



UNIVERSIDAD DE
MURCIA



ANEXO I

Informes parciales presentados a lo largo del periodo de estudio



Informe de seguimiento del estado ecológico del Mar Menor – 03 agosto de 2020

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

En informes previos se alertaba de que la situación del Mar Menor tras las sucesivas danas ocurridas desde septiembre de 2019 era más grave que la que presentaba en el momento de su rotura manifiesta ocurrida en junio de 2016. Esto se mantiene y es debido a la intensa recarga del acuífero que dichos eventos meteorológicos indujeron y a que, como consecuencia, las entradas de agua procedentes de la cuenca se habían, al menos, duplicado, manteniendo las elevadas concentraciones de nutrientes, principalmente nitratos, pero también cantidades relevantes de fosfatos probablemente asociadas a la mezcla con aguas urbanas en determinados puntos del litoral. Por ello, la situación de primavera y verano se preveían extremas.

A pesar de ello, el Mar Menor sigue dando muestras de una gran capacidad de autorregulación, manteniendo bajos los niveles de nutrientes y clorofila en la columna de agua. Si bien, esto es un indicio de que mantiene buena parte de sus capacidades homeostáticas, también es un hecho que las presiones, aunque algo reducidas tras la puesta en funcionamiento de la estación de bombeo de los Alcázares, aún se mantienen muy altas y no pueden descartarse eventos extremos en condiciones de altas temperaturas, periodos largos de calmas o entradas torrenciales de aguas desde la cuenca en eventos de lluvias intensas.

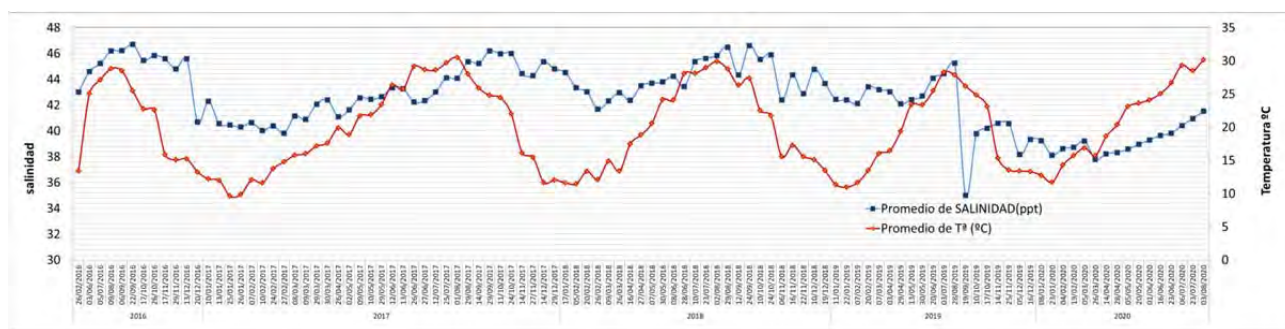


Figura 1. Evolución del ciclo anual de la salinidad y la temperatura desde 2016 hasta la primera semana de agosto de 2020.

Actualmente la temperatura media presenta valores normales para la época del año, oscilando entre 28,5 y 30,2 °C en las dos últimas semanas. Dicha temperatura es ligeramente superior a la máxima alcanzada en 2018 y semejante a la de 2017 cuando se produjo una regresión importante

de los parámetros de calidad del agua. Sin embargo, mientras que en 2017, dicho evento tuvo lugar tras una subida brusca de casi dos $^{\circ}\text{C}$, en la actualidad las fluctuaciones están siendo más suaves y el ascenso de temperatura más gradual. Sin embargo, hay que tener presente que las temperaturas máximas en el agua tienden a producirse a finales de agosto o principios de septiembre, por lo que aún no puede descartarse el riesgo de una proliferación fitoplanctónica. Por otro lado, la salinidad media, en cambio, aunque en alza, se mantiene aún muy por debajo de las normales del Mar Menor en esta época, situándose en 41,5 cuando debería ser mayor de 46 (figura 1). Esto implica un mayor riesgo de crisis distróficas. Como elemento positivo cabe mencionar que actualmente no existe estratificación de la columna de agua lo que favorece una buena mezcla vertical y reduce los riesgos de anoxia.

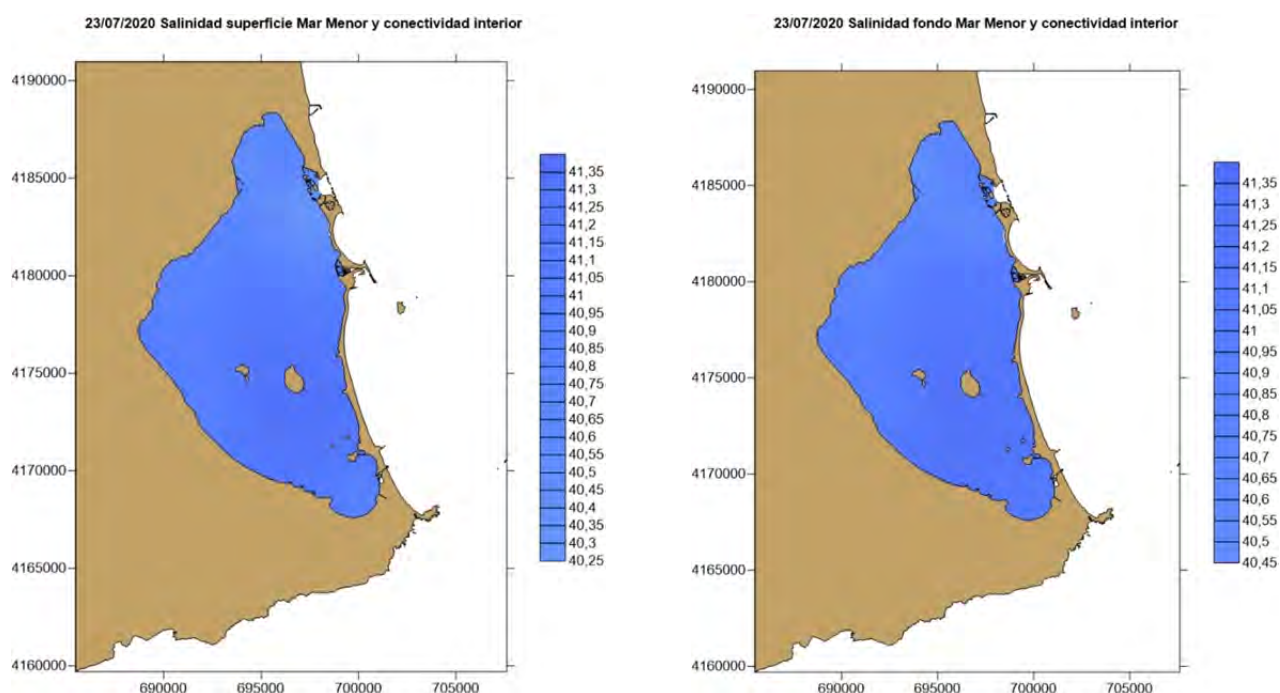


Figura 2. Distribución de los valores de salinidad en las aguas superficiales (izquierda) y en el fondo (derecha) del Mar Menor el 23 de julio de 2020.

