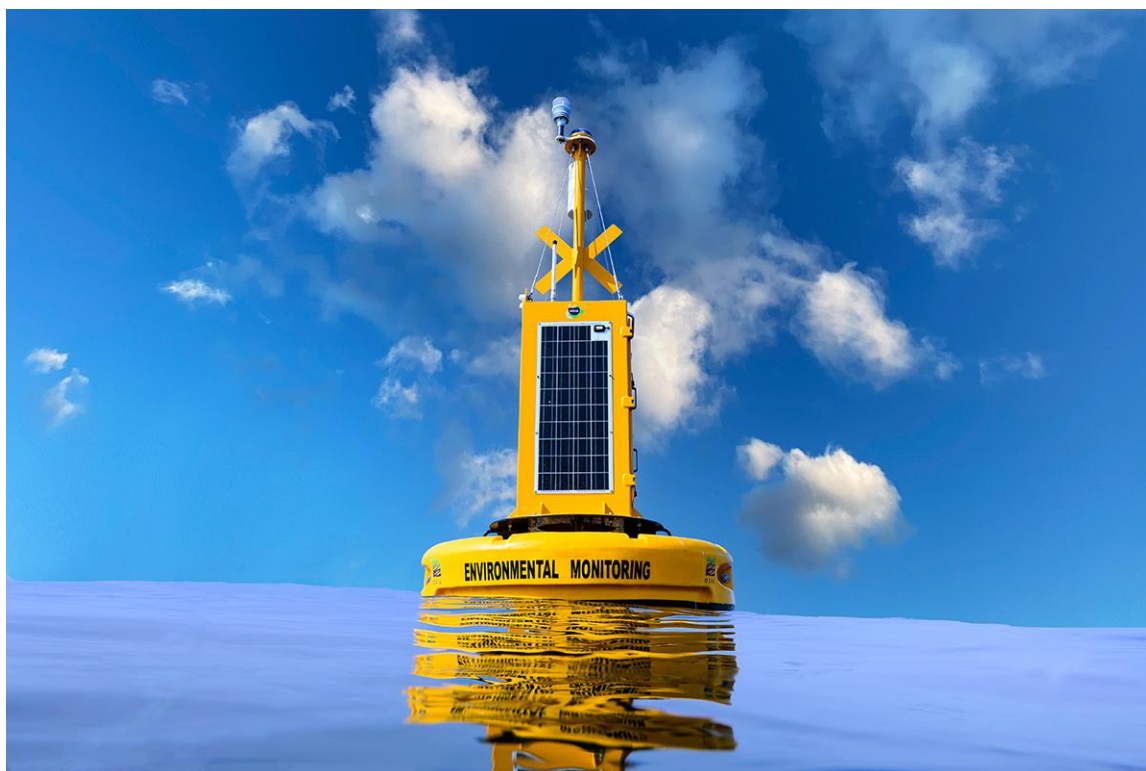


Informe Verano 2025 del Sistema de Monitorización Oceanográfica del Mar Menor

Instituto Español de Oceanografía (IEO-CSIC)



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de
Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

MAP
MAR MENOR
MARCO de ACTUACIONES
PRIORITARIAS para
RECUPERAR el MAR MENOR



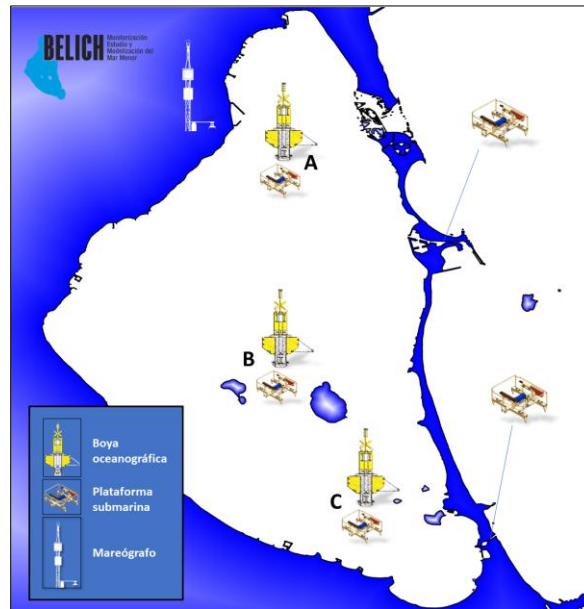
Proyecto BELICH. IEO-CSIC. Coordinador: Centro Oceanográfico de Murcia. Financiado con fondos Next Generation EU dentro del Marco de Actuaciones Prioritarias para la Recuperación del Mar Menor (MAPMM) del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Está terminantemente prohibida la difusión y uso de los datos contenidos en este informe sin la autorización expresa de sus responsables.

1. Información del Informe

Periodo de Monitoreo: del 15/06/2025 al 15/09/2025

Este informe muestra un resumen de los datos de todo el verano del sistema de monitorización oceanográfica consistente en un mareógrafo, estación meteorológica, tres boyas ubicadas en la zona norte (boya A), centro (boya B) y sur (boya C), y cinco montes submarinos fondeados en las boyas y en las golas de Estacio y Marchamalo, distribuidos como muestra la siguiente figura:



Este novedoso sistema transmite los datos registrados por los diferentes sensores a un servidor del IEO-CSIC en continuo, tiempo casi-real y muy alta resolución temporal, de las variables más relevantes del estado de la masa de agua del ecosistema lagunar: temperatura, salinidad, clorofila a, oxígeno, turbidez, radiación submarina PAR, velocidad y dirección de la corriente, nivel del mar y variables meteorológicas (intensidad y dirección del viento, radiación solar, temperatura, etc.).

Los datos recibidos de los sensores son previamente procesados por los equipos científicos del proyecto BELICH y debidamente validados y calibrados mediante muestreos in situ realizados con un CTD de alta precisión totalmente calibrado y, en el caso de la clorofila a, las medidas de fluorescencia obtenidas por los sensores de la boya y del CTD son intercalibradas mediante determinación espectrofotométrica en el laboratorio a partir de muestras de agua. En el caso del oxígeno se también se calibra analíticamente mediante el método de Winkler en el laboratorio.

Para una mejor contextualización e interpretación de los datos se muestran además las series temporales de las variables en los últimos 30 días, así como un sistema gráfico de indicadores

diseñado específicamente para estos informes. En estos gráficos se representa además la situación actual de la variable en la denominada “mancha blanca” (estación M).

2. Parámetros Físico-Químicos actuales

2.1 Estación de Muestreo: A

Parámetro	Unidad	Promedio		Máximo		Mínimo		Desviación Estándar	
		Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo
Temperatura	°C	29.52	29.54	31.75	31.97	26.91	27.07	1.12	1.16
Salinidad	-	43.21	43.40	44.28	44.52	41.61	42.18	0.63	0.64
Oxígeno disuelto	mg/L	5.89	6.82	7.53	9.93	3.14	4.29	0.53	0.96
Turbidez	NTU	0.66	0.63	1.28	1.91	0.35	0.26	0.21	0.25
Clorofila a	µg/L	0.76	1.39	1.75	5.84	0.38	0.58	0.26	0.72

2.2 Estación de Muestreo: B

Parámetro	Unidad	Promedio		Máximo		Mínimo		Desviación Estándar	
		Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo
Temperatura	°C	29.92	29.72	31.52	31.51	27.25	27.46	1.07	1.00
Salinidad	-	43.43	43.79	44.07	44.79	42.71	42.85	0.37	0.53
Oxígeno disuelto	mg/L	4.49	5.53	4.63	8.33	4.35	2.19	0.20	0.85
Turbidez	NTU	0.76	0.91	5.44	6.07	0.35	0.10	0.50	0.53
Clorofila a	µg/L	1.04	1.82	2.72	5.03	0.47	0.72	0.45	0.89

