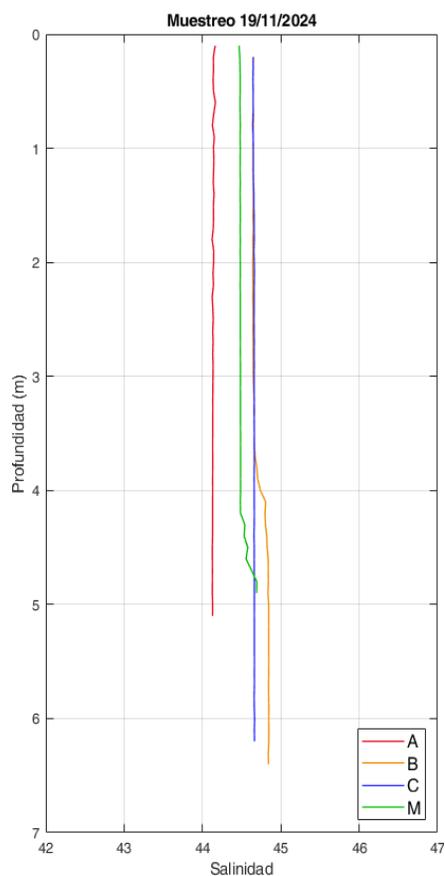


Figura 31. Perfiles de Salinidad obtenidos el día 19/11/24 con el CTD.

Tabla 14. Datos de Salinidad de los perfiles de CTD obtenidos el día 19/11/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	44,12	44,17	44,14	0,01
A	3-7 m	44,13	44,13	44,13	0,00
B	0-3 m	44,64	44,65	44,65	0,00
B	3-7 m	44,65	44,85	44,79	0,08
C	0-3 m	44,64	44,66	44,65	0,01
C	3-7 m	44,66	44,67	44,66	0,00
M	0-3 m	44,47	44,48	44,48	0,00
M	3-7 m	44,48	44,69	44,53	0,07

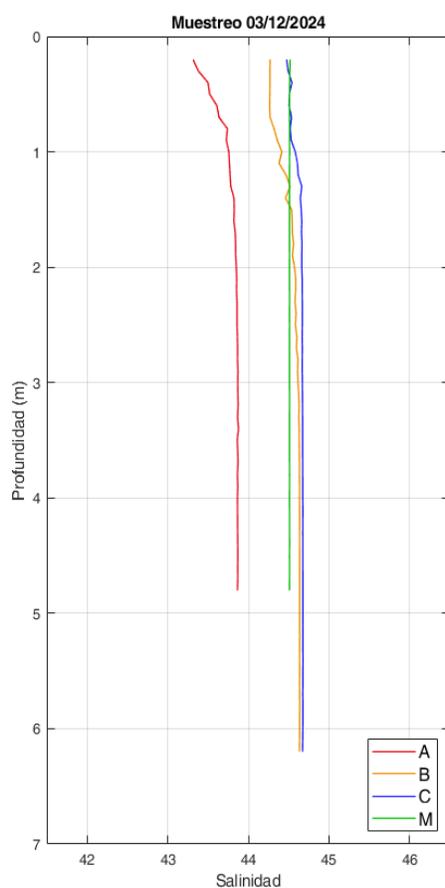


Figura 32. Perfiles de Salinidad obtenidos el día 03/12/24 con el CTD.

Tabla 15. Datos de Salinidad de los perfiles de CTD obtenidos el día 03/12/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	43,32	43,87	43,75	0,15
A	3-7 m	43,86	43,88	43,87	0,00
B	0-3 m	44,26	44,62	44,47	0,13
B	3-7 m	44,62	44,64	44,63	0,00
C	0-3 m	44,47	44,67	44,61	0,07
C	3-7 m	44,67	44,68	44,67	0,00
M	0-3 m	44,51	44,52	44,51	0,00
M	3-7 m	44,51	44,51	44,51	0,00

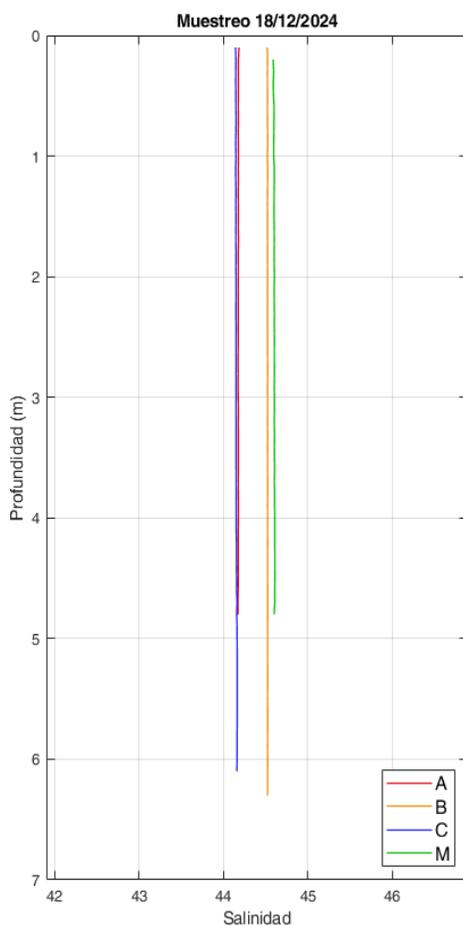


Figura 33. Perfiles de Salinidad obtenidos el día 18/12/24 con el CTD.

Tabla 16. Datos de Salinidad de los perfiles de CTD obtenidos el día 18/12/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	44,17	44,18	44,18	0,00
A	3-7 m	44,17	44,18	44,18	0,00
B	0-3 m	44,52	44,53	44,52	0,00
B	3-7 m	44,52	44,53	44,52	0,00
C	0-3 m	44,14	44,15	44,15	0,00
C	3-7 m	44,15	44,16	44,16	0,01
M	0-3 m	44,59	44,61	44,60	0,00
M	3-7 m	44,60	44,61	44,61	0,00



7.3.3. Saturación de O2

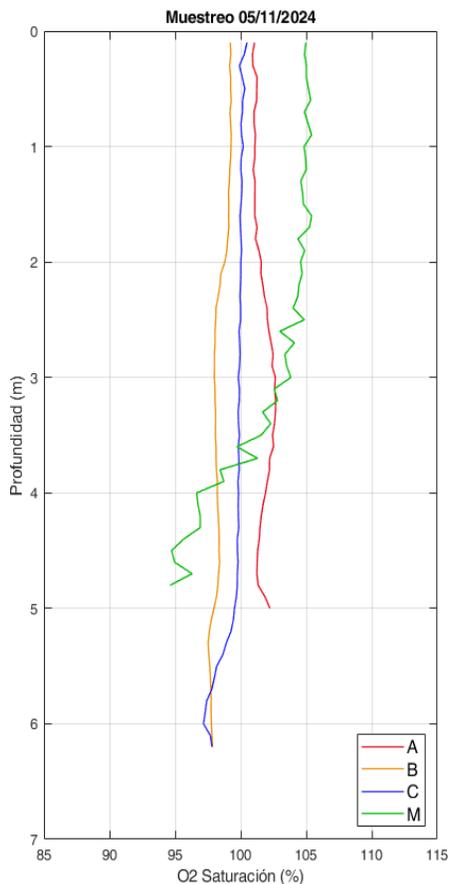


Figura 31. Perfiles de Saturación de O2 obtenidos el día 05/11/24 con el CTD.

