UNIVERSIDAD DE MURCIA

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología

Grupo de Investigación
Ecología y Ordenación
de Ecosistemas Marinos
Costeros

Informe trimestral de seguimiento del estado ecológico del Mar Menor (Octubre de 2023)

Angel Pérez-Ruzafa
Departamento de Ecología e Hidrología
Universidad de Murcia

En este tercer informe trimestral se presenta el desarrollo del estado ecológico del Mar Menor durante el reciente verano de 2023 y se sintetiza lo que se ha venido incluyendo en los informes que, con periodicidad aproximadamente semanal, se han venido emitiendo durante este periodo.

Como se ha venido mostrando en los informes trimestrales anteriores, de febrero y junio de 2023, la evolución general del Mar Menor ha entrado en un estado de equilibrio, relativamente inestable, con un comportamiento general semejante al de los últimos años en los correspondientes periodos estacionales, pero con diferencias particulares, por cuestiones climáticas o diferencias en la aplicación de los protocolos administrativos y las acciones de gestión adoptadas, que, de un modo u otro, introducen incertidumbres y pueden determinar la dinámica de las respuestas del ecosistema.

Durante la primavera de 2023, el ascenso de la temperatura del agua fue menor que el que el correspondiente a 2022, que por estas fechas ya llegaba a los 27,00°C, pero sí presentó oscilaciones térmicas más marcadas, con un descenso importante en la primera quincena de enero y subida bruscas la última semana de abril y la última semana de mayo (Fig. 1). Como se resaltó en el informe trimestral de primavera, este tipo de oscilaciones suelen ser el desencadenante de la estrobilación de las distintas especies de medusas que habitan en el Mar Menor (véase el informe final de 2022, Pérez-Ruzafa (coord.), 2023, y el informe adicional sobre las mismas, Fernández-Alías & Pérez-Ruzafa, 2023). La oscilación previa, a finales de otoño de 2022 y principios de invierno de 2023, desencadenó la estrobilación de *Aurelia solida, mientras que las dos siguientes desencadenarían las de Rhizostoma pulmo y Cotylorhiza tuberculata*.

El verano de 2023 se inició con temperaturas medias de 24,29°C, alcanzadas a primeros de junio, casi hasta 3°C por debajo de las registradas en 2022 en esas mismas fechas. Sin embargo, el día 1 de agosto se alcanzaron los 31,18°C de media, 0,3°C por encima de la media máxima de 2022, y a partir del 21 de agosto (30,89°C) ya se inició un descenso brusco, con mediciones de 27,48°C el 6 de septiembre y 25,85°C el 5 de octubre, aunque entre 3°C y 4°C por encima de los valores medios de 2022 (Fig. 1). Es decir, que a partir de agosto la

temperatura del agua ha mostrado valores superiores a los del año anterior en una tendencia progresiva de calentamiento.

Por su parte, la salinidad media se situaba en 42,5 a primeros de junio, y si en 2022 alcanzó un valor máximo de 44,40 el 6 de septiembre, este año se ha mantenido por debajo de 44,09 todo el verano, repuntando solo hasta un máximo de 44,51 a principios de octubre. Nuevamente hay que resaltar el efecto negativo en el balance hídrico del Mar Menor de la entrada de agua dulce debido a un freático que se mantiene muy alto como consecuencia de la falta de extracción de agua subterránea. Dichas entradas parecen haberse reducido en algunos puntos superficiales al sur de la marina del Carmolí, pero en junio se mantenían caudales de hasta 298,3 l/s en la desembocadura de la rambla del Albujón, con una media de 138,78 l/s durante todo el verano, lo que hace que continúen los efectos sobre la salinidad de la masa de agua de la laguna.

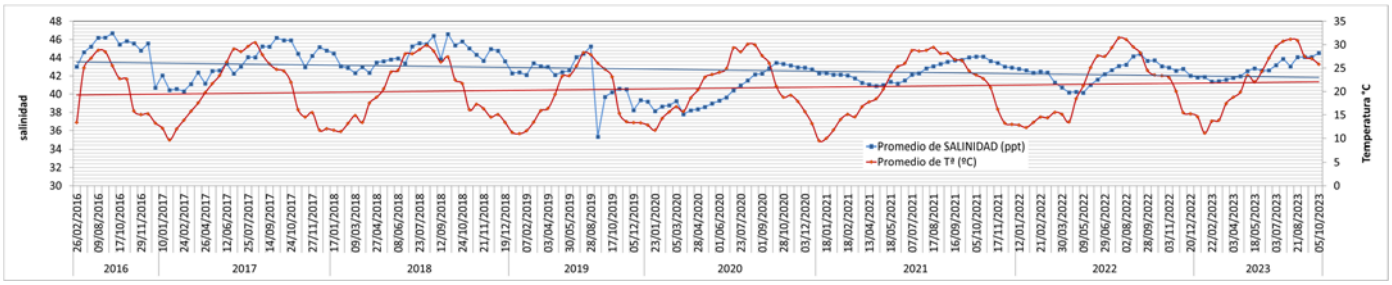


Figura 1. Evolución de los valores medios de la salinidad y temperatura en el Mar Menor en la red de 26 estaciones de muestreo distribuidas en el interior de la laguna para el periodo febrero 2016-octubre de 2023.

Las entradas de nutrientes en 2023 también han sido elevadas, tanto durante el invierno (Fig. 2) como en primavera (Fig. 3), y han continuado esta tendencia durante el verano (Fig. 4), tanto con aportes de nitrógeno, como de fósforo.

A pesar de ello, en general, las concentraciones medias en la columna de agua, incluidos el amonio y el silicato, se han mantenido bajos, con un pico moderado de Nitratos que alcanzó 4,27 µmol/L a finales de enero de 2023, situándose posteriormente en 1,39 µmol /L a finales de mayo y manteniéndose ya por debajo de 0.68 µmol/L durante todo el verano. La concentración media de fosfato durante el verano de 2023 también se ha mantenido por debajo de 0.22 µmol/L (Fig. 5).

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología

Grupo de Investigación
Ecología y Ordenación
de Ecosistemas Marinos
Costeros

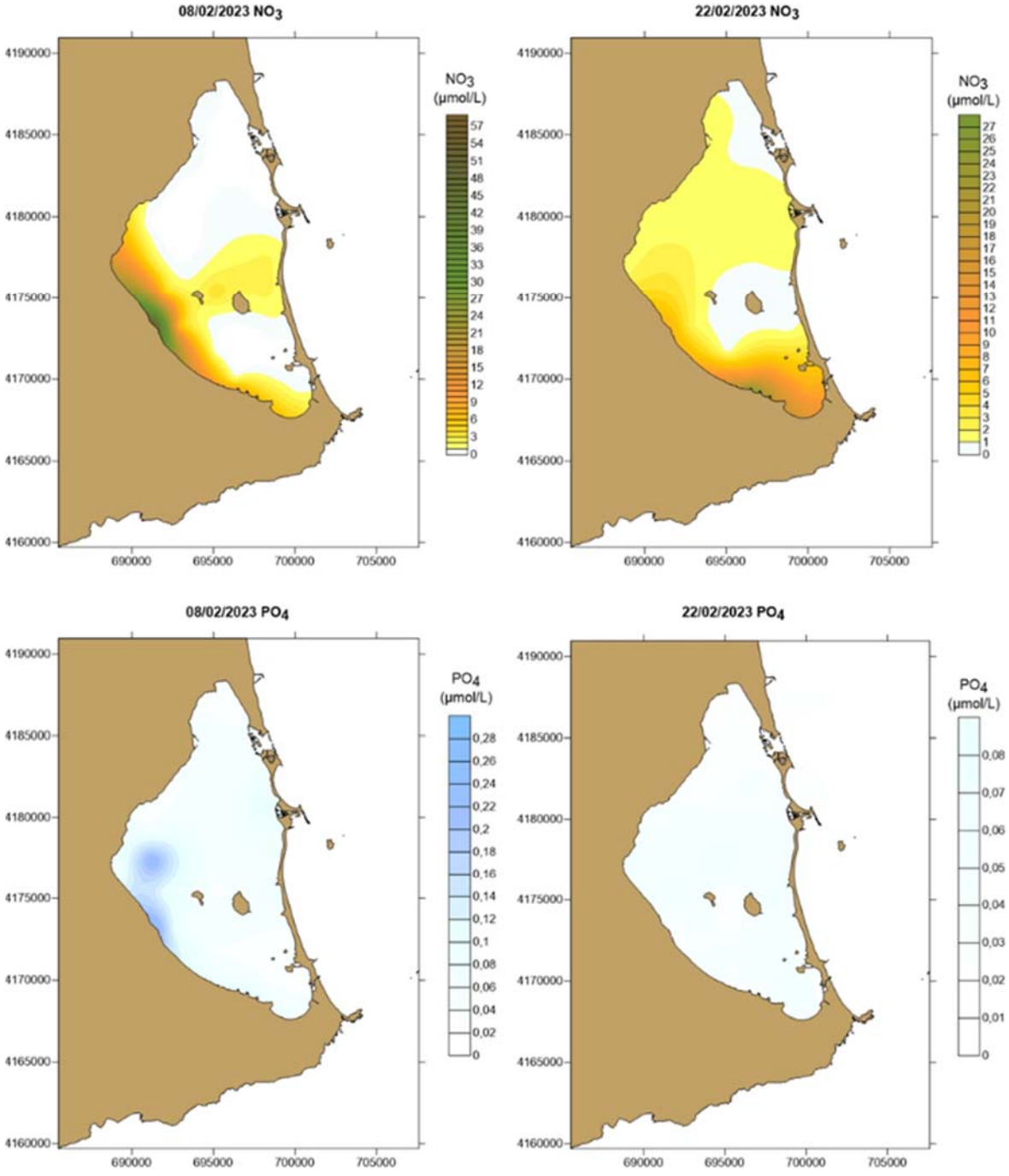


Figura 2. Distribución espacial de la concentración de nitratos (arriba) y fosfatos (debajo) en el Mar Menor en la red de estaciones de muestreo distribuidas en el interior de la laguna el 8 de febrero de 2023 (izquierda) y el 22 de febrero de 2023 (derecha).