2.3 Estación de Muestreo: C

Parámetro	Unidad	Promedio		Máximo		Mínimo		Desviación Estándar	
		Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo
Temperatura	°C	29.49	29.42	31.63	31.69	26.71	26.75	1.12	1.12
Salinidad	-	43.94	43.94	44.69	44.77	42.76	42.54	0.49	0.47
Oxígeno disuelto	mg/L	5.86	6.48	7.48	9.20	3.96	4.09	0.60	0.75
Turbidez	NTU	0.69	0.66	1.40	2.68	0.30	0.26	0.26	0.26
Clorofila a	µg/L	0.89	1.39	2.46	3.30	0.24	0.62	0.40	0.60

3. Serie temporal

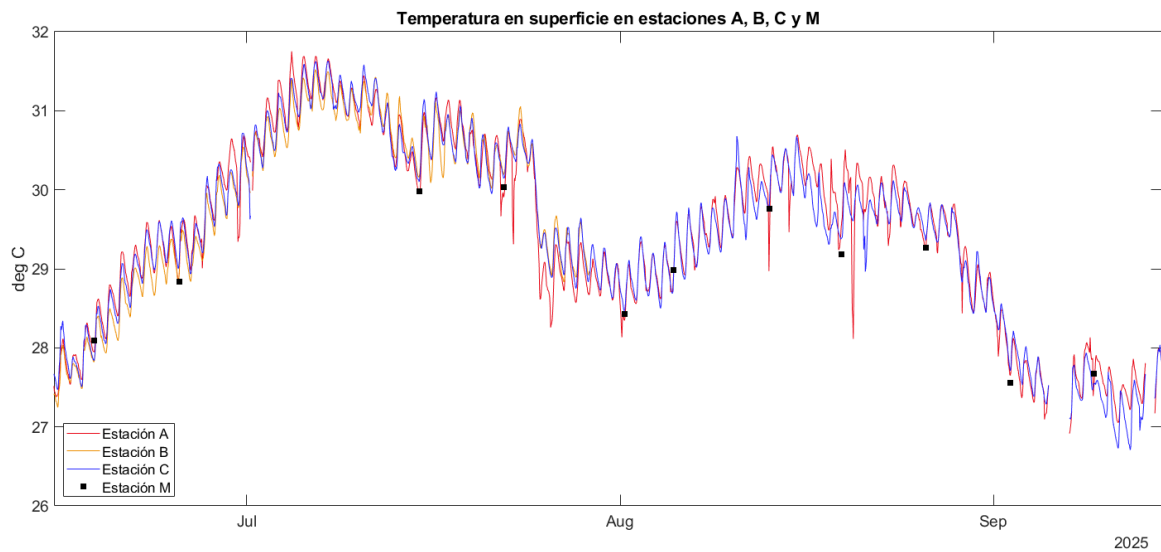


Figura 1: Serie temporal en superficie de Temperatura en las estaciones A, B y C.

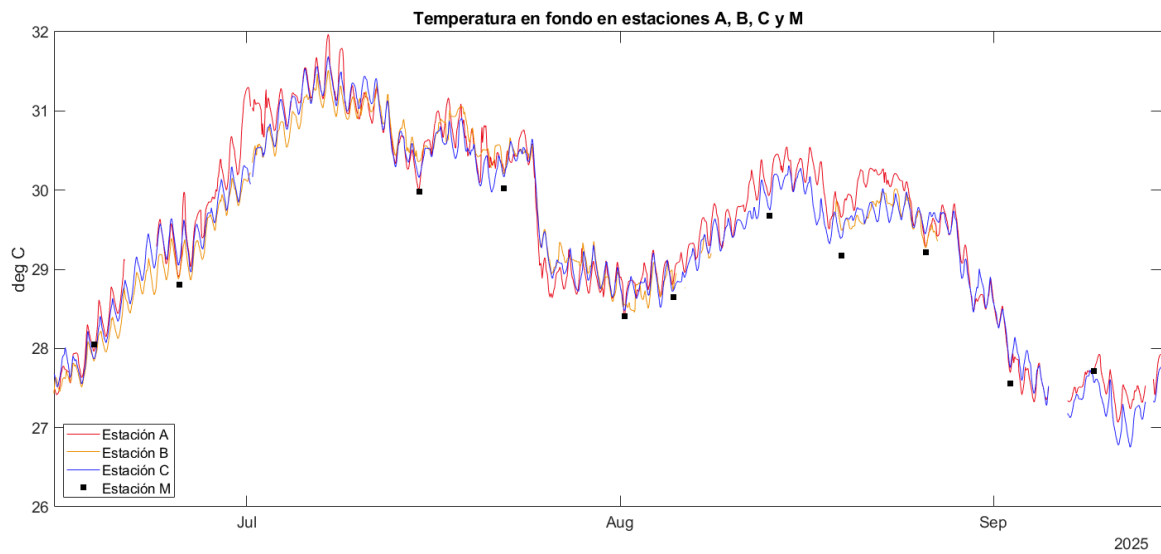


Figura 2: Serie temporal en fondo de Temperatura en las estaciones A, B y C.

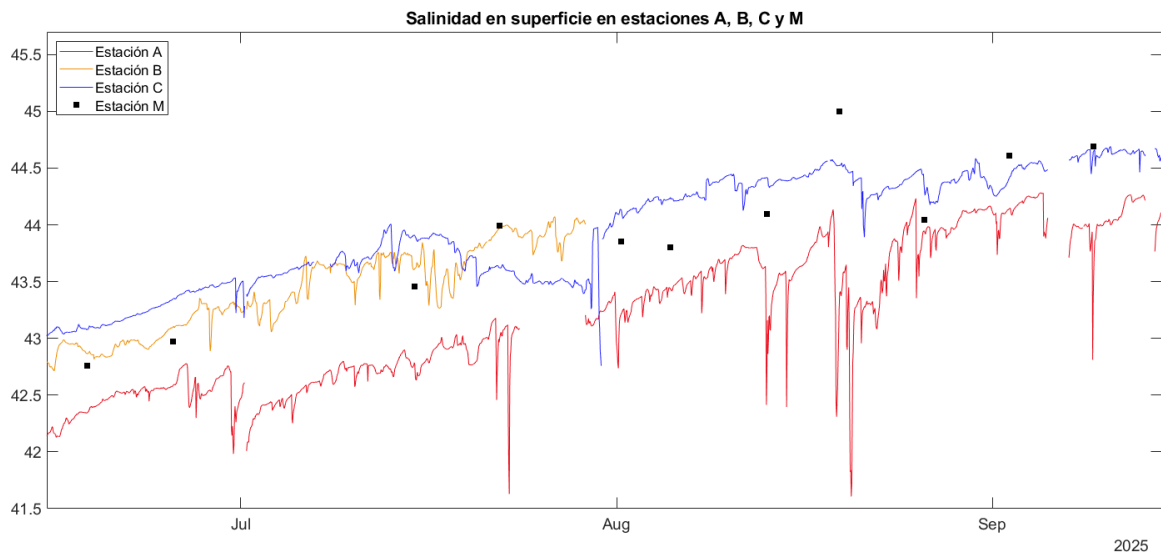


Figura 3: Serie temporal en superficie de Salinidad en las estaciones A, B y C.

