

Informe de resultados de las campañas oceanográficas realizadas los días 16 a 18 de agosto de 2021 con motivo del episodio de anoxia en la zona sur del Mar Menor.

Javier Gilabert

Departamento de Ingeniería Química y Ambiental
Universidad Politécnica de Cartagena

Ante la aparición de peces y crustáceos muertos en las orillas de las playas de Islas Menores, Punta Lengua de Vaca y Cala del Pino el lunes 16 de agosto se procedió a realizar campañas de medida de parámetros oceanográficos mediante perfilador CTD equipado con sensores auxiliares los días 16 y 18 de agosto con un total de los 48 perfiles verticales. Se presentan los datos y algunos resultados obtenidos.

Situación previa

La Figura 1 muestra los valores medios para todo el Mar Menor de temperatura, Oxígeno disuelto, clorofila y materia orgánica disuelta desde enero de 2021 hasta la fecha. Se observa el aumento de la temperatura a lo largo del año y la consecuente disminución del Oxígeno disuelto con el incremento acelerado tanto de la clorofila como de la materia orgánica disuelta alcanzo los máximos anuales.

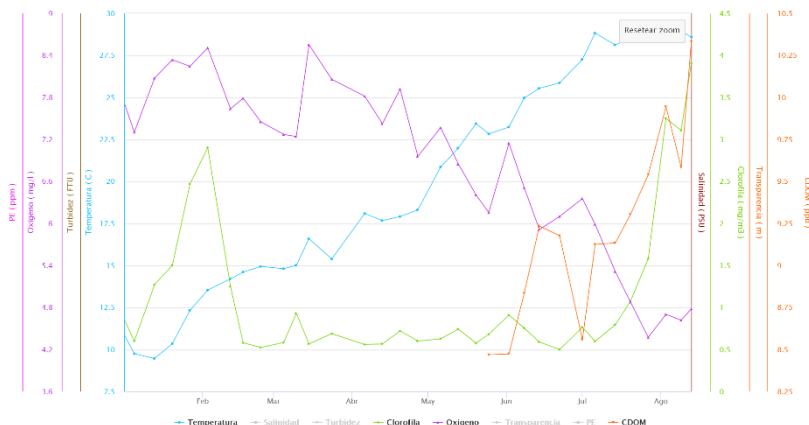


Figura 1. Evolución de la temperatura, clorofila, Oxígeno disuelto y materia orgánica disuelta cromofórica (CDOM) (fuente: Servidor de Datos Científicos del Mar Menor. www.canalmarmenor.es)

El episodio ocurre tras cuatro días de intensa “ola de calor” con elevadas temperaturas y vientos en calma donde se llegan a medir hasta 30°C en el agua en el centro de la albufera, suponiendo un incremento importante, de hasta 2 grados, respecto a días anteriores.

La Figura 2 muestra la velocidad de corriente en el fondo en el punto de la cubeta sur obtenidos mediante el Sistema de Modelo Oceanográfico Regional del Mar Menor (ROMS) desde el 12 de agosto (comienzo de la ola de calor) hasta el 18 de agosto. Se muestran valores de corrientes muy bajos hasta los vientos del día 17 de agosto cuando se levantaron vientos intensos. Las temperaturas máximas en la atmósfera se registraron el día 15 con 37 °C en el aeropuerto de San Javier.