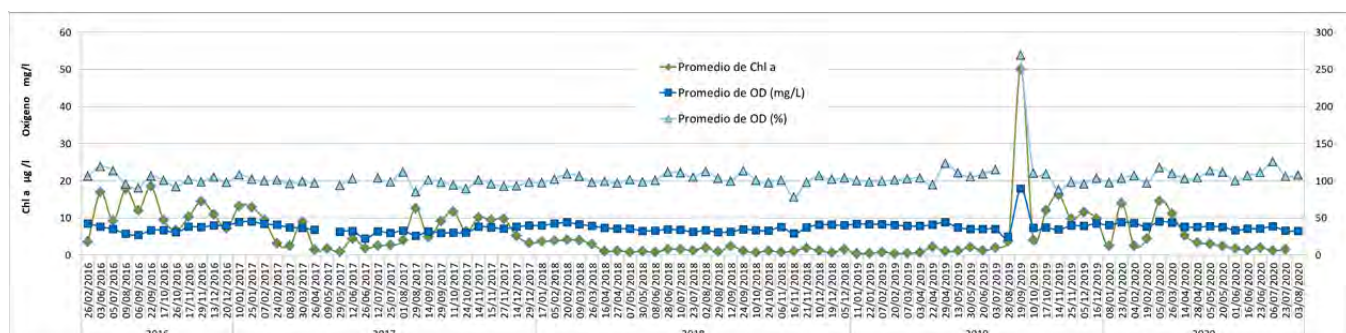


Figura 3. Evolución del ciclo anual de la concentración de oxígeno (expresada como % de saturación y en mg/l) y de clorofila a desde 2016 hasta la primera semana de agosto de 2020.

De hecho, los niveles de oxígeno en la capa por encima de 1,5 m de profundidad se mantienen en niveles de saturación, con valores medios de 6,5 mg/l (Fig. 3) y la concentración absoluta de oxígeno en toda la columna de agua se mantiene en todas las estaciones de muestreo por encima de 5,3 mg/l (Fig. 4).

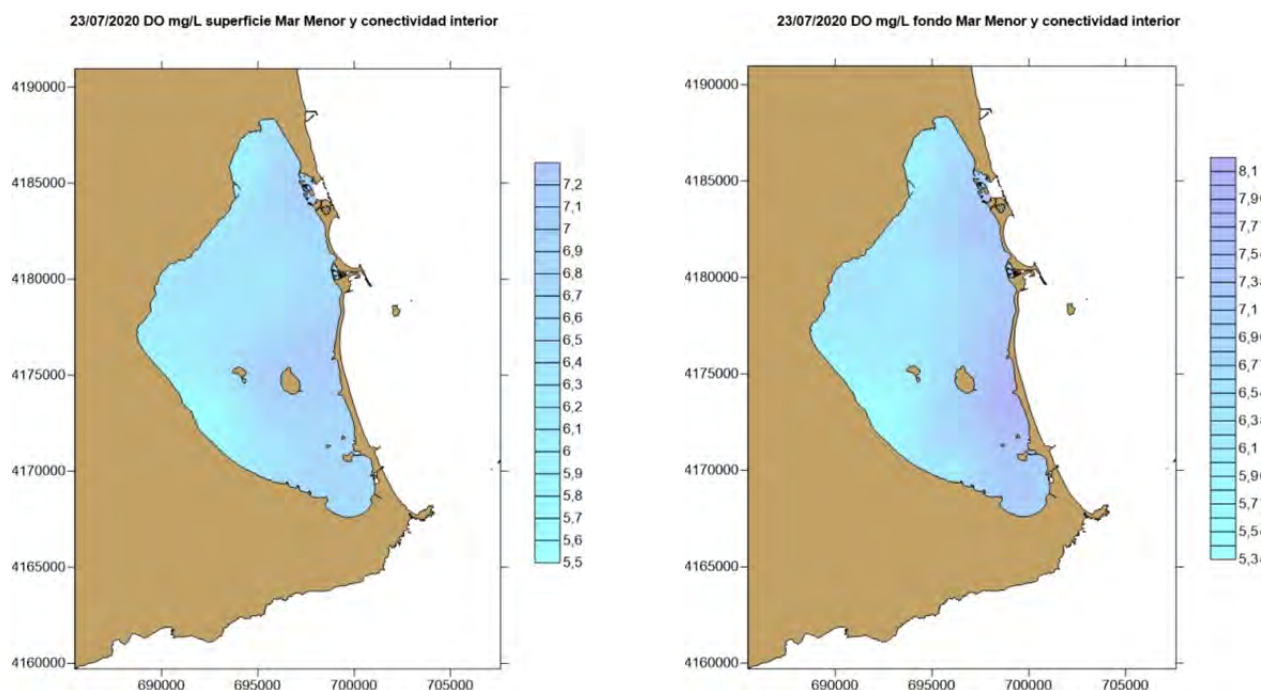


Figura 4. Distribución de los valores de concentración de oxígeno (mg/l) en las aguas superficiales (izquierda) y en el fondo (derecha) del Mar Menor el 23 de julio de 2020.

La concentración de nutrientes y clorofila ha ido descendiendo progresivamente desde finales de marzo de 2020, cuando se alcanzaron valores medios para la laguna de 50 $\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$, un máximo histórico, y valores de clorofila *a* de 14,6 $\mu\text{g/L}$. Sin embargo, el sistema respondió muy rápidamente y no solo se redujeron las concentraciones máximas, sino que se amortiguaron también drásticamente las oscilaciones en la concentración de nutrientes y clorofila *a*, lo que como hemos venido indicando, es un buen indicio de que el sistema mantiene su capacidad de autorregulación.

Aunque los valores medios para el Mar Menor eran ya inferiores a 1,5 $\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$, a primeros de julio de 2020 se detectaron valores de Nitrato de 22,58 $\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$ en las proximidades de la desembocadura de la rambla del Albujón. A finales de julio, los niveles medios para el Mar Menor son inferiores a 1 $\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$, lo que puede considerarse un valor bajo. Sin embargo, las concentraciones más altas de Nitratos y Fosfato se han desplazado hacia el sur, situándose actualmente en la costa entre la marina del Carmolí y Lo Poyo. En esta zona, la concentración de nitrato alcanza 11,85 $\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$ y la de fosfato 0,43 $\mu\text{mol PO}_4/\text{l}$. Esto podría estar vinculado a la reducción de las entradas directas por la rambla del Albujón, probablemente como consecuencia de la puesta en marcha de la estación de bombeo, pero al mantenimiento de entradas importantes de agua superficial y subsuperficial desde las inmediaciones de la rambla de Miranda hasta la llanura de Lo Poyo. La presencia de concentraciones significativas de fósforo indica una posible mezcla con aguas urbanas.

De acuerdo con la disponibilidad de nutrientes, los valores medios de Chl *a* se sitúan actualmente en 1,5 $\mu\text{g/L}$, que pueden considerarse buenos, aunque llegan a 8,1 en la zona entre la Marina del Carmolí y Lo Poyo mostrando, en esta zona que las presiones siguen activas.