Tabla 17. Datos de Saturación de O2 de los perfiles de CTD obtenidos el día 05/11/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	100,91 %	102,47 %	101,42 %	0,49 %
A	3-7 m	101,24 %	102,67 %	101,99 %	0,53 %
B	0-3 m	98,00 %	99,29 %	98,85 %	0,48 %
B	3-7 m	97,52 %	98,40 %	98,01 %	0,26 %
C	0-3 m	99,87 %	100,49 %	100,06 %	0,13 %
C	3-7 m	97,17 %	99,91 %	99,20 %	0,93 %
M	0-3 m	102,99 %	105,41 %	104,67 %	0,60 %
M	3-7 m	94,63 %	103,82 %	98,76 %	3,09 %

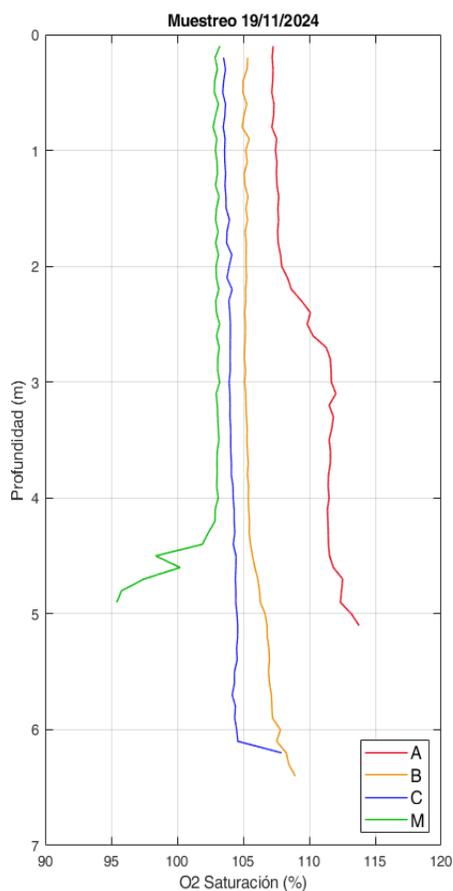


Figura 32. Perfiles de Saturación de O2 obtenidos el día 19/11/24 con el CTD.

Tabla 18. Datos de Saturación de O2 de los perfiles de CTD obtenidos el día 19/11/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	107,16 %	111,65 %	108,30 %	1,42 %
A	3-7 m	111,38 %	113,77 %	111,87 %	0,63 %
B	0-3 m	104,92 %	105,46 %	105,18 %	0,12 %
B	3-7 m	105,11 %	108,94 %	106,31 %	1,07 %
C	0-3 m	103,45 %	104,16 %	103,78 %	0,21 %
C	3-7 m	103,94 %	107,90 %	104,41 %	0,66 %
M	0-3 m	102,72 %	103,23 %	103,00 %	0,13 %
M	3-7 m	95,43 %	103,21 %	101,55 %	2,60 %

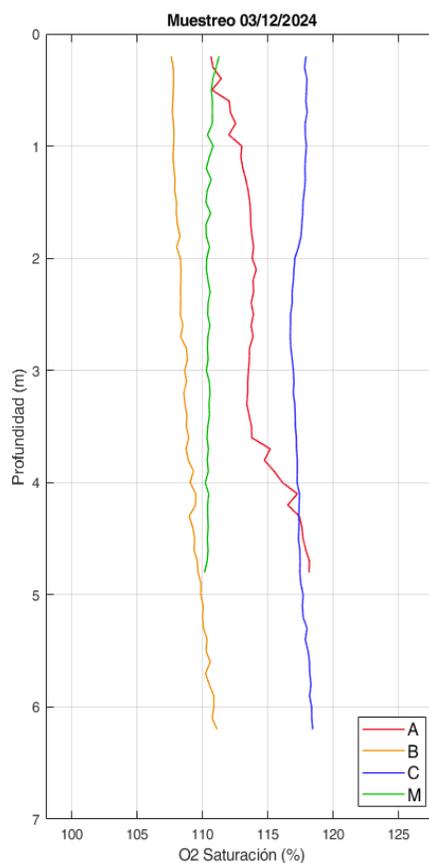


Figura 33. Perfiles de Saturación de O2 obtenidos el día 03/12/24 con el CTD.

Tabla 19. Datos de Saturación de O2 de los perfiles de CTD obtenidos el día 03/12/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	110,64 %	114,10 %	113,02 %	1,07 %
A	3-7 m	113,38 %	118,17 %	115,63 %	1,89 %
B	0-3 m	107,59 %	108,84 %	108,06 %	0,33 %
B	3-7 m	108,56 %	111,11 %	109,62 %	0,76 %
C	0-3 m	116,70 %	118,00 %	117,45 %	0,49 %
C	3-7 m	116,94 %	118,42 %	117,57 %	0,46 %
M	0-3 m	110,25 %	111,26 %	110,54 %	0,25 %
M	3-7 m	110,14 %	110,57 %	110,39 %	0,10 %

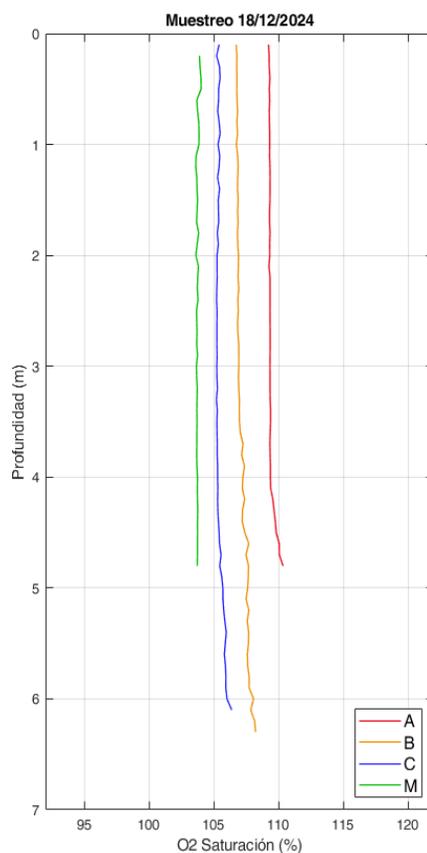


Figura 34. Perfiles de Saturación de O2 obtenidos el día 18/12/24 con el CTD.

Tabla 20. Datos de Saturación de O2 de los perfiles de CTD obtenidos el día 18/12/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	109,23 %	109,36 %	109,32 %	0,03 %
A	3-7 m	109,33 %	110,34 %	109,56 %	0,31 %
B	0-3 m	106,72 %	106,93 %	106,84 %	0,05 %
B	3-7 m	106,90 %	108,22 %	107,45 %	0,36 %
C	0-3 m	105,21 %	105,49 %	105,33 %	0,09 %
C	3-7 m	105,20 %	106,38 %	105,54 %	0,32 %
M	0-3 m	103,60 %	104,02 %	103,76 %	0,11 %
M	3-7 m	103,66 %	103,76 %	103,71 %	0,03 %



7.3.4. Concentración de O₂

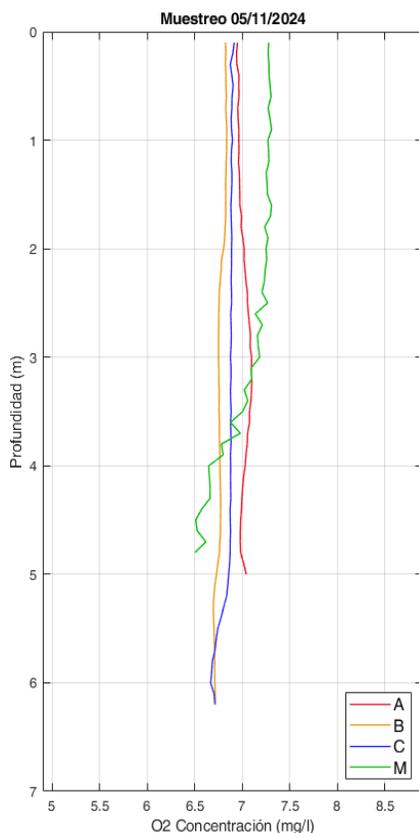


Figura 35. Perfiles de Concentración de O₂ obtenidos el día 05/11/24 con el CTD.