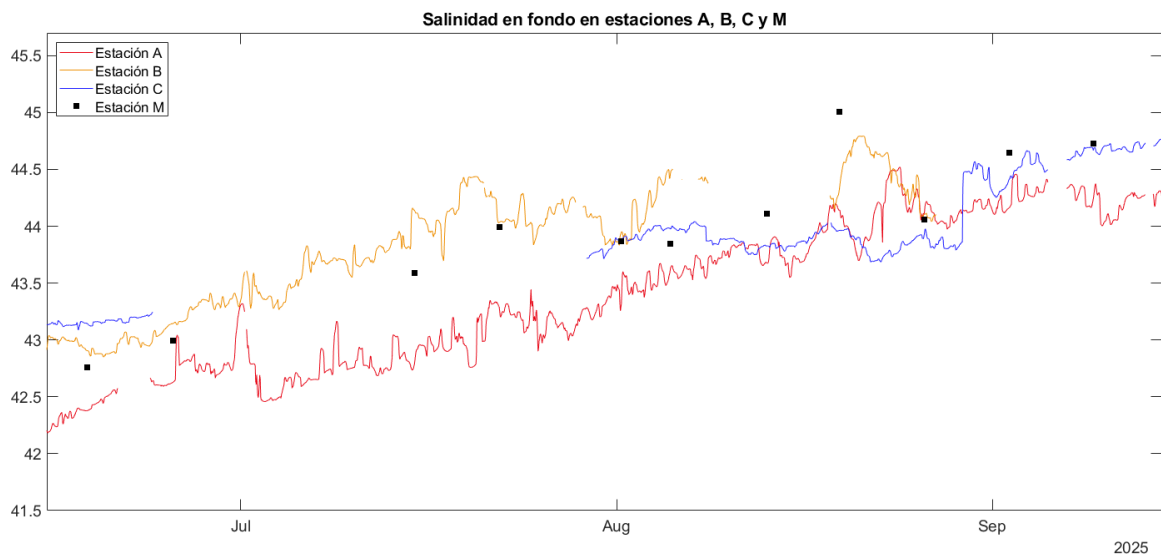


Figura 4: Serie temporal en fondo de Salinidad en las estaciones A, B y C.

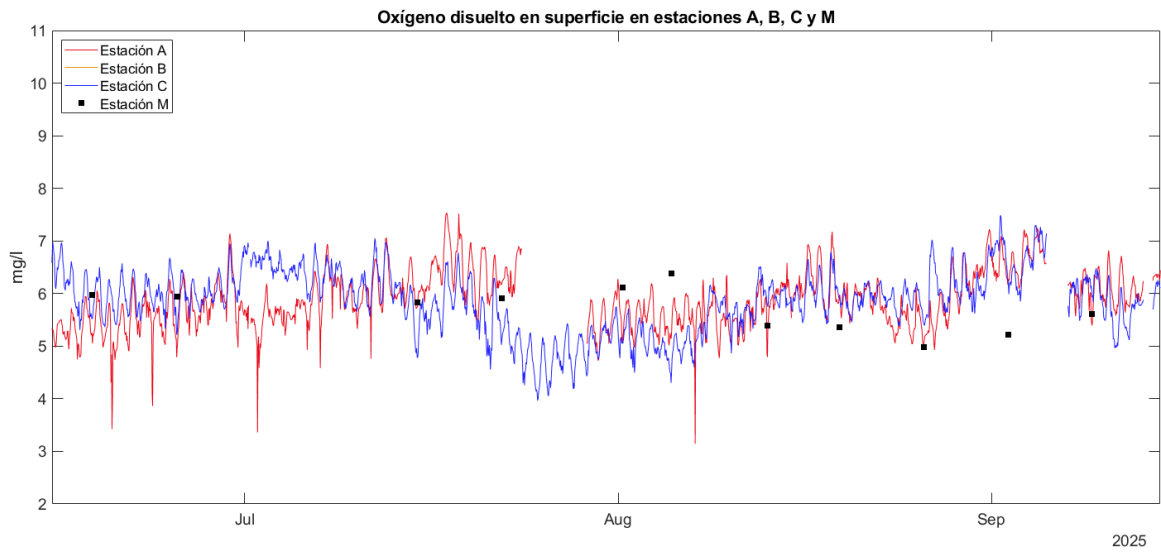


Figura 5: Serie temporal en superficie de Oxígeno disuelto en las estaciones A, B y C.

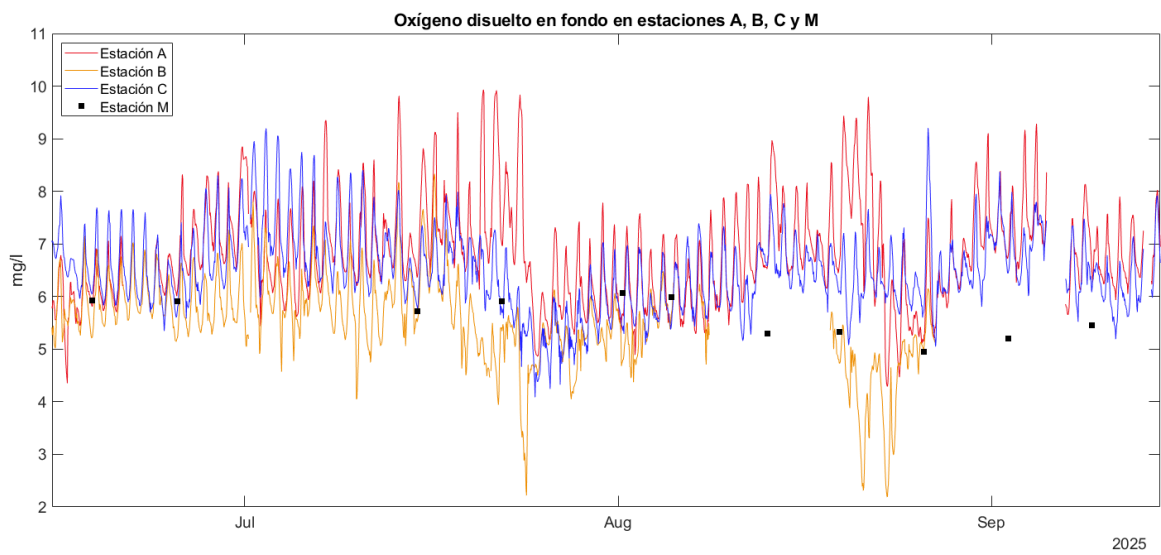


Figura 6: Serie temporal en fondo de Oxígeno disuelto en las estaciones A, B y C.

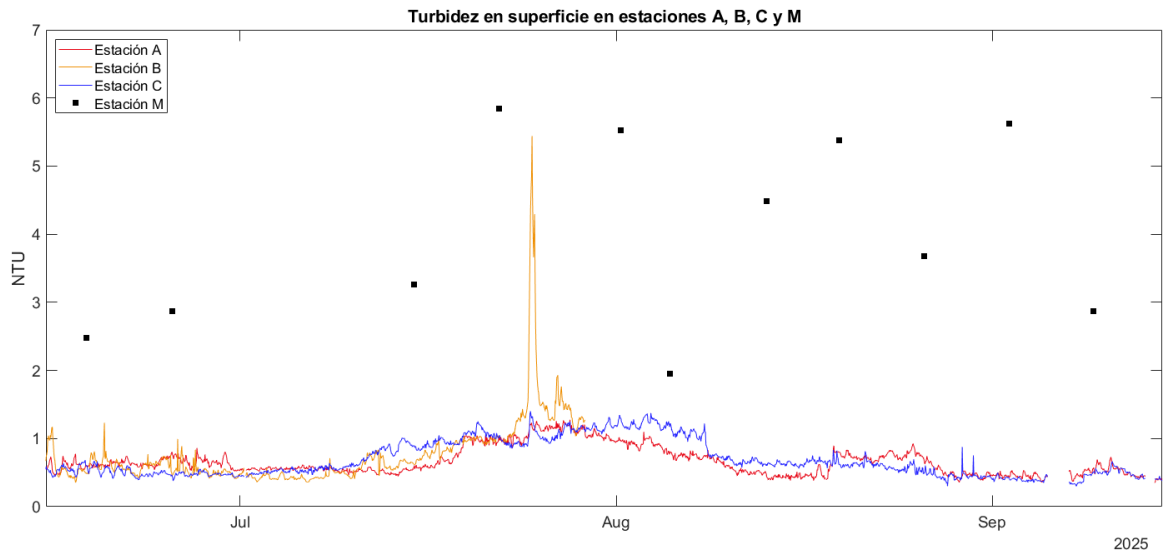


Figura 7: Serie temporal en superficie de Turbidez en las estaciones A, B y C.