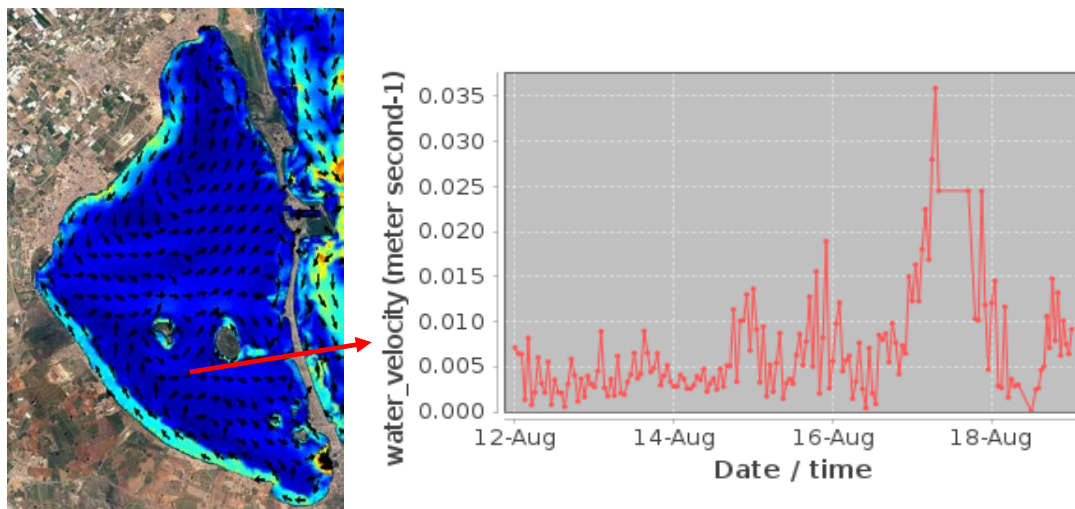


Figura 2. Mapa de velocidad y dirección de corriente en el fondo y evolución temporal de la velocidad de la corriente desde el 12 al 18 de agosto en el punto de menor concentración de oxígeno encontrado el día 16/8.

Estaciones de muestreo

Durante el día 16/8 se realizaron 13 perfiles verticales distribuidos en la cubeta sur. Los 35 perfiles realizados el día 18 cubrieron toda la laguna repitiéndose algunos puntos por

la tarde para comprobar la variabilidad temporal de algunos parámetros. La Figura 3 muestra la distribución de los perfiles realizados.

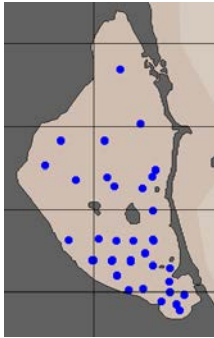


Figura 3. Estaciones de muestreo donde se han realizado perfiles verticales mediante CTD equipado con sensores auxiliares.

Resultados del día 16/8/2021

La Figura 4 representa los mapas de temperatura, salinidad, clorofila, materia orgánica disuelta cromofórica (CDOM) y pH en tres capas de la columna de agua a 1 y 3 metros de profundidad y en la capa pegada al fondo.

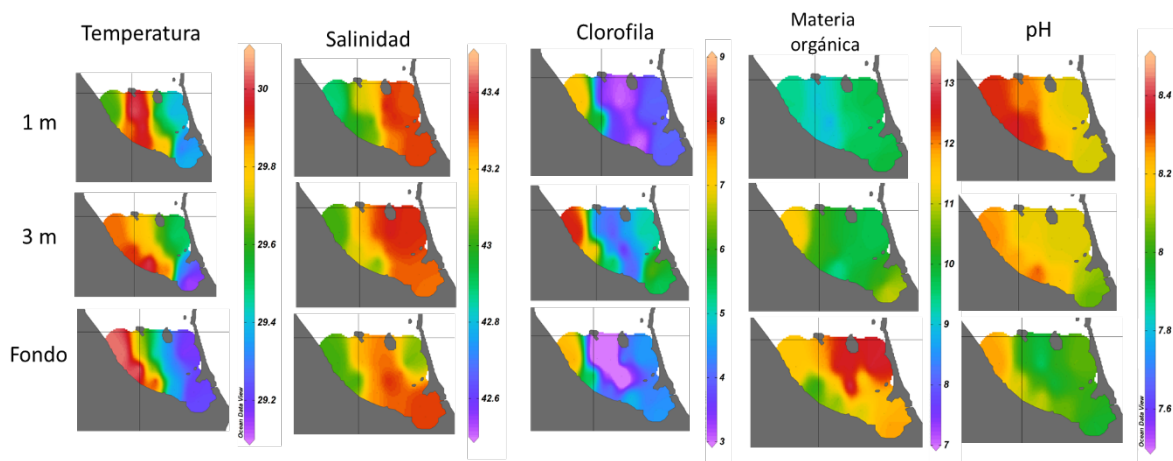


Figura 4. Mapas de temperatura, salinidad, clorofila, materia orgánica y pH a uno y tres metros de profundidad y en la capa del fondo.

Se observan valores superiores a los 30 °C en el fondo en la zona de la ribera interna entre Los Urrutias y Los Nietos. La salinidad de toda la zona sur estudiada se sitúa en 43 PSU con valores ligeramente superiores en algunas áreas. Los valores de clorofila no

excedieron los 9 $\mu\text{g/L}$ con valores mínimos al sur de las islas del Barón y Perdiguera en el fondo. La materia orgánica presentó valores elevados en la capa de fondo en el sector noreste de la zona de estudio, mientras que los valores de pH fueron del orden de 8 en el fondo registrándose valores de 8.2 y 8.4 en la capa de 1 m de profundidad.