Tabla 21. Datos de Concentración de O₂ de los perfiles de CTD obtenidos el día 05/11/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	6,94 mg/l	7,09 mg/l	7,00 mg/l	0,05 mg/l
A	3-7 m	6,98 mg/l	7,10 mg/l	7,04 mg/l	0,04 mg/l
B	0-3 m	6,75 mg/l	6,84 mg/l	6,80 mg/l	0,03 mg/l
B	3-7 m	6,69 mg/l	6,77 mg/l	6,74 mg/l	0,03 mg/l
C	0-3 m	6,87 mg/l	6,91 mg/l	6,89 mg/l	0,01 mg/l
C	3-7 m	6,67 mg/l	6,88 mg/l	6,83 mg/l	0,08 mg/l
M	0-3 m	7,14 mg/l	7,31 mg/l	7,25 mg/l	0,04 mg/l
M	3-7 m	6,50 mg/l	7,18 mg/l	6,80 mg/l	0,23 mg/l

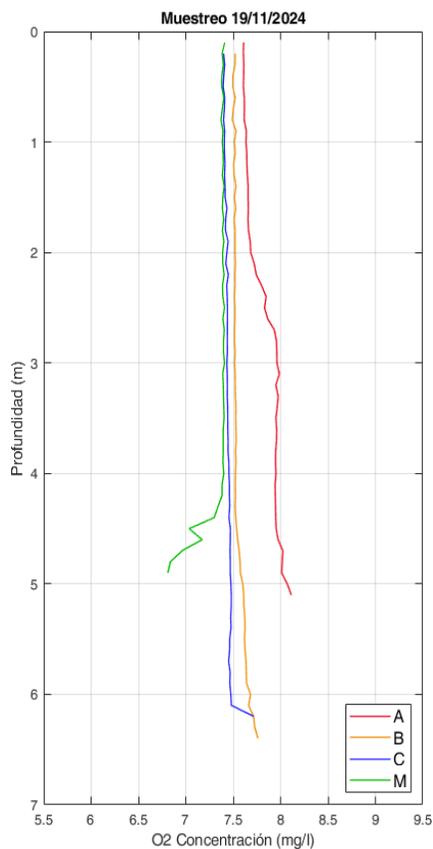


Figura 36. Perfiles de Concentración de O2 obtenidos el día 19/11/24 con el CTD.

Tabla 22. Datos de Concentración de O2 de los perfiles de CTD obtenidos el día 19/11/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	7,61 mg/l	7,96 mg/l	7,70 mg/l	0,11 mg/l
A	3-7 m	7,94 mg/l	8,11 mg/l	7,98 mg/l	0,04 mg/l
B	0-3 m	7,49 mg/l	7,53 mg/l	7,51 mg/l	0,01 mg/l
B	3-7 m	7,51 mg/l	7,76 mg/l	7,58 mg/l	0,07 mg/l
C	0-3 m	7,39 mg/l	7,45 mg/l	7,42 mg/l	0,02 mg/l
C	3-7 m	7,43 mg/l	7,72 mg/l	7,47 mg/l	0,05 mg/l
M	0-3 m	7,37 mg/l	7,41 mg/l	7,39 mg/l	0,01 mg/l
M	3-7 m	6,81 mg/l	7,41 mg/l	7,28 mg/l	0,20 mg/l

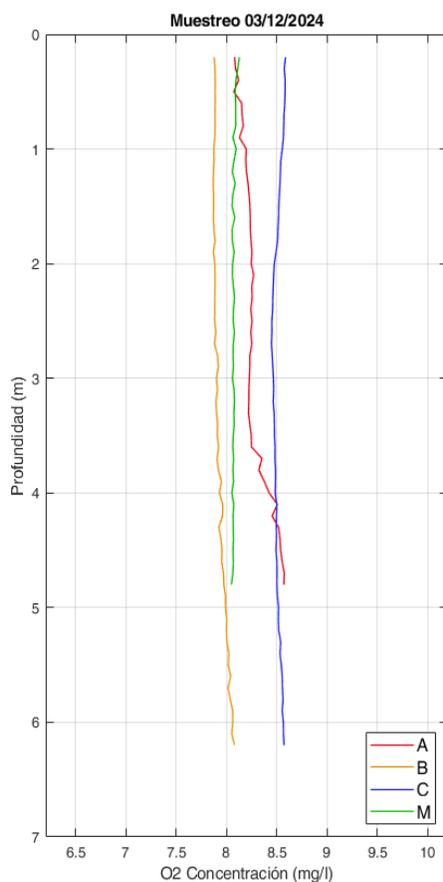


Figura 37. Perfiles de Concentración de O2 obtenidos el día 03/12/24 con el CTD.

Tabla 23. Datos de Concentración de O2 de los perfiles de CTD obtenidos el día 03/12/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	8,07 mg/l	8,27 mg/l	8,20 mg/l	0,06 mg/l
A	3-7 m	8,22 mg/l	8,57 mg/l	8,38 mg/l	0,14 mg/l
B	0-3 m	7,87 mg/l	7,92 mg/l	7,88 mg/l	0,01 mg/l
B	3-7 m	7,89 mg/l	8,08 mg/l	7,97 mg/l	0,06 mg/l
C	0-3 m	8,44 mg/l	8,59 mg/l	8,51 mg/l	0,05 mg/l
C	3-7 m	8,46 mg/l	8,57 mg/l	8,51 mg/l	0,03 mg/l
M	0-3 m	8,05 mg/l	8,13 mg/l	8,07 mg/l	0,02 mg/l
M	3-7 m	8,05 mg/l	8,08 mg/l	8,06 mg/l	0,01 mg/l

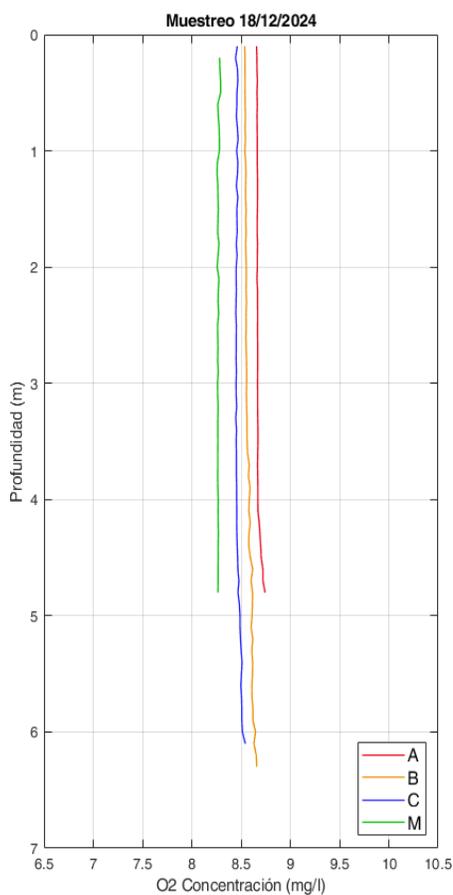


Figura 38. Perfiles de Concentración de O2 obtenidos el día 18/12/24 con el CTD.