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología

Grupo de Investigación
Ecología y Ordenación
de Ecosistemas Marinos
Costeros

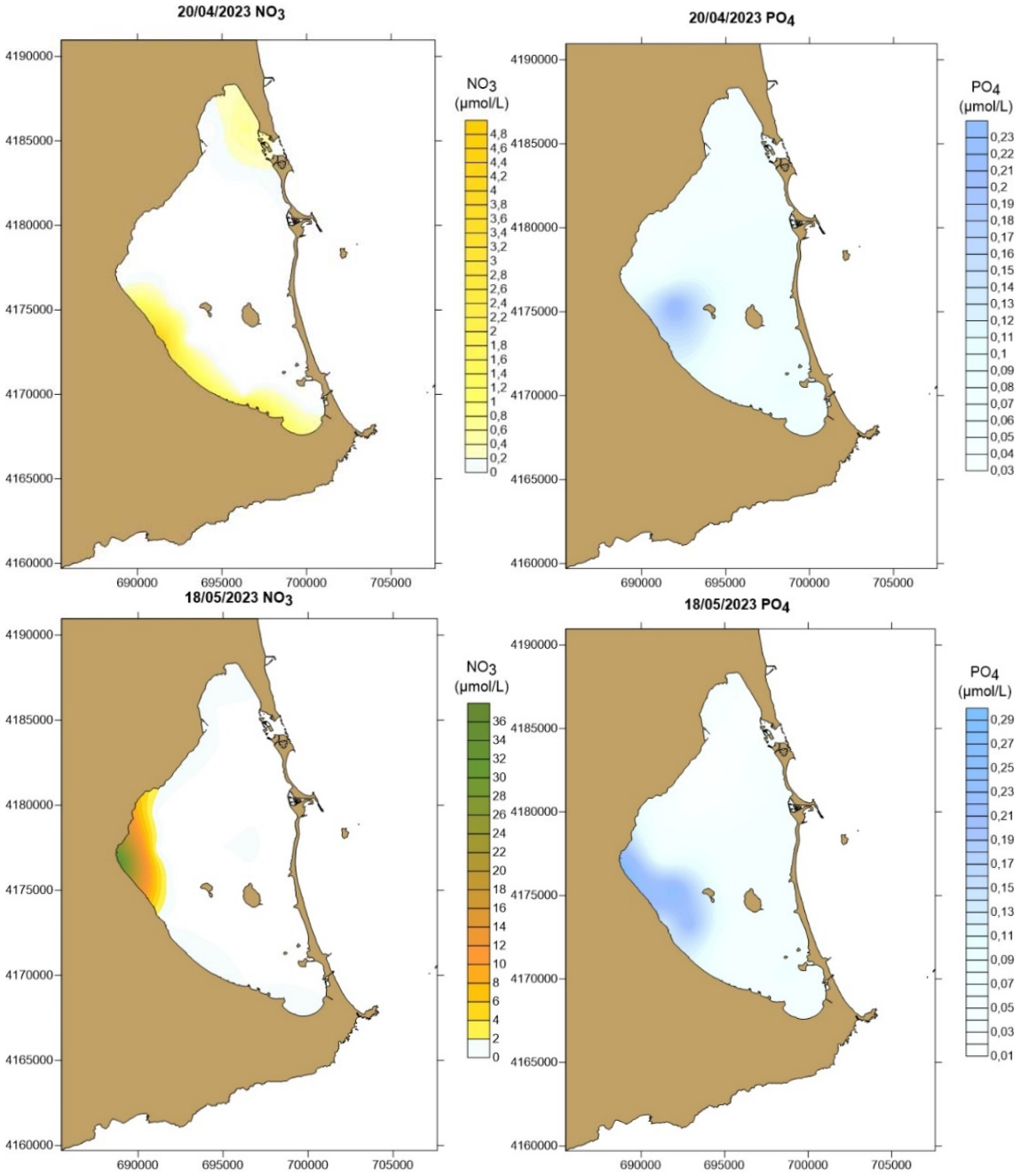


Figura 3. Distribución espacial de la concentración en nutrientes (izquierda: nitratos; derecha: fosfatos) en el Mar Menor el 20 de abril de 2023 (arriba) y el 18 de mayo de 2023 (abajo), mostrando dos situaciones de entrada de nutrientes en condiciones hidrológicas diferentes.

UNIVERSIDAD DE MURCIA

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología

Grupo de Investigación
Ecología y Ordenación
de Ecosistemas Marinos
Costeros

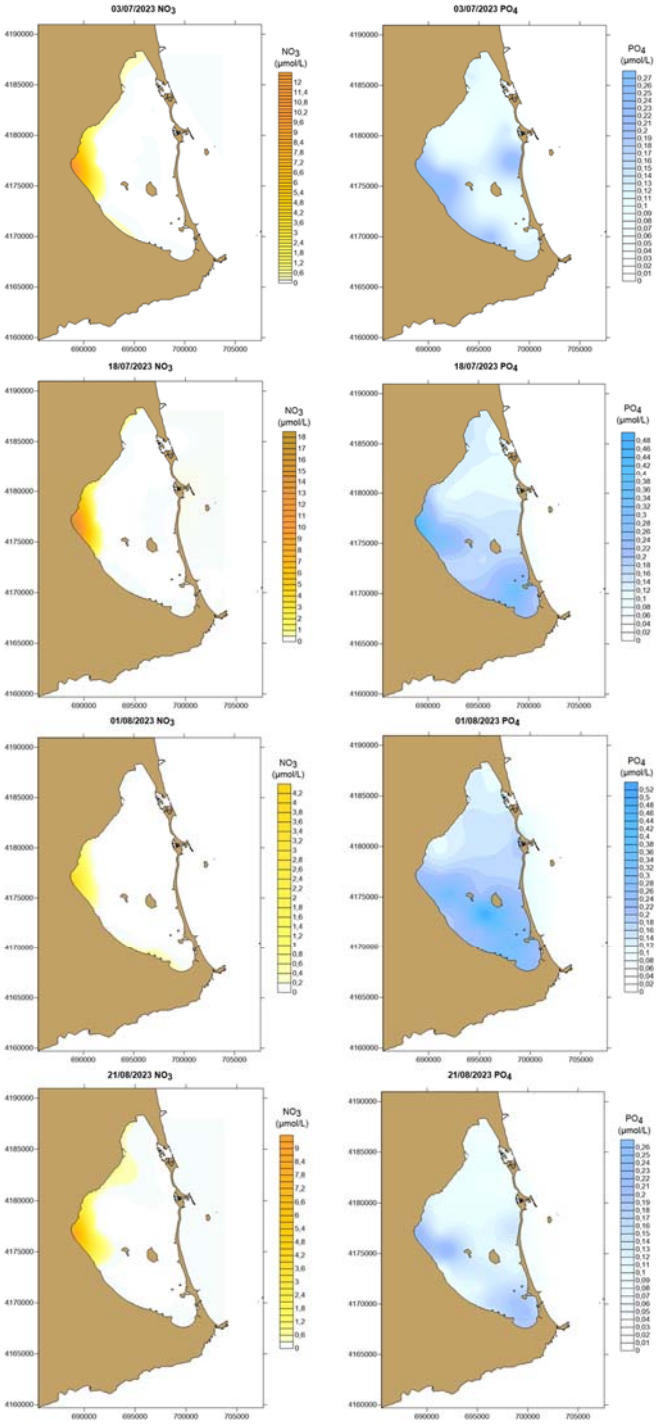


Figura 4. Distribución espacial de la concentración en nutrientes (izquierda: nitratos; derecha: fosfatos) en el Mar Menor durante el verano de 2023, mostrando dos situaciones de entrada de nitratos por la zona de influencia de la rambla del Albujón, y de fósforo, por toda la ribera interna y algunas zonas de La Manga, pero particularmente por la zona de influencia de la rambla del Albujón, Los Urrutias y Los Nietos.

UNIVERSIDAD DE MURCIA

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología

Grupo de Investigación
Ecología y Ordenación
de Ecosistemas Marinos
Costeros

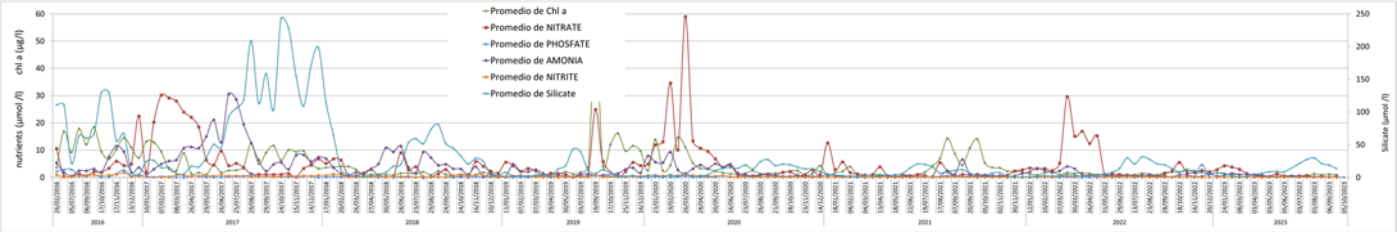


Figura 5. Dinámica temporal de la concentración de clorofila y nutrientes en el Mar Menor desde el inicio de la crisis distrófica de 2016 hasta octubre de 2023.

Por su parte, la concentración media de clorofila en superficie también se ha mantenido por debajo de 2 µg/L durante todo el verano, con máximos de 1,18 µg/L la primera semana de septiembre. Sin embargo, desde mayo ya empezaron a detectarse picos en las capas profundas, con hasta 24,46 µg/L o 20,31 µg/L el 3 de mayo en las estaciones E11 y E18 y 8,49 µg/L en la E09 el 18 de mayo. (Fig. 6). El 1 de agosto volvieron a detectarse valores de hasta 18,22 µg/L en profundidad en la estación E18.