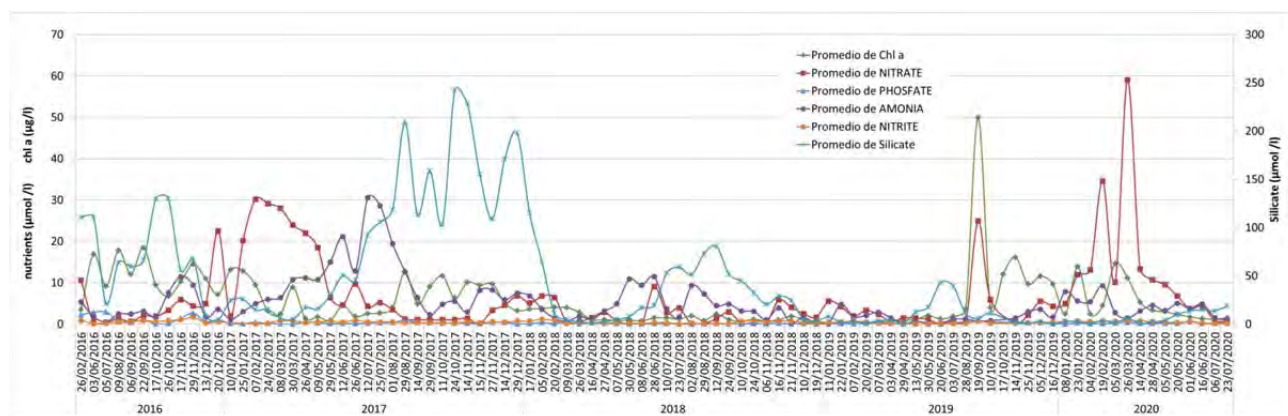


Figura 5. Evolución de los valores medios de la concentración en nutrientes y clorofila *a* en el Mar Menor en la red de estaciones de muestreo distribuidas en el interior de la laguna.

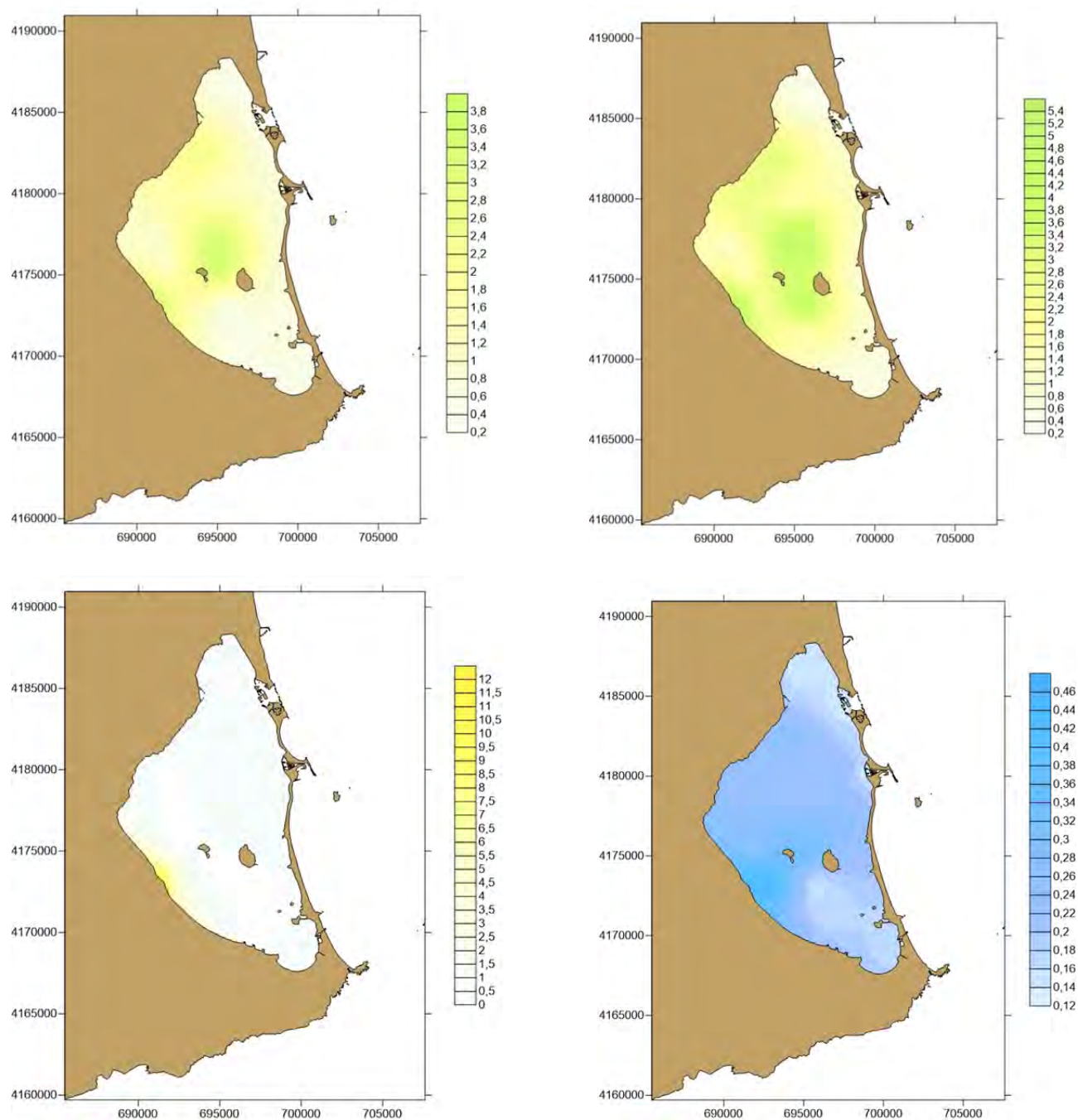


Figura 6. Arriba: Distribución de los valores de concentración de Chla a ($\mu\text{g} /\text{l}$) en las aguas superficiales (izquierda) y en el fondo (derecha) del Mar Menor el 23 de julio de 2020. Abajo: Distribución de los valores de concentración de Nitrato ($\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$) en las aguas superficiales (izquierda) y en de Fosfato ($\mu\text{mol PO}_4/\text{l}$)(derecha) en el Mar Menor el 23 de julio de 2020.

La baja concentración de clorofila a en la columna de agua se traduce en una recuperación de la transparencia en condiciones de relativa calma. Si durante el invierno de 2020, los datos de visibilidad del disco de Secchi se situaron en valores mucho más bajos que los que se lograron durante la recuperación de 2018 y se aproximaron a los peores de la serie histórica, desde abril de 2020 se inició una recuperación semejante a la que se observó en 2018 y, por el momento se mantiene, con una visibilidad media que se sitúa en 4,69 m (Fig. 7). Sin embargo, las zonas someras aún contienen abundantes partículas finas de sedimento, como consecuencia de los arrastres de las lluvias torrenciales, lo que hace que el oleaje resuspenda dichos materiales con facilidad en las zonas expuestas.

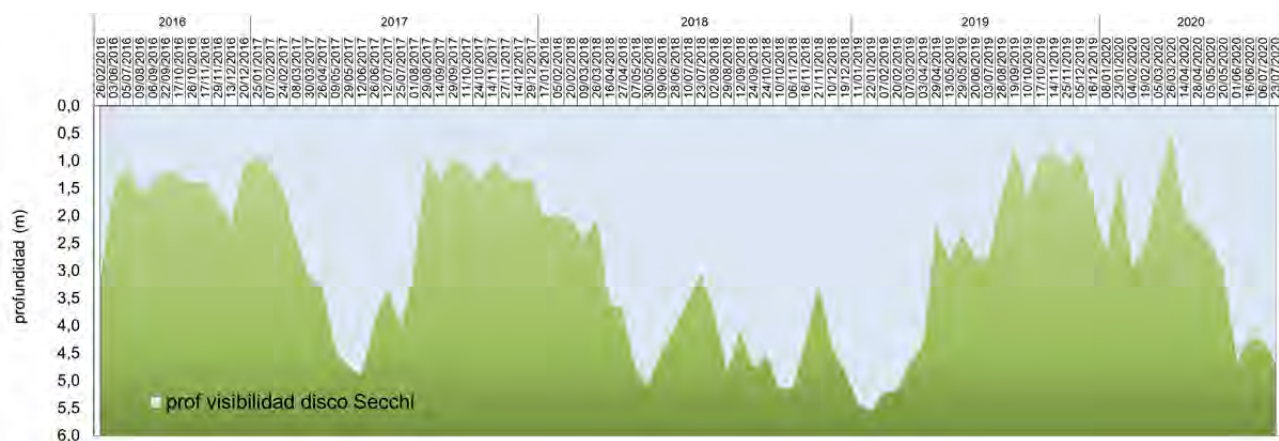


Figura 7. Evolución temporal de la profundidad media de visibilidad del disco de Secchi, calculada en las zonas con más de 5 m de profundidad.

