

SISTEMA DE MONITORIZACIÓN DEL MAR MENOR

Informe ejecutivo de emergencia

Datos emitidos hasta 17/10/2025 a las 13:00



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. Página web: <https://belich.ieo.csic.es/>

Informe realizado por:

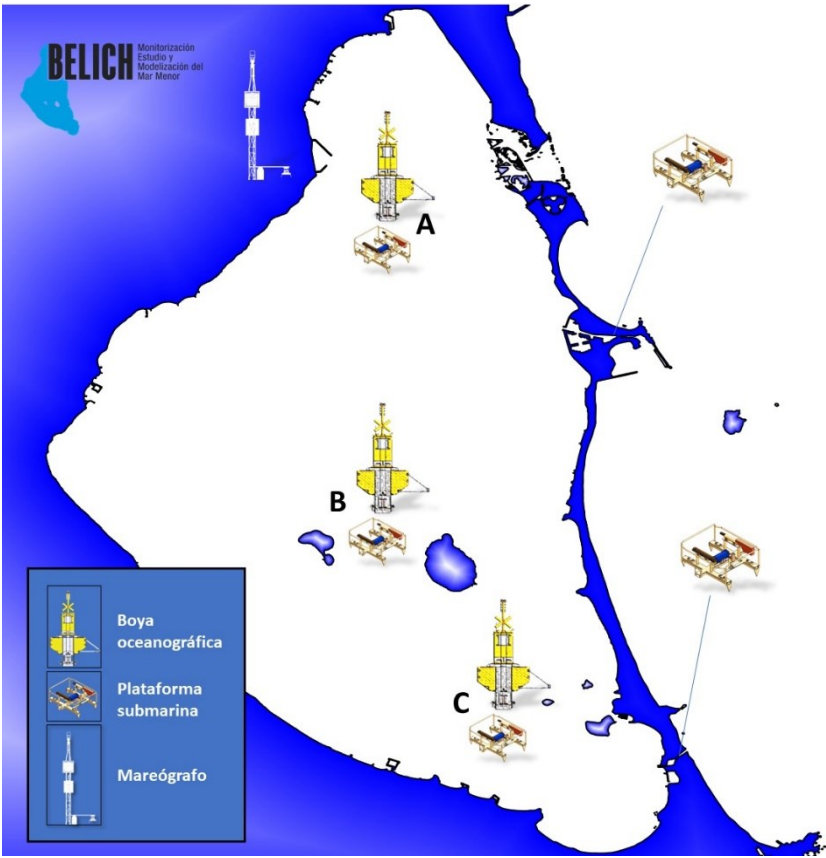
IEO-CSIC, Centro Oceanográfico de Murcia: Pedro Martínez, Virginia Sandoval, Víctor Orenes, Antonio Ortolano, Ana Ramírez, Patricia Pérez, Esperanza Moreno y Juan M. Ruiz. **Centro Oceanográfico de Canarias:** Marijn Oosterbaan y Eugenio Fraile. **Centro Oceanográfico de Baleares:** Gabriel Jordà y Eider Loyola.

CEBAS-CSIC: Gonzalo González Barberá Y Mercedes Guerrero Brotons

DG Agua-Tragsatec: Gloria Rico Rodríguez, Eduardo Nicolás Alemán, M. Josefa Alvargonzález Tera, Andrés Mira Carrión, Irene Amorós Zaragoza y Pablo Campos Mora.

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

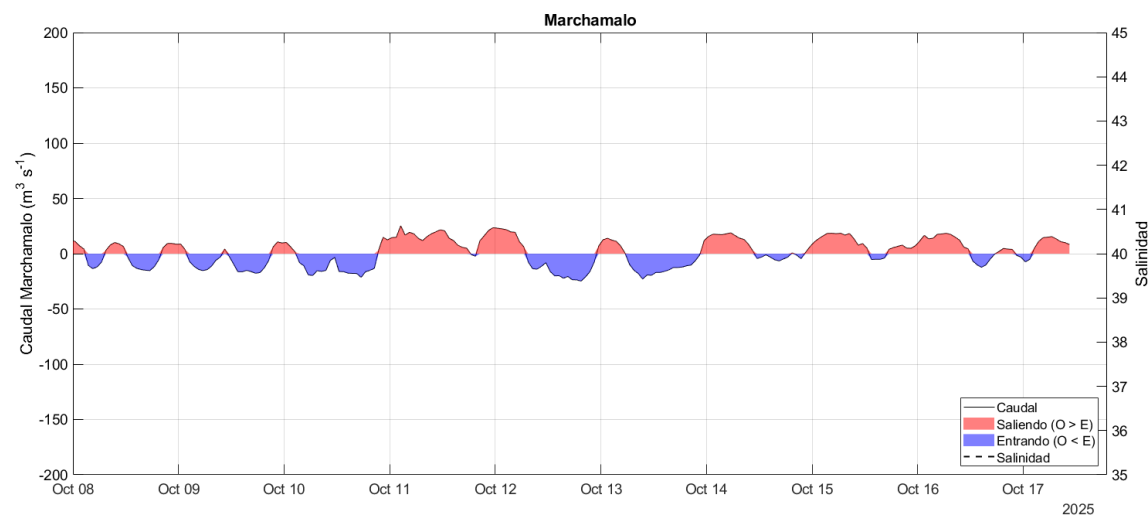
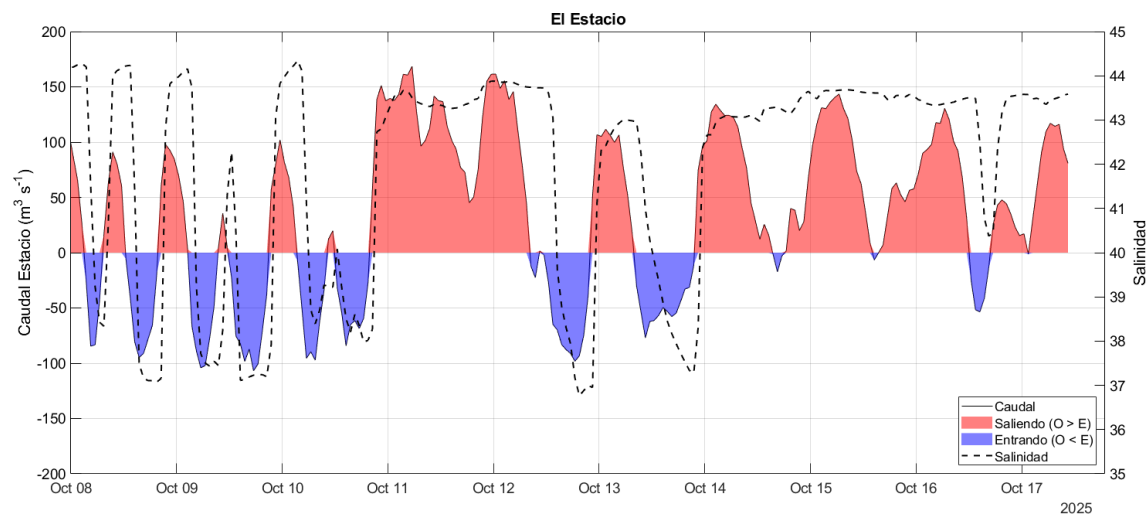
ESQUEMA DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN



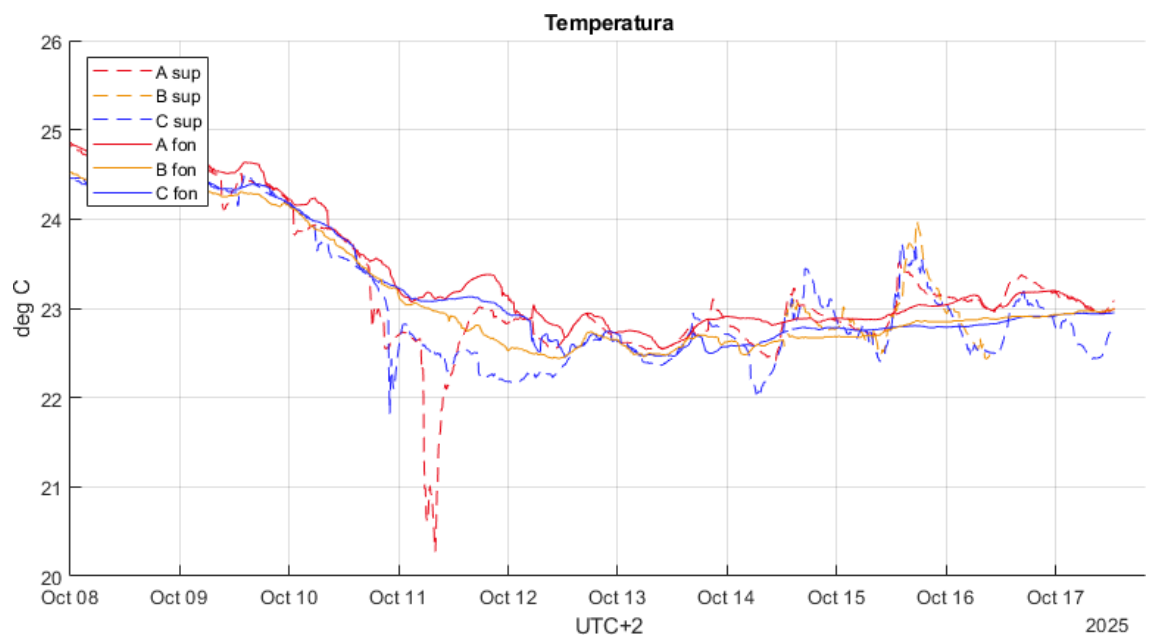
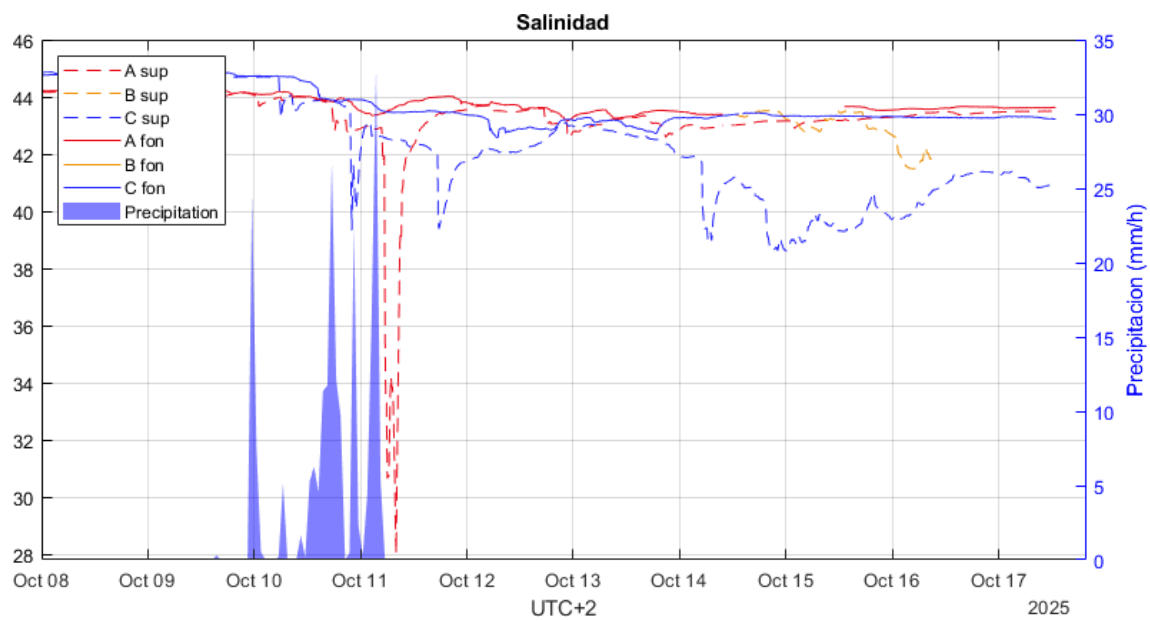
MAREÓGRAFO