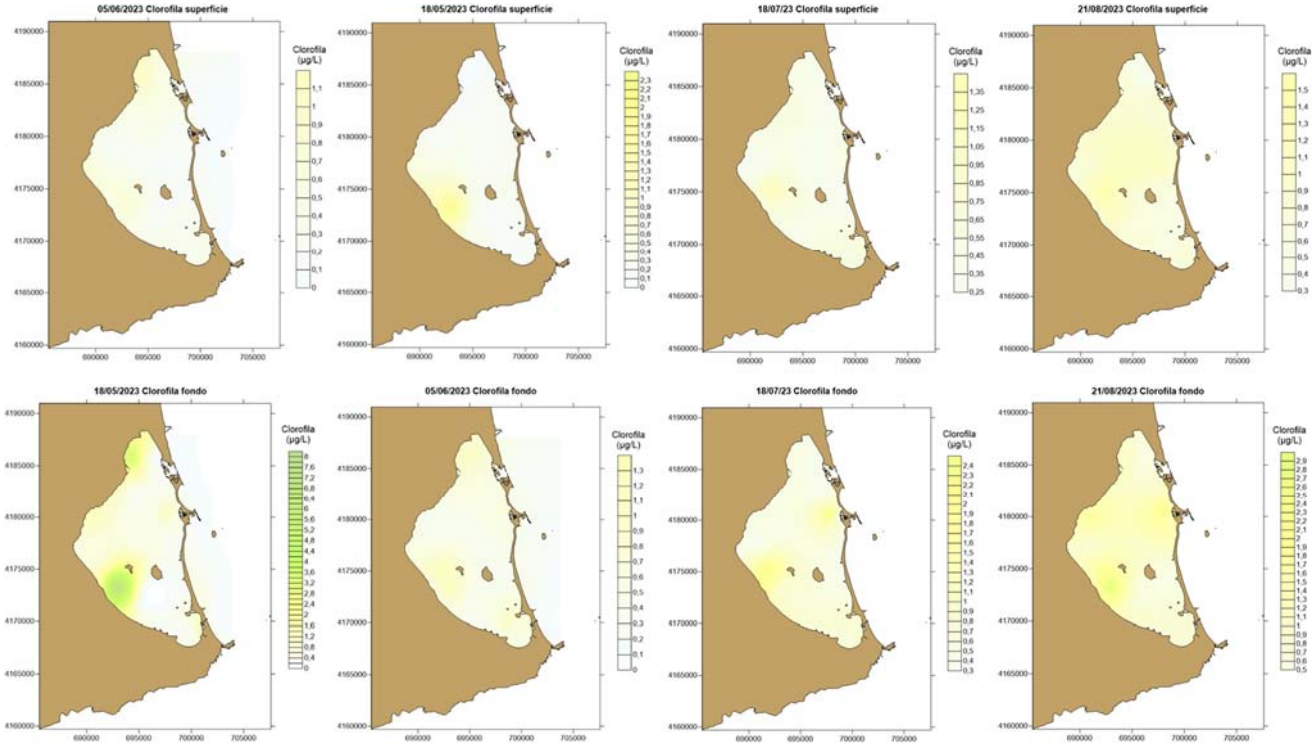


Figura 6. Distribución espacial de la concentración de clorofila (arriba: en superficie; debajo: en el fondo) en el Mar Menor durante la primavera y el verano de 2023.

De este modo, durante todo el verano la dinámica de afluencia de agua dulce cargada de nutrientes se ha mantenido, alternándose las situaciones en las que el protagonismo se concentra en la rambla del Albujón, y las situaciones en las que las entradas son más difusas a lo largo de la costa entre los Urrutias y los Nietos. Los patrones observados dependen del nutriente y de la situación hidrológica en función de las precipitaciones, las recargas del freático y del funcionamiento de la estación de bombeo, estando los fosfatos especialmente vinculados a zonas con influencia urbana y los nitratos más asociados a aguas procedentes de escorrentías de las zonas agrícolas y aguas subterráneas que no interactúan con zonas urbanas, poniéndose de manifiesto la falta de medidas adecuadas de gestión del agua en la cuenca vertiente y la ausencia de infraestructuras que permitan controlar las entradas.

Los picos de subida y el posterior descenso de las concentraciones de nutrientes han ido asociados a proliferaciones, más o menos puntuales, de los productores primarios, que consumen los nutrientes y los mantienen bajos, pero que los convierten en materia orgánica que termina descomponiéndose cuando las tasas de producción son mayores a las de consumo por parte de los detritívoros. El retraso en el inicio de las actuaciones y la menor intensidad con la que se han desarrollado las tareas de retirada de biomasa en las

playas ha empeorado la calidad del baño, produciendo acumulaciones y descomposición en algunas playas, particularmente en Los Urrutias (Fig. 7), explicando también los picos de acumulación de clorofila en las capas profundas de la columna de agua.

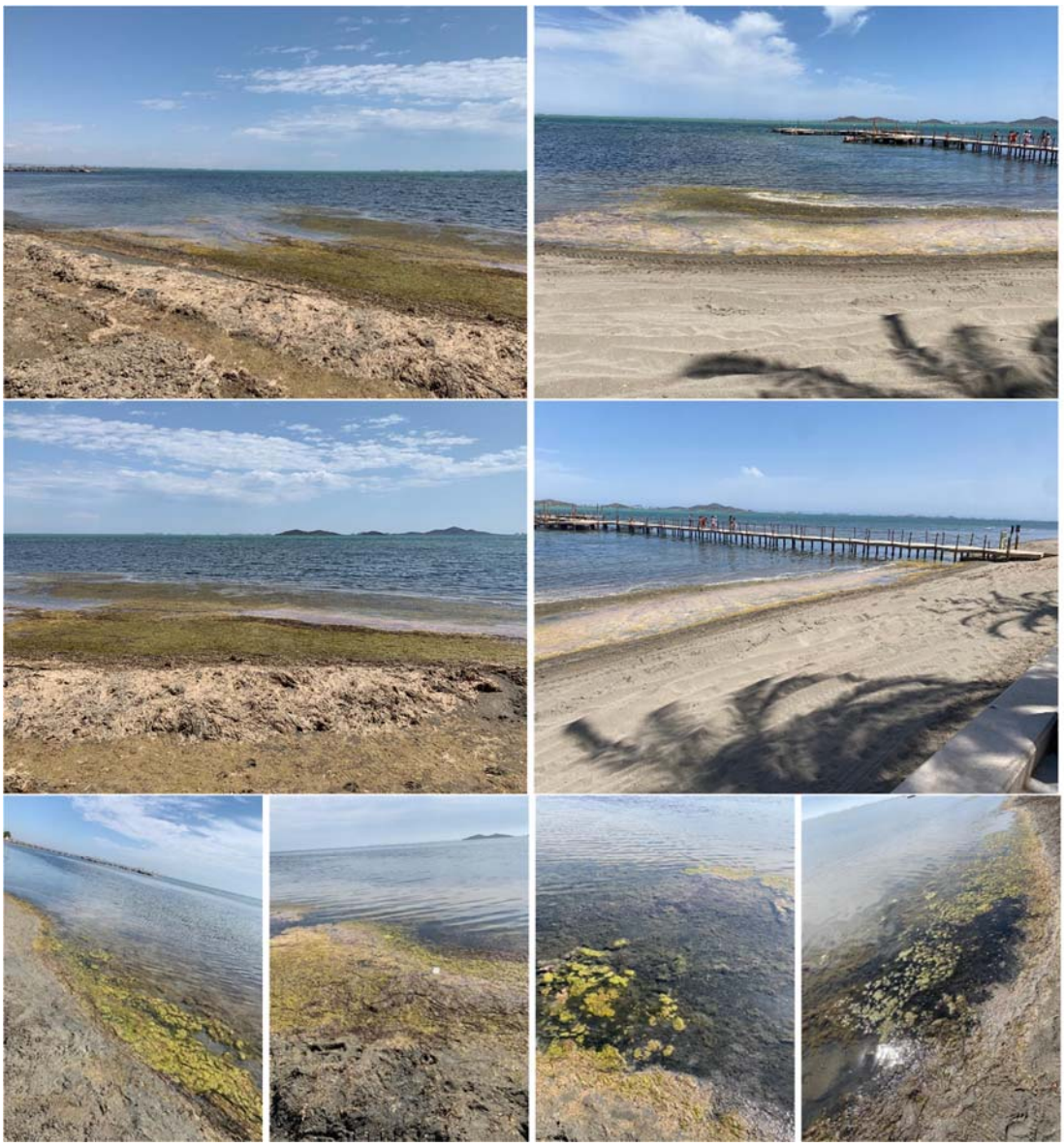


Figura 7. Acumulación de algas y formación de fangos tras su descomposición en distintos momentos de finales de invierno y durante la primavera en la zona de Los Urrutias (fotos aportadas por los vecinos).

La transparencia de la columna de agua también se ha mantenido en niveles relativamente aceptables, aunque con fluctuaciones y con áreas más sensibles a la pérdida de calidad del agua.

En abril y mayo se observaron ya eventos de turbidez semejantes a los que se vienen denunciando en estos informes desde que el nivel del freático comenzó a ser un problema en la primavera de 2019, y que este año han vuelto a ser motivo de alarma incluyendo declaraciones en los medios de comunicación. Como viene siendo habitual desde 2019, la mancha provocada por las entradas de nutrientes por la ribera interna coincide básicamente con la distribución superficial de los valores de turbidez y con las imágenes de satélite que han circulado en los medios. Estas manchas, en ocasiones van asociadas a proliferaciones de cianobacterias y son conocidas como aguas blancas (*White Waters*) o aguas lechosas (*milky waters*) en otras lagunas (por ejemplo en Venecia donde han dado lugar a mortandades de peces (https://www.ilfattoquotidiano.it/2023/02/15/moria-di-pesci-a-venezia-le-immagini-del-fenomeno-misterioso-in-laguna-e-nella-zona-di-portogruaro/7066361/; https://www.ansa.it/veneto/notizie/2023/02/15/pesci-morti-galleggiano-nei-rii-e-allarme-a-venezia_23d7b4cd-0fb4-43a2-a2c3-9de0606e7c5a.html; https://www.veneziatoday.it/cronaca/pesci-morti-laguna-venezia-riunione-comune-22-luglio-2013.html). Sin embargo, en el caso del Mar Menor, en principio, las observaciones preliminares de los componentes que presentan indican que se trata de materiales inorgánicos de muy pequeño diámetro, lo que propicia su mantenimiento en la columna de agua durante largos periodos, sin que sedimenten (Fco. Torrella, com. pers.)