Los valores de oxígeno disuelto se representan en la Figura 5 mostrándose al agua bien oxigenada en superficie y, por lo general con valores entre 3 y 4 mg/L en la capa de 3 m de profundidad, con una lengua con valores por debajo de 1 mg/L - y en algún perfil 0 – en la capa del fondo. En el extremo sur del Mar Menor se encontraron valores por debajo de 2 y 1 mg/L. Esta capa de agua anóxica se ha mostrado, por lo general, de un espesor delgado, aunque en algunas estaciones, como las más cercanas a las islas del Barón y Perdiguera que se muestra en la Figura 5, llegara a alcanzar 1 m de profundidad.

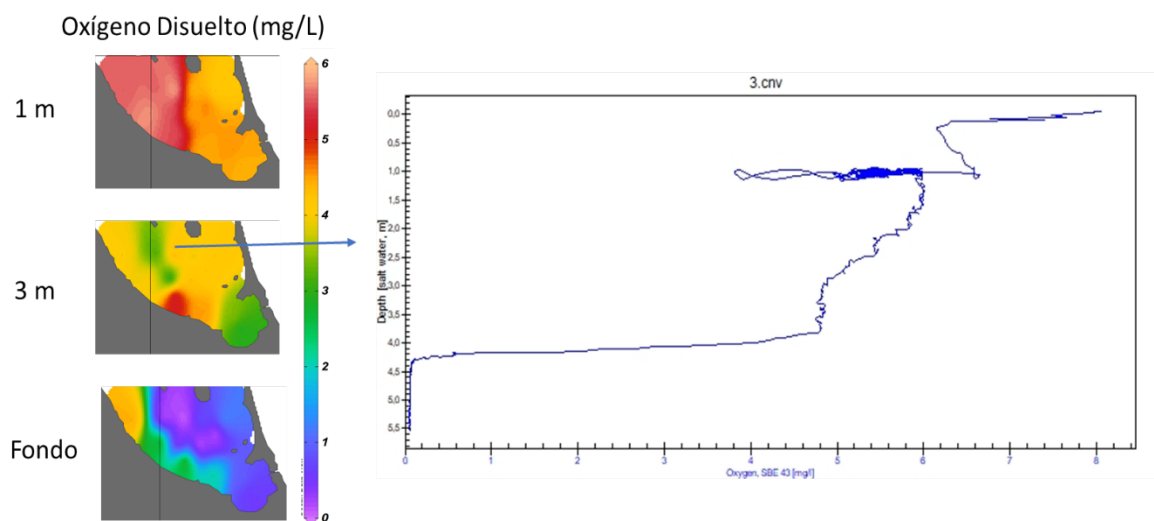


Figura 5. Mapas de Oxígeno disuelto a uno y tres metros de profundidad y en la capa del fondo.

Resultados del día 18/8/2021

El muestreo del 18/8 se extendió a todo el Mar Menor para comprobar la extensión de la bolsa de agua y si se trataba de una bolsa aislada y poder caracterizar su área de influencia.

La Figura 6 recoge los mapas de todos los parámetros anteriores a los que se ha añadido la turbidez, ficeoritrina y la radiación PAR medidos únicamente en la capa de fondo.