Tabla 24. Datos de Concentración de O2 de los perfiles de CTD obtenidos el día 18/12/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	8,66 mg/l	8,67 mg/l	8,67 mg/l	0,00 mg/l
A	3-7 m	8,67 mg/l	8,74 mg/l	8,68 mg/l	0,02 mg/l
B	0-3 m	8,54 mg/l	8,56 mg/l	8,55 mg/l	0,01 mg/l
B	3-7 m	8,55 mg/l	8,66 mg/l	8,60 mg/l	0,03 mg/l
C	0-3 m	8,44 mg/l	8,47 mg/l	8,46 mg/l	0,01 mg/l
C	3-7 m	8,45 mg/l	8,54 mg/l	8,48 mg/l	0,03 mg/l
M	0-3 m	8,26 mg/l	8,29 mg/l	8,27 mg/l	0,01 mg/l
M	3-7 m	8,26 mg/l	8,27 mg/l	8,27 mg/l	0,00 mg/l



7.3.5. Turbidez

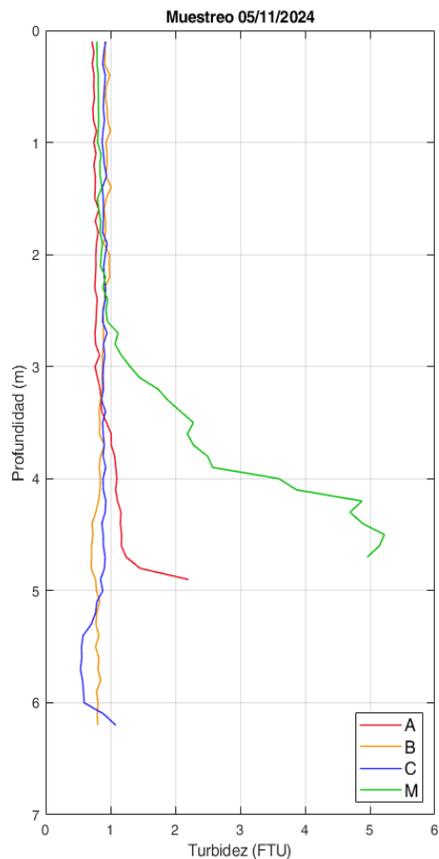


Figura 39. Perfiles de Turbidez obtenidos el día 05/11/24 con el CTD.

Tabla 25. Datos de Turbidez de los perfiles de CTD obtenidos el día 05/11/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	0,72 FTU	0,83 FTU	0,77 FTU	0,03 FTU
A	3-7 m	0,76 FTU	2,20 FTU	1,10 FTU	0,31 FTU
B	0-3 m	0,88 FTU	1,01 FTU	0,93 FTU	0,04 FTU
B	3-7 m	0,70 FTU	0,91 FTU	0,81 FTU	0,05 FTU
C	0-3 m	0,87 FTU	0,95 FTU	0,90 FTU	0,02 FTU
C	3-7 m	0,54 FTU	1,08 FTU	0,82 FTU	0,14 FTU
M	0-3 m	0,79 FTU	1,17 FTU	0,88 FTU	0,10 FTU
M	3-7 m	1,30 FTU	5,22 FTU	3,20 FTU	1,43 FTU

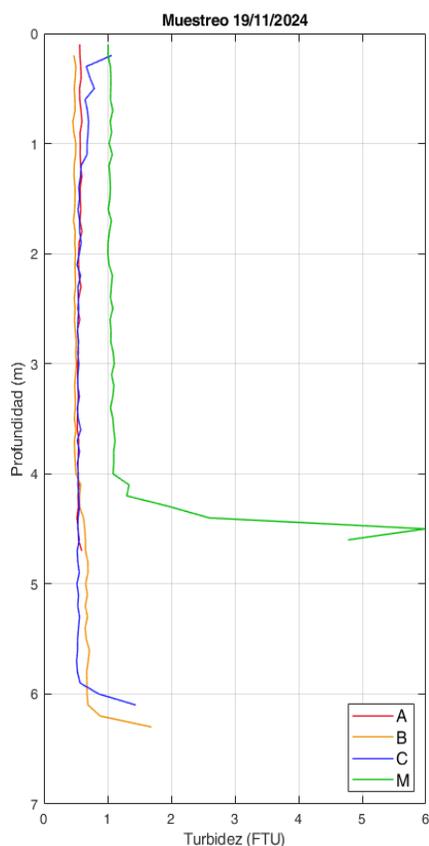


Figura 40. Perfiles de Turbidez obtenidos el día 19/11/24 con el CTD.

Tabla 26. Datos de Turbidez de los perfiles de CTD obtenidos el día 19/11/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	0,53 FTU	0,60 FTU	0,57 FTU	0,02 FTU
A	3-7 m	0,52 FTU	0,60 FTU	0,54 FTU	0,02 FTU
B	0-3 m	0,45 FTU	0,51 FTU	0,49 FTU	0,01 FTU
B	3-7 m	0,48 FTU	1,69 FTU	0,64 FTU	0,21 FTU
C	0-3 m	0,52 FTU	1,06 FTU	0,62 FTU	0,11 FTU
C	3-7 m	0,51 FTU	1,44 FTU	0,58 FTU	0,17 FTU
M	0-3 m	1,00 FTU	1,09 FTU	1,04 FTU	0,02 FTU
M	3-7 m	1,05 FTU	5,99 FTU	1,76 FTU	1,44 FTU

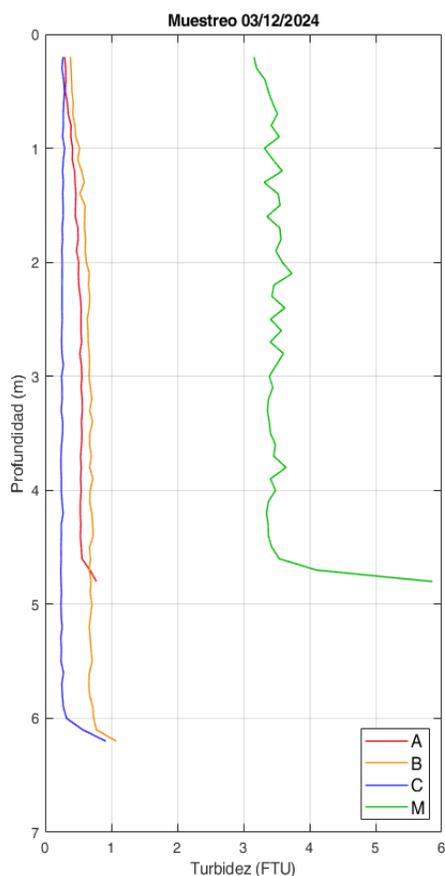


Figura 41. Perfiles de Turbidez obtenidos el día 03/12/24 con el CTD.