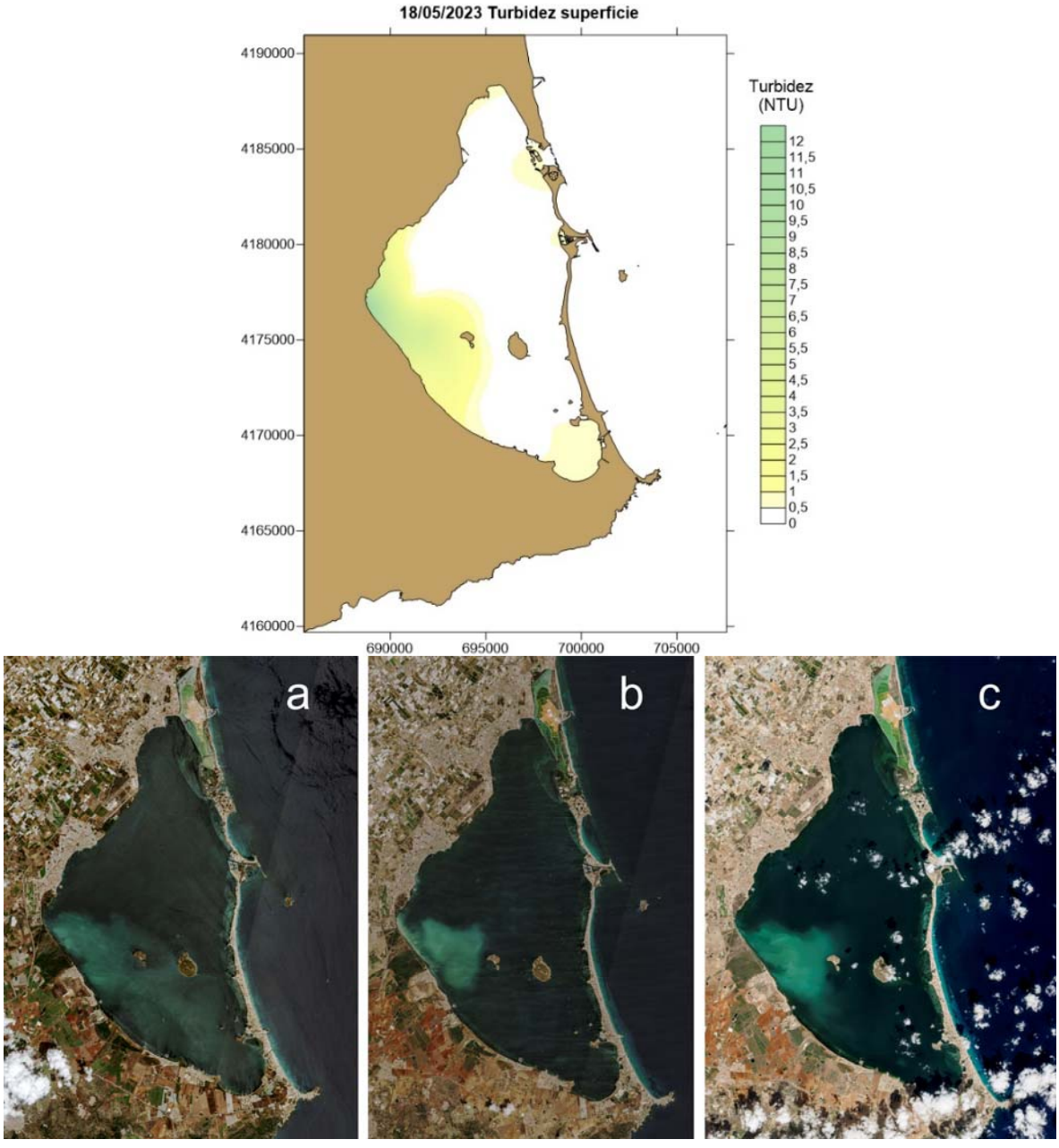


Figura 8. Distribución espacial de los valores de turbidez en el Mar Menor el 18 de mayo de 2023, e Imágenes de satélite del Mar Menor del 25 de mayo (a), 03 de agosto (b) y 27 de septiembre (c) de 2023 en las que puede observarse la pluma de materiales muy finos introducidos en la laguna por las aguas provenientes de la cuenca vertiente. Fuente Sentinel (https://dataspace.copernicus.eu/browser/).

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología

Grupo de Investigación
Ecología y Ordenación
de Ecosistemas Marinos
Costeros

Durante el verano se detectaron manchas de turbidez en las capas profundas frente al canal de El Estacio y en la ribera interna de la cubeta central (Fig. 9). Además, como se ha observado otros años ocasionalmente, en el informe de primavera se resaltó también la subida de los valores de turbidez en la zona de influencia de las encañizadas, lo que obliga a insistir en que cualquier operación de mantenimiento para la circulación de agua en los canales debe concentrarse en la época de invierno y durante las corrientes de salida de agua del Mar Menor hacia el Mediterráneo, cuando la dispersión es menor. La resuspensión de materia orgánica en las épocas de crecimiento vegetativo del fitoplancton y las algas bentónicas y cuando, por las temperaturas altas, la demanda de oxígeno es mayor, y su solubilidad en la columna de agua es menor, supone un riesgo elevado de provocar eventos de hipoxia, por lo que las actuaciones de dragado deben evitarse de forma tajante.

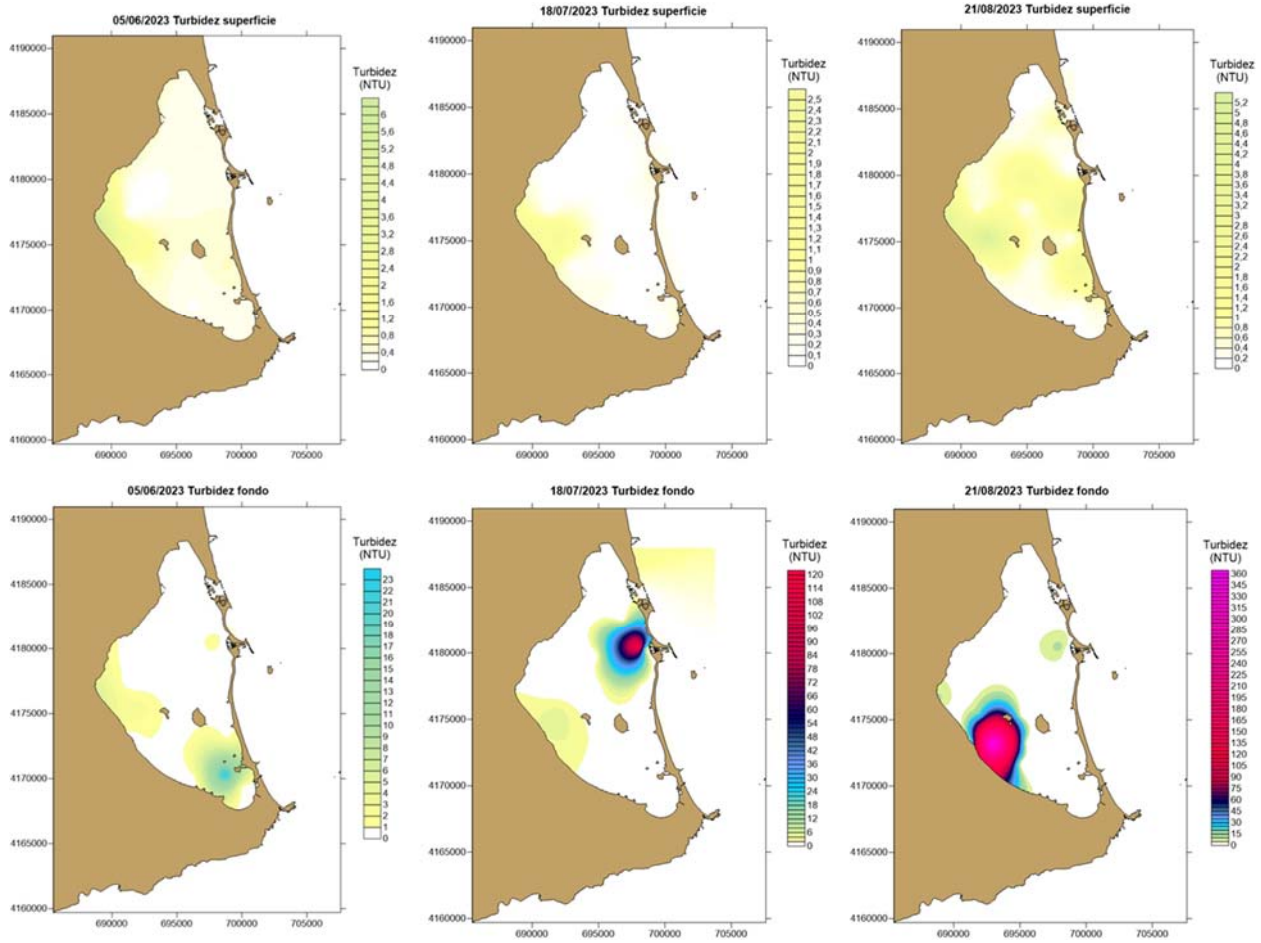


Figura 9. Distribución espacial de los valores de turbidez en el Mar Menor durante el verano de 2023 en superficie (arriba) y en el fondo de la columna de agua (debajo).

Al mismo tiempo, en el informe trimestral de febrero de 2023 y en el final correspondiente a 2022 (Pérez-Ruzafa, 2023a, 2023b), como ya se adelantó en el de junio de 2022 y se confirmaba en el de septiembre de ese año, se insistía en el importante papel que la retirada efectiva, hecha de forma sistemática y exhaustiva, de biomasa vegetal de las playas mantenida durante toda la primavera y el verano había jugado en el mantenimiento de las condiciones tróficas del Mar Menor y en la reducción de los riesgos de crisis de hipoxia. Por ello, se hacía especial hincapié en que para la primavera y el verano de 2023, y dado que las presiones siguen existiendo, era esencial mantener dichas tareas habida cuenta de que el ecosistema lagunar sigue en una situación extremadamente vulnerable a recaídas, un riesgo que se incrementa con el descenso paulatino de salinidad que está teniendo lugar y las altas temperaturas que se anunciaban para este año.

En este contexto, y como se deriva de los mapas de turbidez, la posibilidad de eventos de hipoxia durante este verano ha estado sujeta a incertidumbres debido a que durante el invierno y la primavera, a diferencia de 2022, en la que funcionó con eficacia, la retirada de biomasa vegetal acumulada en las playas ha fallado, lo que ha dado lugar a su acumulación y descomposición, especialmente en la ribera interna de la cubeta central y sur (Fig. 7). Esto no solo se traduce en una pérdida evidente de la calidad de baño y las condiciones ambientales y habitacionales de los usuarios de la playa y vecinos por los malos olores y la formación de sulfhídrico. Las consecuencias de la descomposición de la materia orgánica en las playas y su posterior distribución y concentración por las corrientes se hacen especialmente patentes en los datos de distribución espacial de la turbidez en superficie y fondo a principios de junio, en los que, además de las zonas afectadas por la rambla de El Albujón, se pueden observar ya acumulaciones precisamente en las áreas en las que se han generado los eventos de hipoxia otros años.

De hecho, aunque los valores medios de oxígeno se han mantenido por encima de saturación durante la mayor parte de la primavera y el verano, con valores absolutos por encima de 4 mg/L (es decir, sin problemas de hipoxia) (Fig. 10), durante todo 2023 se ha observado una tendencia a la bajada continua de los valores medios absolutos de oxígeno que han pasado progresivamente de 8,8 mg/l en febrero a 5,78 mg/l en septiembre. En el mes de mayo, ya se han empezado a detectar descensos de la concentración de oxígeno en las áreas próximas a las acumulaciones de algas y de descomposición de materia orgánica, en las principales zonas de entrada de agua y nutrientes y en las encañizadas, cuando se observó resuspensión de sedimentos (Fig. 11).

Afortunadamente, a pesar de las bolsas de turbidez que se han formado, y de las bajadas puntuales en áreas más o menos extensas del fondo de la laguna (Fig. 12), este verano no se han registrado eventos de hipoxia.