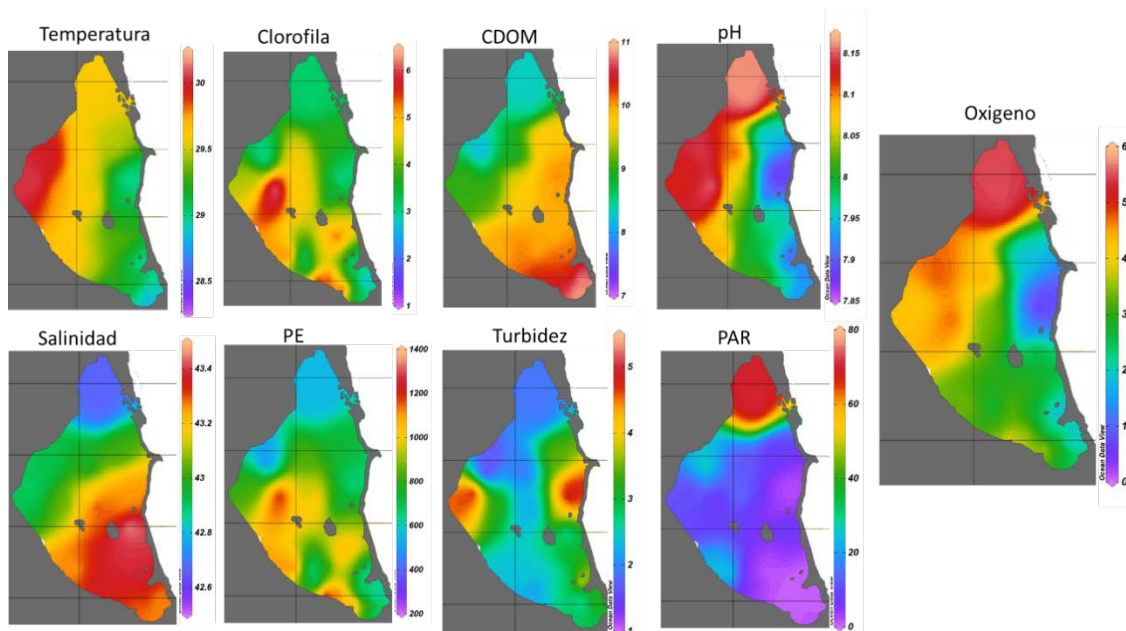


Figura 6. Mapas de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (PSU), clorofila ($\mu\text{g/L}$), ficeoritrina (PE) (ppb), materia orgánica (ppb), turbidez (NTU), pH, radiación PAR ($\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$) y oxígeno disuelto (mg/L) en la capa del fondo.

La temperatura muestra valores de 30°C y superiores en la ribera Oeste del Mar Menor. La salinidad muestra un patrón de mayor salinidad en la cubeta sur con gradiente hacia el norte. La clorofila y ficeoritrina muestran mapas con similitudes como cabría esperar. La materia orgánica disuelta muestra un patrón acorde con la salinidad.

Las zonas con hipóxicas o anóxicas se han localizado en el extremo sur entre el Estacio y el Pedrichullo, relacionándose con los demás parámetros medios:

Extremo sur - donde han aparecido peces y crustáceos muertos se observó un agua de color verdoso-marrón metálico intenso y negruzco. En esta zona se ha detectado la mayor concentración de materia orgánica. Los niveles de clorofila y ficoeritrina no son elevados, mientras que la turbidez arroja valores que pueden considerarse altos si se comparan con el resto del mar, excepto en las zonas de la rambla del Albujón - por resuspensión de sedimentos aportados por lluvias - y la zona entre el Estacio y el Pedruchillo. El color negruzco puede asociarse a la turbidez, en este caso de partículas de fango en suspensión. El pH de esta zona muestra también valores bajos indicadores de un agua acidificada, probablemente por contacto con el sedimento de fangos anóxicos bien en el fondo o resuspendidos. Estos parámetros - alta concentración de materia orgánica, alta turbidez y bajo pH - no favorecen la densidad de células de fitoplancton (como muestran la clorofila y la ficoeritrina) y proporcionan las condiciones para la anoxia (valores entre 2 y 1 de oxígeno disuelto en el fondo). En la mañana del 18 de agosto se encontró mortandad de peces y otros organismos en esta zona en la playa de Los Alemanes, el Vivero e Isla del Ciervo.

Entre el Estacio y el Pedruchillo – esta zona también apareció con valores de oxígeno en el fondo por debajo de 1 mg/L (y muy próximos a 0). Coincide también con valores elevados de turbidez y de materia orgánica disuelta y valores bajos de pH. Al igual que en el extremo sur, tanto la clorofila como la ficoeritrina son bajas, también en ambas zonas se aprecian los valores más bajos de temperatura.

Contrasta, en cambio, la zona Norte del Mar Menor con la menor salinidad, menor clorofila y ficoeritrina, menor turbidez, menor concentración de materia orgánica y mayor pH.

Coloración del agua y luz en el fondo

La coloración del agua va cambiando en función de sus propiedades influyendo mayormente la materia orgánica disuelta. La Figura 7 muestra una serie de fotografías del color del agua en superficie en un transecto de norte a sur y dos fotografías tomadas desde el CTD al inicio de su descenso (0.5 m desde la superficie) y al final (fondo) sobre una columna de 5 metros.