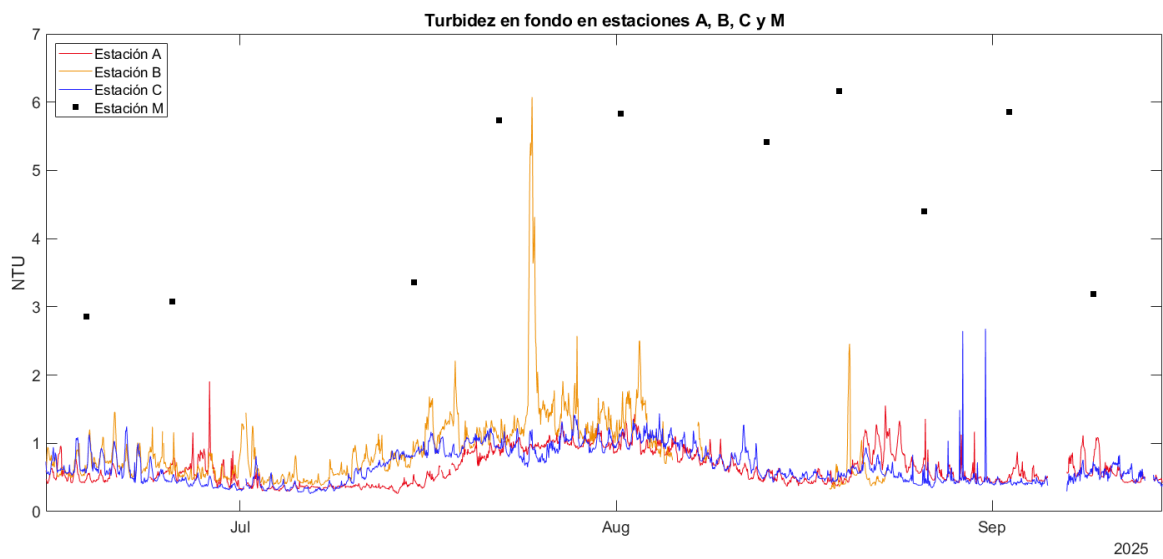


Figura 8: Serie temporal en fondo de Turbidez en las estaciones A, B y C.

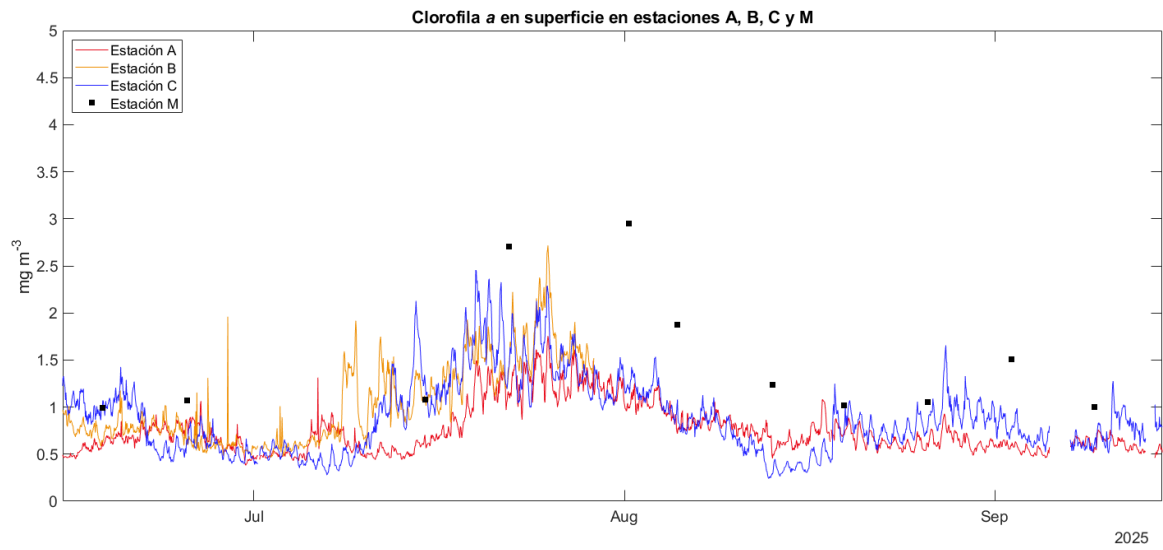


Figura 9: Serie temporal en superficie de Clorofila a en las estaciones A, B y C.

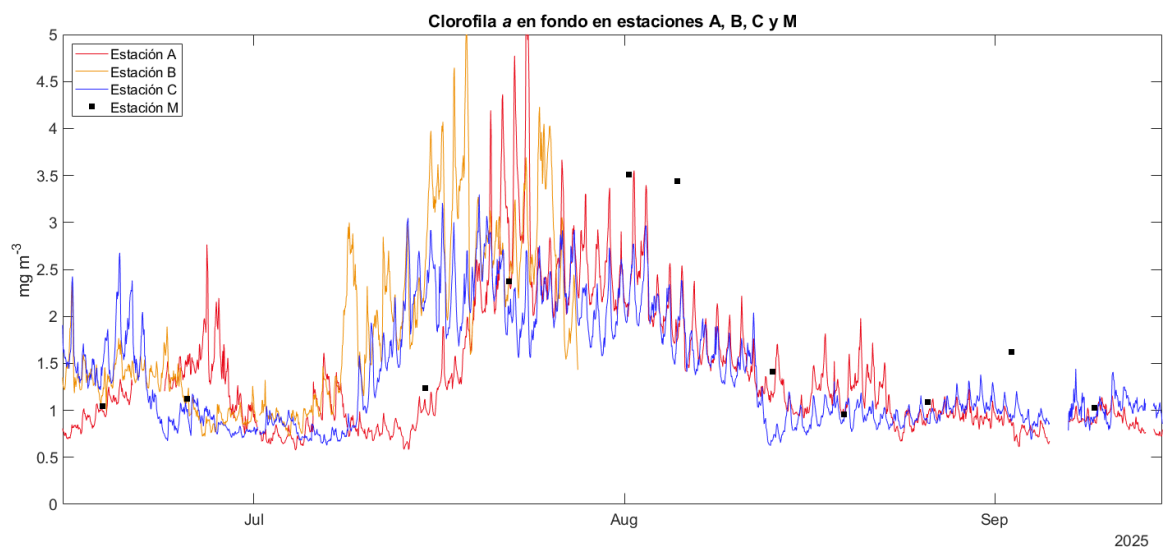


Figura 10: Serie temporal en fondo de Clorofila a en las estaciones A, B y C.