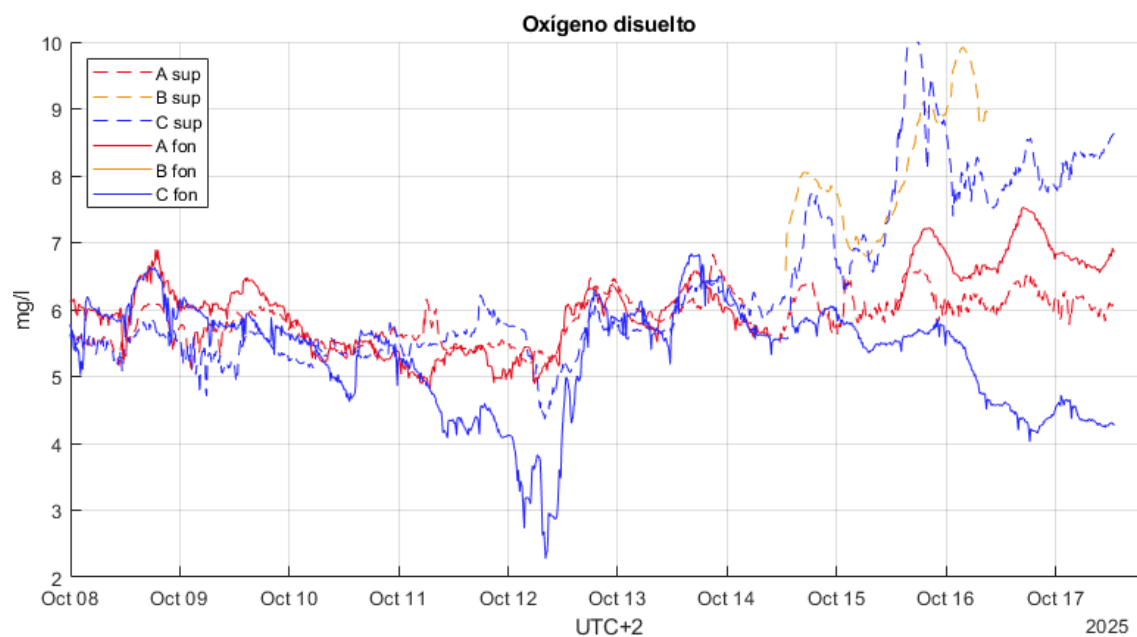


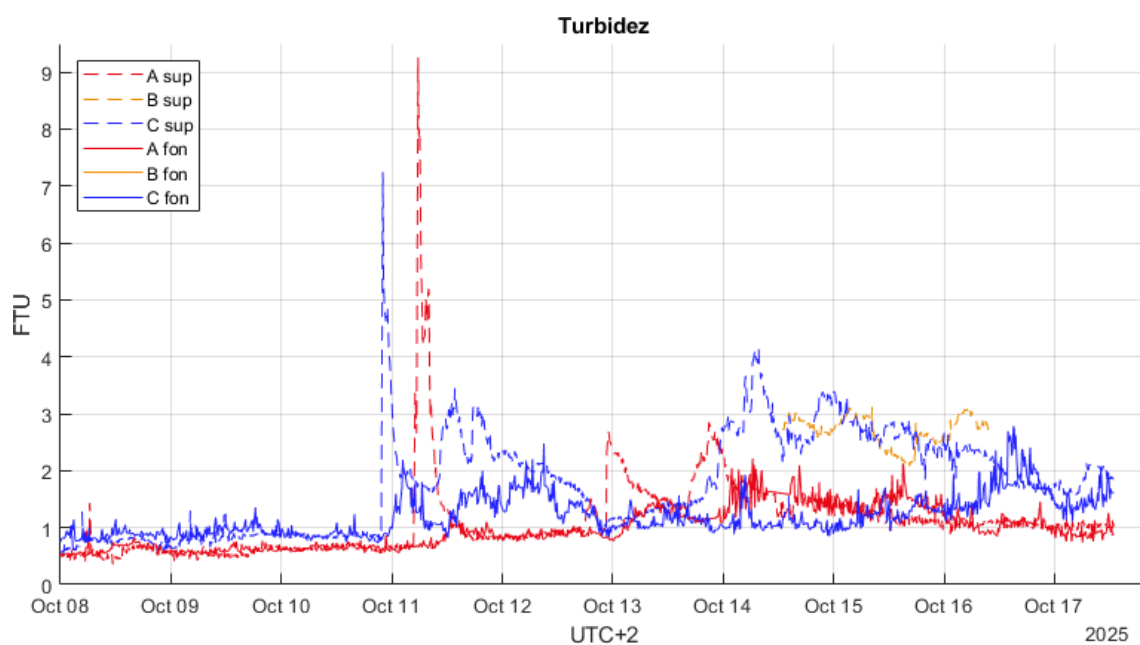
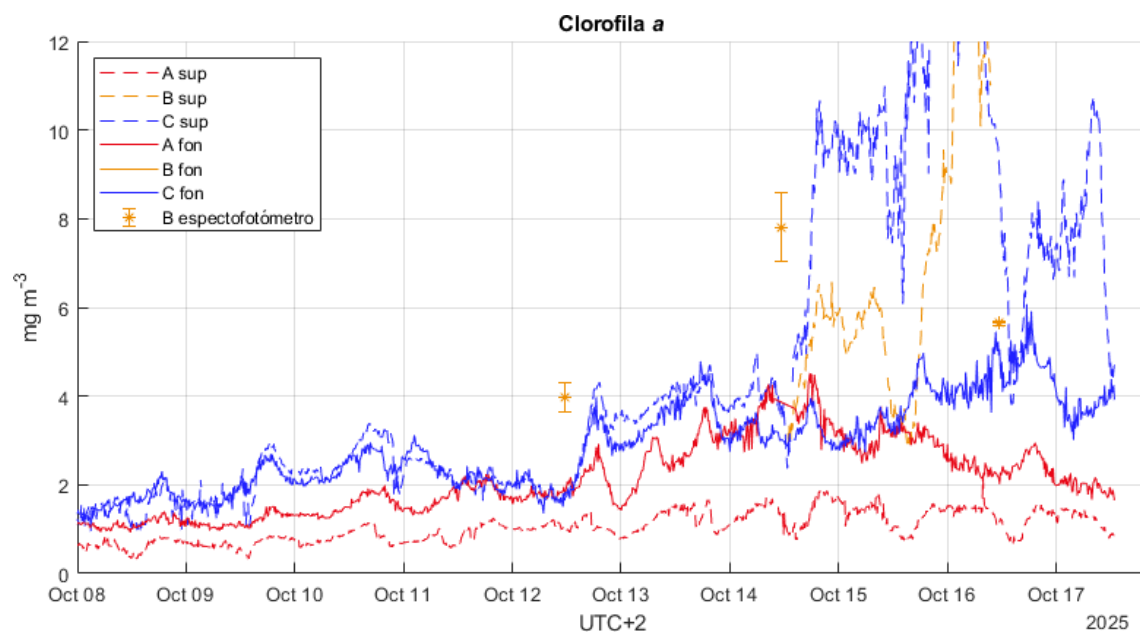
MONTES SUBMARINOS EN GOLAS



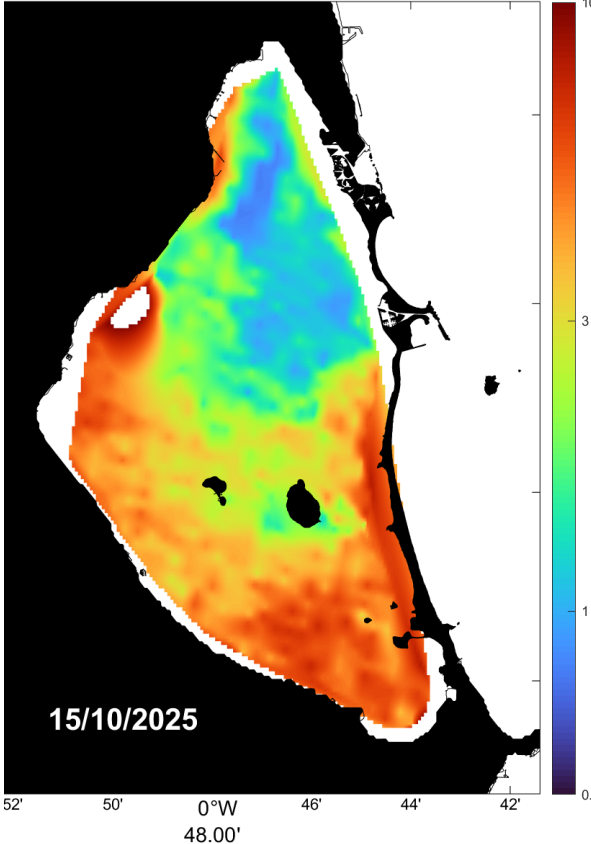
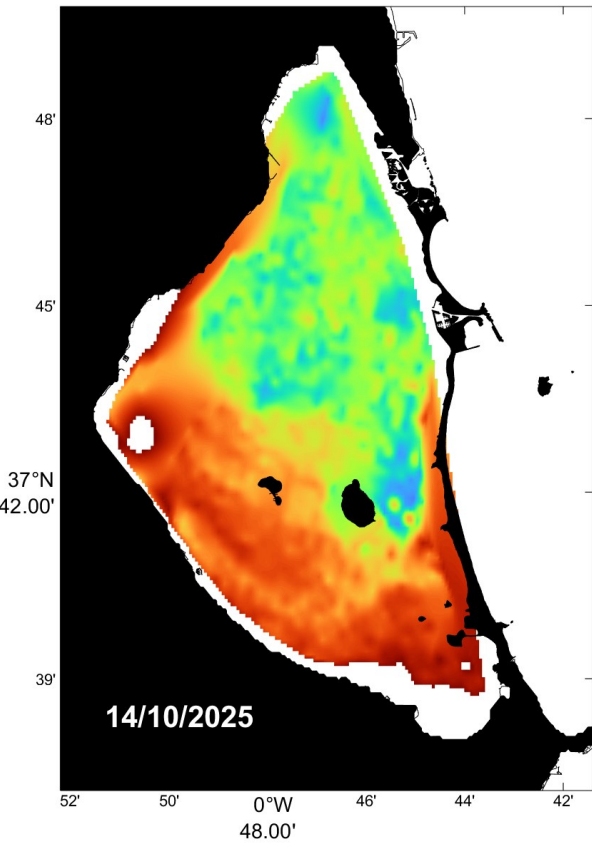
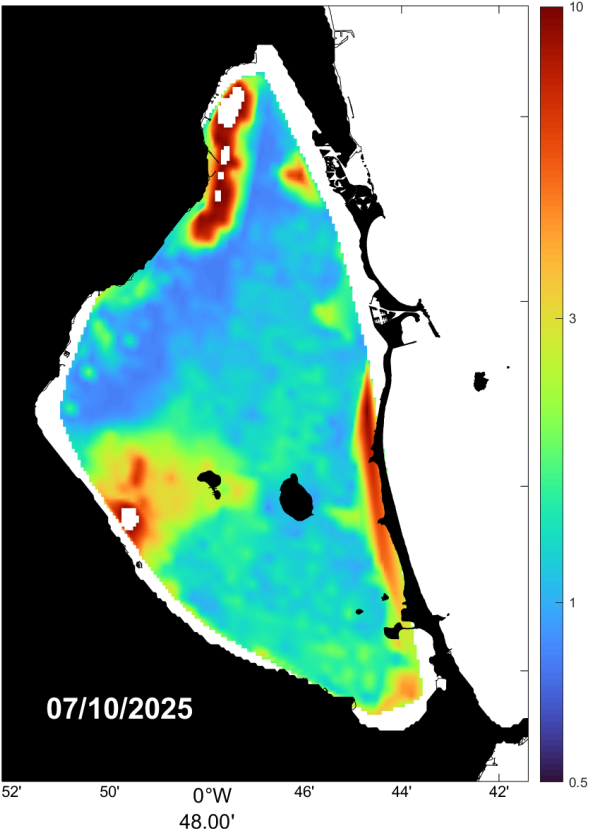
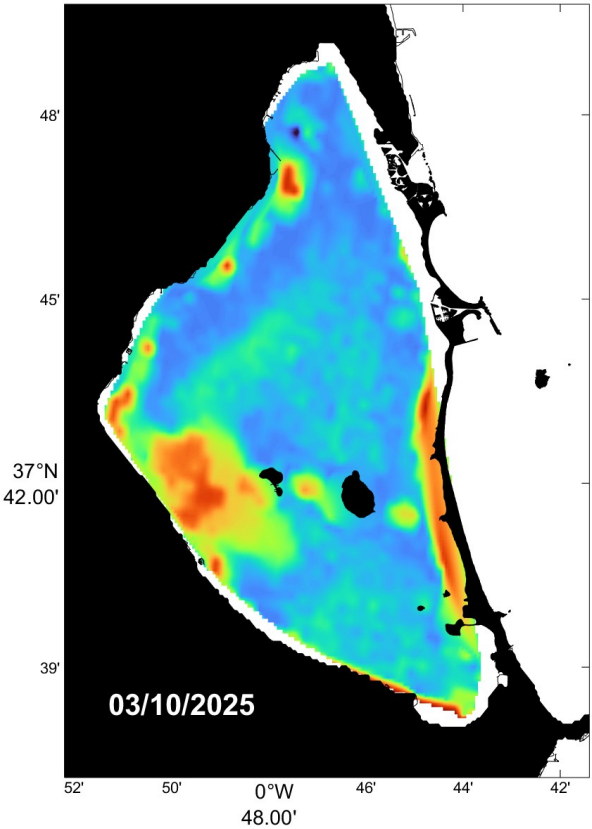
SENSORES BOYAS



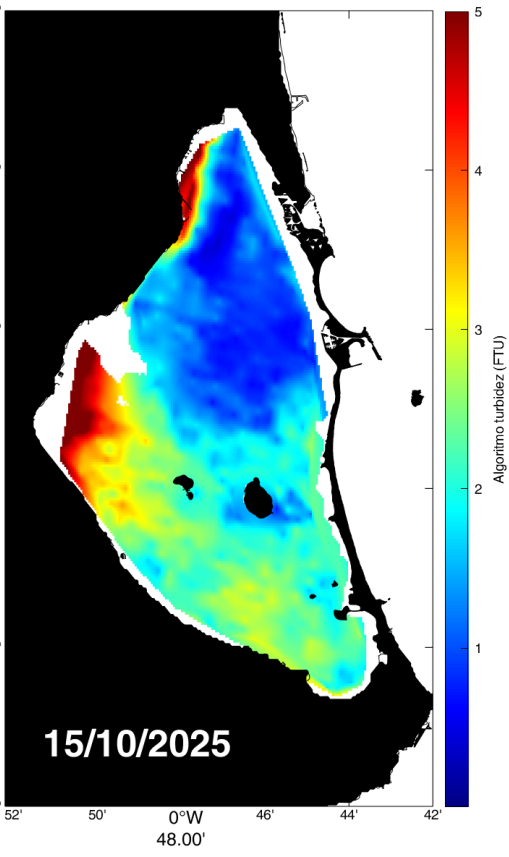
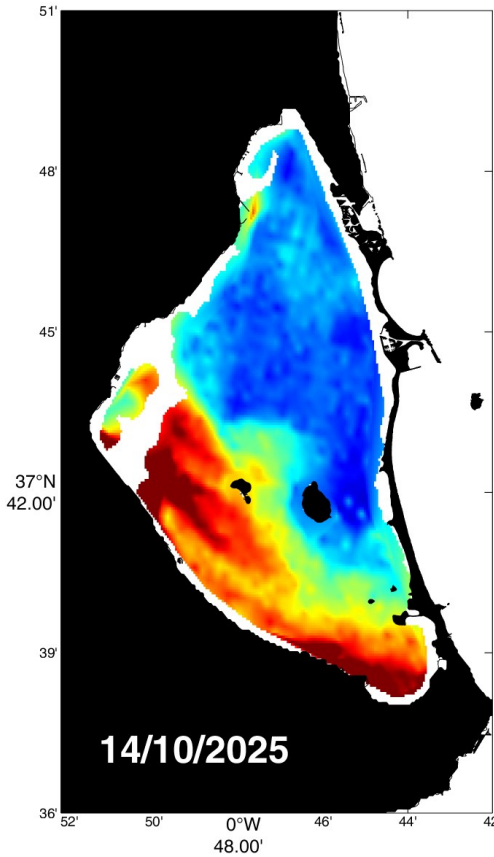
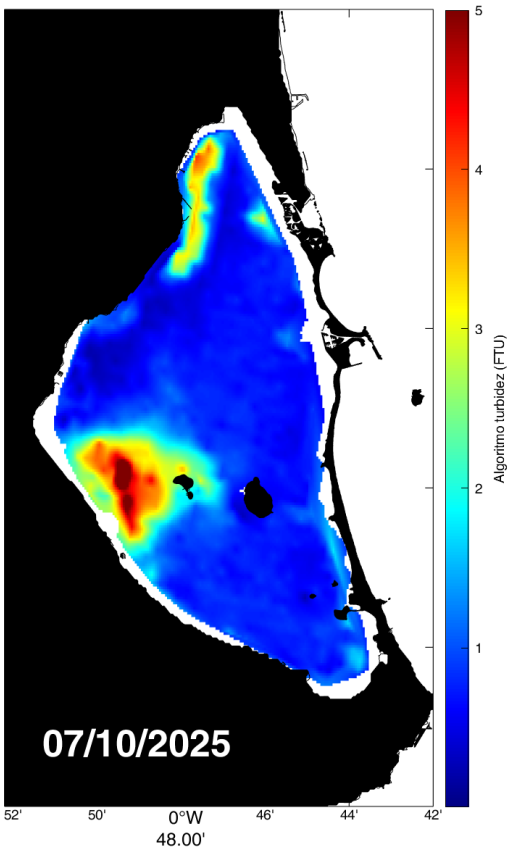
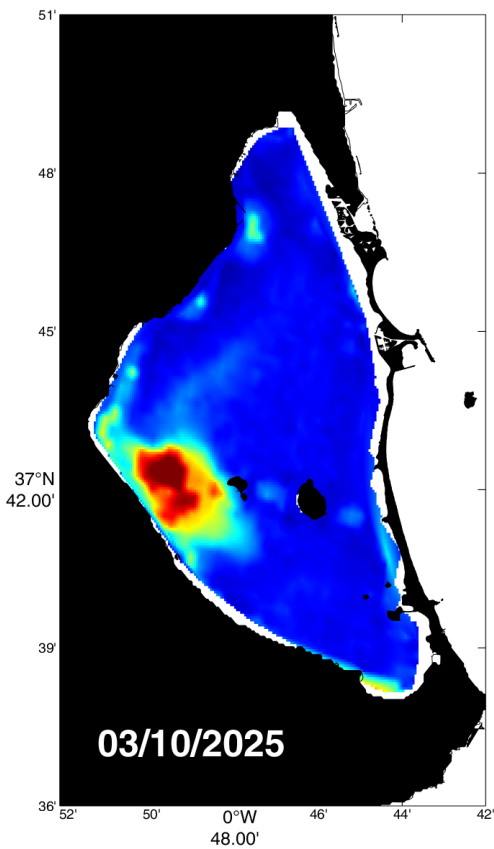