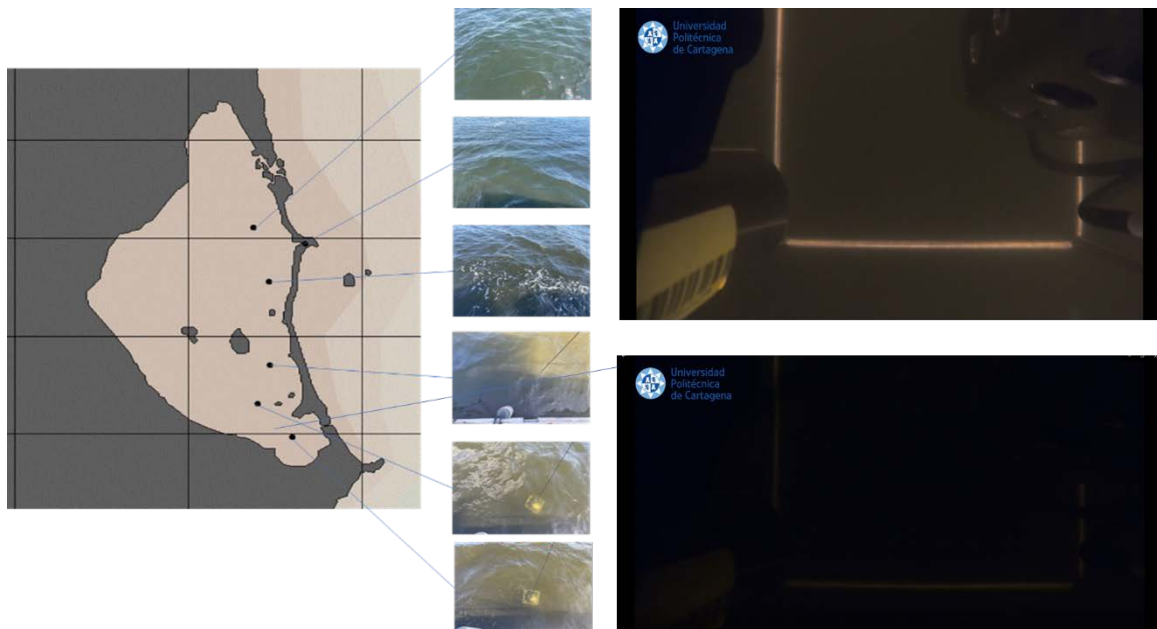


Figura 7. Variación del color del agua en un transecto norte-sur en la ribera interna de La Manga y visibilidad en el agua a 1 m de profundidad y en el fondo en un punto de menor concentración de oxígeno.

Influencia de los vientos del día 17/7 sobre el desplazamiento de la bolsa de agua anóxica del fondo

Durante todo el 17 de agosto estuvo soplando viento de dirección mayoritaria de SE con velocidad entre 3 y 6 m/s. Por experiencia conocemos que vientos mayores de 6 m/s son capaces de mover masas de agua del fondo como ocurrió en el episodio de octubre de 2019. Las corrientes de fondo originadas por estos vientos fueron simuladas por el Sistema de Modelado Oceanográfico Regional (ROMS) que fue ejecutándose con los

datos de vientos obtenidos de AEMET. La Figura 8 muestra los mapas de oxígeno disuelto de la capa de fondo de la zona sur del Mar Menor para los días 16/8 y 18/8 y el mapa de corrientes del 17/7 a las 10:00 horas (tras haber estado soplando viento desde la noche anterior).

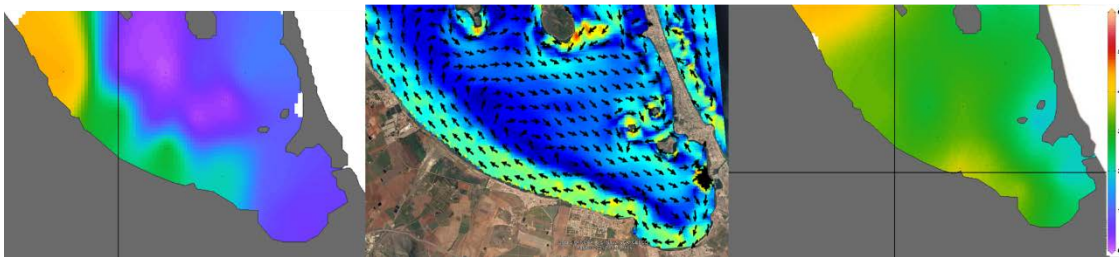


Figura 8. Mapas de oxígeno en el fondo del 16 y 18 de agosto y mapa de corriente de fondo del 17/8 en la zona sur del Mar Menor.