4. Luz PAR y extinción de la luz K_d

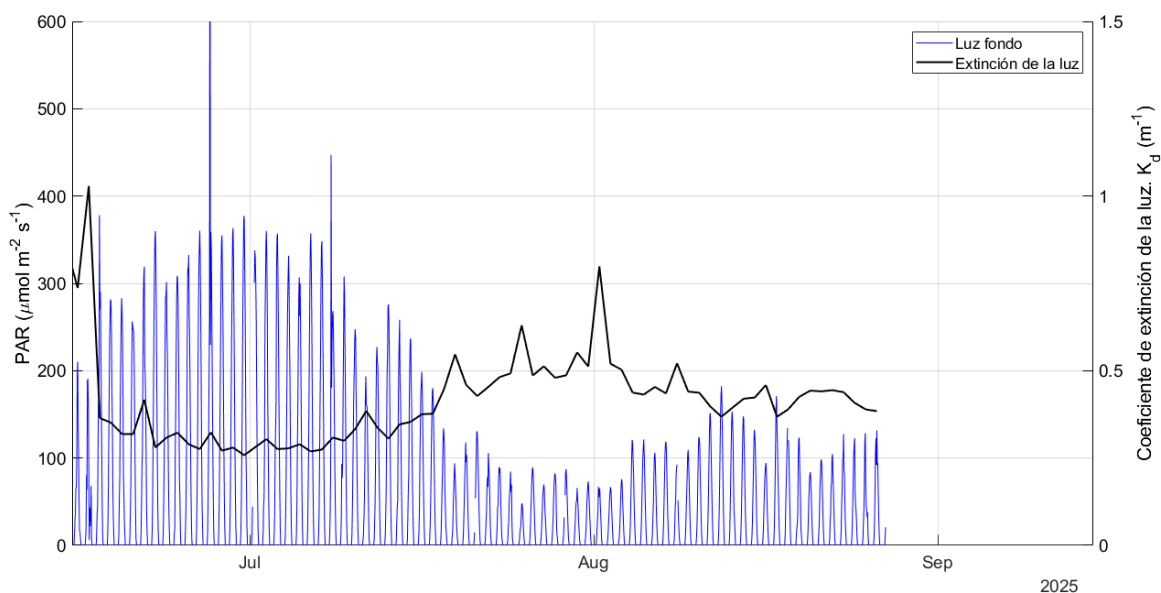


Figura 11: Luz PAR llegando al fondo en la estación B y el parámetro extinción de la luz (K_d).

5. Mapas clorofila y turbidez

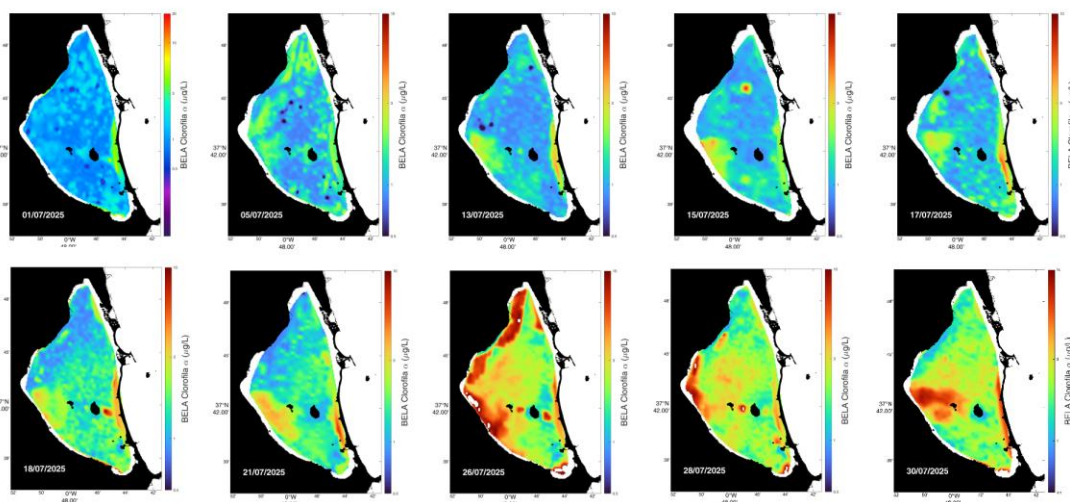


Figura 12: Mapas de concentración de clorofila-a calculados a partir de las imágenes de Sentinel-3 con el algoritmo BELA ([Gómez-Jakobsen et al., 2025](#)) durante el mes de julio de 2025.

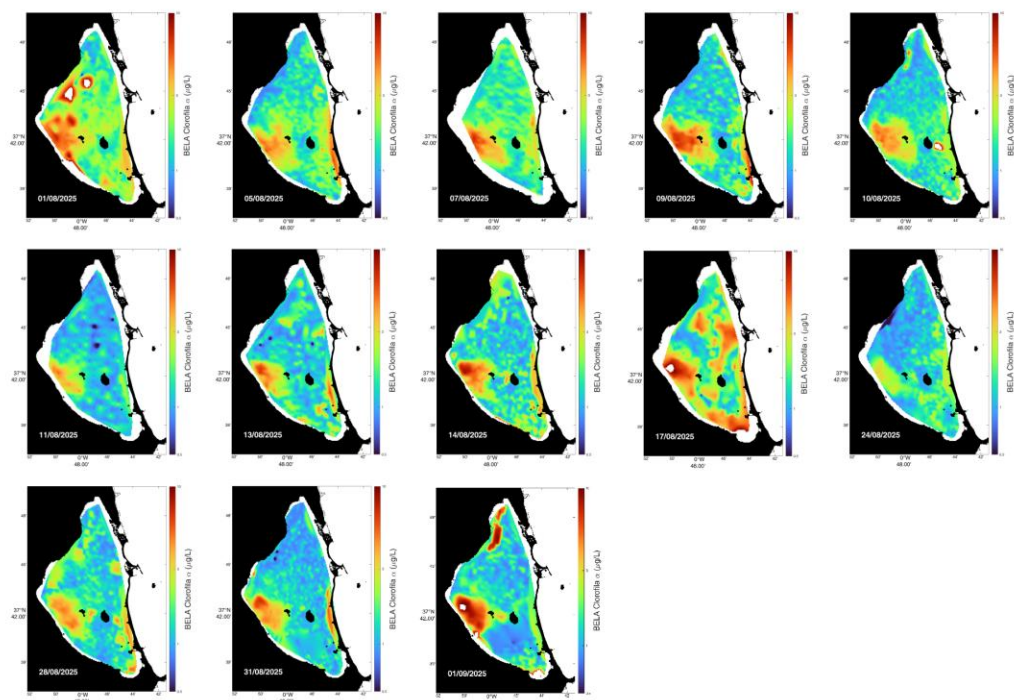


Figura 12: Mapas de concentración de clorofila-a calculados a partir de las imágenes de Sentinel-3 con el algoritmo BELA ([Gómez-Jakobsen et al., 2025](#)) durante el mes de agosto de 2025.