Conclusiones

Aunque la complejidad del Mar Menor sigue permitiéndole una capacidad de autorregulación muy elevada, manteniendo en niveles bajos tanto la concentración de nutrientes como de clorofila a , es importante tener presente que el ecosistema sigue bajo una presión extrema por la entrada continua de aguas hipohalinas con altas concentraciones de nutrientes. Esto mantiene aún valores de salinidad relativamente bajos para el Mar Menor y, en conjunto, hacen que los riesgos de sufrir una crisis distrófica sigan siendo altos si se dan condiciones de alta temperatura, periodo de calmas y/o entrada masiva de aguas dulces.



Debemos insistir en que la clara recuperación de la integridad ecológica del ecosistema del Mar Menor tras la reducción de las entradas de agua y nutrientes desde la cuenca de drenaje entre los años 2017 y 2018, su deterioro nuevamente tras el regreso de las entradas indiscriminadas de agua hipohalina desde la cuenca de drenaje, y su actual respuesta autorreguladora tras la activación de la estación de bombeo junto a la rambla del Albuñón, deben interpretarse como una demostración de la importancia de consolidar estructuralmente la capacidad de gestión del agua. Como se decía en el informe anterior, se confirma que, de momento, las leves tendencias a la estratificación y reducción de la concentración de oxígeno en las capas profundas, mostradas eventualmente durante la primavera y tras las entradas masivas de agua dulce, se han disipado en buena medida, pero no pueden descartarse si se dieran condiciones adversas sinérgicas.

Insistimos, por tanto, en la importancia y la urgencia de un plan de gestión de las aguas en la cuenca y de regulación no solo de vertidos, sino también de los niveles del freático. Se mantiene que se deberían consensuar las medidas con los especialistas en hidrogeología, y valorar la necesidad de reducir el nivel freático al menos entre 1,5 y 2 metros. Esto es especialmente importante teniendo en cuenta que en los próximos años se espera un aumento de la frecuencia de las lluvias torrenciales que recargan el acuífero en las zonas más altas, presionando las bajas, y aumenta la escorrentía superficial donde el subsuelo está ya saturado y no retiene ya agua nueva. Estas entradas son de múltiples orígenes y, muy probablemente, forzadas por un nivel freático muy elevado, ya que se detectan concentraciones relativamente altas tanto de nitratos como de fosfatos, con posible mezcla de aguas de origen agrícola y urbano, y como se muestra en este informe, las zonas de mayor influencia se desplazan en función de las actuaciones de gestión del agua.

Las medidas recomendadas siguen siendo, por tanto, mantener una vigilancia extrema en los posibles vertidos, descargar el freático y establecer una red de infraestructuras que permitan la gestión y tratamiento de las aguas que se utilizan y se generan en la cuenca de drenaje con el fin de reducir al máximo las entradas regulares y los riesgos de vertidos incontrolados y maximizar su reutilización. Todo esto, al margen de otras medidas conducentes a una agricultura sostenible a medio y largo plazo, incluyendo las propias estrategias de diversificación de secano y regadío, la implantación de setos, prácticas conducentes a minimizar el uso y la movilidad de nutrientes y las escorrentías superficiales y la erosión y transporte de sedimentos, la recuperación de zonas naturales y, en general, las previstas en el plan de vertido cero.



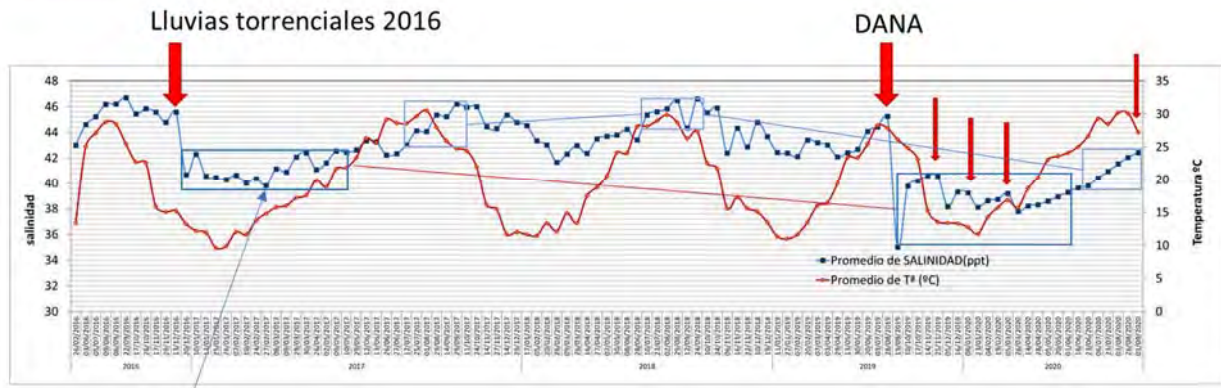
Informe de seguimiento del estado ecológico del Mar Menor – 08 septiembre de 2020

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

Actualmente, transcurridos ya los meses de julio y agosto, en los que las altas temperaturas suelen propiciar las proliferaciones de fitoplancton, el Mar Menor se encuentra en una situación caracterizada por la respuesta progresiva de recuperación del ecosistema pero con todas las amenazas aún presentes. Aunque se mantiene la afirmación introducida en informes previos, donde se alertaba de que tras las sucesivas danas ocurridas desde septiembre de 2019 la situación de la laguna era más grave que la que presentaba en el momento de su rotura manifiesta ocurrida en junio de 2016, la respuesta positiva del ecosistema merece ser resaltada. Actualmente se mantiene el hecho de que la intensa recarga del acuífero esté propiciando entradas muy importantes de aguas procedentes de la cuenca, manteniendo las elevadas concentraciones de nutrientes, principalmente nitratos, pero también cantidades relevantes de fosfatos probablemente asociadas a la mezcla con aguas urbanas en determinados puntos del litoral. Debido a esto, la situación de primavera y verano se preveía crítica. Sin embargo, probablemente ayudado por la reducción significativa de las descargas en el tramo bajo de la rambla del Albuñón tras la puesta en marcha de la estación de bombeo, el Mar Menor sigue dando muestras de una gran capacidad de autorregulación, manteniendo bajos los niveles de nutrientes y clorofila en la columna de agua.

Pero se debe insistir, como en el informe previo, en que, si bien, esto es un indicio de que mantiene buena parte de sus capacidades homeostáticas, también es un hecho que las presiones, aunque algo reducidas tras la puesta en funcionamiento de la estación de bombeo de los Alcazares, aún se mantienen muy altas y no pueden descartarse eventos extremos en condiciones de altas temperaturas, periodos largos de calmas o entradas torrenciales de aguas desde la cuenca en eventos de lluvias intensas. Este tipo de eventos, en forma de DANAs o gotas frías, antes restringidos a septiembre, ahora, con el calentamiento generalizado de la superficie del mar, pueden extenderse hasta noviembre o principios de diciembre.

Aunque ha empezado una recuperación progresiva, actualmente, la baja salinidad por la entrada de agua desde la cuenca sigue siendo el principal factor de riesgo para el estado ecológico del Mar Menor, sumado a la elevada entrada de nutrientes



Mortandad de holoturias

Figura 1. Evolución del ciclo anual de la salinidad y la temperatura desde 2016 hasta la primera semana de agosto de 2020.