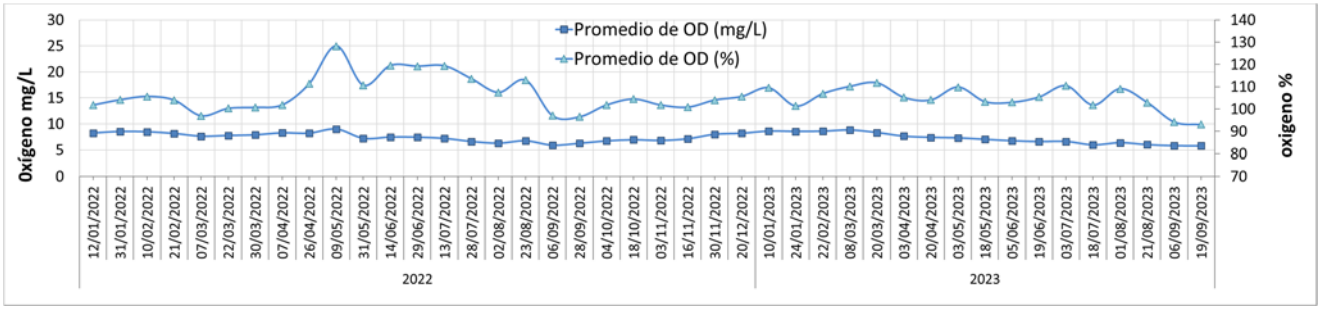


Figura 10. Evolución de la concentración de oxígeno disuelto en la columna del agua medida en porcentaje de saturación (%) y en mg/L durante 2022 y 2023.

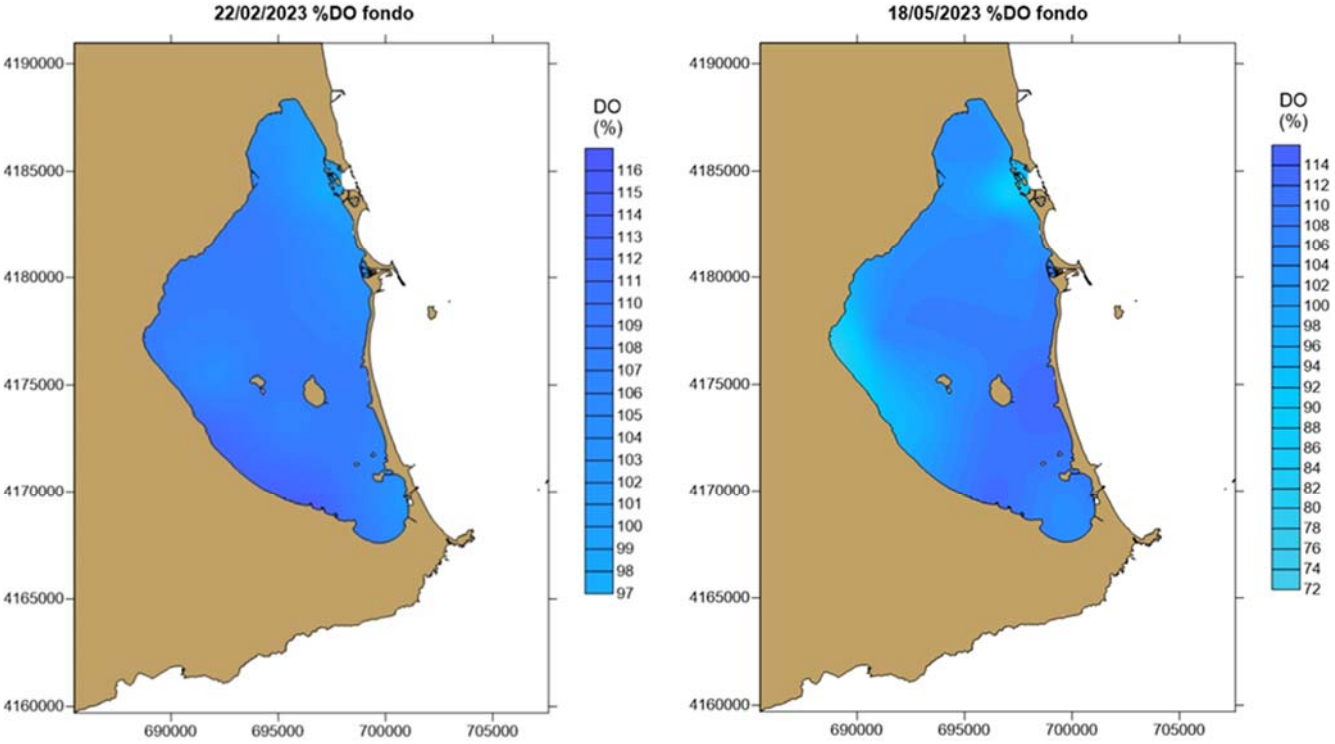


Figura 11. Distribución espacial de la saturación de oxígeno disuelto en el agua del Mar Menor en la red de estaciones de muestreo distribuidas en el interior de la laguna en la capa del fondode la columna de agua el 22 de febrero y el 18 de mayo de 2023.

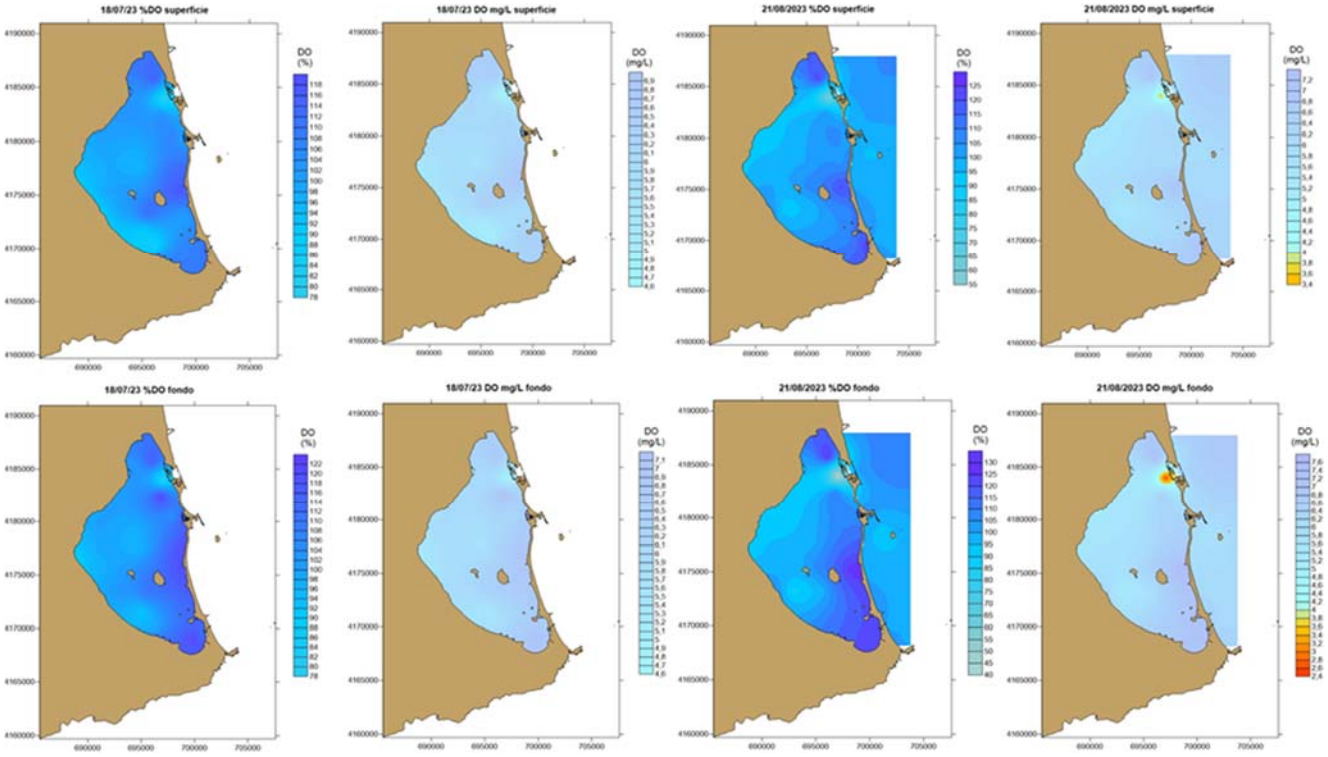


Figura 12. Distribución espacial de la concentración y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en el agua del Mar Menor en la red de estaciones de muestreo distribuidas en el interior de la laguna en las capas de superficie (arriba) y del fondo (debajo) de la columna de agua durante el verano de 2023.

Estado de las poblaciones de medusas en el Mar Menor

Una de las razones por las que se ha mantenido la calidad de las aguas de forma generalizada y no se han producido fenómenos de hipoxia en 2023, a pesar de mantenerse elevadas la entrada de agua y nutrientes al Mar Menor y de no haber funcionado de manera óptima la retirada de nutrientes durante la primavera y verano de este año, el retorno de las proliferaciones de medusas.

El plancton gelatinoso del Mar Menor (medusas) está compuesto por 10 especies: 6 escifozoos, 1 cubozoo, 2 hidrozoos y 1 ctenóforo (Fernández-Alías et al., 2022). Entre estas especies, el grupo más interesante, debido a sus proliferaciones masivas, tanto históricas como actuales, se corresponde con el de los escifozoos, compuesto por la medusa luna, *Aurelia solida* Browne, 1905 (Fernández-Alías et al., 2023), la medusa huevo frito, *Cotylorhiza tuberculata* (Macri, 1778), la aguamala, *Rhizostoma pulmo* (Macri, 1778), la medusa de puntos australiana, *Phyllorhiza punctata* von Lendenfeld, 1884, el acéfalo

luminiscente, *Pelagia noctiluca* (Forsskål, 1775), y la medusa invertida, *Cassiopea* sp. Perón & Lesseur, 1810.

Antes del dragado y ensanchamiento del canal del Estacio, únicamente *A. solida* contaba con una población en el interior del Mar Menor, estableciéndose *C. tuberculata* y *R. pulmo* durante la década de 1990 y comenzando a realizar proliferaciones de forma regular (Pérez-Ruzafa, 1996, 1997). Desde el año 2022 se considera también a la medusa *P. punctata* como establecida en el Mar Menor (Fernández-Alías et al., en revisión). El resto de los escifozoos se consideran como *marine straggler sensu* Pérez-Ruzafa et al. (2019) (Fernández-Alías et al., 2022). Es decir, pueden encontrarse ocasionalmente dentro del Mar Menor, pero no son capaces de sobrevivir en el interior salvo en determinados momentos en los que encuentran condiciones favorables.

A. solida, *C. tuberculata,* y *R. pulmo* presentan una segregación espacial y temporal, siendo la medusa conocida popularmente como huevo frito (*C. tuberculata*) la que domina la columna de agua durante la temporada estival y otoñal (Fernández-Alías et al., 2020, 2023). En los anteriores informes constatamos la desaparición de *A. solida*, que ocurre con el ascenso de las temperaturas, y la baja densidad y probabilidades de interferencia de *R. pulmo* durante el verano de 2023 (Fernández-Alías et al., 2023; Fernández-Alías & Pérez-Ruzafa, 2023a, 2023b). Debido a esto el presente informe se centra, fundamentalmente, tanto en *C. tuberculata* como en *P. punctata*, con la que comparte estacionalidad.