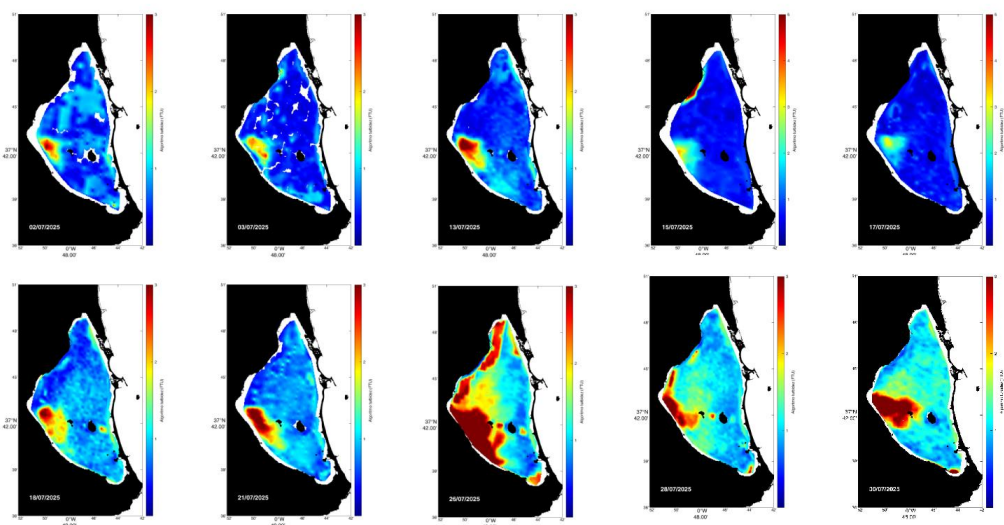


Figura 13: Mapas de turbidez calculados con el algoritmo desarrollado por Nechad et al., 2009 calibrado con las medidas del sistema de monitorización de BELICH en julio de 2025.

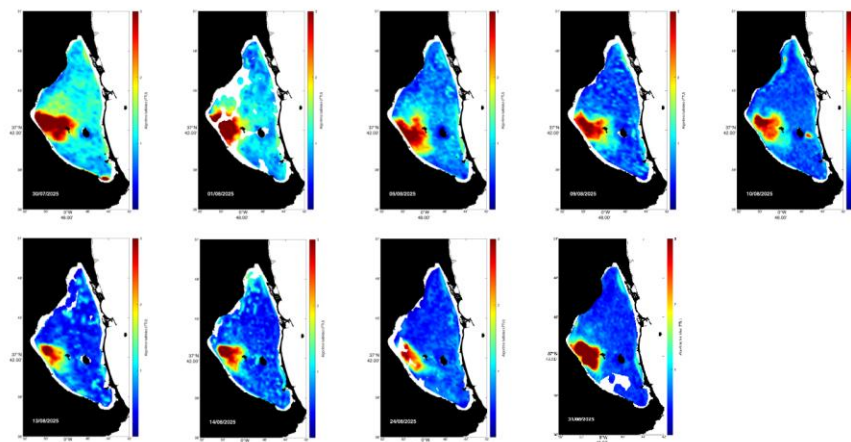


Figura 14: Mapas de turbidez calculados con el algoritmo desarrollado por [Nechad et al., 2009](#) calibrado con las medidas del sistema de monitorización de BELICH en agosto de 2025.

6. Indicadores

Consideraciones para la interpretación de los indicadores:

- Se representan en base a una barra horizontal a escala en la que el valor de la variable aumenta de izquierda (signo negativo y color azul muy claro) a derecha (signo positivo y color azul muy intenso). A lo largo de esta barra se indica la posición de descriptores estadísticos de datos actuales e históricos que sirvan de referencia para ubicar los valores semanales.
- De los valores semanales se muestra la media (punto rojo) y rango (rectángulo de línea roja, delimitado por máximo y mínimo semanal).
- Se muestran los descriptores estadísticos de la serie temporal del IEO-CSIC desde 2016 (post-colapso): mediana y percentiles 25 y 75. El mínimo y máximo de la serie se indica en pie de figura, junto con valores de hitos conocidos de este periodo como la DANA de 2019 o los blooms de fitoplancton. Estos valores se encuentran normalmente fuera de la escala a la que se representa el indicador.
- Para las variables de las que el IEO-CSIC dispone de datos históricos (desde la década de 1980) se muestra la media de décadas anteriores al colapso (2016).
- Se muestra el valor medio de la “mancha blanca” (Estación M).
- Para las variables que tienen un patrón de variación temporal estacional (clorofila, oxígeno y salinidad) los estadísticos se han calculado para dos periodos por separado: enero-junio y julio-diciembre. La clorofila se refiere a una profundidad media de la laguna (unos 4 m), mientras que las otras variables se consideran dos profundidades: somera (-1 m) y profunda (-4 a -5m).
- La temperatura se analiza estadísticamente siguiendo la metodología de olas de calor marinas descrita en la bibliografía especializada y explicada en informes específicos

ya publicados en la web del proyecto BELICH ([Hobday et al., 2016](https://belich.iew.csic.es/wp-content/uploads/2025/07/Informe-sobre-episodios-de-olas-de-calor-marinas-en-el-Mar-Menor-mayo%E2%80%93julio-de-2025.pdf)) (<https://belich.iew.csic.es/wp-content/uploads/2025/07/Informe-sobre-episodios-de-olas-de-calor-marinas-en-el-Mar-Menor-mayo%E2%80%93julio-de-2025.pdf>), de forma que no se aplica esta representación a modo de indicador.

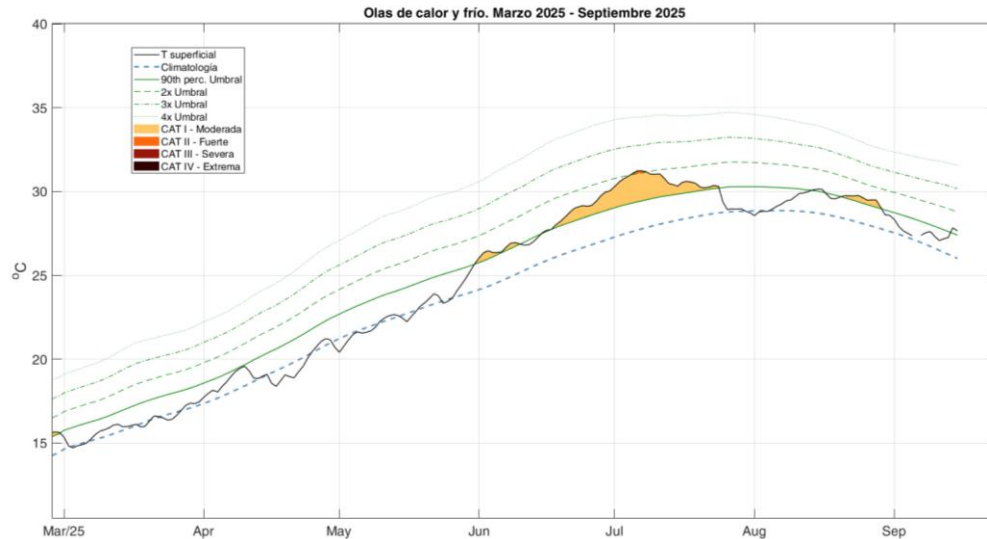


Figura 15: Olas de calor y frío marinas en la laguna. En amarillo, olas de calor de Categoría I (moderada) y en naranja olas de calor de Categoría II (fuerte).