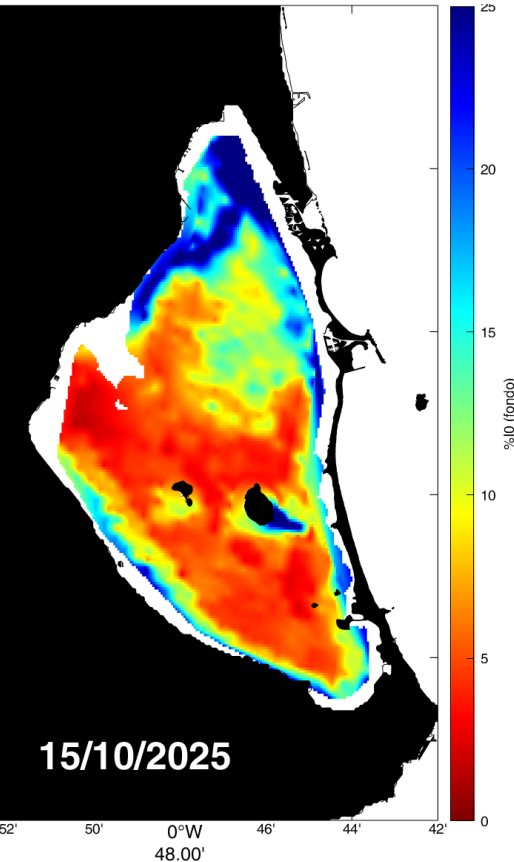
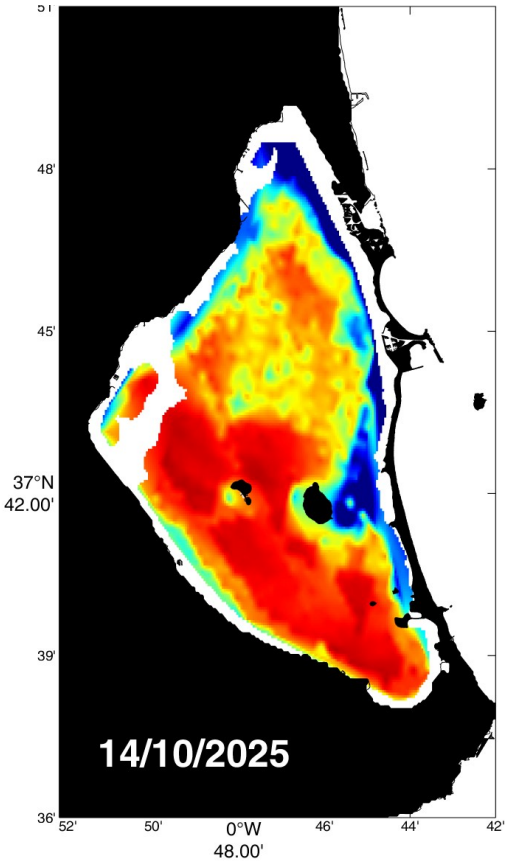
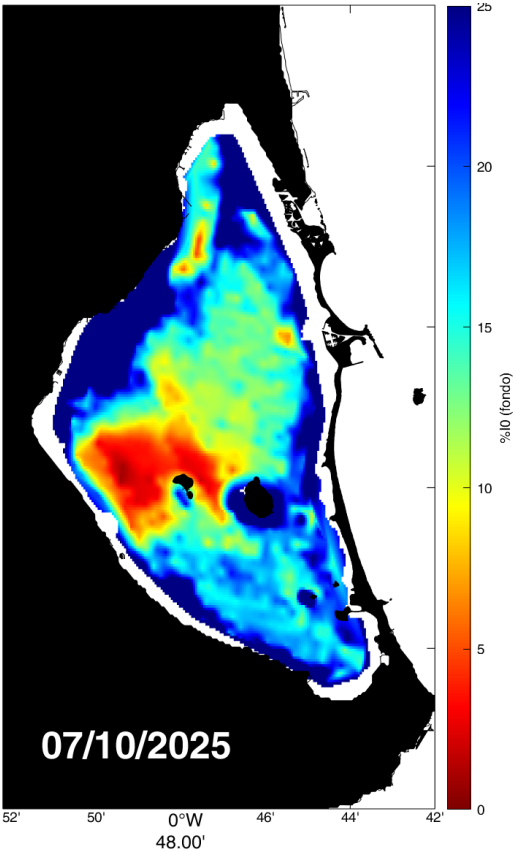
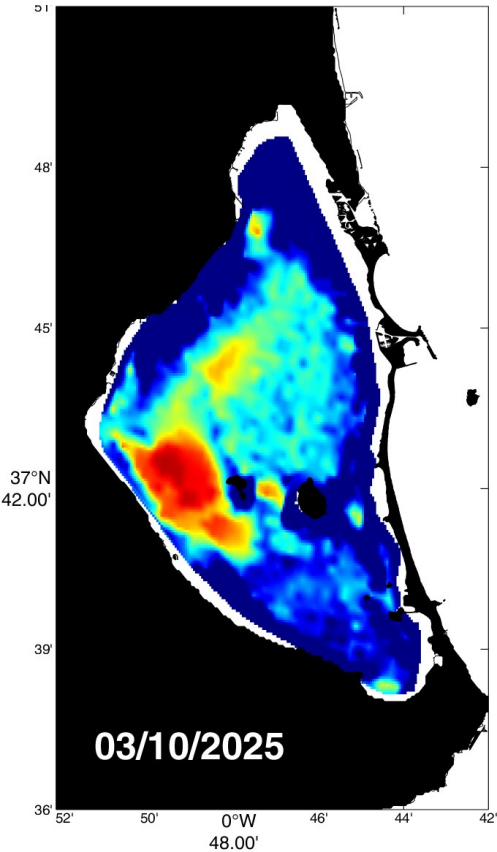
MAPAS SATELITALES SENTINEL-3: CLOROFILA A



MAPAS SATELITALES SENTINEL-3: TURBIDEZ



MAPAS SATELITALES SENTINEL-3: PORCENTAJE DE IRRADIANCIA LLEGANDO AL FONDO



Resumen de los principales efectos de la DANA Alice en la laguna

El **nivel del mar**, registrado por el mareógrafo de la base militar de San Javier, llegó a subir hasta 20 cm por encima del valor medido al inicio del evento. Se han identificado dos incrementos principales: el primero el 10 de octubre a las 20:00 y el segundo el 11 de octubre, a las 3:00. Este comportamiento concuerda con las dos entradas de agua detectadas unas dos horas más tarde en las estaciones A y C, respectivamente, tal y como se refleja en la temperatura, la salinidad y la turbidez de la capa superficial de la columna de agua. Tras estos incrementos, el nivel del mar se estabilizó en torno a 10 cm por encima del valor medio inicial, registrándose leves subidas adicionales al final de los días 12 y 13 de octubre. A partir del 14 de octubre el nivel del mar descendiendo progresivamente hasta alcanzar de nuevo la cota de los 0 m.

La información registrada por el **mareógrafo** y los datos de **intercambio de agua en las golas** de Estacio y Marchamalo, han sido empleados para realizar estimas del balance de agua en la laguna durante la DANA (ver siguientes apartados).

En la **estación sur (boya C)** se han identificado dos episodios de entrada de aguas cargadas de sedimentos en superficie: el primero el 10 de octubre a las 22:00 y el segundo el 11 de octubre a las 17:30. El primero se reflejó en los registros de la estación con valores de turbidez de hasta 7,1 FTU, salinidad de 39,3 y temperatura de 21,8 °C. El segundo evento se caracterizó por una ligera disminución de la salinidad a 39,4, un aumento de la turbidez hasta 3,4 FTU y un descenso de la temperatura a 22,25 °C. Aunque esta segunda entrada fue menos intensa, su efecto se mantuvo durante más tiempo, manteniendo la turbidez en torno a 2 FTU hasta el mediodía del 12 de octubre. El día 13 la salinidad se recupera en toda la laguna entorno a 43, pero experimenta un descenso pronunciado (unas 2 unidades) de casi 4 unidades a partir del día 14 en la capa profunda de la zona sur, y algo menos pronunciado en la capa profunda de estación central (boya B). La reducción de la salinidad en estas zonas va acompañada de un incremento de la turbidez.

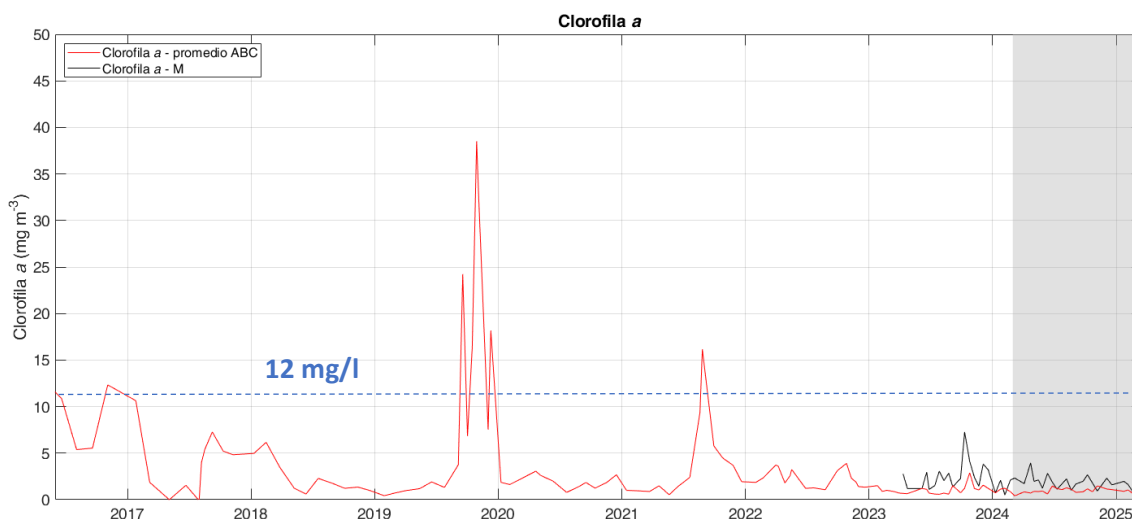
En la **estación norte (boya A)** se observó un fenómeno similar al del sur, registrado a las 5:00 del 11 de octubre, con un aumento de la turbidez superficial hasta 9,1 FTU, acompañado de una temperatura de 20,35 °C y una salinidad de 29. Asimismo, se detectó un nuevo incremento de la turbidez el 12 de octubre a las 23:00, alcanzando valores de 2,5 FTU, junto con un ligero descenso de la salinidad de 43,12 a 43,6. Este último episodio podría deberse a una entrada de aguas turbias procedentes del Mediterráneo por la zona de la Encañizada, dado que no se registraron precipitaciones durante el día 12 y coincide con flujos de entrada hacia el Mar Menor a través de las golas de El Estacio y Marchamalo. A partir del día 13 hasta la fecha de hoy la salinidad y la temperatura se han mantenido bastante estables en la zona norte. La turbidez en esta zona es donde presenta valores más bajos respecto al resto de la laguna, aunque ha experimentado un incremento moderado respecto a los valores iniciales, previos al evento.

El descenso de la salinidad en la capa superficial de la zona sur (boya C) y centro (boya B) registrados por los sensores de las boyas y landers es consistente con los **perfiles verticales** obtenidos con CTD en esta zona y varios puntos de muestreo complementarios realizados los días 12, 14 y 16 (ver Anexo I). Igualmente, se observa que ha sido esta zona sur la más afectada por el incremento de la turbidez, pero los datos de los días 14 y 16 muestran una tendencia de disminución de esta variable en la mayor parte de la laguna, excepto en la zona de la mancha (M y M2; Anexo I).

Los **mapas de turbidez** obtenidos a partir de imágenes de satélite muestran claramente tanto el patrón de variación espacial descrito a partir de los sensores de las boyas y CTD, como su tendencia temporal. No obstante, a pesar de esta disminución de la turbidez, los **mapas de radiación submarina** en el fondo muestran niveles de luz en el fondo que son potencialmente limitantes para el crecimiento de la vegetación bentónica (5% de la irradiancia superficial). Las variaciones espacio-temporales de esta variable muestran bastante relación con las de la clorofila, como se muestra en los **mapas de clorofila** y se describe a continuación.

La concentración de **clorofila-a** ha mantenido una tendencia de aumento durante todo el evento, con variaciones diarias de acuerdo con los ciclos nictemerales descritos para esta variable en informes anteriores. Entre los días 11 y 13 esta dinámica diaria se rompe en la zona sur (boya C), probablemente en respuesta a la caída de la irradiancia submarina por la excesiva nubosidad y los episodios de turbidez durante las descargas de agua desde la cuenca en esa zona. A partir del día 14, en las capas superficiales de las zonas sur y centro se produce un brusco incremento de esta variable hasta valores solo registrados en anteriores episodios de *bloom* fitoplanctónico (“sopa verde”).

Las concentraciones de esta variable han sido por lo general más elevadas en el sur (boya C) que en el norte (boya A). Hasta el día 12 a mediodía, en las partes más profundas (fondo) se han llegado a superar los 3 mg/L en la estación C (sur) y los 2 mg/L en la estación A (norte). A partir del mediodía del día 12, esta variable experimenta un notable incremento, especialmente en la zona sur (boya C), donde por la tarde supera concentraciones de 4 mg/L, tanto en la zona superficial como en la profunda. En la zona norte (boya A) se observa esta misma tendencia, especialmente en la parte profunda, aunque los valores no superan los 3 mg/L. En la zona central de la laguna (boya B) no ha sido posible disponer de estos datos durante estos días, pero a partir del muestreo in situ realizado en día 12 por la mañana (12:00 am) se ha comprobado que los valores de clorofila se encontraban en torno a 4 mg/L, más elevados que las otras zonas de la laguna a la misma hora, lo que indica que esta parte de la laguna ha experimentado también un proceso de desarrollo fitoplanctónico como el descrito para las zonas norte y sur. Como se ha mencionado anteriormente, a partir del día 14 se alcanzan de forma súbita concentraciones de clorofila de hasta 12 mg/ tanto en la zona norte como en la parte central de la laguna. Como se ve en la gráfica de la serie temporal de la clorofila obtenida por el programa de monitorización del IEO-CSIC, estos valores fueron alcanzados en todos los episodios de bloom fitoplanctónico registrados en la laguna desde 2016, año en que tuvo lugar el primer episodio de “sopa verde”.