Abundancia y distribución

Cotylorhiza tuberculata

C. tuberculata ha sido, con diferencia, la medusa que ha alcanzado históricamente unas mayores abundancias en el Mar Menor. Los años de mayor abundancia, en 2011 y 2012, se estima que la población alcanzó los 875 millones de individuos en el interior del Mar Menor. Durante los meses de junio de los citados años, las densidades de *C. tuberculata* fueron 31.61 ± 19.90 ind/100m^3 (Promedio ± Error Estándar) el 29 de junio del año 2011 y de 53.21 ± 18.11 ind/100m^3 el 28 de junio del año 2012. Durante el presente año, la densidad máxima durante el mes de junio fue registrada el día 19, 7.85 ± 4.02 ind/100m^3 (Fig. 13).

Las observaciones realizadas en junio indicaban que la abundancia era semejante a la de 2018, pero la cobertura (presencia/ausencia) ese año (17.40%) era muy inferior a la del 19 de junio de 2023 (96%). Entre el 19 de junio y el 3 de julio de 2023 se ha observado un aumento importante del número de ejemplares de *C. tuberculata*, pasando de 7.85 ± 4.02 ind/100m^3 el 19 de junio a 137.96 ± 65.01 ind/100m^3 (Fig. 13). Esta cifra supera las densidades de julio de 2011 (44.11 ± 10.91 ind/100m^3, 13 julio 2011) y 2012 (62.48 ± 14.93 ind/100m^3, 18 julio 2012), aunque todavía se sitúa lejos de los máximos de estos años, en

ambos casos alcanzados en septiembre (238.39 ± 79.39 ind/100m^3, 6 de septiembre de 2011; 205.12 ± 66.55 ind/100m^3, 25 septiembre 2011).

Este aumento del número de individuos ha continuado hasta el 1 de agosto de 2023, alcanzando 188.74 ± 55.82 ind/100m^3, cifras equiparables a las de septiembre de 2011 y 2012. A fecha de 21 de agosto de 2023 se registra un leve descenso de la abundancia máxima (151.93 ± 49.93 ind/100m^3). De acuerdo con el indicador de proliferaciones de *C. tuberculata* para el Mar Menor desarrollado en Fernández-Alías et al. (2023) actualmente se sitúa en un nivel de 7 sobre 8, con presencia en más del 75% de las estaciones y una abundancia entre el 50 y el 75% de la máxima abundancia registrada.

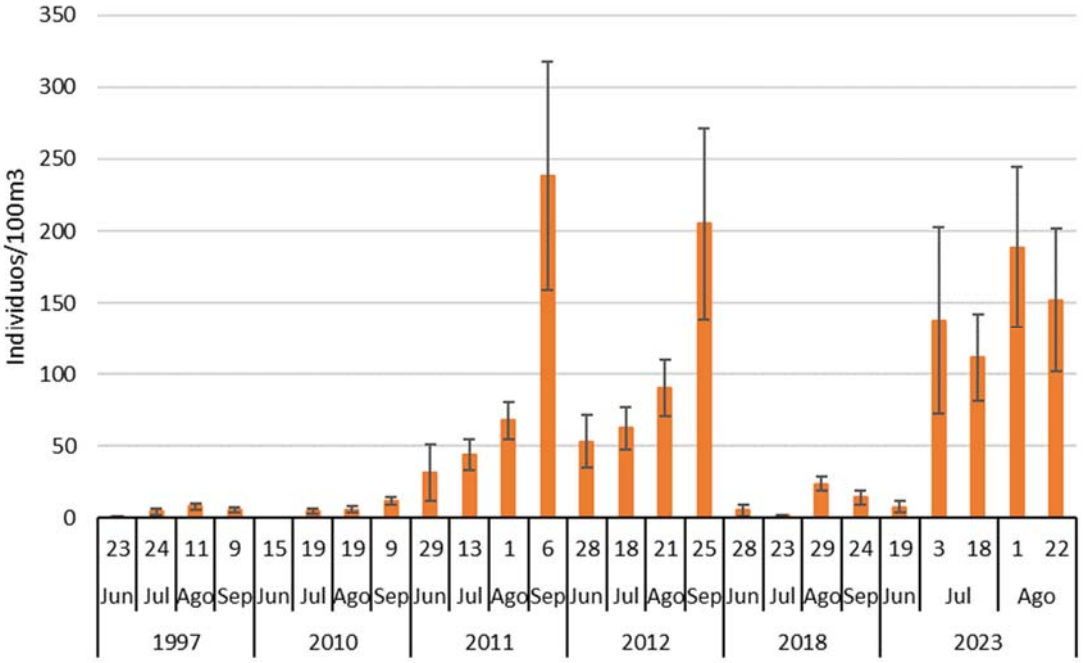


Figura 13. Densidad de *Cotylorhiza tuberculata* en el Mar Menor. Las barras de error indican error estándar.

La distribución de tallas de *C. tuberculata* a fecha de 3 de julio de 2023 estaba dominada por las inferiores a 10 cm de diámetro de la umbrela (40.41% del total) y aquellas cuya umbrela tiene un diámetro entre los 10 y los 20 cm de diámetro (36.93% del total) (Fig. 14). En esa fecha, considerábamos que la proporción de individuos pertenecientes a la talla de 0 a 10 cm podría estar subestimada debido a que este rango de tamaño, dominada, además por individuos de alrededor de 2-3cm de tamaño, ante las densidades de individuos alcanzadas y la presencia de individuos de tallas superiores, podría infravalorarse en los censos efectuados. El 1 de agosto de 2023, la clase de talla dominante correspondía con los individuos entre 10 y 20 cm de diámetro de umbrela (48.83%) seguida por las inferiores

a 10cm de diámetro (40.16%), donde las inferiores a 2-3cm de diámetro representan una proporción cada vez menor.

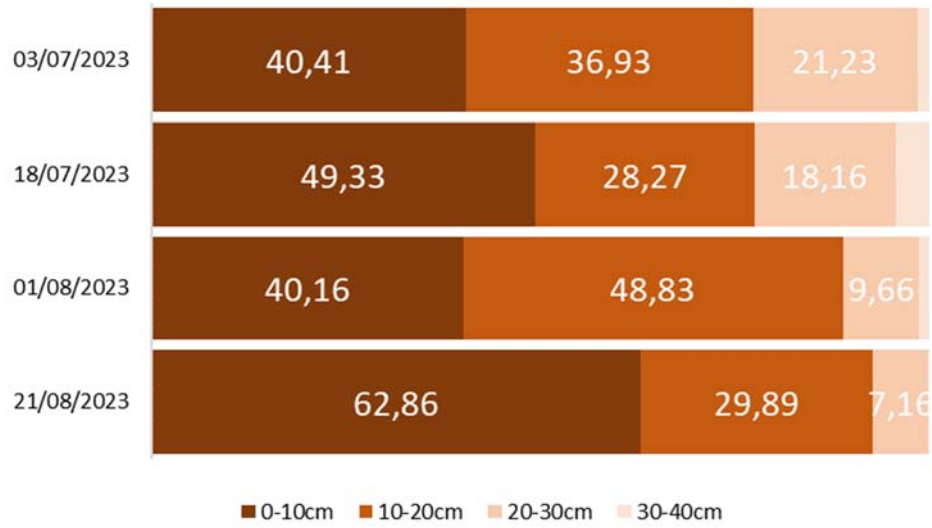


Figura 14. Proporción de individuos por talla de *Cotylorhiza tuberculata* en el Mar Menor durante el verano de 2023.

Durante el verano de 2023, *C. tuberculata* se ha encontrado en mayores abundancias en la zona norte del Mar Menor, con formación de enjambres y agregaciones puntuales en diferentes zonas de la cubeta norte. El día 3 de julio destacaba la concentración, superior a 1500 ind/100m^3, en la zona de La Manga. Estas agregaciones se ven afectadas por las corrientes, el viento y por la capacidad natatoria de los individuos, favoreciendo la formación de enjambres, la reproducción sexual de los individuos o la protección frente a posibles depredadores (Kikinger, 1992; Hamner & Dawson, 2009; Fernández-Alías et al., 2021). El día 18 de julio, la agregación se había distribuido por toda la superficie del Mar Menor con predominancia en la zona norte y, a fecha de 1 de agosto, se han formado nuevas agregaciones frente a la rambla de El Albujón (>1300 ind/100m^3) y al sur del canal de El Estacio, frente al Pedrucho (≈700 ind/100m^3). Con fecha de 21 de agosto de 2023, la población se concentra fundamentalmente al sur del canal del Estacio y frente a Lo Pagán (≈900 ind/100m^3) (Fig. 15).

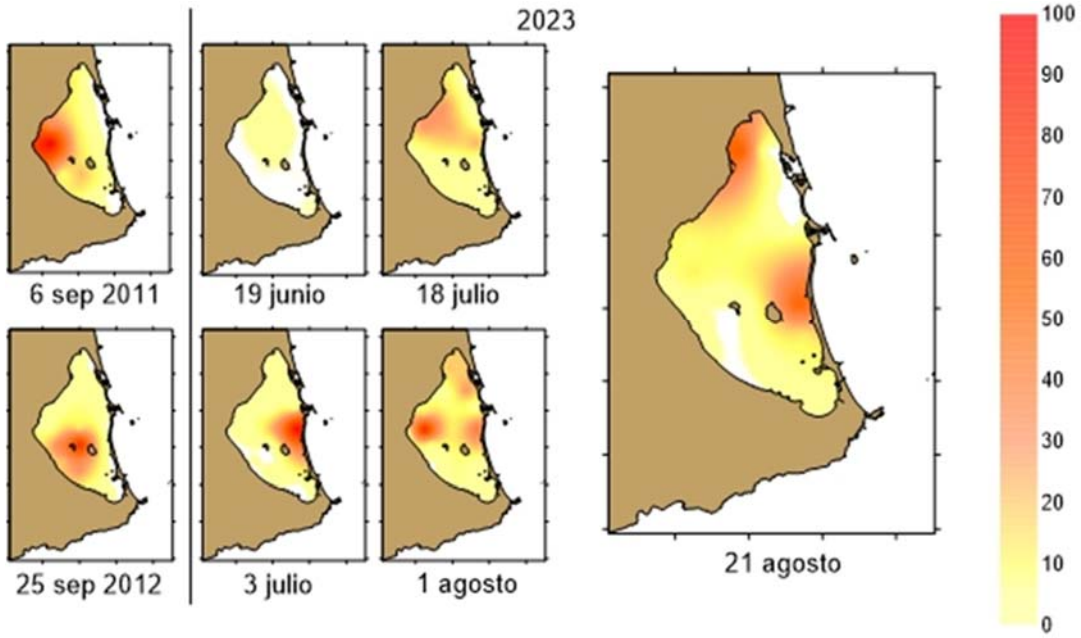


Figura 15. Distribución horizontal de la abundancia relativa (0-100% de la máxima abundancia registrada) de *Cotylorhiza tuberculata* en el Mar Menor.