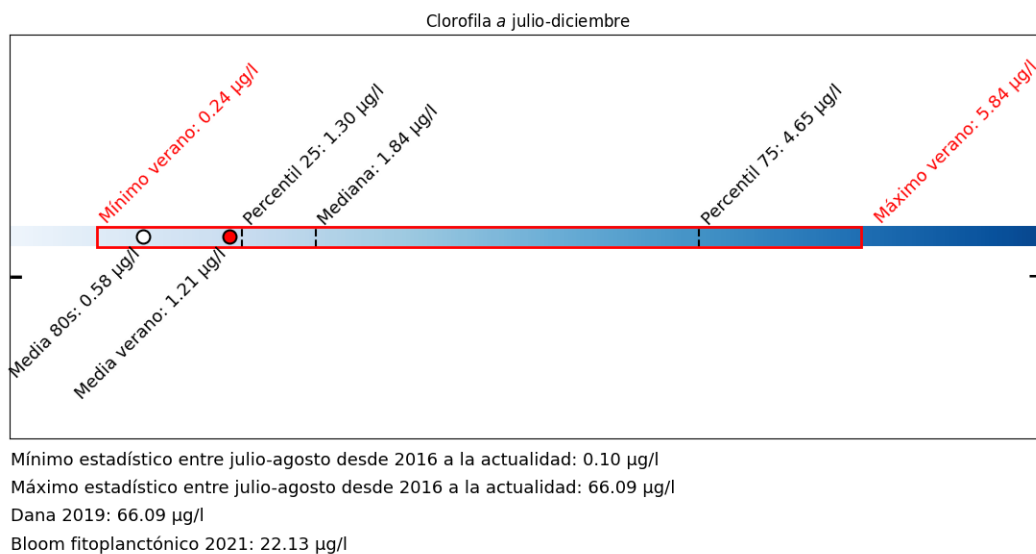


Figura 16: Indicador Clorofila *a*

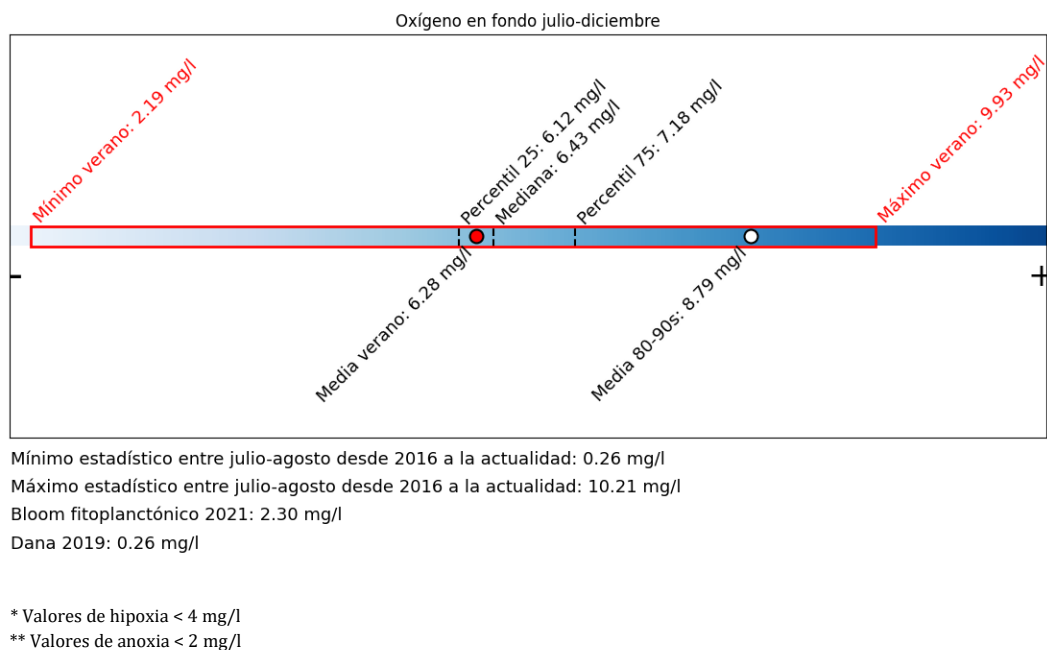


Figura 17: Indicador Oxígeno disuelto fondo.

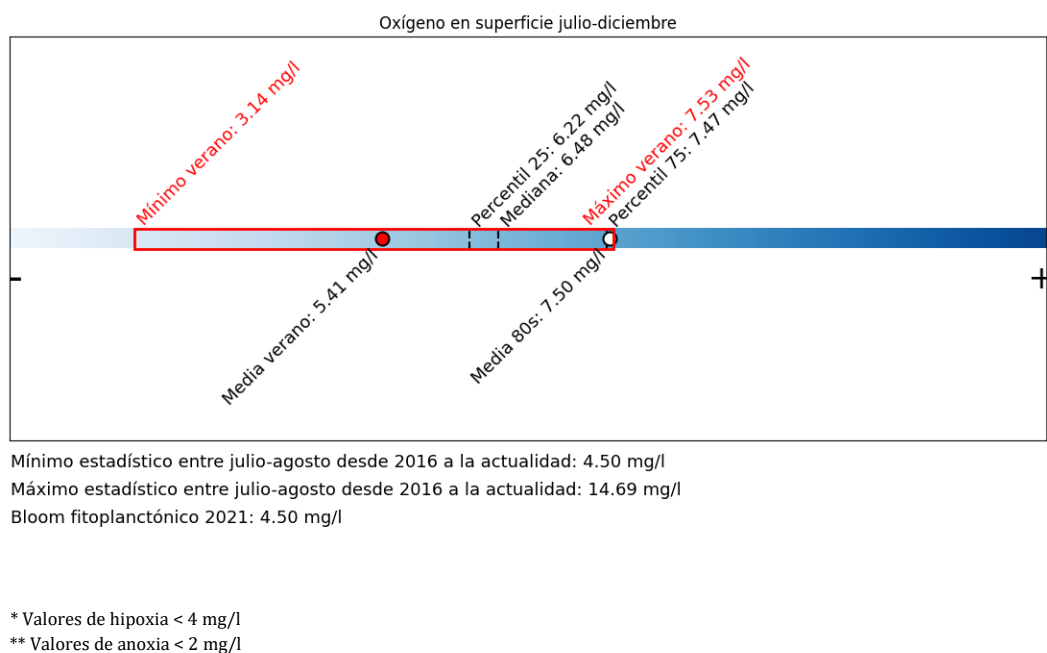


Figura 18: Indicador Oxígeno disuelto superficie.

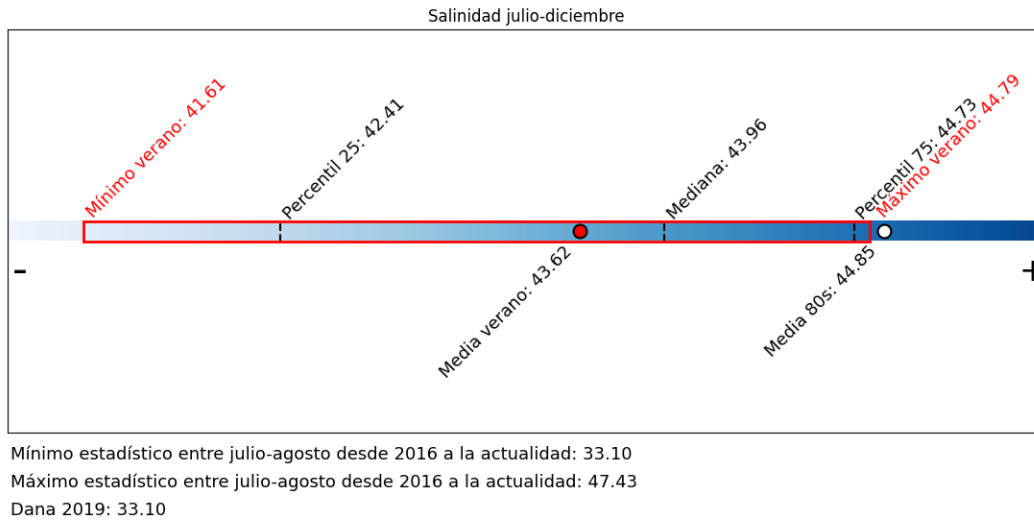


Figura 17: Indicador Salinidad.