Los datos de clorofila a registrados por los sensores de las boyas y landers han sido validados y complementados mediante perfiles verticales de CTD y análisis espectrofotométricos (Anexo I) en el laboratorio, lo que significa que este súbito incremento es totalmente real y corrobora la aparición de un episodio de bloom fitoplanctónico. Los muestreos realizados en localidades adicionales (Anexo I), junto con los mapas de clorofila obtenidos a partir de imágenes satelitales empleando el algoritmo BELA desarrollado por el proyecto BELICH, muestran claramente la distribución espacial del desarrollo fitoplanctónico en la zona centro y sur, así como su evolución temporal a lo largo del periodo analizado.

La concentración de oxígeno medida por las estaciones de monitoreo se ha mantenido estable, entre 5 y 6 mg/L, excepto en el fondo de la estación C (sur), donde se han registrado un descenso significativo desde el 11 de octubre hasta el 12 de octubre a mediodía, con valores por debajo de 3 mg/L, lo que se considera dentro del estado de hipoxia. Esta situación se ha revertido rápidamente, volviendo a concentraciones normales y similares a las registradas en las otras zonas. Los perfiles verticales realizados con CTD indican una reducción de oxígeno en el fondo de la zona sur (boya C y C2) el día 12, que se ha restablecido parcialmente dos días después (Anexo I).

A partir del día 14, en paralelo al desarrollo fitoplanctónico descrito anteriormente, se produce un incremento de la concentración de oxígeno en las capas superficiales de las zonas centro y sur, pero en las capas más profundas se inicia una tendencia de disminución hasta alcanzar valores próximos al límite de la hipoxia (4 mg/L en boya C). Los perfiles de CTD corroboran esta tendencia en las estaciones de la zona centro y sur, aunque más acusado en sur. Esto es consistente con la reducción de salinidad y el elevado desarrollo fitoplanctónico en la capa superficial de la zona sur, que sugiere un proceso de estratificación termohalina causado por la influencia de aportes de agua dulce ricos en nutrientes en esa parte de la cuenca vertiente, que es precisamente una de las principales zonas donde se ha producido una de las mayores entradas de agua durante la DANA. La otra vía principal de entrada de agua ha sido en la zona norte, pero las características hidrográficas de la zona norte de la laguna no se han visto tan afectadas probablemente debido al patrón de circulación del agua característico del Mar Menor.

Estima de las entradas de agua, sedimentos y nutrientes en el mar Mar Menor durante la DANA Alice

Para realizar un balance de las cantidades de agua, sedimentos y nutrientes que han entrado en la laguna durante el episodio de DANA, se han realizado dos estimaciones independientes, una por parte del equipo del CEBAS-CSIC y otra por parte del equipo de Tragsa. Para la estima de la carga de sedimentos y nutrientes, ambos equipos han empleado datos de eventos anteriores extrapolados al volumen de entrada de agua estimado durante el evento actual y se actualizará en próximos informes en base a los análisis de muestras obtenidas durante dicho evento.

Estima 1: CEBAS-CSIC

A continuación, se realiza una estimación de la cantidad de agua, sedimentos y nutrientes (carbono orgánico, N y P) que han entrado en el Mar Menor provenientes de su cuenca vertiente durante la DANA Alice. El principal problema de una estima *global* es que sólo la rambla del Albuñón está aforada automáticamente. Aunque su cuenca representa más del 50% no vehicula todo el aporte al Mar Menor e, incluso, puede representar una proporción de aportes inferior o muy inferior al 50% dependiendo de la distribución espacio temporal de la lluvia.

Para la estima del aporte de caudales aquí presentada hemos utilizado dos fuentes indirectas: (i) cambios en el nivel del agua en la laguna; (ii) cambios en la salinidad. Al tratarse de dos fuentes de información independientes el contraste de los resultados nos permite evaluar mejor cuál puede ser la situación real.

Por otro lado, el volumen de descarga de agua es sólo un indicador aproximado de la carga de nutrientes introducido en la laguna. Para estimar este valor se han tomado muchas muestras en tiempo real durante el episodio, pero, lógicamente, no han podido ser procesadas todavía. Entonces, hemos recurrido a nuestra propia caracterización de las tres riadas de marzo de 2025 y asumimos que las características de la carga de esas riadas es similar a la de *Alice*.

En esta breve descripción no podemos detallar la cantidad de asunciones simplificadoras e incertidumbres diversas que rodean estas estimas. No obstante, el objetivo no es dar un dato preciso, definitivo, si no tener una idea aproximada de la entidad del evento y un orden de magnitud, este sí, preciso. Los datos que se presentan a continuación, deben leerse e interpretarse con toda prudencia.

Volumen de aportes continentales de agua

En la figura se muestra la evolución relativa del nivel del Mar Menor (en mm) desde el 8/10 a las 00:00 hasta el 12/10. Asimismo, por comparación se muestra la evolución relativa del Mar Menor en el mareógrafo de Cartagena y el aporte de lluvia acumulado en las estaciones SIAM de Los Belones y Santiago de la Ribera.

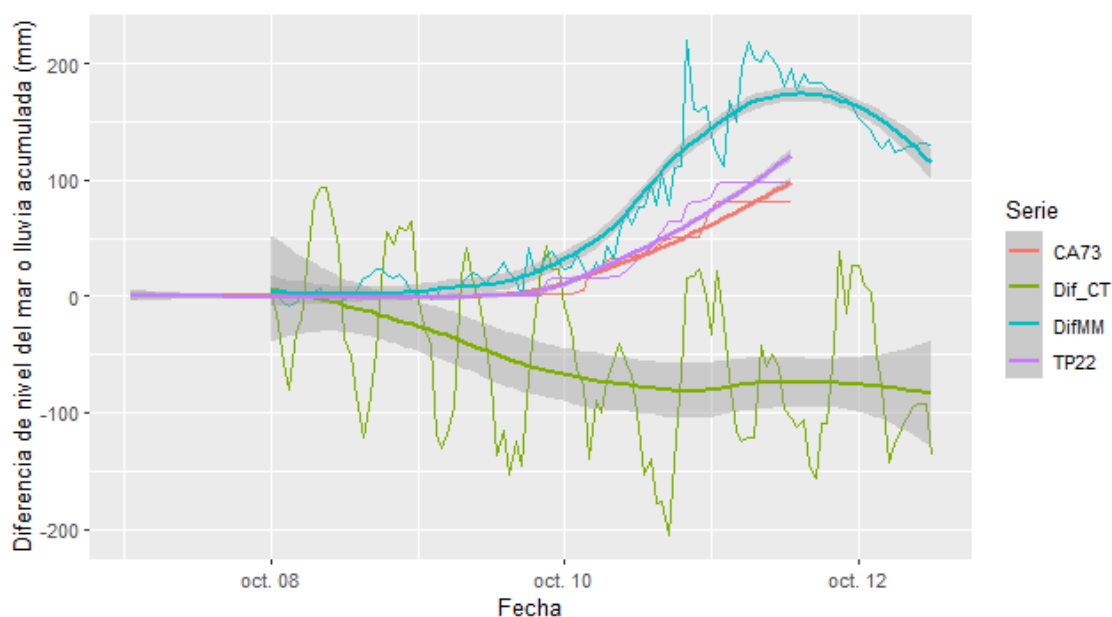


Figura Nivel relativo del Mar Menor (DifMM) y del Mar Mediterráneo en Cartagena (Dif_CT) tomando como nivel 0, el nivel el 8/10 a las 00:00. CA73 y TP22 corresponde con la precipitación acumulada en mm en las estaciones SIAM de Los Belones y Santiago de la Ribera, respectivamente. Se obtenido una línea de suavizado de cada serie con LOESS.

En base a las estaciones reflejadas en la figura y otras del sistema SAIH podemos considerar que la precipitación promedio sobre la laguna es de 90 mm, o 12.2 hm^3 (para un tamaño de la laguna

de 136 km²). El cambio en el nivel del mar máximo en la línea suavizada es 167 mm. La línea suavizada filtra perturbaciones del sensor y los desfases temporales entre las entradas de agua por cualquier punto y cambios de nivel homogéneos, teniendo en cuenta que el mareógrafo está situado en un punto concreto. El cambio de nivel en toda la laguna no es instantáneo y depende de cuándo y por donde entran flujos importantes. Con estos datos el cambio de nivel atribuible a las entradas continentales sería 77 mm o 10 hm³. Es interesante que los sensores situados en las golos han detectado una salida neta al Mediterráneo de 51 mm en el periodo contemplado en la figura, mientras que la diferencia entre el máximo de la serie suavizada del Mar Menor y el valor al final del rango temporal estudiado es de 53 mm. Los dos valores son increíblemente similares.

La estima basada en salinidad muestra un máximo de 44.56 al comienzo del episodio con una bajada a 42.42 en las primeras horas del 11 de octubre, que puede estar muy influido por la enorme precipitación que cayó inmediatamente antes sobre una de las boyas que llegó a bajar a 28 de salinidad en superficie. Al final del periodo aquí contemplado el valor medio de salinidad es 43.18. Tomando como referencia el valor máximo de nivel del Mar Menor en la serie suavizada de la figura la salinidad en ese momento era 42.59. Si consideramos las diferencias de nivel entre el comienzo y el final del periodo estudiado, para un volumen del Mar Menor de 625 hm³ y descontamos el agua de lluvia, la estima de entradas de aguas continentales. Obtenemos una estima de 6.9 hm³ para el caso de todo el periodo de estudio y 15.8 hm³, considerando del comienzo del periodo a el punto de máximo nivel de la laguna.

En estos momentos no es posible dar mayor credibilidad a una cifra u otra. Una primera impresión sugiere, que la capacidad de evacuación del Mar Menor a través de las golos es muy rápida, al menos para eventos de esta entidad. Entonces para una evaluación por balances como la aquí realizada requiere de datos muy inmediatos, y que con datos no en tiempo real puede haber un gran sesgo. No obstante, la entrada acumulada por el Albuñón ha sido de 2 hm³, por lo que ir a las estimaciones de 10-15 hm³ de descarga total nos hace asumir entradas por el resto de la cuenca mucho mayores que las que entraron por el Albuñón para este lo que es plausible, pero debe ser estudiado con más calma. No obstante, la estima 3 (IEO-CSIC) realizada con una aproximación diferente, arroja una descarga total de 11,5 hm³, lo que es coherente con la estima de 15,8 hm³. Por tanto, y asumiendo cierto grado de incertidumbre, en la estima de cargas asumiremos la estima de 11,5 hm³.

Estima de cargas de N, P y C orgánico

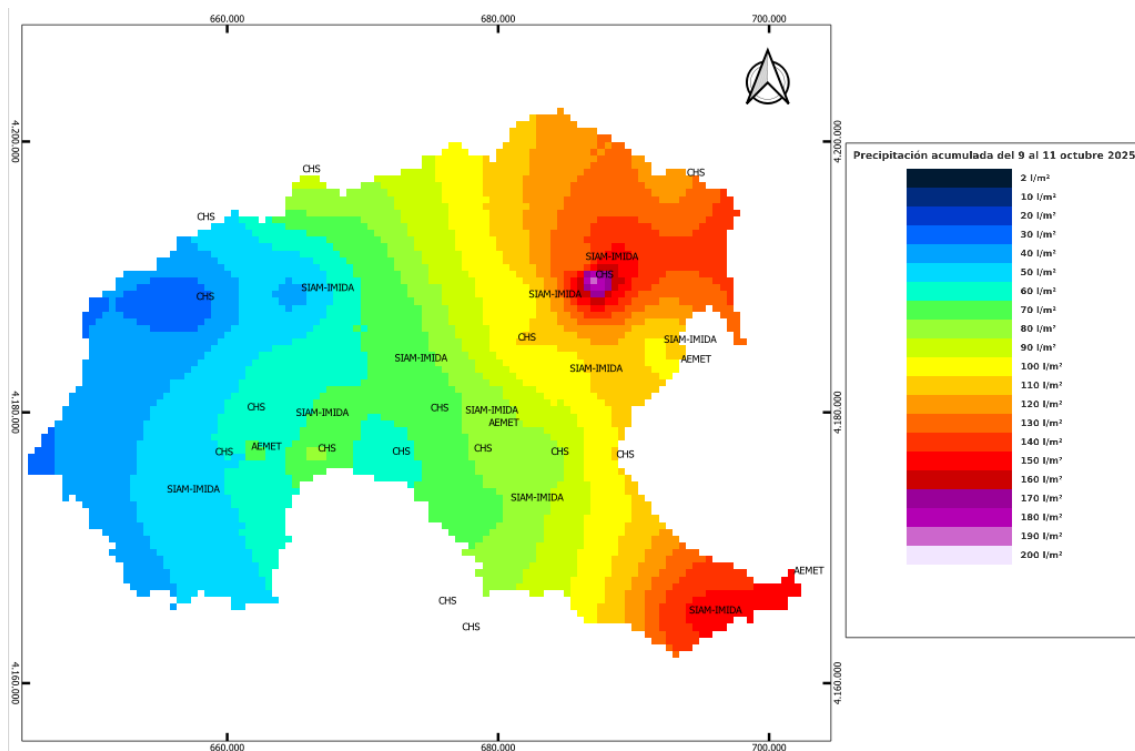
Sobre la base de los datos de las riadas de marzo de 2025 en el Albuñón y reiterando de nuevo que se ha recurrido a una simplificación y asunción de incertidumbres las estimas de cargas de nutrientes para una riada de 11.5 hm³ se muestra en la tabla.

Variable	Carga Mg (toneladas)
Sólidos en suspensión	40.212,2
C orgánico disuelto	60,3
Nitrato disuelto	149,2
N en nitrato disuelto	33,7
Fosfato disuelto	12,3
P en fosfato disuelto	4,0
C orgánico en sedimento	564,5
N en sedimento	76,8

Estima 2: Tragsa

Volumen de aportes continentales de agua

Analizando los valores de pluviometría de las diferentes estaciones de la CHS, AEMET Y SIAM, se observa una precipitación media en la cuenca de 108,8 mm para todo el evento donde destaca el valor de 182,1 mm observados en la estación de El Mirador-San Javier donde se recogieron 51.7 mm en una hora (a las 23:00 del viernes 10 de octubre).



Por otro lado, haciendo un análisis de los aforos existentes en la rambla del Albuñón y de La Maraña se observa una entrada de 1,99 Hm³ por la desembocadura del Albuñón y 2,98 Hm³ por la rambla de La Maraña para todo el evento. Sin embargo, para este último el valor registrado no se considera fiable después de la llegada del caudal pico ya que tras la bajada del hidrograma se mantiene un caudal base de aproximadamente 10 m³/s pese a que ha pasado la avenida y no exista realmente un caudal circulante.

Ajustando el caudal para evitar este ajuste se obtiene un volumen entrante aproximado por esta rambla de 1,735 Hm³.

A partir del umbral de escorrentía (P_0), la precipitación observada en las estaciones SAIH, la superficie de las cuencas y la pendiente se ha podido hacer una estimación de la escorrentía generada obteniendo resultados similares a los observados en las estaciones de aforo.