Actualmente la temperatura media presenta valores normales para la época del año, oscilando entre 28,5 y 30,2 °C en las dos últimas semanas, con un ligero descenso tras las lluvias de finales de agosto. Dicha temperatura es ligeramente superior a la máxima alcanzada en 2018 y semejante a la de 2017 cuando se produjo una regresión importante de los parámetros de calidad del agua. Sin embargo, mientras que en 2017, dicho evento tuvo lugar tras una subida brusca de casi dos °C, en la actualidad las fluctuaciones están siendo más suaves y el ascenso de temperatura más gradual. Esto puede haber contribuido a que no haya tenido lugar una proliferación fitoplanctónica como la que se produjo en agosto de 2017. Por otro lado, la salinidad media, en cambio, aunque en alza progresiva, se mantiene aún muy por debajo de las normales del Mar Menor en esta época, situándose en 42,4‰, aun lejos de los 46 que debería alcanzar (figura 1). Los valores ya alcanzados suponen que aunque el riesgo de sufrir crisis distróficas aumenta con la baja salinidad, estos van disminuyendo. Como elemento positivo cabe mencionar además que actualmente se mantiene la inexistencia de estratificación de la columna de agua lo que favorece una buena mezcla vertical y reduce los riesgos de anoxia.

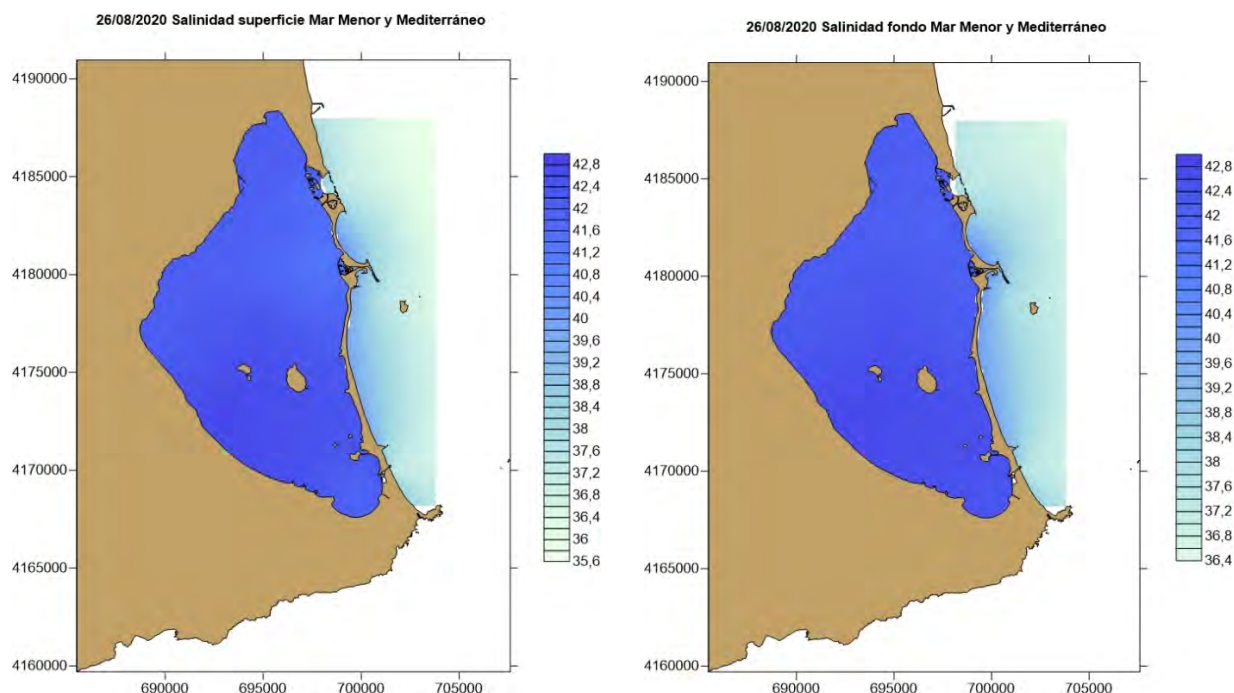


Figura 2. Distribución de los valores de salinidad en las aguas superficiales (izquierda) y en el fondo (derecha) del Mar Menor el 26 de agosto de 2020.

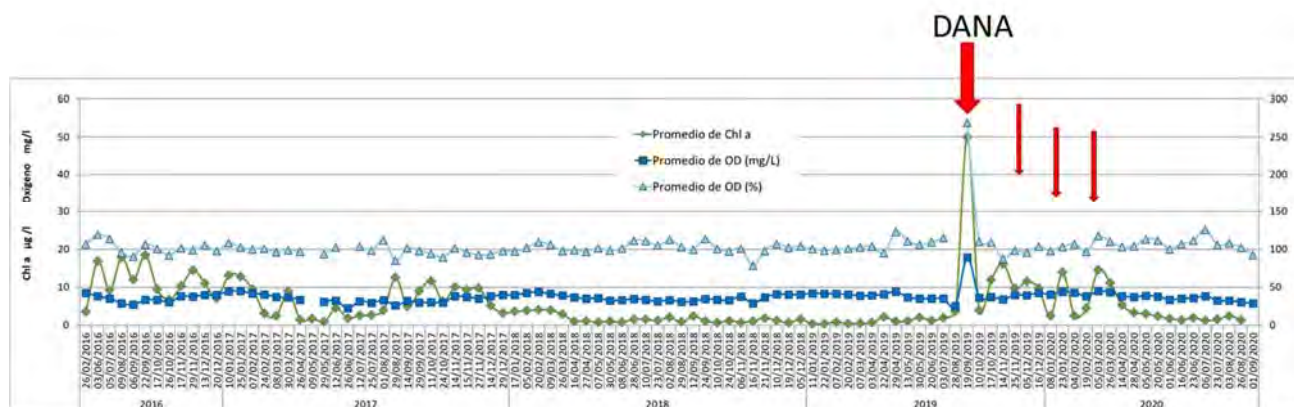


Figura 3. Evolución del ciclo anual de la concentración de oxígeno (expresada como % de saturación y en mg/l) y de clorofila a desde 2016 hasta el 1 de septiembre de 2020.

De hecho, como ya apuntamos a finales de julio, los niveles de oxígeno en la capa por encima de 1,5 m de profundidad se mantienen en niveles de saturación, con valores medios de 6,5 mg/l (Fig. 3) y la concentración absoluta de oxígeno en toda la columna de agua se mantiene en todas las estaciones de muestreo por encima de 4,8 mg/l (Fig. 4).