Desde el comienzo del mes de julio se detectó la exportación de individuos desde el Mar Menor hacia el Mediterráneo, donde, de acuerdo con la aplicación de ciencia ciudadana MedusApp (www.medusapp.net), la especie estuvo presente desde Santa Pola al norte y hasta Águilas o incluso Garrucha hacia el sur. El día en el que se registró mayor abundancia en el Mar Mediterráneo, entre el sur del puerto de San Pedro y el norte de Cabo Palos, fue el 1 de agosto (9.37 ± 7.34 ind/100m^3), disminuyendo a fecha de 21 de agosto hasta 0.60 ± 0.33 ind/100m^3. Se debe destacar que, la exportación de individuos al Mediterráneo se ha detectado para ejemplares, generalmente, de mayor tamaño y que la reducción de la salida podría estar relacionada con la demografía actual en el interior del Mar Menor.

Phyllorhiza punctata

P. punctata fue detectada por primera vez en el Mar Menor durante el año 2017. Durante la segunda mitad del verano y el otoño de 2022 se registró el primer afloramiento de *P. punctata* en la laguna. Hasta esa fecha se consideraba como un visitante ocasional (*marine straggler*) *sensu* Pérez-Ruzafa et al. (2019) (Fernández-Alías et al., 2022), aunque, en base a los datos actuales, esta especie cierra ya su ciclo completo en el Mar Menor y debe considerarse ya una población lagunar.

Hay que destacar que esta especie comenzó a detectarse, en el anterior afloramiento, al comenzar el mes de agosto, mientras que este año su proliferación se ha adelantado a junio. En el informe del 19 junio 2023 se detectaron individuos de pequeño tamaño (0-5cm) y su población continuaba en desarrollo a fecha de 5 de julio 2023, presentando los individuos tallas de 0-5cm y de 5-10cm en la localidad de Los Urrutias.

En esa fecha, la población tenía una densidad de 0.44 ± 0.27 ind/100m^3 en el conjunto de la laguna, pero se concentraba fundamentalmente frente a la playa de Los Urrutias, con agregaciones de 6.41 ind/100m^3. Posteriormente, se produjo una disminución de su abundancia, tanto en el conjunto de la laguna como en la playa de los Urrutias (Figura 16). El día 1 de agosto de 2023 la abundancia había descendido hasta 0.07 ± 0.03 ind/100m^3.

En el último informe se indicaba la reducción en la abundancia de esta especie y se apuntaba a la competencia interespecífica con *C. tuberculata* como causa de esta reducción (Pérez-Ruzafa et al., 2023). En la campaña del 21 de agosto se ha detectado un único ejemplar, frente a la rambla de El Albujón, por lo que, como se esperaba, no se produjo ninguna interferencia de esta especie con las actividades antrópicas.

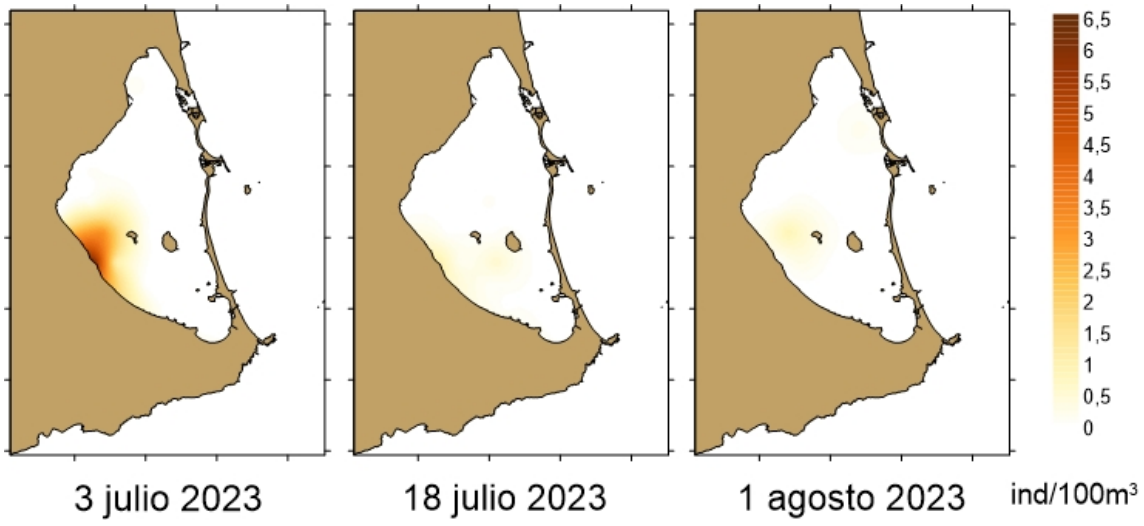


Figura 16. Distribución horizontal de *Phyllorhiza punctata* durante el verano de 2023 en el Mar Menor.

Consideraciones y recomendaciones ante el retorno de las proliferaciones de medusas

Aunque las poblaciones de medusas se han considerado tradicionalmente como una molestia para los seres humanos (Purcell et al., 2007; 2013; Richardson et al., 2009), especialmente para las condiciones del baño, al mismo tiempo juegan un papel importante en los ecosistemas y en el mantenimiento de la calidad de las aguas en procesos de eutrofización (Pérez-Ruzafa et al., 2002; Fernández-Alías et al., 2022).

En el Mar Menor, las medusas realizan un importante papel ecosistémico de control de la red trófica; destacando la depredación sobre fitoplancton por parte de *C. tuberculata* y *R. pulmo* (Pérez-Ruzafa et al., 2002). A esto se debe sumar que *C. tuberculata* posee zooxantelas simbiontes, capaces de realizar la fotosíntesis y, por tanto, de competir a este nivel por la disponibilidad de nutrientes con el fitoplancton (Kikinger, 1992). Además, de cara a la toma de decisiones y medidas de gestión ante la presencia de estas especies, es importante resaltar que todas las crisis distróficas ocurridas en el Mar Menor, inducidas por la descarga masiva de nutrientes, han tenido lugar bajo las condiciones de ausencia de medusas y alta temperatura del agua (Fernández-Alías et al., 2022).

Como adelantamos en los anteriores informes, la población de *C. tuberculata* se está desarrollando en forma de proliferación masiva. Las densidades actuales, con mayor predominancia en la zona norte de la laguna, son equiparables a las densidades de los años 2011 y 2012. La fenología de esta especie presenta poca variación temporal y espacial a pesar de las fluctuaciones interanuales de la abundancia (Dobson et al., 2023; Fernández-Alías et al., 2023). Es decir, una vez comienza a desarrollarse una proliferación masiva, se espera que no existan grandes variaciones en el crecimiento de los organismos, la aparición inicial o la fecha de desaparición de los individuos (Fernández-Alías et al., 2023).

En el Mar Menor, la transición de éfira a medusa y el crecimiento de los individuos de *C. tuberculata* tiene lugar durante el pico de temperatura estival (Fernández-Alías et al., 2023). Por tanto, todavía podrían incorporarse nuevos ejemplares de pequeño tamaño a la población lagunar, aunque la distribución actual de tallas indica que tendrá mayor relevancia el crecimiento de los individuos actuales que la extensión del reclutamiento. De acuerdo con el ciclo de vida en el ecosistema, no esperamos que las medusas desaparezcan hasta el final del otoño y comienzo del invierno, y es previsible que el pico de abundancia se encuentre entre agosto y septiembre (Fig. 11).

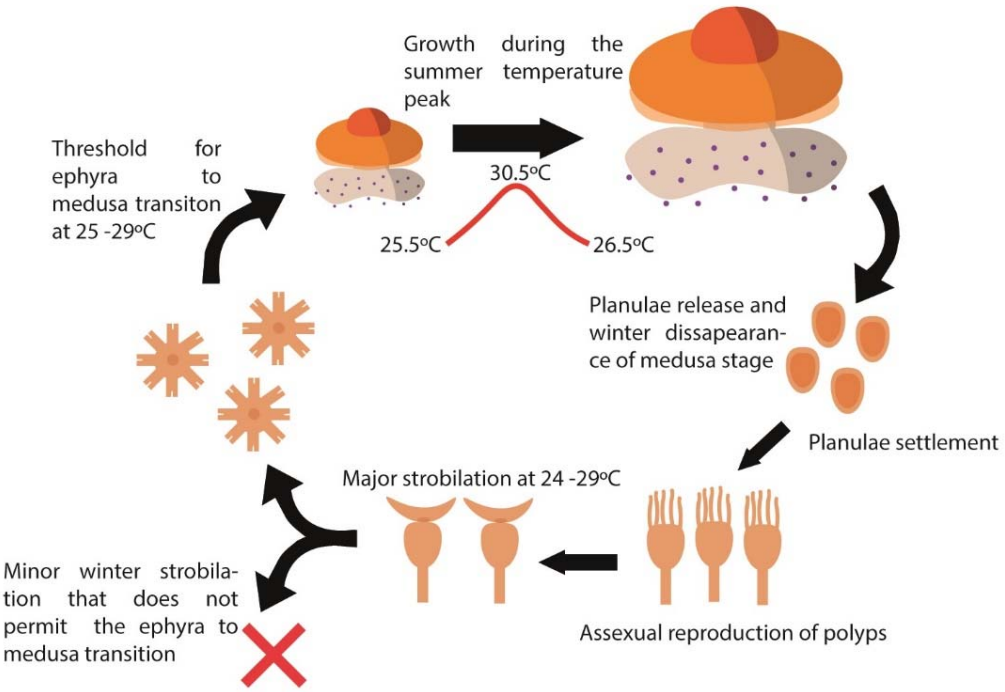


Figura 11. Ciclo de vida de *Cotylorhiza tuberculata* en el Mar Menor. Modificada de Fernández-Alías et al. (2023).

En los informes anteriores indicábamos que la segregación espacial entre la población de *P. punctata* y la de *C. tuberculata* reducía la competencia interespecífica y que podría darse el desarrollo de ambas especies según su dinámica habitual (Fernández-Alías & Pérez-Ruzafa, 2023a, 2023b). Sin embargo, el aumento de la densidad de *C. tuberculata* en toda la superficie del Mar Menor ha aumentado dicha competencia y la abundancia de *P. punctata* se ha visto reducida, aunque esta todavía se encuentra presente en las zonas donde *C. tuberculata* presenta menor abundancia. Aunque todavía no puede descartarse una proliferación de *P. punctata* a final de agosto, esta resulta, actualmente, improbable.