Tabla 27. Datos de Turbidez de los perfiles de CTD obtenidos el día 03/12/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	0,29 FTU	0,55 FTU	0,45 FTU	0,08 FTU
A	3-7 m	0,53 FTU	0,78 FTU	0,56 FTU	0,06 FTU
B	0-3 m	0,38 FTU	0,68 FTU	0,56 FTU	0,10 FTU
B	3-7 m	0,66 FTU	1,07 FTU	0,70 FTU	0,07 FTU
C	0-3 m	0,25 FTU	0,29 FTU	0,27 FTU	0,01 FTU
C	3-7 m	0,24 FTU	0,92 FTU	0,28 FTU	0,13 FTU
M	0-3 m	3,16 FTU	3,73 FTU	3,46 FTU	0,13 FTU
M	3-7 m	3,35 FTU	5,86 FTU	3,59 FTU	0,57 FTU

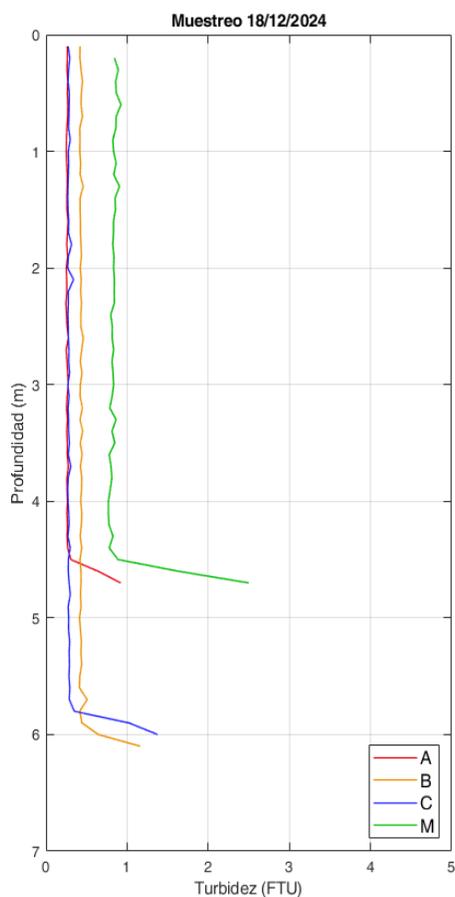


Figura 42. Perfiles de Turbidez obtenidos el día 18/12/24 con el CTD.

Tabla 28. Datos de Turbidez de los perfiles de CTD obtenidos el día 18/12/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	0,25 FTU	0,28 FTU	0,26 FTU	0,01 FTU
A	3-7 m	0,25 FTU	0,92 FTU	0,32 FTU	0,17 FTU
B	0-3 m	0,42 FTU	0,46 FTU	0,43 FTU	0,01 FTU
B	3-7 m	0,41 FTU	1,16 FTU	0,46 FTU	0,13 FTU
C	0-3 m	0,27 FTU	0,34 FTU	0,28 FTU	0,02 FTU
C	3-7 m	0,27 FTU	1,38 FTU	0,34 FTU	0,23 FTU
M	0-3 m	0,80 FTU	0,92 FTU	0,85 FTU	0,03 FTU
M	3-7 m	0,77 FTU	2,50 FTU	0,95 FTU	0,43 FTU



7.3.6. pH

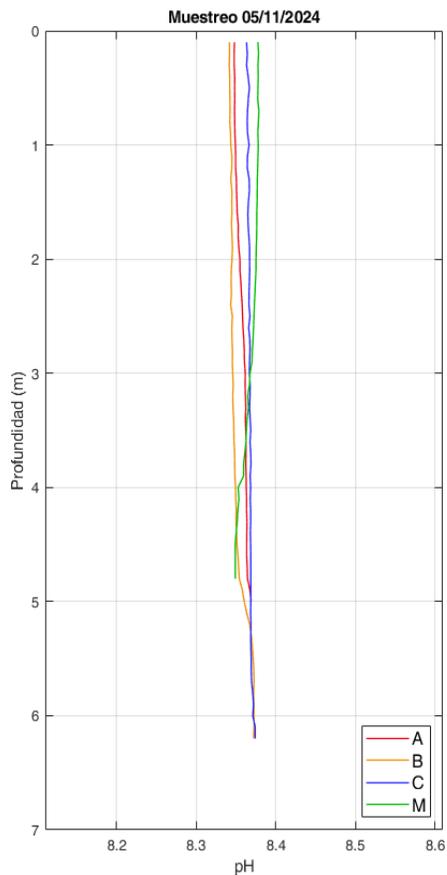


Figura 43. Perfiles de pH obtenidos el día 05/11/24 con el CTD.

Tabla 29. Datos de pH de los perfiles de CTD obtenidos el día 05/11/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	8,35	8,36	8,35	0,00
A	3-7 m	8,36	8,37	8,36	0,00
B	0-3 m	8,34	8,35	8,34	0,00
B	3-7 m	8,35	8,37	8,36	0,01
C	0-3 m	8,36	8,37	8,37	0,00
C	3-7 m	8,37	8,37	8,37	0,00
M	0-3 m	8,37	8,38	8,38	0,00
M	3-7 m	8,35	8,37	8,36	0,01

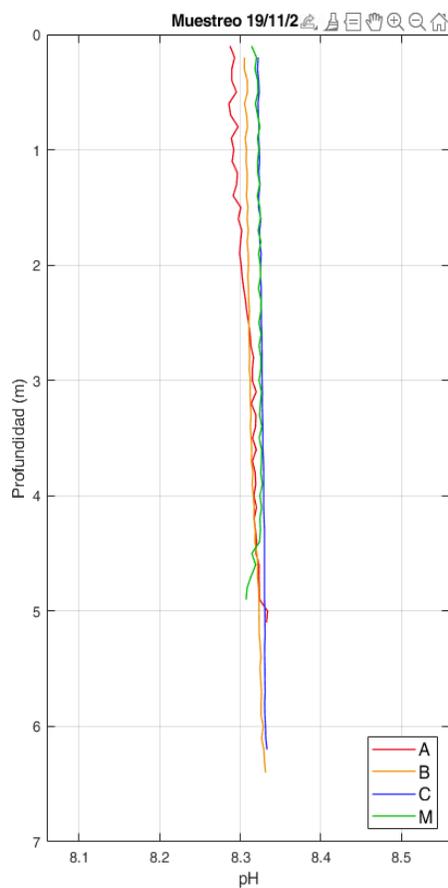


Figura 44. Perfiles de pH obtenidos el día 19/11/24 con el CTD.

Tabla 30. Datos de pH de los perfiles de CTD obtenidos el día 19/11/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	8,29	8,32	8,30	0,01
A	3-7 m	8,31	8,33	8,32	0,01
B	0-3 m	8,30	8,31	8,31	0,00
B	3-7 m	8,31	8,33	8,32	0,01
C	0-3 m	8,32	8,33	8,32	0,00
C	3-7 m	8,33	8,33	8,33	0,00
M	0-3 m	8,31	8,33	8,32	0,00
M	3-7 m	8,31	8,33	8,32	0,01

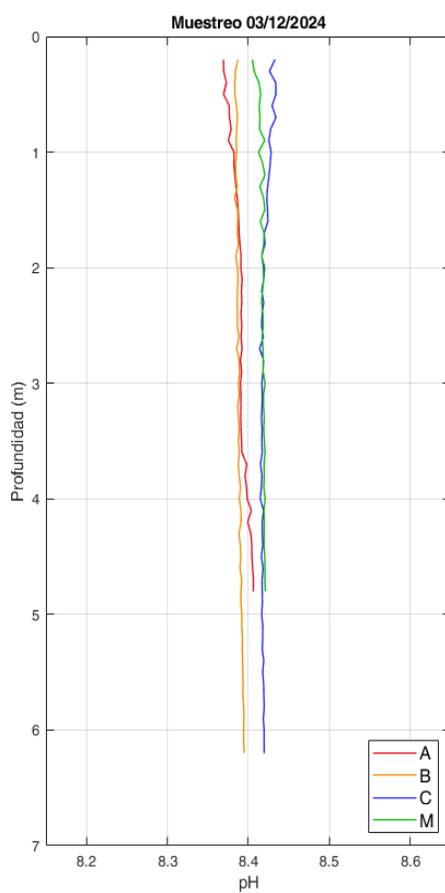


Figura 45. Perfiles de pH obtenidos el día 03/12/24 con el CTD.