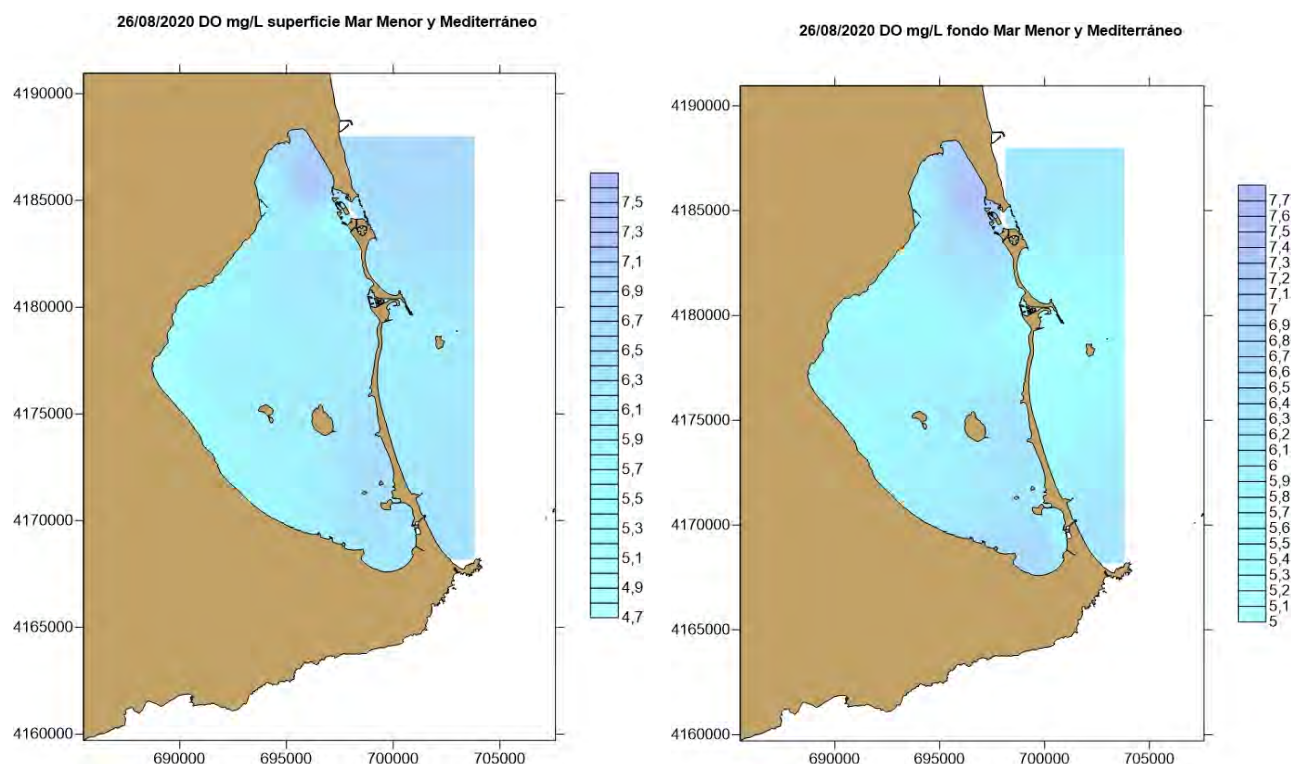


Figura 4. Distribución de los valores de concentración de oxígeno (mg/l) en las aguas superficiales (izquierda) y en el fondo (derecha) del Mar Menor el 26 de agosto de 2020.

La concentración de nutrientes y clorofila ha ido descendiendo progresivamente desde finales de marzo de 2020, cuando se alcanzaron valores medios para la laguna de $50 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$, un máximo histórico, y valores de clorofila a de $14,6 \mu\text{g/L}$. Sin embargo, el sistema respondió muy rápidamente y no solo se redujeron las concentraciones máximas, sino que se amortiguaron también drásticamente las oscilaciones en la concentración de nutrientes y clorofila a , lo que como hemos venido indicando, es un buen indicio de que el sistema mantiene su capacidad de autorregulación.

Aunque los valores medios para el Mar Menor eran ya inferiores a $1,5 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$, a primeros de julio de 2020 se detectaron valores de Nitrato de $22,58 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$ en las proximidades de la desembocadura de la rambla del Albujón. A finales de julio, los niveles medios para el Mar Menor son inferiores a $1 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$, lo que puede considerarse un valor bajo. Sin embargo, las concentraciones más altas de Nitratos y Fosfato se han desplazado hacia el sur, situándose actualmente en la costa entre la marina del Carmolí y Lo Poyo. En esta zona, la concentración de nitrato alcanza $11,85 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$ y la de fosfato $0,43 \mu\text{mol PO}_4/\text{l}$. Ocasionalmente también se

detectan entradas por la ribera nororiental. La reducción de las entradas directas por la rambla del Albuñón como consecuencia de la puesta en marcha de la estación de bombeo, no impide mantenimiento de entradas importantes de agua superficial y subsuperficial desde las inmediaciones de la rambla de Miranda hasta la llanura de Lo Poyo. La presencia de concentraciones significativas de fósforo indica una posible mezcla con aguas urbanas.

De acuerdo con la disponibilidad de nutrientes, los valores medios de Chl a se sitúan a final de agosto en 1,37 $\mu\text{g/L}$, que pueden considerarse buenos, y han bajado hasta 2,3 en el área de influencia de la rambla del Albuñón, aunque el que llegaran a 8,1 en la zona entre la Marina del Carmolí y Lo Poyo a finales de julio, indica que las presiones siguen activas (Figuras 5-7).

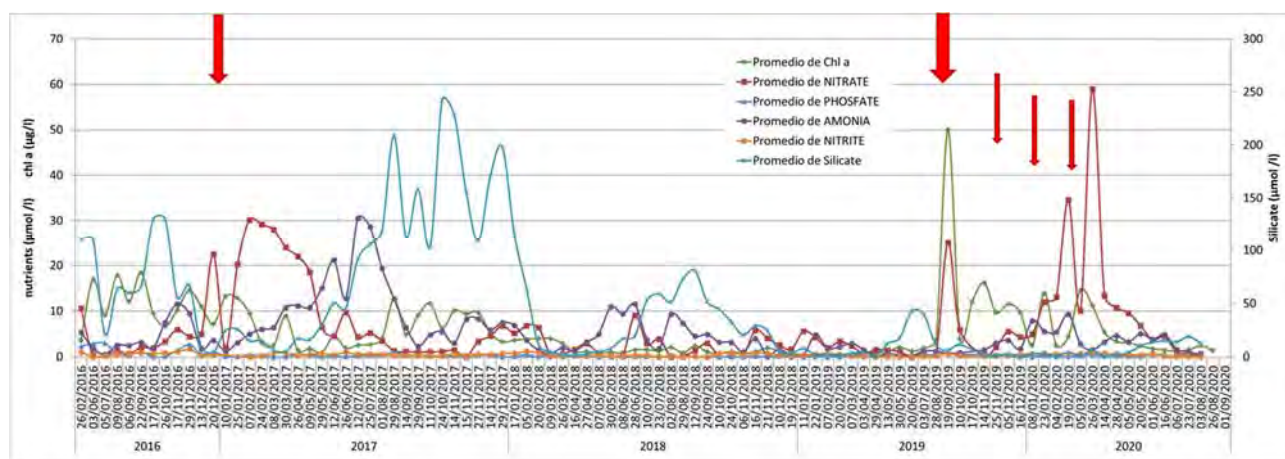


Figura 5. Evolución de los valores medios de la concentración en nutrientes y clorofila a en el Mar Menor en la red de estaciones de muestreo distribuidas en el interior de la laguna. Las flechas rojas indican eventos de lluvia intensa.