El mapa muestra una corriente en sentido NW-SE que transportaría parte de la bolsa anóxica identificada el 16/8 hacia el extremo SE del Mar Menor - hacia la Isla del Ciervo, Cala del Pino, Marchamalo - donde aparecieron organismos muertos el 18/8. El sistema de corrientes establecido entre las 3 islas menores del Mar Menor también hizo que se un ramal se desplazara hacia el norte pegado a la manga que podría explicar los peces encontrados en las playas de la Manga más hacia el norte.

Los datos sugieren que la bolsa de agua anóxica fue diluyéndose en su tránsito y al mezclarse con estratos más oxigenados incrementó ligeramente la concentración de oxígeno disuelto. No obstante, tras visitar la zona al final del día se volvieron a encontrar valores deficitarios en oxígeno por debajo de 1 mg/L indicando que la dinámica de formación de bolsas de agua anóxica – bien por actividad de la propia materia orgánica disuelta, del substrato de fangos anóxicos, de la actividad microbiana, o combinación de todas ellas - puede ser muy dinámica pudiendo generarse zonas anóxicas con relativa rapidez, en el transcurso de unas horas.

Algunas posibles implicaciones derivadas de las observaciones realizadas

Los factores atmosféricos detonantes de la formación de bolsas de agua anóxica parecen haber sido las altas temperaturas y las corrientes en calma durante varios días seguidos en presencia de una alta concentración de materia orgánica sobre lecho de fango. Este fenómeno, aunque en menor grado de intensidad, se había observado previamente en varias ocasiones.

En estas condiciones las bolsas de agua anóxica/hypóxica pueden formarse con relativa rapidez (en situaciones extremas en cuestión de horas) y pueden permanecer estancadas hasta que el viento las desplaza y/o mezcla con agua más oxigenada de superficie. Puede originarse de nuevo anoxia en zonas de acúmulo de materia orgánica, de forma que se pueden producir zonas hypóxica en la columna de agua y anóxicas en el fondo que van evolucionando en posición, tamaño y concentración de oxígeno, propiciando la mortandad de organismos que viven en el fondo con movilidad reducida que no pueden escapar.

Los valores de radiación luminosa en el fondo indican que la vegetación del fondo tenderá a desaparecer en poco tiempo - si no lo ha hecho ya – incrementándose la materia orgánica en el agua y reforzándose los mecanismos de formación de anoxia. Los animales muertos en el fondo pueden constituir un aporte adicional importante de materia orgánica al agua.

El contraste entre la situación en los extremos norte y sur del Mar Menor reflejan, sin lugar a duda, el efecto de los canales de comunicación. Las encañizadas estuvieron colmatadas hasta 2019 por el aporte de arenas de la playa de la Llana bajo la influencia del puerto de San Pedro del Pinatar. Las fuertes corrientes de la DANA de septiembre de 2019 revirtieron su sección a la previa de 2012 con una mayor capacidad de intercambio de agua. El canal de Marchamalo quedó completamente colapsado tras las obras de

dragado interrumpidas en 2017. Parece claro que, si este canal estuviera funcional al nivel de lo que estaba antes de 2016, como lo ha estado desde su apertura en 1879, probablemente la situación actual no hubiera llegado al nivel umbral crítico actual, o al menos se hubiera visto paliado, al aliviar el acúmulo de materia orgánica en la zona.

Los efectos de unas posibles lluvias intensas, con aportes de nutrientes agrícolas y sedimentos, como las que suelen ser habituales tras el verano, pueden tener un efecto devastador sin precedentes de no remitir la situación actual, que dependerá, en gran medida de las condiciones climáticas como días persistentes de calma y altas temperaturas.

En el corto plazo, y para evitar una situación irreversible, es necesario aplicar medidas urgentes a todos los niveles, y desde todos los ámbitos competenciales, para paliar la situación actual, sin menoscabo alguno de la aplicación de medidas estructurales a largo plazo en todos los ámbitos para evitar situaciones como las actuales en el futuro.