Cuenca	Superficie cuenca vertiente km2	Avenida	Precipitación evento mm	Pendiente	Po provisional	Corrección humedad	Po corregida	Pn (mm)	Pn cuenca vertiente hm3	ESCORRENTI A EVENTO (hm3)
Albujón	298,12	09-12/10/2025	51,2	< 3%	14,81	Seco I	35,25	1,3241	0,3947	
Albujón	110,47	09-12/10/2025	74,1	< 3%	14,81	Seco I	35,25	7,0179	0,7753	
Albujón	277,56	09-12/10/2025	51,2	>=3%	13,11	Seco I	31,20	2,2722	0,6307	1,80
Maraña	97,14	09/10/2025	15,4	< 3%	14,81	Seco I	35,25	0,0000	0,0000	
Maraña	36,68	09/10/2025	15,4	>=3%	13,11	Seco I	31,20	0,0000	0,0000	0,00
Maraña	97,14	10-12/10/2025	48,4	< 3%	14,81	Normal II	14,81	10,4821	1,0182	
Maraña	36,68	10-12/10/2025	48,4	>=3%	13,11	Normal II	13,11	12,3501	0,4530	1,47
Miranda-Miedo	88,05	09-12/10/2025	70,2	< 3%	14,81	Seco I	35,25	5,7846	0,5093	
Miranda-Miedo	18,50	09-12/10/2025	70,2	>=3%	13,11	Seco I	31,20	7,7990	0,1443	0,65
Cubeta sur	46,67	09-12/10/2025	70,2	< 3%	14,81	Seco I	35,25	5,7846	0,2700	
Cubeta sur	38,04	09-12/10/2025	70,2	>=3%	13,11	Seco I	31,20	7,7990	0,2967	0,57
San Javier	51,97	09-12/01/2003	142,05	< 3%	19,1	Seco I	45,46	28,8068	1,4971	
San Javier	39,42	09-12/01/2003	142,05	>=3%	18,2	Seco I	43,32	30,9165	1,2187	2,72

De esta manera se estima una entrada total al Mar Menor de 7,21 hm³, aunque se considera aceptable la estima de 11,5 hm³ obtenida mediante la aproximación de la estima 3 del IEO-CSIC, apoyada también por la aproximación de la estima 1 del CEBAS-CSIC.

Estima de cargas de N, P y C orgánico

A partir de este valor de aportes y las concentraciones de sedimentos y nutrientes analizados en eventos anteriores se ha obtenido:

Variable	Carga Mg (toneladas)
Sólidos en suspensión	25.211,28
C orgánico disuelto	37,83
Nitrato disuelto	93,52
N en nitrato disuelto	21,11
Fosfato disuelto	7,73
P en fosfato disuelto	2,51
C orgánico en sedimento	353,92
N en sedimento	48,17
P en sedimento	22,67

ESTIMACIÓN DEL EFECTO DE LAS AGUAS SUBTERRÉNEAS EN EL MAR MENOR DURANTE EL EVENTO DE PRECIPITACIONES DEL 9/10/2025

[Evolución de niveles del acuífero del Cuaternario durante la DANA Alice](#)

La respuesta del acuífero a las precipitaciones de la DANA puede observarse a partir de los datos de nivel de los piezómetros de la red del borde costero del Mar Menor publicados en el SAIH-CHS (<https://saihweb.chsegura.es/apps/iVisor/index.php?salto=11>). Para el evento de precipitación, se han analizado los gráficos de los piezómetros SM-02, SM-03, SM-08, SM-11, SM-13 y SM-17 (Figura 1).

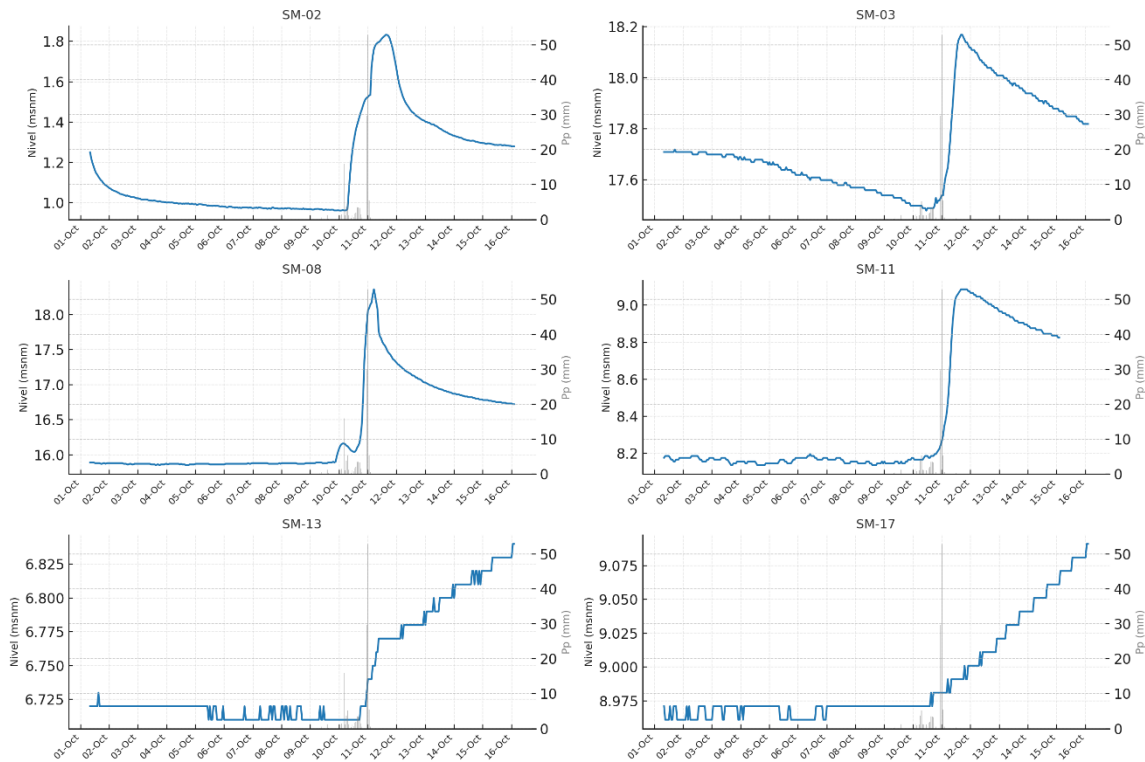


Figura 1. Evolución del nivel piezométrico de SM-02, SM-03, SM-08, SM-11, SM-13 y SM-17. Se incluye la precipitación registrada en la estación meteorológica CA-73 (Red SIAM-IMIDA)

Como puede apreciarse, la respuesta del nivel del acuífero a las lluvias es diferente según la zona. Estas diferencias son debidas a la heterogeneidad del acuífero que implica diferencias de comportamiento hidráulico. Hay que tener en cuenta que las características descritas a continuación son de carácter local debido a las variaciones litológicas del acuífero, por lo que no pueden ser atribuidas individualmente como representativas a la totalidad del acuífero del Cuaternario.

En la zona sur, los piezómetros SM-02 y SM-03 (ubicados en Los Belones y Los Urrutias) muestran un comportamiento similar, con un ascenso de 0,87 y 0,69 m, respectivamente. Presentan una respuesta rápida a la precipitación con un retardo de unas 15 h entre los picos de precipitación y nivel. Esta respuesta rápida es debida a la naturaleza permeable de los materiales del acuífero y al poco espesor del mismo en esa zona.

En la zona central, piezómetros SM-8 y SM-11 (ubicados en Los Alcázares), la elevación es mayor, de 2,51 y 0,95 m. En el primer caso, la respuesta a las precipitaciones es rápida, menos de 5 horas y está condicionada por la geología de la zona donde el tramo acuífero tiene poco espesor y una

elevada permeabilidad. El comportamiento del SM-11 es más parecido a los de la zona sur, pero con menor amplitud.

En la zona norte, piezómetros SM-13 y SM 17 (ubicados en Los Alcázares y San Javier), los tiempos de respuesta son más prolongados (más de 120 horas), no habiéndose alcanzado todavía el nivel máximo de piezometría. Los ascensos registrados hasta el momento son reducidos, unos 12 cm. Esta zona presenta una respuesta amortiguada del acuífero. Este comportamiento es debido a la menor permeabilidad de las capas superiores del acuífero en la zona en la que están ubicados que condicionan que el mecanismo de recarga preferente llegue de manera horizontal desde aguas arriba de la cuenca y no desde la vertical de los piezómetros.

Estimación de la recarga al acuífero debida a la DANA Alice

Se ha efectuado una estimación preliminar de la recarga al acuífero cuaternario producida tras la intensa precipitación de la DANA Alice en función de los parámetros físicos del acuífero y de valores del coeficiente de infiltración característicos para terrenos detríticos finos, como es el caso. Los resultados arrojan una horquilla de recarga de 2,5 - 7 hm³. Estos valores son coherentes con el ascenso observado en los piezómetros comentados en el apartado anterior.

Los resultados se han contrastado con los obtenidos de la aplicación del método Water Table Fluctuation (Healy & Cook, 2002). Aunque este método tiene su campo de aplicación a escala local puede proporcionar una aproximación cuantitativa de la magnitud del evento a escala de regional (acuífero) asumiendo que los resultados presentarán un cierto grado de incertidumbre al extrapolar los ascensos observados en la red de piezometría del borde costero a la totalidad del acuífero.

Los parámetros promedios del acuífero correspondientes a espesor, conductividad hidráulica y coeficiente de almacenamiento utilizados son los obtenidos a partir de la investigación en marcha efectuada en el marco de los proyectos encargados por la Dirección General del Agua (DGA) del MITECO:

- ✓ Servicio técnico para el desarrollo de modelos numéricos integrados e impulso a la restauración fluvial en las distintas demarcaciones hidrográficas intercomunitarias (Clave 21.804-047/0411).
- ✓ Servicio técnico para la mejora del conocimiento de la masa de agua subterránea Campo de Cartagena y desarrollo de guías metodológicas (Murcia/Cartagena), (Clave 07.831-073/0411).

Más allá del valor de recarga, hay que tener en cuenta que los acuíferos son sistemas complejos en donde el almacenamiento juega un papel importante en su funcionamiento, por lo que es complejo estimar en cuánto tiempo esta recarga alcanzará el Mar Menor. Parte de esta agua puede pasar a ocupar los poros del acuífero (almacenamiento) liberándose lentamente a lo largo de los años alcanzando el Mar Menor de manera muy laminada. Teniendo en cuenta la hidráulica del acuífero y las velocidades del flujo subterráneo, la descarga al Mar Menor de estas aguas de recarga se producirá en los próximos meses en las inmediaciones de la línea de costa (1 a 3 km), mientras que tardará varios años en las zonas más alejadas de la cuenca.

En relación a la calidad química de las aguas de recarga de este evento que pueden alcanzar el Mar Menor de manera más inmediata y que son las producidas en el borde costero, no se prevé una elevada concentración en nitratos de las mismas. En efecto, en el borde litoral el nivel del

acuífero es más somero y estas aguas de lluvia presentan muy bajas concentraciones de nitratos y de salinidad. En consecuencia, al infiltrarse y alcanzar las aguas del acuífero su diferencia de densidad dificulta la mezcla, situándose por encima de las del acuífero que tienen carácter más salino. Además, el estar el nivel del acuífero próximo a la superficie, los tiempos de tránsito en la zona no saturada son reducidos por lo que no es esperable una significativa contaminación por parte de los nitratos retenidos en el suelo.

No obstante, para estimar con mayor precisión tiempos y concentraciones descargadas es necesario el uso de un **modelo de flujo en condiciones transitorias** con gradiente real y una distribución espacial de conductividades hidráulicas, almacenamiento y porosidad. Este modelo está en desarrollo y en las próximas semanas se podrán tener resultados.

Estima 3: IEO-CSIC

Se propone una estimación indirecta del total del flujo de aguas continentales hacia la laguna a partir del balance de masa en la laguna. En particular, se debe cumplir que el cambio de volumen dentro de la laguna debe ser igual a la suma del total acumulado por precipitación directa en la laguna, los aportes continentales y los flujos de entrada por los canales.

$$\Delta V = \int (Precipitación + Continental + Entradas_Canales) dt$$

El cambio de volumen lo podemos estimar a partir de los datos de nivel del mar del mareógrafo de BELICH (da medidas muy consistentes con lo que se observa en las boyas 1 y 3, por lo que podemos descartar variaciones espaciales significativas dentro de la laguna).

La precipitación sobre la laguna la inferimos de tres registros pluviométricos cercanos a la laguna, con el fin de evitar sobreestimar la precipitación ocurrida lejos de la misma. En particular consideramos los datos de la estación de AEMET en el aeropuerto de San Javier y las estaciones SIAM de Los Belones y Santiago de la Ribera.

Los flujos a través de los canales se estiman con los datos medidos directamente en Estacio y Marchamalo, siendo ésta última contribución mucho menor (un 15% aproximadamente).

Así, la evolución del volumen acumulado en la laguna entre el 9 de Octubre a las 00h y el 15 de Octubre a las 00h se muestra en la gráfica siguiente. Se puede ver como hasta el día 10, el nivel del mar fue subiendo por la entrada de agua a través de los canales (seguramente forzada por las bajas presiones atmosféricas sobre la laguna y el Mediterráneo adyacente), con una pequeña contribución de aportes continentales. A partir del día 10 siguió aumentando el aporte por los canales pero se añade la precipitación sobre la laguna y el aumento de aportes continentales, hasta que a partir del día 11 se empieza a evacuar agua por los canales. Actualmente los aportes continentales siguen aumentando, aunque con una menor tasa y quedan compensados por las salidas por los canales, manteniendo el nivel del mar relativamente estable.

En definitiva, durante este periodo el cambio en volumen habría sido de 16.8 hm^3 (un 3.0 % del volumen total de la laguna), de los cuales 10.1 hm^3 (1.85% del V_{total}) correspondería a la precipitación, -4.5 hm^3 (0.7% del V_{total}) a las salidas por los canales y 11.5 hm^3 (2.2% del V_{total}) a los aportes continentales.

Conclusiones provisionales

Los datos emitidos por los sensores del sistema de monitorización han reflejado muy fielmente los episodios de entrada de agua que se han producido hasta ahora en relación al evento de DANA Alice que ha afectado a la comarca del Mar Menor. Los datos emitidos por los sensores de boyas y landers han sido validados y complementados con muestreos *in situ* mediante CTD, tanto en las localidades donde están estos dispositivos como en cinco localidades complementarias. En el caso de la clorofila se realiza una doble validación mediante análisis espectrofotométrico.

De acuerdo con los datos de precipitaciones y los registros de los sensores oceanográficos, uno de estos episodios tuvo lugar al final de la tarde del día 10 a través de los cauces de la cuenca sur y el otro de madrugada del día siguiente por la zona norte, principalmente a la altura de San Javier.