Tabla 31. Datos de pH de los perfiles de CTD obtenidos el día 03/12/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	8,37	8,39	8,38	0,01
A	3-7 m	8,39	8,41	8,40	0,01
B	0-3 m	8,38	8,39	8,39	0,00
B	3-7 m	8,39	8,40	8,39	0,00
C	0-3 m	8,41	8,43	8,42	0,01
C	3-7 m	8,41	8,42	8,42	0,00
M	0-3 m	8,40	8,42	8,42	0,00
M	3-7 m	8,42	8,42	8,42	0,00

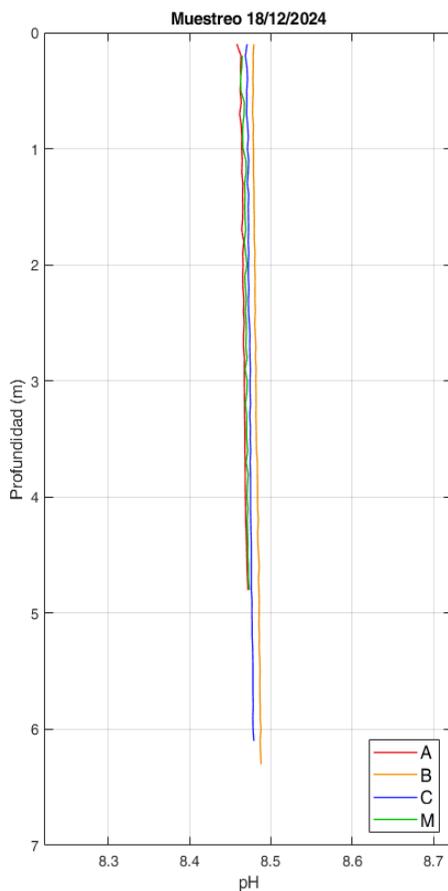


Figura 46. Perfiles de pH obtenidos el día 18/12/24 con el CTD.

Tabla 32. Datos de pH de los perfiles de CTD obtenidos el día 18/12/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	8,46	8,47	8,46	0,00
A	3-7 m	8,47	8,47	8,47	0,00
B	0-3 m	8,48	8,48	8,48	0,00
B	3-7 m	8,48	8,49	8,48	0,00
C	0-3 m	8,47	8,47	8,47	0,00
C	3-7 m	8,47	8,48	8,48	0,00
M	0-3 m	8,46	8,47	8,47	0,00
M	3-7 m	8,47	8,47	8,47	0,00



7.3.7. Luz PAR

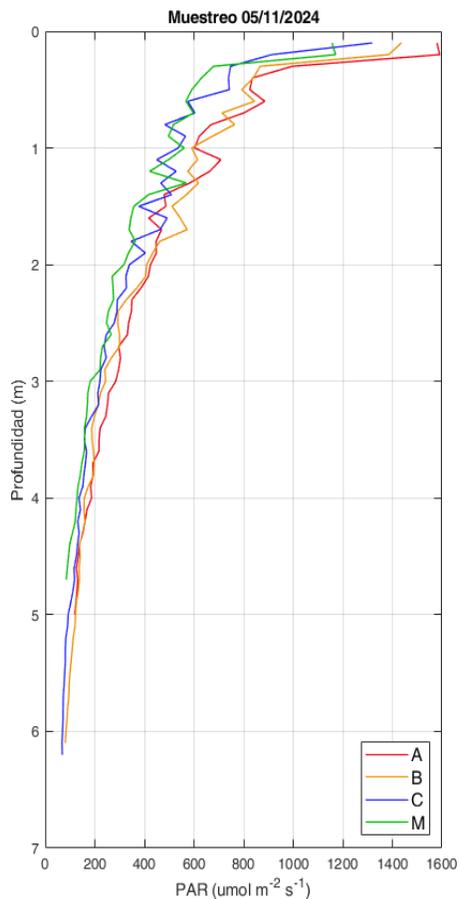


Figura 47. Perfiles de Luz PAR obtenidos el día 05/11/24 con el CTD.

Tabla 33. Datos de Luz PAR de los perfiles de CTD obtenidos el día 05/11/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	296,02 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	1590,76 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	606,78 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	333,92 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$
A	3-7 m	118,90 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	284,29 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	182,19 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	50,32 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$
B	0-3 m	240,49 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	1436,01 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	586,48 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	295,94 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$
B	3-7 m	80,80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	243,53 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	145,44 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	45,16 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$



C	0-3 m	223,86 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	1318,87 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	484,98 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	237,98 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$
C	3-7 m	67,50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	220,75 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	122,65 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	45,98 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$
M	0-3 m	220,92 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	1171,02 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	454,86 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	240,92 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$
M	3-7 m	84,64 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	181,35 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	135,32 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	30,92 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$

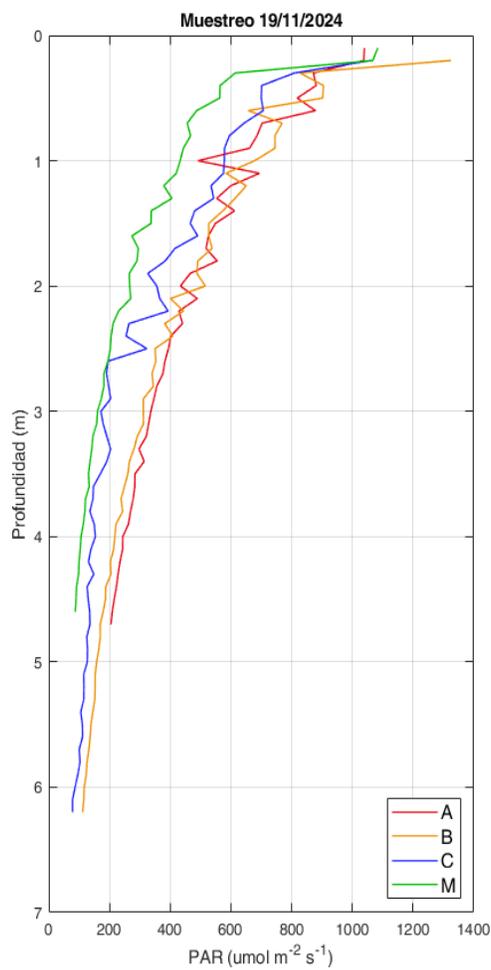




Figura 48. Perfiles de Luz PAR obtenidos el día 19/11/24 con el CTD.