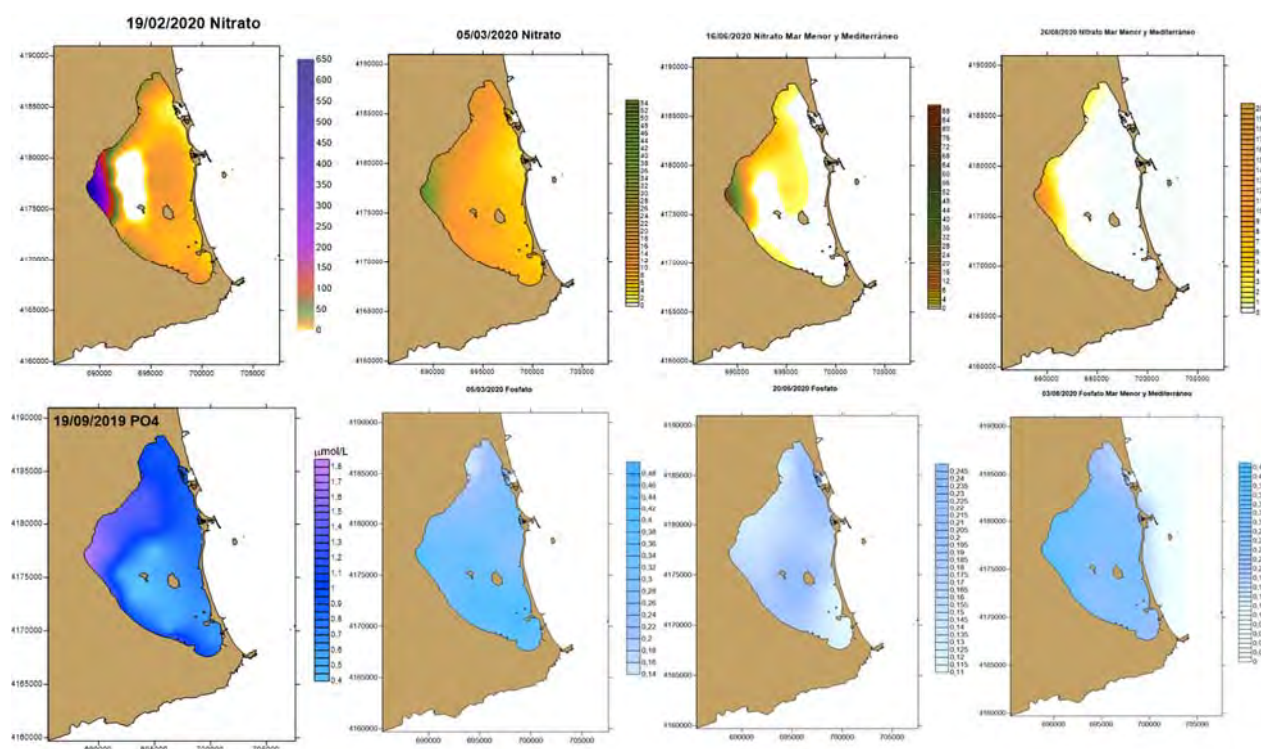


Figura 6. Arriba: Distribución espacial de los valores de concentración de Nitrato ($\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$) en las aguas superficiales (izquierda) y en de Fosfato ($\mu\text{mol PO}_4/\text{l}$)(derecha) en el Mar Menor desde finales de invierno hasta finales de agosto de 2020.

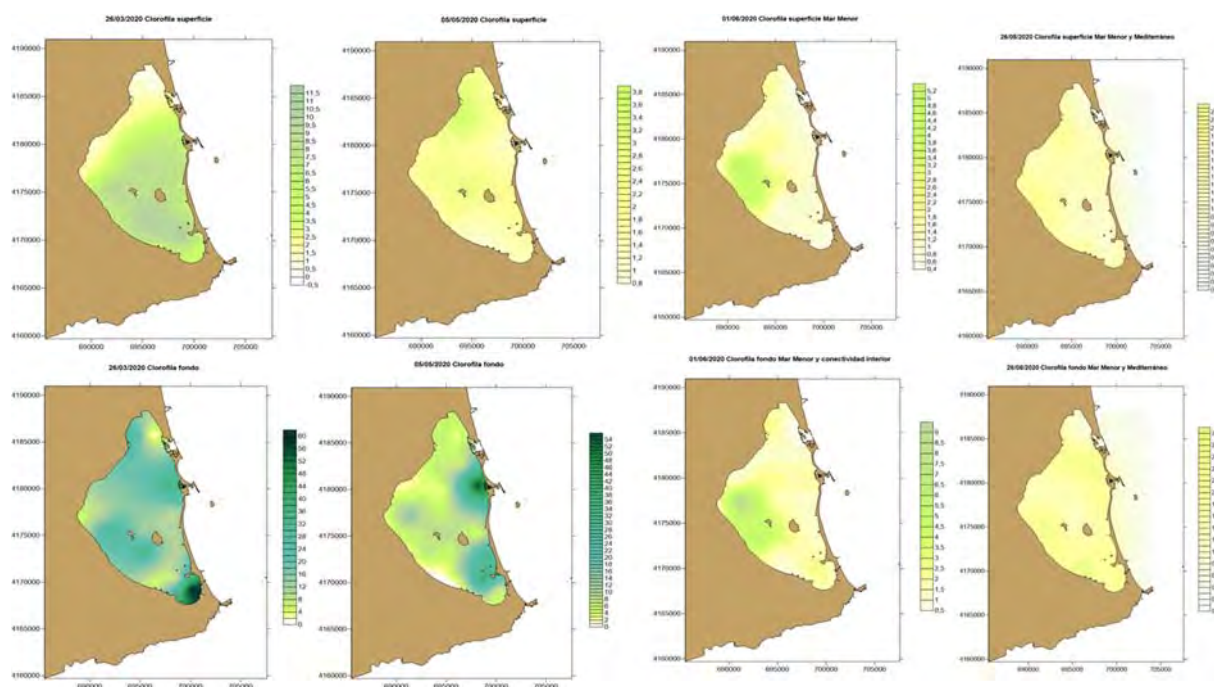


Figura 7. Distribución de los valores de concentración de Chl *a* ($\mu\text{g/l}$) en las aguas superficiales (arriba) y en el fondo (abajo) del Mar Menor desde finales de invierno hasta finales de agosto de 2020.

La progresiva reducción y la baja concentración actual de clorofila *a* en la columna de agua se traduce en una recuperación de la transparencia en condiciones de relativa calma. Si durante el invierno de 2020, los datos de visibilidad del disco de Secchi se situaron en valores mucho más bajos que los que se lograron durante la recuperación de 2018 y se aproximaron a los peores de la serie histórica, desde abril de 2020 se inició una recuperación semejante a la que se observó en 2018 y, por el momento se mantiene, con una visibilidad media que se sitúa en 4,69 m (Fig. 8). Sin embargo, las zonas someras aún contienen abundantes partículas finas de sedimento, como consecuencia de los arrastres de las lluvias torrenciales, lo que hace que el oleaje resuspenda dichos materiales con facilidad en las zonas expuestas.



Figura 8. Evolución temporal de la profundidad media de visibilidad del disco de Secchi, calculada en las zonas con más de 5 m de profundidad.

Conclusiones

Aunque la complejidad del Mar Menor sigue permitiéndole una capacidad de autorregulación muy elevada, manteniendo en niveles bajos tanto la concentración de nutrientes como de clorofila *a*, es importante tener presente que el ecosistema sigue bajo una presión extrema por la entrada continua de aguas hipohalinas con altas concentraciones de nutrientes. Esto, a pesar de que van recuperándose progresivamente, mantiene aún valores de salinidad relativamente bajos para el Mar Menor y, en conjunto, hacen que los riesgos de sufrir una crisis distrófica sigan siendo relativamente altos si se dan condiciones de alta temperatura, periodo de calmas y/o entrada masiva de aguas dulces.