Los datos muestran que la entrada de agua masiva hacia la laguna causó una estratificación de la columna de agua, pero reversible, de corta duración, principalmente debido al flujo masivo y rápido del agua entrante a través de las golas, principalmente la del Estacio. Durante el episodio, el efecto más crítico ha sido la reducción de las concentraciones de oxígeno disuelto en la zona profunda de la zona sur, hasta valores propios del estado de hipoxia. Sin embargo, este episodio de hipoxia ha sido de carácter transitorio y en la actualidad los valores de oxígeno en la laguna son normales y bastante homogéneos, a excepción de las capas profundas de las zonas centro y sobretudo sur, a consecuencia de cierto grado de estratificación causado por la entrada de agua dulce desde esa parte de la cuenca.

Los picos de turbidez asociados a los episodios de entrada de agua en la laguna han sido también bastante efímeros y, si bien persisten algunas zonas muy turbias en la laguna (principalmente zona más costera del litoral oeste y sur), esta variable se ha casi restablecido en amplias áreas del ecosistema lagunar. A pesar de ello, la turbidez de la laguna está suficientemente alta como para causar una reducción de luz en el fondo hasta niveles que son limitantes para el crecimiento de la vegetación bentónica.

Es particularmente preocupante la evolución de la clorofila *a* en la laguna en respuesta a las entradas de agua dulce, especialmente en la zona sur y centro, donde se han alcanzado de forma súbita valores de hasta 12 mg/L. estos valores son muy elevados para la laguna y solo se han alcanzado en eventos anteriores de bloom fitoplanctónico o “sopa verde”. El patrón de variación espacial de la clorofila en la laguna es bastante coherente con el de la reducción de la luz en el fondo, lo que sugiere una estrecha correlación entre ambas variables en este caso.

La persistencia de las condiciones actuales podría conllevar efectos negativos sobre la estructura y funcionamiento del ecosistema lagunar. Todo dependerá de las condiciones climatológicas de contorno en los próximos días. Si las condiciones son muy estables se podría mantener e incluso intensificar el bloom fitoplanctónico y el consumo de oxígeno, y si son algo más inestables favorecerá la mezcla vertical de la masa de agua disminuyendo la probabilidad de efectos dañinos para el ecosistema.

De acuerdo con la evidencia disponible y las diferentes aproximaciones realizadas, las estimas de entrada total de agua en la laguna causadas por la DANA Alice varían entre 6.9 hm³ y 11,5 hm³, apuntando a esta última cifra como la más probable y creíble a pesar de las incertidumbres existentes. Las cargas de sedimentos y nutrientes basadas en una entrada total de 11,5 hm³ indican una entrada masiva de sedimentos (40.212 Mg) con una carga muy elevada de nitrógeno (76,8 Mg), fósforo (36,2 Mg) y carbono orgánico (564,5 Mg), así como unas muy elevadas cargas de nutrientes disueltos (Mg = megagramos = tonelada).

Los equipos del proyecto BELICH del CSIC, IEO y CEBAS, y Tragsa, se encuentran en modo gabinete de crisis para evaluar en continuo el proceso y sus efectos en el ecosistema. Durante estos últimos días y los siguientes, estos equipos se encuentran recogiendo muestras de la cuenca y la laguna para determinar la magnitud del evento en términos de balance de agua y nutrientes, aspecto clave para evaluar las causas de la alteración de la laguna y las medidas más eficaces y apropiadas para la recuperación del ecosistema.

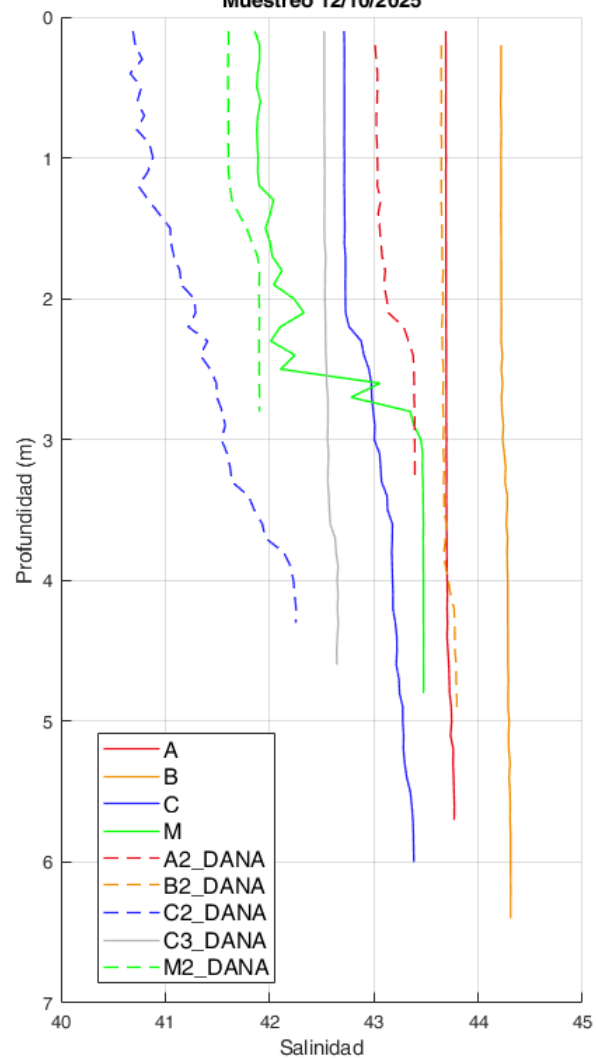
Estas conclusiones son provisionales y pueden variar en función de la evolución de la climatología en los próximos días y nuevos resultados obtenidos.