Tabla 34. Datos de Luz PAR de los perfiles de CTD obtenidos el día 19/11/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	346,51 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1039,88 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	592,75 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	201,61 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
A	3-7 m	204,85 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	336,12 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	265,45 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	42,54 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
B	0-3 m	311,63 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1324,70 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	585,59 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	225,45 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
B	3-7 m	111,69 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	312,05 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	191,94 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	59,56 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
C	0-3 m	190,39 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1061,57 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	476,20 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	209,65 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
C	3-7 m	78,29 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	203,70 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	132,74 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	31,84 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
M	0-3 m	173,07 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	1083,80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	389,71 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	228,19 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
M	3-7 m	87,45 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	160,76 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	119,85 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	23,62 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

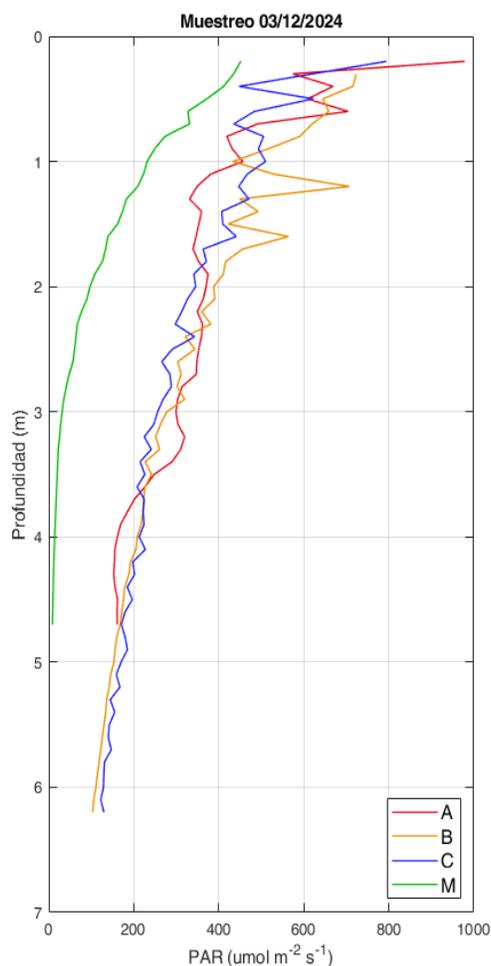


Figura 49. Perfiles de Luz PAR obtenidos el día 03/12/24 con el CTD.

Tabla 35. Datos de Luz PAR de los perfiles de CTD obtenidos el día 03/12/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	303,23 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}^{-1}$	978,24 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}^{-1}$	428,23 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}^{-1}$	151,15 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}^{-1}$
A	3-7 m	152,74 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}^{-1}$	319,85 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}^{-1}$	212,07 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}^{-1}$	64,67 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}^{-1}$
B	0-3 m	302,05 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}^{-1}$	723,69 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}^{-1}$	472,88 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}^{-1}$	136,37 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}^{-1}$
B	3-7 m	103,17 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}^{-1}$	277,74 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}^{-1}$	177,50 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}^{-1}$	51,29 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}^{-1}$
C	0-3 m	265,86 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}^{-1}$	794,29 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}^{-1}$	416,29 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}^{-1}$	123,28 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}^{-1}$



C	3-7 m	122,40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	256,13 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	184,63 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	39,45 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
M	0-3 m	35,30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	451,69 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	184,93 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	128,08 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
M	3-7 m	8,74 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	31,48 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	16,95 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	6,72 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

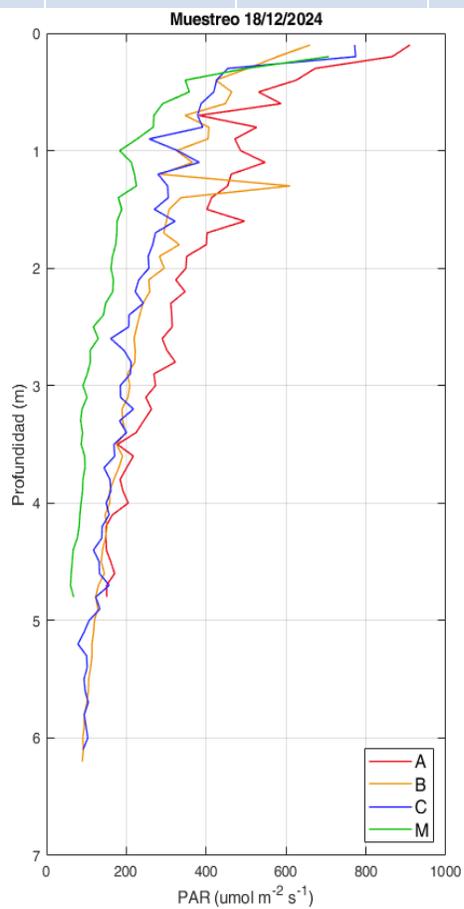


Figura 50. Perfiles de Luz PAR obtenidos el día 18/12/24 con el CTD.



Tabla 36. Datos de Luz PAR de los perfiles de CTD obtenidos el día 18/12/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	269,14 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	910,16 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	452,76 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	160,53 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$
A	3-7 m	148,79 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	273,06 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	193,48 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	41,26 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$
B	0-3 m	202,90 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	660,00 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	346,66 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	122,94 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$
B	3-7 m	89,72 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	208,55 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	140,11 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	36,77 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$
C	0-3 m	160,88 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	774,24 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	323,64 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	146,65 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$
C	3-7 m	78,77 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	217,78 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	135,12 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	36,69 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$
M	0-3 m	102,12 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	706,91 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	222,24 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	129,17 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$
M	3-7 m	60,34 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	101,64 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	82,62 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$	12,55 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^1$



7.3.8. Clorofila

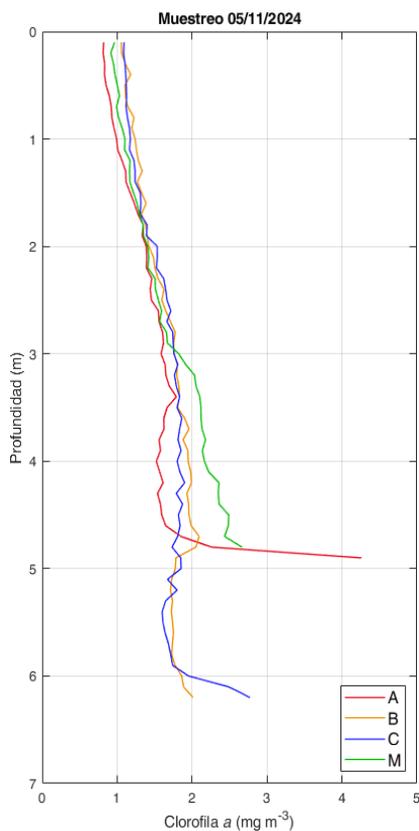


Figura 51. Perfiles de Clorofila obtenidos el día 05/11/24 con el CTD.

Tabla 37. Datos de Clorofila de los perfiles de CTD obtenidos el día 05/11/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	0,81 mg/m ³	1,62 mg/m ³	1,19 mg/m ³	0,27 mg/m ³
A	3-7 m	1,52 mg/m ³	4,26 mg/m ³	1,79 mg/m ³	0,60 mg/m ³
B	0-3 m	1,06 mg/m ³	1,78 mg/m ³	1,36 mg/m ³	0,21 mg/m ³
B	3-7 m	1,71 mg/m ³	2,09 mg/m ³	1,86 mg/m ³	0,11 mg/m ³
C	0-3 m	1,09 mg/m ³	1,75 mg/m ³	1,35 mg/m ³	0,23 mg/m ³
C	3-7 m	1,60 mg/m ³	2,77 mg/m ³	1,83 mg/m ³	0,22 mg/m ³
M	0-3 m	0,92 mg/m ³	1,67 mg/m ³	1,25 mg/m ³	0,24 mg/m ³
M	3-7 m	1,82 mg/m ³	2,67 mg/m ³	2,22 mg/m ³	0,21 mg/m ³

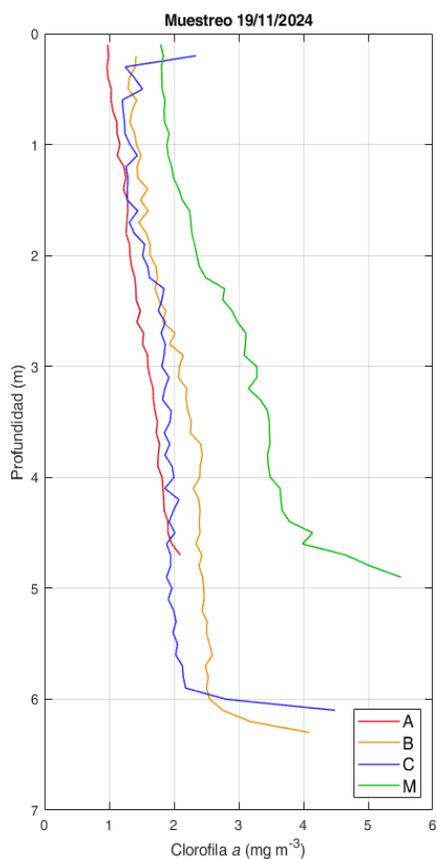


Figura 52. Perfiles de Clorofila obtenidos el día 19/11/24 con el CTD.