7. Síntesis e interpretación

- **Temperatura:** La laguna registró una ola de calor de 49 días entre finales de mayo y julio, alcanzando su máxima intensidad el 7 de julio (promedio diario: 31,24 °C), lo que la situó en Categoría II (fuerte). Este episodio se interrumpió con la inestabilidad atmosférica y las lluvias de finales de julio, que redujeron la temperatura hasta los valores de la línea climatológica (media de 1982-2012) durante unos días. Sin embargo, posteriormente la temperatura volvió a aumentar, dando lugar a una nueva ola de calor de menor intensidad a finales de agosto. Tras este segundo repunte, la temperatura descendió hasta niveles menos extremos durante el mes de septiembre.

- **Salinidad:** Durante todo el verano se ha registrado una tendencia al alza en la salinidad, característica de la época estival. La mayor variación y, en general, los valores más bajos de salinidad fueron observados en la estación del norte (A), en línea con lo documentado en los monitoreos *in situ* desde 2016. La media estival se situó por debajo de la mediana de la serie histórica para este periodo (43,62 frente a 43,96), y aún más baja respecto a los promedios de décadas anteriores (44,85).

- **Clorofila-a:** La concentración de clorofila-a experimentó un incremento continuado a partir de la segunda semana de julio, alcanzando valores en el fondo de hasta 5 µg/l en las estaciones A y B, y del orden de 3 µg/l en la estación C. En superficie esta variable mostró un patrón de variación temporal similar, aunque con valores menores que en el fondo de la laguna y con menor variabilidad. A mediados de agosto, tras un periodo de unos 30 días, la concentración

de clorofila comenzó a estabilizarse en torno a $\sim 1 \mu\text{g/l}$, nivel que se mantiene hasta la fecha. Los registros en continuo de esta variable han mostrado por primera vez sus variaciones cíclicas diarias, descritas en otros sistemas acuáticos, pero desconocido hasta la fecha en el mar Menor, con valores más bajos en las horas diurnas.

- **Turbidez:** La dinámica de la turbidez fue similar a la de la clorofila-a, con un incremento a mediados de julio ($\sim 1 \text{ NTU}$) tanto en superficie como en el fondo, situación que se prolongó hasta mediados de agosto. Durante este periodo (de unos 25 días de duración), el coeficiente de extinción de la luz (k) aumento hacia valores muy elevados ($0,5$ y $0,8 \text{ m}^{-1}$) y el porcentaje de irradiancia en el fondo disminuyó hasta niveles críticos para el crecimiento de las comunidades de macrófitos bentónicos. Posteriormente, la turbidez se estabilizó, registrando únicamente aumentos puntuales, no sostenidos, hasta la fecha.

- **Oxígeno disuelto:** La media estival fue inferior a la mediana de la serie histórica, especialmente en superficie, donde se situó por debajo del percentil 25 ($5,41$ frente a $6,48 \text{ mg/l}$). Los valores mínimos se registraron a finales de julio, coincidiendo con las lluvias. La variable mostró variaciones cíclicas diarias, con incrementos durante el día y descensos nocturnos. Estas oscilaciones fueron más marcadas en el fondo, llegando a generar episodios de hipoxia (valores $< 4 \text{ mg/l}$) a finales de julio y finales de agosto en la estación B.

- **Estratificación termohalina:** A pesar de los efectos descritos de la ola de calor extremo y las precipitaciones, no se detectó estratificación en ningún momento del verano, lo que ha minimizado el riesgo de episodios de hipoxia/anoxia prolongados.

- **Zona de la “mancha blanca” (Estación M):** Se registraron valores de turbidez persistentemente elevados, como viene siendo habitual desde su aparición en la primavera de 2022, alcanzando hasta 6 NTU , es decir, seis veces superior al resto de la laguna. En consecuencia, la radiación PAR permaneció por debajo del umbral necesario para el crecimiento de comunidades vegetales en el fondo durante todo el verano.

El verano de 2025 (15 de junio – 15 de septiembre) estuvo condicionado por una prolongada ola de calor de 49 días entre finales de mayo y julio, en la que las temperaturas alcanzaron hasta 32°C . Este episodio de estrés térmico coincidió con un incremento notable de la clorofila-a y de la turbidez durante un periodo de unas tres semanas entre mediados de julio y principios de agosto, lo que redujo la disponibilidad de luz en el fondo y limitó temporalmente el desarrollo de las comunidades de macrófitos. A ello se sumaron descensos puntuales en el oxígeno disuelto, en particular en la zona central de la laguna (estación B), que llegaron a provocar episodios esporádicos de hipoxia/anoxia, generando así un escenario de especial preocupación.

Tras este episodio, la rápida estabilización de la temperatura, la reducción de la carga de fitoplancton y la mejora de la irradiancia en el fondo han permitido que el ecosistema se aleje de los escenarios de riesgo de situaciones disruptivas descritos en informes previos. No obstante, a pesar de su carácter transitorio, no deja de ser un

episodio anómalo respecto a los niveles y tendencias de las variables registrados en los dos últimos años. Por otro lado, si bien los valores máximos alcanzados por variables clave como la clorofila a y la turbidez no son tan elevados como los observados en los eventos más críticos de la laguna desde 2016 (2016-2018, otoño de 2019 y verano de 2021), éstos fueron únicamente registrados durante estos episodios. Por tanto, se trata de valores que podrían anticipar la llegada de un evento más crítico para el ecosistema, y que además son indicadores del desequilibrio del ecosistema lagunar a partir de su colapso en 2016.

De acuerdo con lo anterior, el nuevo sistema de observación oceanográfica implementado por el IEO-CSIC en el Mar Menor, ha demostrado una excelente capacidad y eficiencia para registrar y detectar de forma temprana posibles eventos disruptivos que puedan poner en riesgo de nuevo la integridad y funcionalidad del ecosistema lagunar. La medición en continuo y tiempo casi real del sistema de monitorización es fundamental para la detección temprana de nuevos episodios adversos, además de permitir un conocimiento más preciso y realista de los procesos oceanográficos y ecológicos implicados, aspectos clave para la interpretación del estado ambiental del Mar Menor y la adopción de las decisiones y medidas adecuadas. Actualmente se está desarrollando la plataforma digital que proporcionará acceso y visualización de los datos emitidos en continuo por el sistema de monitorización, así como por los modelos hidrodinámicos y biogeoquímicos, lo que representará una herramienta clave para la toma de decisiones por las administraciones públicas.

8. Bibliografía

- Gómez-Jakobsen, F., Giménez, J. G., Cecilia, J. M., Ferrera, I., Yebra, L., Fraile-Nuez, E., Oosterbaan, M., Martínez-Martínez, P., Orenes-Salazar, V., Sandoval-Canovas, V., Ortolano-Muñoz, A., García-Muñoz, R., Pérez-Tortola, P., Ruiz, J. M., & Mercado, J.M. (2025). Monitoring chlorophyll a concentration in the Mar Menor coastal lagoon using ocean color sensors. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 38, 101531.
- Hobday, A. J., Alexander, L. V., Perkins, S. E., Smale, D. A., Straub, S. C., Oliver, E. C. J., Benthuisen, 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.
- Nechad, B., Ruddick, K. G., & Neukermans, G. (2009, September). Calibration and validation of a generic multisensor algorithm for mapping of turbidity in coastal waters. In *Remote sensing of the ocean, sea ice, and large water regions 2009* (Vol. 7473, pp. 161-171). SPIE.