ANEXO 1: ESTACIONES DE MUESTREO COMPLEMENTARIAS. PERFILES CTD

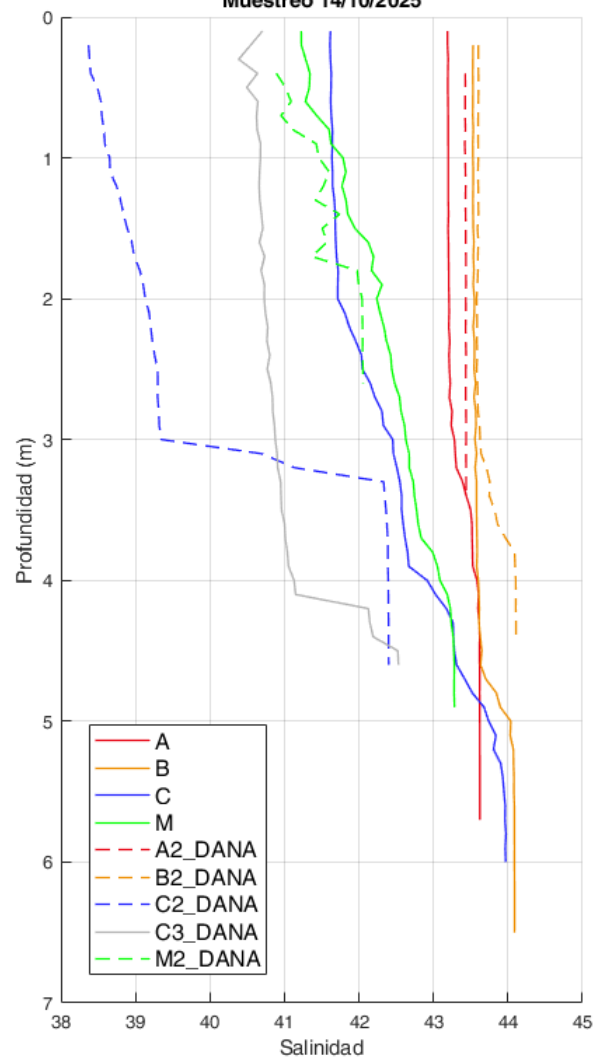


SALINIDAD

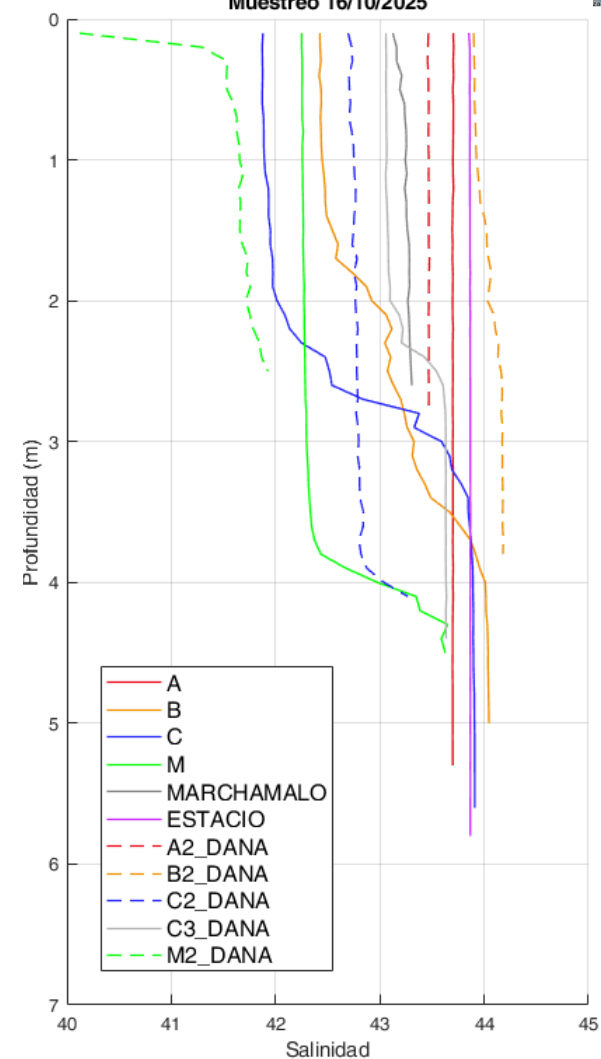
Muestreo 12/10/2025



Muestreo 14/10/2025

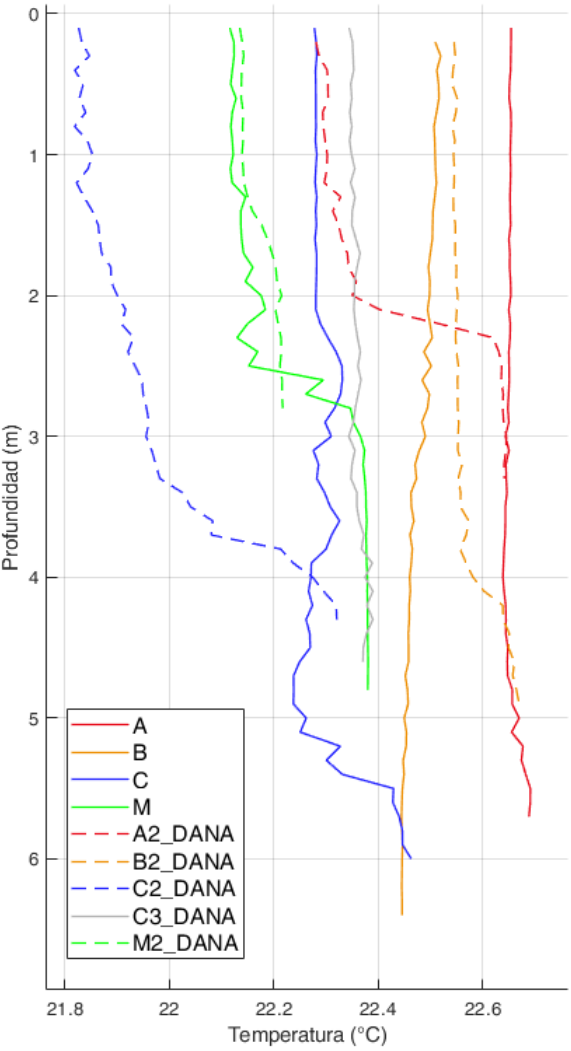


Muestreo 16/10/2025

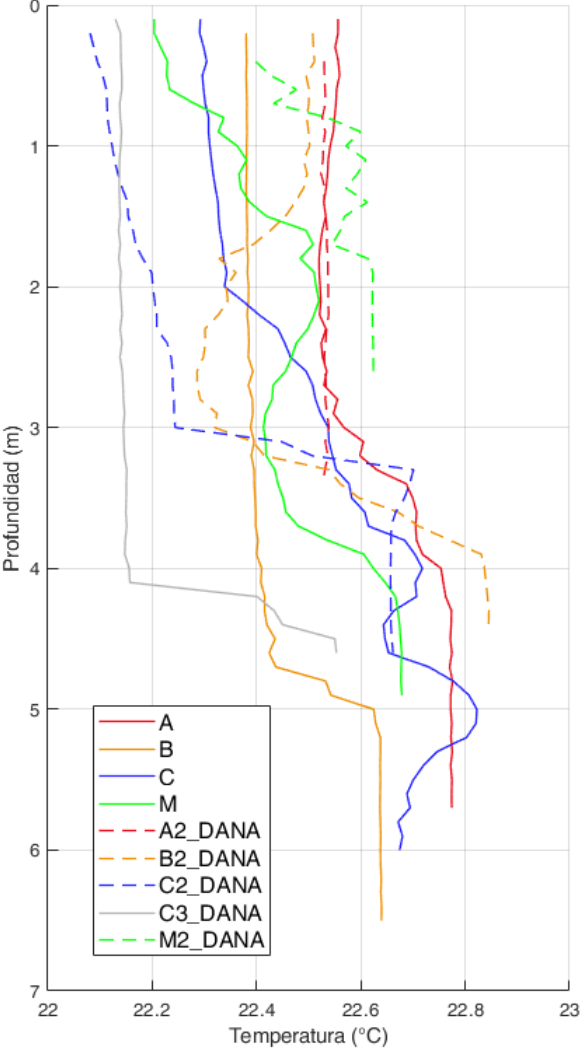


TEMPERATURA

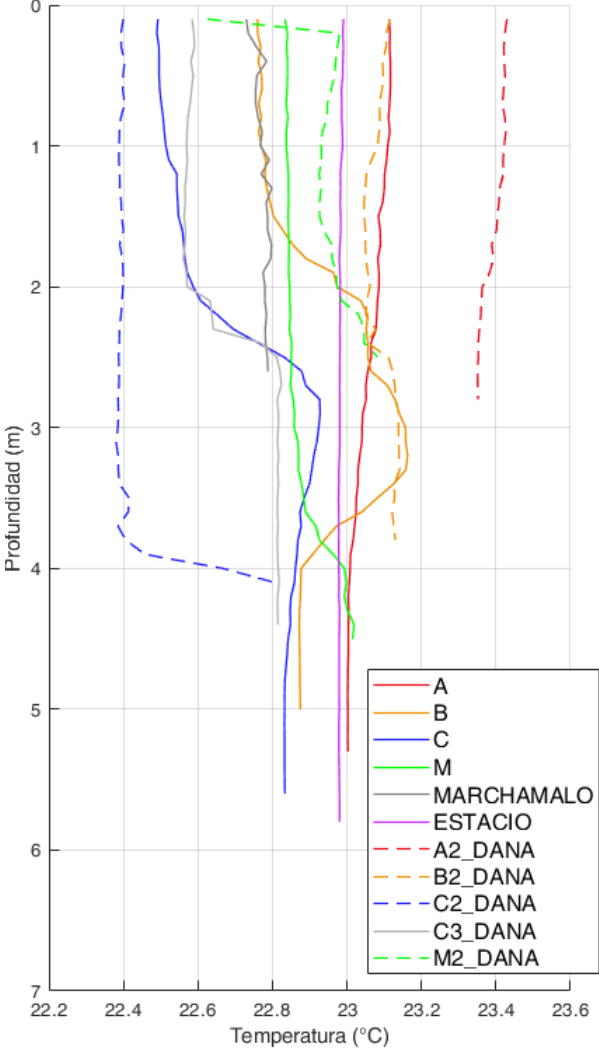
Muestreo 12/10/2025



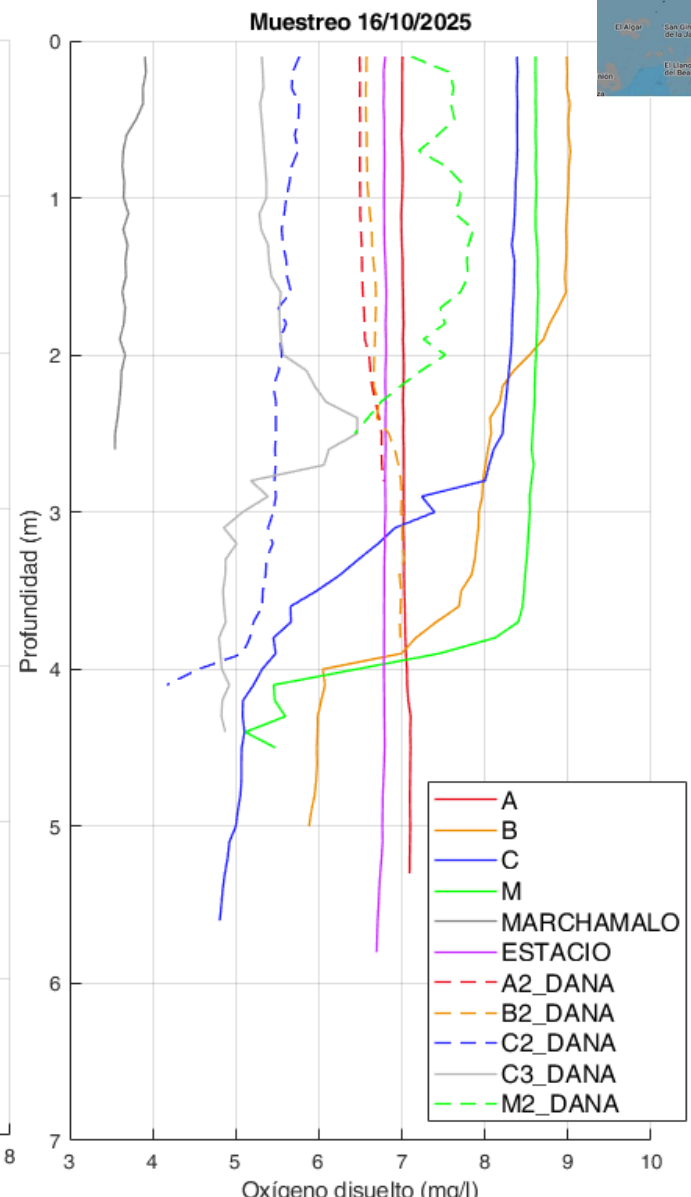
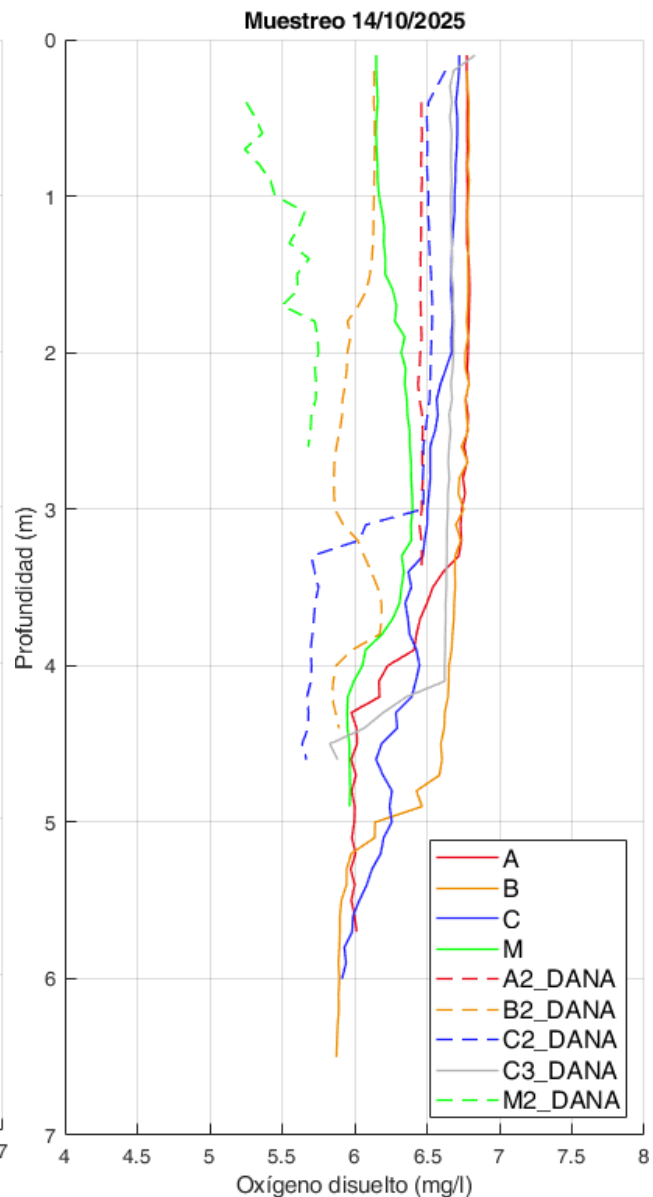
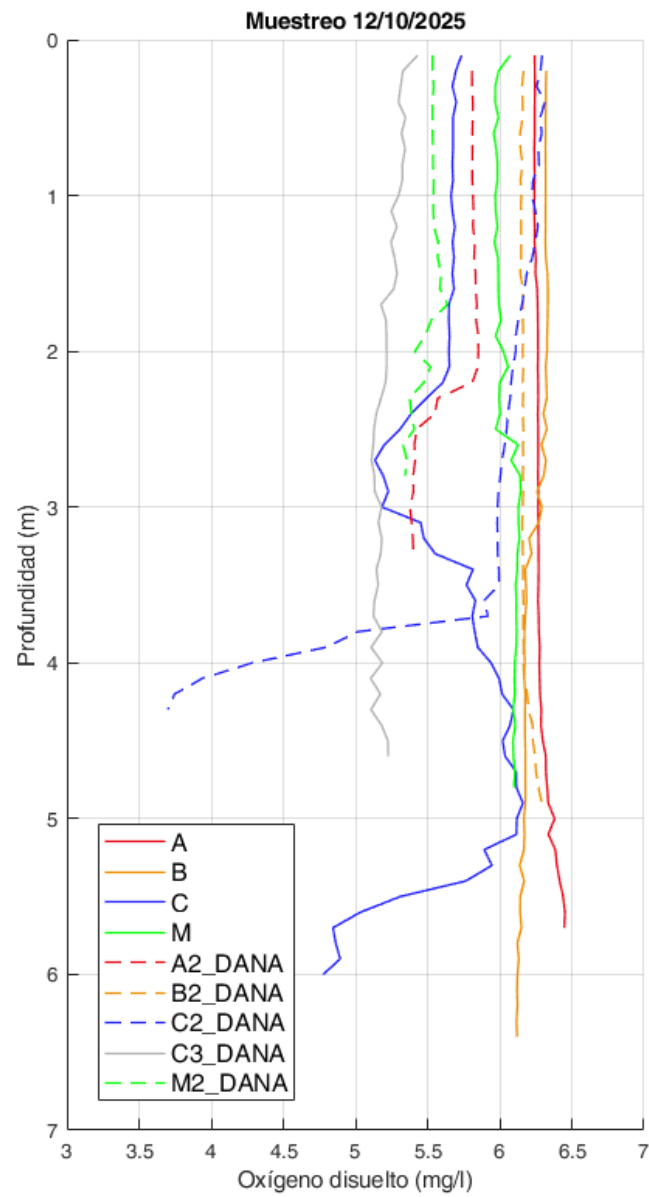
Muestreo 14/10/2025