Tabla 38. Datos de Clorofila de los perfiles de CTD obtenidos el día 19/11/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	0,97 mg/m ³	1,59 mg/m ³	1,25 mg/m ³	0,18 mg/m ³
A	3-7 m	1,60 mg/m ³	2,10 mg/m ³	1,79 mg/m ³	0,13 mg/m ³
B	0-3 m	1,29 mg/m ³	2,14 mg/m ³	1,59 mg/m ³	0,23 mg/m ³
B	3-7 m	2,07 mg/m ³	4,09 mg/m ³	2,47 mg/m ³	0,35 mg/m ³
C	0-3 m	1,20 mg/m ³	2,34 mg/m ³	1,52 mg/m ³	0,28 mg/m ³
C	3-7 m	1,81 mg/m ³	4,49 mg/m ³	2,07 mg/m ³	0,47 mg/m ³
M	0-3 m	1,80 mg/m ³	3,11 mg/m ³	2,26 mg/m ³	0,45 mg/m ³
M	3-7 m	3,15 mg/m ³	5,51 mg/m ³	3,77 mg/m ³	0,62 mg/m ³

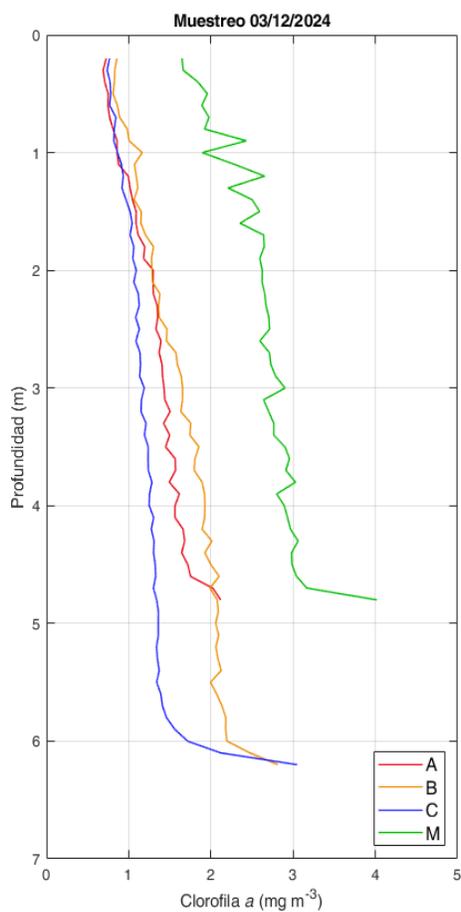


Figura 53. Perfiles de Clorofila obtenidos el día 03/12/24 con el CTD.

Tabla 39. Datos de Clorofila de los perfiles de CTD obtenidos el día 03/12/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	0,69 mg/m^3	1,41 mg/m^3	1,07 mg/m^3	0,25 mg/m^3
A	3-7 m	1,42 mg/m^3	2,12 mg/m^3	1,62 mg/m^3	0,19 mg/m^3
B	0-3 m	0,81 mg/m^3	1,64 mg/m^3	1,18 mg/m^3	0,25 mg/m^3
B	3-7 m	1,63 mg/m^3	2,81 mg/m^3	2,00 mg/m^3	0,23 mg/m^3
C	0-3 m	0,74 mg/m^3	1,14 mg/m^3	0,97 mg/m^3	0,14 mg/m^3
C	3-7 m	1,15 mg/m^3	3,05 mg/m^3	1,40 mg/m^3	0,35 mg/m^3
M	0-3 m	1,65 mg/m^3	2,79 mg/m^3	2,38 mg/m^3	0,37 mg/m^3
M	3-7 m	2,64 mg/m^3	4,02 mg/m^3	2,97 mg/m^3	0,29 mg/m^3

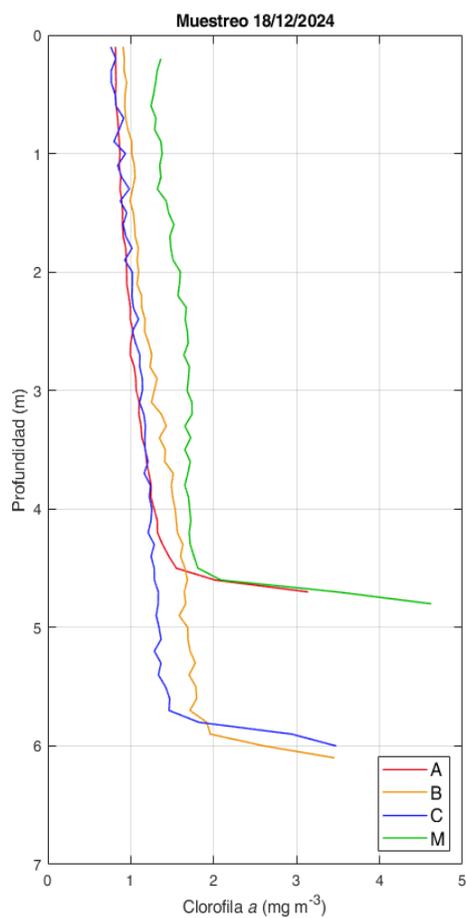


Figura 54. Perfiles de Clorofila obtenidos el día 18/12/24 con el CTD.

Tabla 40. Datos de Clorofila de los perfiles de CTD obtenidos el día 18/12/24.

Punto	Capa	Mínimo	Máximo	Media	STD
A	0-3 m	0,82 mg/m ³	1,06 mg/m ³	0,91 mg/m ³	0,08 mg/m ³
A	3-7 m	1,07 mg/m ³	3,14 mg/m ³	1,39 mg/m ³	0,49 mg/m ³
B	0-3 m	0,91 mg/m ³	1,32 mg/m ³	1,06 mg/m ³	0,11 mg/m ³
B	3-7 m	1,25 mg/m ³	3,45 mg/m ³	1,69 mg/m ³	0,41 mg/m ³
C	0-3 m	0,76 mg/m ³	1,14 mg/m ³	0,94 mg/m ³	0,11 mg/m ³
C	3-7 m	1,11 mg/m ³	3,48 mg/m ³	1,41 mg/m ³	0,50 mg/m ³
M	0-3 m	1,24 mg/m ³	1,71 mg/m ³	1,47 mg/m ³	0,15 mg/m ³
M	3-7 m	1,65 mg/m ³	4,62 mg/m ³	1,98 mg/m ³	0,76 mg/m ³