Puede decirse que la evolución de la problemática asociada a las proliferaciones de medusas se mantiene estable, sin que hasta el momento se hayan producido problemas relevantes. Por ello se mantiene la recomendación de no realizar actuaciones encaminadas la retirada masiva de individuos ni la instalación de redes en las zonas de baño. Como ya se demostró en su día, la retirada directa de individuos no resulta eficaz debido a las altas densidades de estas especies que pueden alcanzarse y a la fertilidad que presentan (Kikinger, 1992; Pérez-Ruzafa, 1997; Pérez-Ruzafa et al., 2002) y, sin embargo, reduce la capacidad controladora de la calidad de aguas. Además, las especies que actualmente proliferan en el Mar Menor, son poco urticantes en una interacción normal. Con respecto a la colocación de redes en las zonas de baño, la recomendación de no instalarlas se basa, precisamente, en sus efectos negativos sobre la calidad del baño y de las playas, sin olvidar

la mortandad que inducen en los peces que quedan retenidos en ellas. Las redes tienden a tapizarse en pocas horas con las ovas de crecimiento rápido, restringiendo las corrientes litorales y favoreciendo la acumulación de materia orgánica, seguida de una degradación de la misma, con el correspondiente enfangamiento y consumo del oxígeno en el agua y el sedimento. Además, las redes no impedirían el paso de medusas de las tallas registradas actualmente y, aquellas de tallas superiores podrían cruzar empujadas por las corrientes por encima de las redes (Pérez-Ruzafa, 1997), sobre todo cuando la relinga de corchos se hunde como consecuencia del peso de la biomasa acumulada. Por tanto, se mantiene que la instalación de redes "antimedusa" podría resultar contraproducente.

Consideración final

Hay que insistir, una vez más, en que los valores relativamente bajos de nutrientes no se deben tanto al cese de las entradas, aunque se han visto algo reducidas, sino a su consumo por los productores primarios y la respuesta del ecosistema y sus mecanismos de autorregulación. Los datos muestran que los aportes de nutrientes se mantienen con elevadas concentraciones de nitrato a lo largo de toda la ribera interna de la laguna y descargas ocasionales, pero cada vez más frecuentes y altas, de fósforo. Es necesario insistir una vez más en que el principal problema sigue siendo que el nivel freático sigue muy alto y el aporte continuado de nutrientes y agua dulce se puede ver muy incrementado si se producen lluvias debido a la escasa retención por parte del terreno, lo que supone un riesgo de que ocurran proliferaciones de algas y fitoplancton, con acúmulos en las playas y en las zonas profundas de la columna de agua en el centro de los giros circulatorios como ocurrió en el año 2021. Cada vez se hace más patente que el desmonte del salmueroducto y las restricciones a la extracción de agua del subsuelo han acentuado el problema, que ha pasado de estar concentrado en una zona de vertido localizada, sobre la que hubiera sido sencillo actuar, a estar distribuido de forma difusa difícil de controlar. Es por tanto importante insistir en disponer de infraestructuras y regulaciones que permitan controlar y gestionar las aguas en la cuenca vertiente y mantener un balance adecuado entre aportes y extracción controladas con un sistema de conducción y tratamiento de aguas adecuados que evite el deterioro del acuífero y las entradas al Mar Menor.

Se mantiene, también la recomendación sobre la importancia y urgencia de retirar biomasa vegetal en descomposición de las playas del Mar Menor (Pérez-Ruzafa, 2022b), ya que, a pesar de que los valores de concentración y clorofila se mantienen bajos en la columna de agua gracias a las regulaciones del propio ecosistema, el Mar Menor sigue en estado crítico, con altos riesgos de crisis distróficas y eventos de hipoxia. Durante 2022, el mantenimiento metódico, intenso y continuado de la retirada de biomasa desde principios de ese año fue la clave de la ausencia de eventos significativos de hipoxia durante el verano, a pesar de la entrada continuada de nutrientes y de las temperaturas elevadas de julio y agosto, que

alcanzaron valores medios en las aguas superficiales de la laguna de 31,5°C. Este año 2023, el retraso en dichas operaciones aumentó muy significativamente los riesgos de que la laguna sufriera crisis de hipoxia, que probablemente no llegaron a producirse por el papel que este año han jugado las poblaciones de medusas en el control de la red trófica.

El hecho de que este año, hayan tenido lugar, nuevamente, proliferaciones de medusas relativamente significativas (Fernández-Alías & Pérez-Ruzafa, 2023a, 2023b) ha vuelto a suscitar la demanda de realizar actuaciones como la instalación de redes en las zonas de baño. Como se ha venido incidiendo en los distintos informes, es importante recalcar que esta medida no es en principio aconsejable dado que, además del potencial efecto de las redes sobre especies sensibles especialmente sobre los juveniles y adultos del caballito de mar y otras especies que quedan retenidas en ellas, se tapizarían con las ovas de rápido crecimiento restringiendo el hidrodinamismo en las playas y aumentando la acumulación de materia orgánica, seguida de una degradación de la misma, lo que implica enfangamiento de las zonas de baño, malos olores y un consumo del oxígeno disuelto a nivel local. Además, las especies que, por el momento, muestran proliferaciones, como *Cotylorhiza tuberculata*, y *Phyllorhiza punctata*, apenas resultan urticantes. Por tanto, se insiste en que la instalación de redes "antimedusa", en general, resulta contraproducente y debe considerarse con extrema precaución, siendo, en general, desaconsejable.

Finalmente, no queda más remedio que insistir también en que la entrada de agua dulce, por sí sola, es un factor desequilibrante para el funcionamiento del Mar Menor, cuya fauna y flora está adaptada a condiciones hiperhalinas, con efectos constatados como los ya comentados en informes anteriores de mortandades masivas en las poblaciones de *Holothuria poli* o los riesgos de expansión de parásitos como *Haplosporidium pinnae,* causante de la mortalidad que afecta a las poblaciones de nacra (*Pinna nobilis*).

Referencias

Dobson J.Y., Fonfría E.S., Palacios R., Blasco E. & Bordehore C., 2023. Citizen science effectively monitors biogeographical and phenological patterns of jellyfish. *Ocean & Coastal Management*, 242: 106668.

Fernández-Alías A. & Pérez-Ruzafa A., 2023a. *Estado de las poblaciones de medusas en el Mar Menor (Junio 2023).* Grupo de Investigación Ecología y Ordenación de Ecosistemas Marinos Costeros. Universidad de Murcia, 20 de junio de 2023: 6 pp.

Fernández-Alías A. & Pérez-Ruzafa A., 2023b. *Estado de las poblaciones de medusas en el Mar Menor (Julio 2023)*. Grupo de Investigación Ecología y Ordenación de Ecosistemas Marinos Costeros. Universidad de Murcia, 20 de junio de 2023: 6 pp.

Fernández-Alías A., Marcos C., Quispe J.I., Sabah S. & Pérez-Ruzafa A., 2020. Population dynamics and growth in three scyphozoan jellyfishes, and their relationship with environmental conditions in a coastal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 243: 106901.

Fernandez-Alias A., Marcos C. & Perez-Ruzafa A., 2021. Larger scyphozoan species dwelling in temperate, shallow waters show higher blooming potential. *Marine Pollution Bulletin*, 173 : 113100.

Fernández-Alías A., Montaño-Barroso T., Conde-Caño M.R., Manchado-Pérez S., López-Galindo C., Quispe-Becerra J.I., Marcos C. & Pérez-Ruzafa A., 2022. Nutrient overload promotes the transition from top-down to bottom-up control and triggers dystrophic crises in a Mediterranean coastal lagoon. *Science of The Total Environment*, 157388.

Fernández-Alías A., Molinero J.C., Quispe-Becerra J.I., Bonnet D., Marcos C. & Pérez-Ruzafa A., 2023. Phenology of scyphozoan jellyfish species in a eutrophication and climate change context. *Marine Pollution Bulletin*, 194: 115286.

Hamner W.M., & Dawson M.N., 2009. A review and synthesis on the systematics and evolution of jellyfish blooms: advantageous aggregations and adaptive assemblages. *Hydrobiologia*, 616 (1): 161-191.

Kikinger R., 1992. *Cotylorhiza tuberculata* (Cnidaria: Scyphozoa) Life history of a stationary population. *Marine Ecology*, 13 (4): 333-362.

Pérez-Ruzafa A. (Coord.), 1996. *Estudio del ciclo de vida y la dinámica de la población de la medusa Cotylorhiza tuberculata en el Mar Menor.* Informe final del grupo de investigación "Ecología y ordenación de ecosistemas marinos costeros" de la Universidad de Murcia para la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Pérez-Ruzafa A. (Coord.), 1997. *Estudio de la dinámica de las poblaciones de medusas en el Mar Menor, problemática asociada y búsqueda de soluciones*. Informe final del grupo de investigación "Ecología y ordenación de ecosistemas marinos costeros" de la Universidad de Murcia para la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Pérez-Ruzafa A. (Coord.), 2023. Seguimiento y análisis predictivo de la evolución del estado ecológico del ecosistema lagunar del Mar Menor y prevención de impactos. Informe final. Universidad de Murcia-Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente Informe final febrero 2023, 2023: 267 pp.

Pérez-Ruzafa A., 2022b. *Informe sobre la idoneidad y urgencia de retirar biomasa vegetal en descomposición de las playas del Mar Menor.* Grupo de Investigación Ecología y Ordenación de Ecosistemas Marinos Costeros. Universidad de Murcia, CARM. 4 pp.

Pérez-Ruzafa A., 2023a. *Informe de seguimiento del estado ecológico del Mar Menor en febrero de 2023.* Grupo de Investigación Ecología y Ordenación de Ecosistemas Marinos Costeros. Universidad de Murcia, CARM. 7 pp.

Pérez-Ruzafa, A., 2023b. *Informe de seguimiento del estado ecológico del Mar Menor en junio de 2023.* Grupo de Investigación Ecología y Ordenación de Ecosistemas Marinos Costeros. Universidad de Murcia, CARM.12 pp.

Pérez-Ruzafa A., Gilabert J., Gutiérrez J.M., Fernández A.I., 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.

Pérez-Ruzafa A., Pérez-Ruzafa I., Newton A. & Marcos C., 2019. Coastal lagoons: environmental variability, ecosystem complexity and goods and services uniformity. In: Wolanski, E., Day, J., Elliott, M., & Ramesh, R. (Eds.), *Coasts and Estuaries, The Future*. Elsevier: 253-276.

Purcell J.E., Uye S.I. & Lo W.T., 2007. Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: a review. *Marine Ecology Progress Series*, 350: 153-174.

Purcell J.E., Baxter E.J. & Fuentes V.L., 2013. Jellyfish as products and problems of aquaculture. In: *Advances in aquaculture hatchery technology*. Woodhead Publishing: 404-430

Richardson A.J., Bakun A., Hays G.C. & Gibbons M.J., 2009. The jellyfish joyride: causes, consequences and management responses to a more gelatinous future. *Trends in ecology & evolution*, 24 (6): 312-322.