Muestreo 16/10/2025



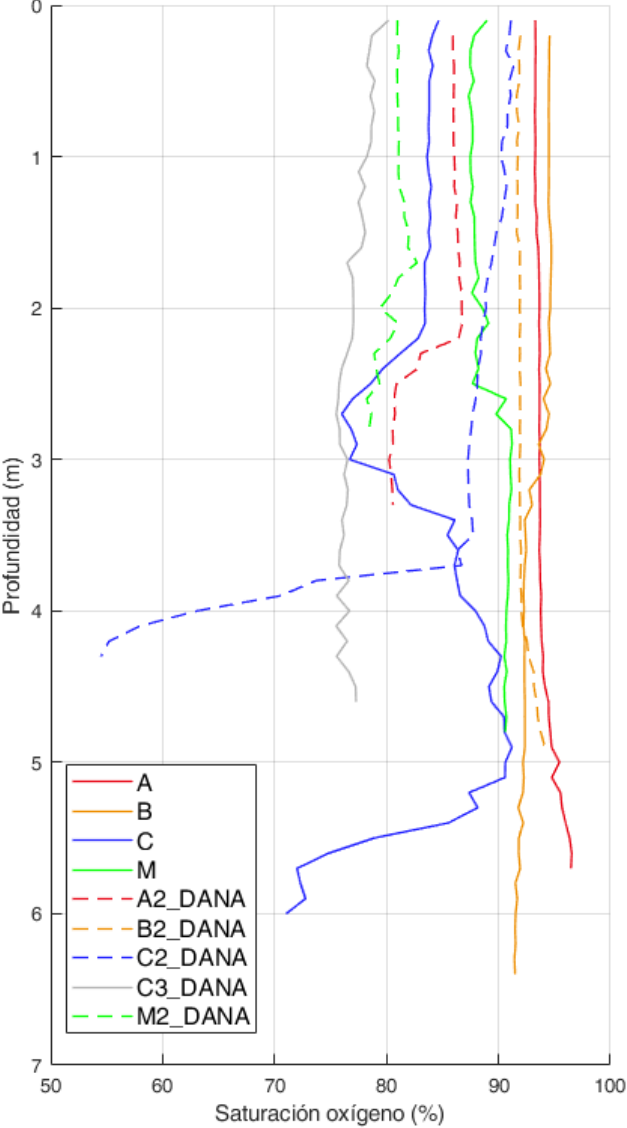
OXIGENO DISUELTO



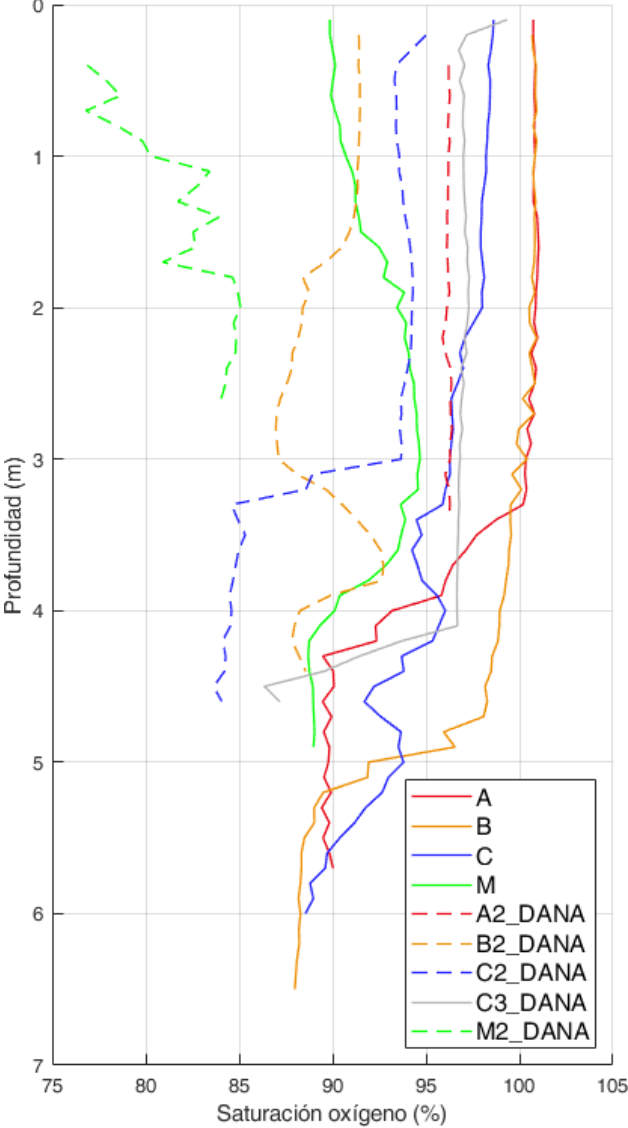
SATURACIÓN DE OXÍGENO



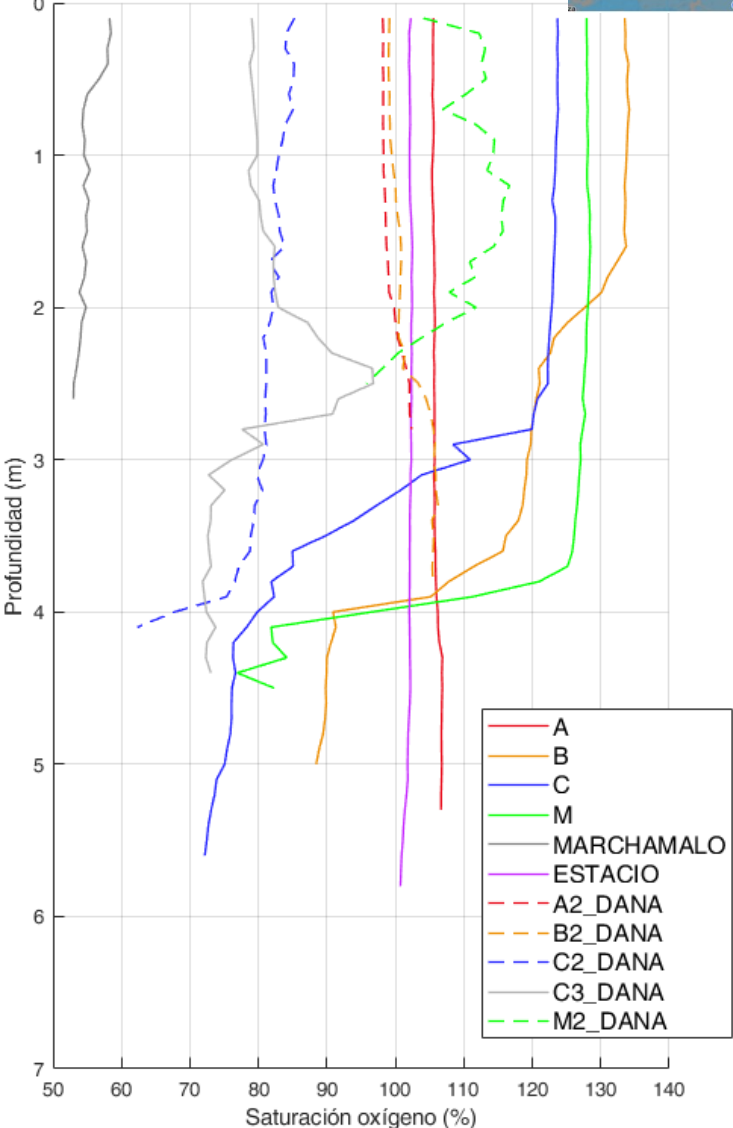
Muestreo 12/10/2025



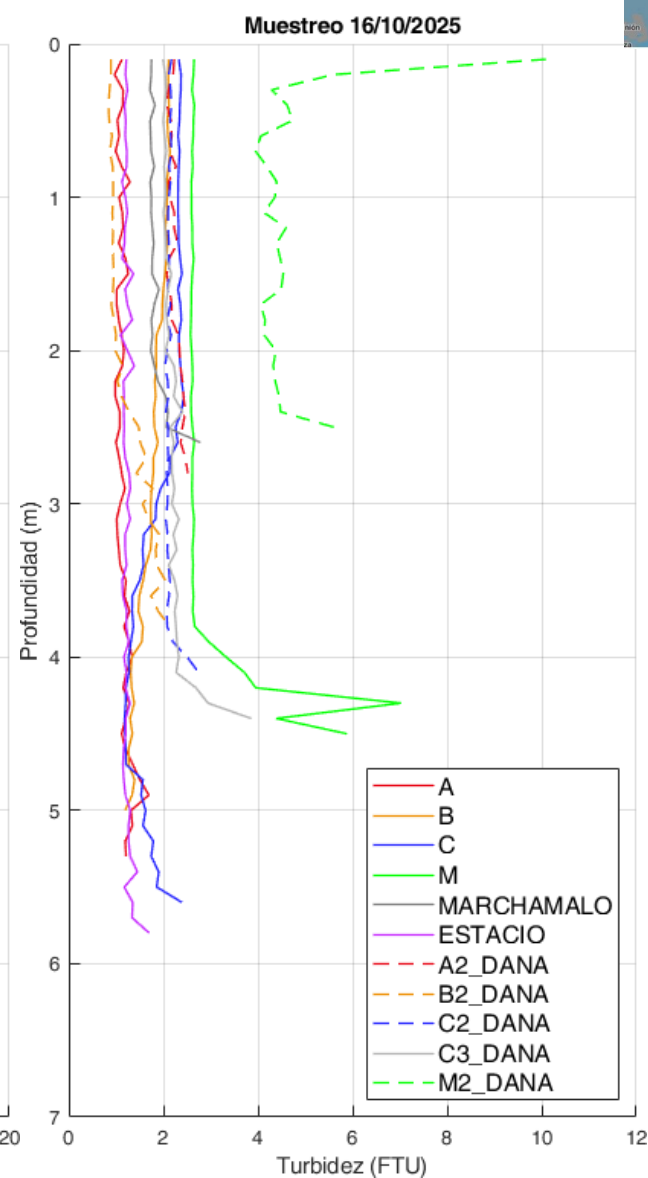
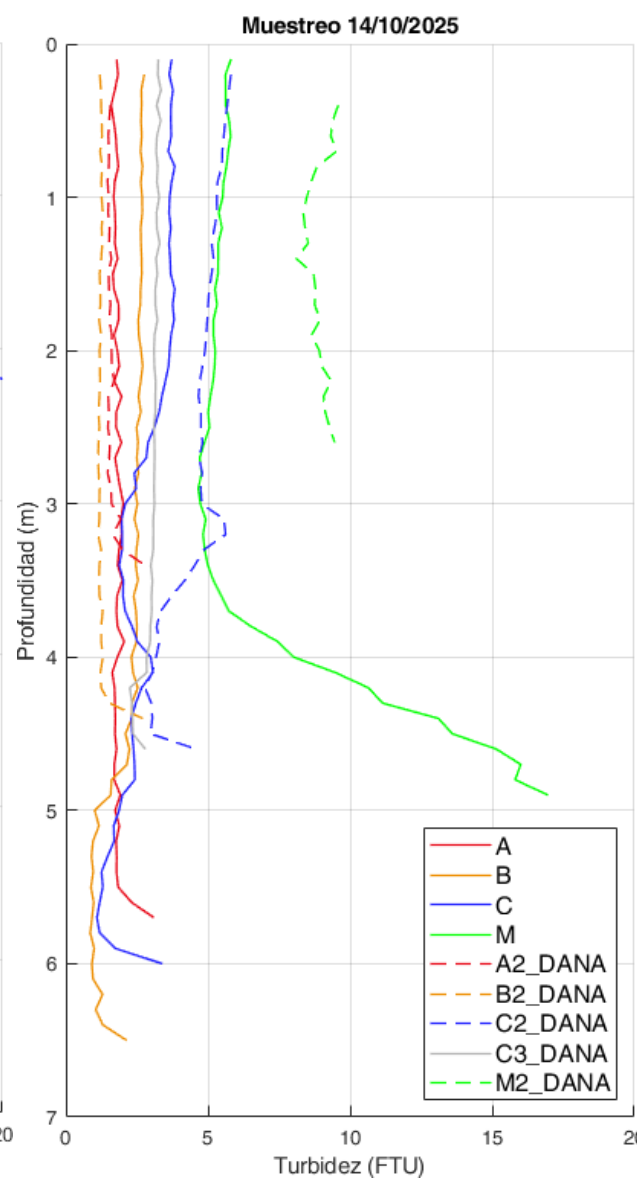
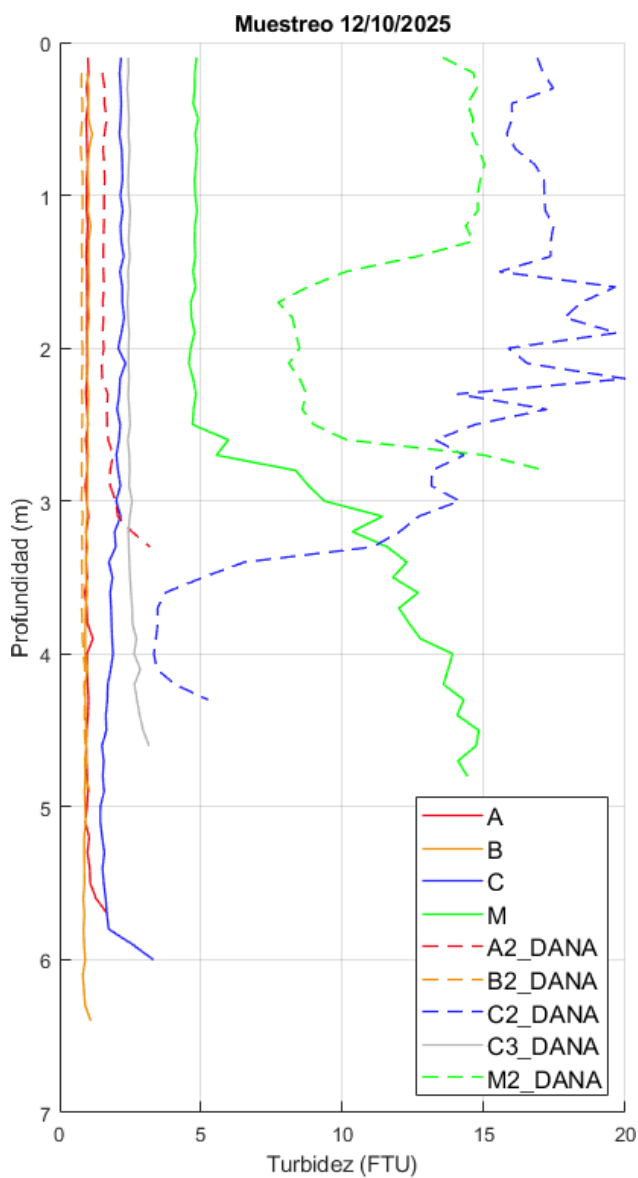
Muestreo 14/10/2025



Muestreo 16/10/2025



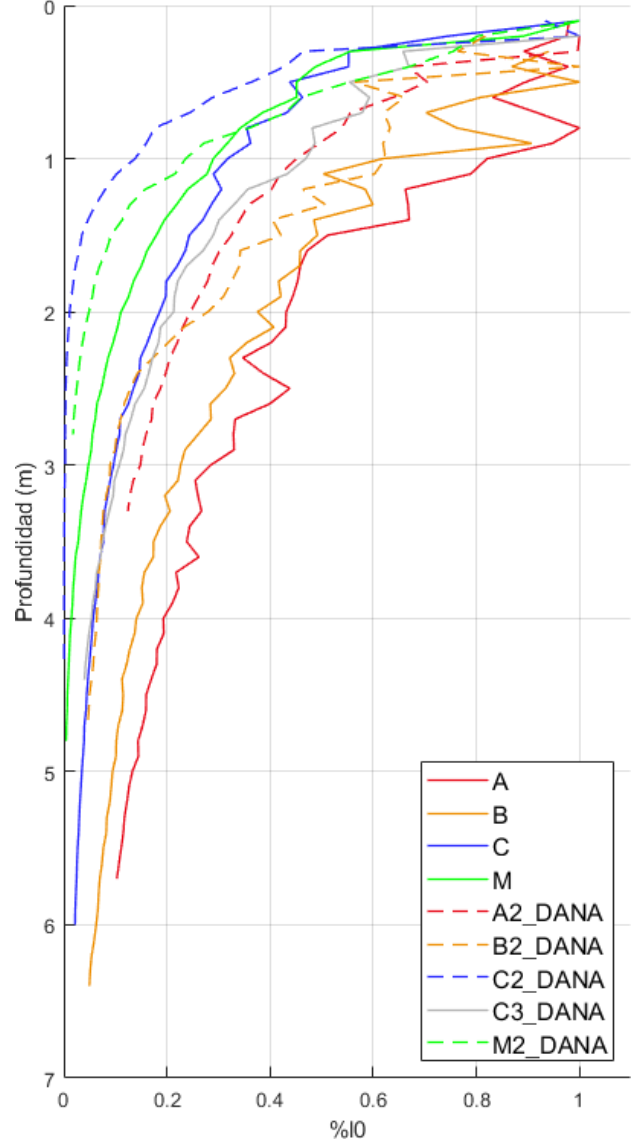
TURBIDEZ



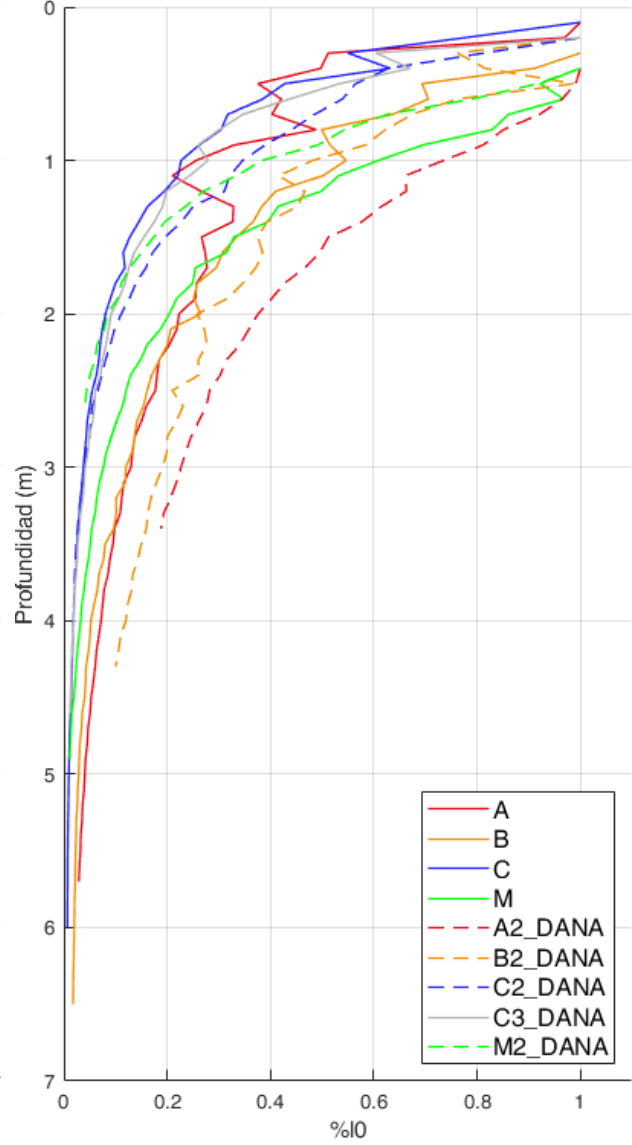
PORCENTAJE DE IRRADIANCIA



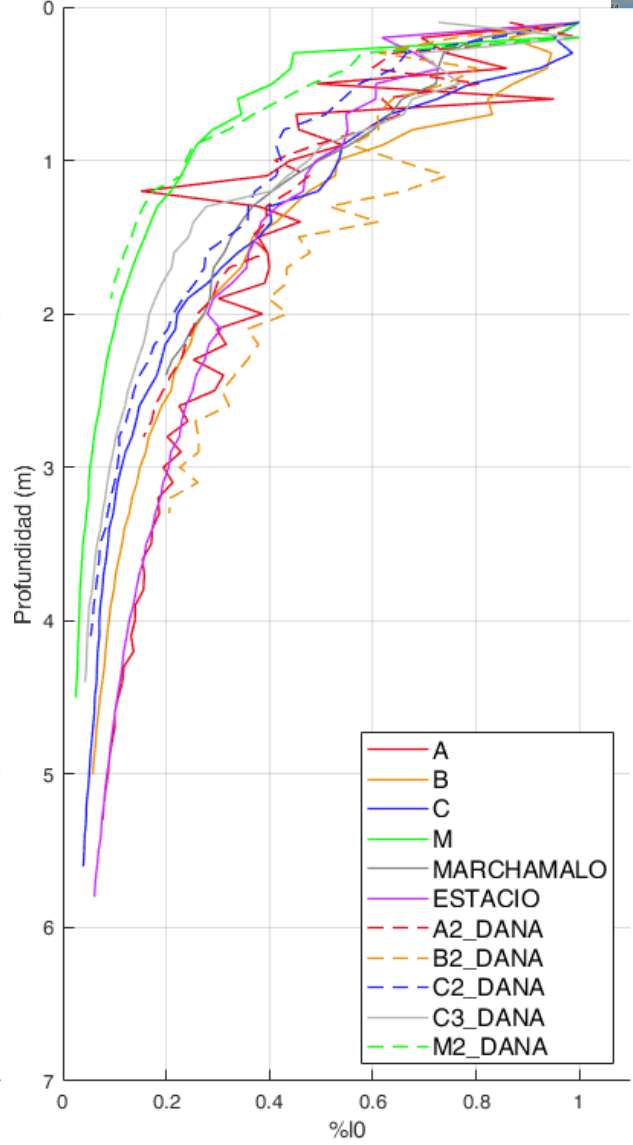
Muestreo 12/10/2025



Muestreo 14/10/2025



Muestreo 16/10/2025



CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA-A