Debemos insistir en que la clara recuperación de la integridad ecológica del ecosistema del Mar Menor tras la reducción de las entradas de agua y nutrientes desde la cuenca de drenaje entre los años 2017 y 2018, su deterioro nuevamente tras el regreso de las entradas indiscriminadas de agua hipohalina desde la cuenca de drenaje, y su actual respuesta autorreguladora tras la activación de la estación de bombeo junto a la rambla del Albuñón, deben interpretarse como una demostración de la importancia de consolidar estructuralmente la capacidad de gestión del agua. Como se decía en el informe anterior, se confirma que, de momento, las leves tendencias a la estratificación y reducción de la concentración de oxígeno en las capas profundas, mostradas eventualmente durante la primavera y tras las entradas masivas de agua dulce, se han disipado en buena medida, pero no pueden descartarse si se dieran condiciones adversas sinérgicas.



Insistimos, por tanto, en la importancia y la urgencia de un plan de gestión de las aguas en la cuenca y de regulación no solo de vertidos, sino también de los niveles del freático. Se mantiene que se deberían consensuar las medidas con los especialistas en hidrogeología, y valorar la necesidad de reducir el nivel freático al menos entre 1,5 y 2 metros. Esto es especialmente importante teniendo en cuenta que en los próximos años se espera un aumento de la frecuencia de las lluvias torrenciales que recargan el acuífero en las zonas más altas, presionando las bajas, y aumenta la escorrentía superficial donde el subsuelo está ya saturado y no retiene ya agua nueva. Estas entradas son de múltiples orígenes y, muy probablemente, forzadas por un nivel freático muy elevado, ya que se detectan concentraciones relativamente altas tanto de nitratos como de fosfatos, con posible mezcla de aguas de origen agrícola y urbano, y como se muestra en este informe, las zonas de mayor influencia se desplazan en función de las actuaciones de gestión del agua.

Las medidas recomendadas siguen siendo, por tanto, mantener una vigilancia extrema en los posibles vertidos, descargar el freático y establecer una red de infraestructuras que permitan la gestión y tratamiento de las aguas que se utilizan y se generan en la cuenca de drenaje con el fin de reducir al máximo las entradas regulares y los riesgos de vertidos incontrolados y maximizar su reutilización. Todo esto, al margen de otras medidas conducentes a una agricultura sostenible a medio y largo plazo, incluyendo las propias estrategias de diversificación de secano y regadío, la implantación de setos, prácticas conducentes a minimizar el uso y la movilidad de nutrientes y las escorrentías superficiales y la erosión y transporte de sedimentos, la recuperación de zonas naturales y, en general, las previstas en el plan de vertido cero.



Informe de seguimiento del estado ecológico del Mar Menor – 30 de septiembre de 2020

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

Iniciado ya el otoño y habiendo superado el verano sin incidencias notables, el Mar Menor se encuentra en una situación caracterizada por la respuesta progresiva de recuperación del ecosistema, pero con todas las amenazas aún presentes, materializadas en su baja salinidad y en la entrada continuada de aguas con alto contenido en nutrientes desde la cuenca de drenaje y el elevado nivel freático.

Se cumple ahora un año desde septiembre de 2019, en la que se produjo un cambio drástico de las condiciones hidrográficas del Mar Menor y un proceso de anoxia generalizado, con afloramiento de aguas con sulfhídrico en la playa de Villananitos y mortandades masivas de organismos. En aquel momento, junto a la entrada masiva de agua dulce que provocó la estratificación de la columna de agua, tuvo lugar una entrada masiva de nutrientes que indujo una proliferación brusca de fitoplancton. La salinidad media de la laguna en el metro y medio superficial de la columna de agua se situó en 35, por debajo incluso de la del Mediterráneo (Figura 1). La concentración media de nitrato en la laguna alcanzó $24.96 \mu\text{mol/l}$ y la concentración media de Clorofila *a* llegó a $50.01 \mu\text{g/l}$ (Figura 5). Aunque los valores de nutrientes y clorofila recuperaron valores significativamente más bajos en apenas una semana, la laguna volvió a sufrir las fluctuaciones marcadas en sus parámetros propias de un ambiente desestabilizado y, desde entonces, la salinidad se ha mantenido excepcionalmente baja durante todo el año.

Cabe destacar que, tras cada pulso, la recuperación ha sido más notable y las fluctuaciones se han ido amortiguando, incluso a pesar de que las sucesivas danas, de menor intensidad, sufridas durante el otoño de 2019 y el invierno de 2020 han inducido los correspondientes picos de entrada de nutrientes. El último de cierta envergadura, en la última semana de marzo de 2020, elevó los nitratos hasta una concentración media de $59.0 \mu\text{mol/l}$. En apenas dos semanas los valores habían descendido a $13.36 \mu\text{mol/l}$, en mayo eran ya menores de $6.8 \mu\text{mol/l}$ y durante todo el verano se han mantenido por debajo de $0.8 \mu\text{mol/l}$ (Figura 5) y los valores de clorofila por debajo $2 \mu\text{g/l}$.

Por todo ello, merece subrayarse la respuesta positiva del ecosistema y su capacidad de autorregulación, pero insistiendo en que tras las sucesivas danas ocurridas desde septiembre de 2019 la situación de la laguna no ha vuelto a ser la de la recuperación franca que se produjo en 2018 y actualmente las amenazas por entrada de agua y nutrientes debido al elevado nivel freático son más graves que la que presentaba la laguna en el momento de su rotura manifiesta en junio de 2016.

Actualmente, la baja salinidad por la entrada de agua desde la cuenca es el principal factor de riesgo para el estado ecológico del Mar Menor, sumado a la elevada entrada de nutrientes



Figura 1. Evolución del ciclo anual de la salinidad y la temperatura desde 2016 hasta septiembre de 2020, un año después de la DANA de 2019.

La intensa recarga del acuífero sigue propiciando entradas muy importantes de aguas procedentes de la cuenca que afloran en el tramo bajo de las principales ramblas (Albujón, Miedo y Miranda, y área de Lo Poyo) y por las zonas de playa de la costa nororiental de la laguna. Esto se evidencia especialmente en el retardo que muestra la descarga de agua y la bajada de salinidad con respecto al momento en el que tienen lugar las lluvias y la entrada de aguas de escorrentía. Las últimas lluvias importantes tuvieron lugar la última semana de agosto de 2020 y sin embargo no se detectó la bajada de salinidad en la columna de agua hasta la segunda semana de septiembre (Figura 1) afectando a toda la ribera interna, pero siendo especialmente notable en la ribera norte (Figura 2f).

La dinámica general observada puede reafirmar probablemente el efecto de la reducción significativa de las descargas en el tramo bajo de la rambla del Albujón tras la puesta en marcha de la estación de bombeo, aunque esta sigue siendo una zona sensible para la entrada de nitratos y es donde se detectan las mayores concentraciones de clorofila cuando se incrementan las descargas, como en las últimas lluvias (Figura 7). Un análisis detallado requerirá de los datos periódicos de descargas desde la cuenca de drenaje por los distintos puntos de la costa y relacionarlos con la dinámica observada en las masas de agua lagunares.

Actualmente la temperatura media presenta valores normales para la época del año, oscilando entre 28,5 y 30,2 °C en las dos últimas semanas de agosto y con un ligero descenso tras las lluvias de finales de agosto, situándose actualmente en 25,9°C. Las temperaturas durante el verano han sido ligeramente superiores a las máximas alcanzadas en 2018 y semejantes a las de 2017 cuando se produjo una regresión importante de los parámetros de calidad del agua. El hecho de que este año no hayan tenido los mismos efectos generales puede estar relacionado con que en 2017 la proliferación fitoplanctónica tuvo lugar tras una subida brusca de casi 2 °C en apenas unos días, en

2020 las fluctuaciones han estado más amortiguadas y el ascenso de temperatura ha sido más gradual.

El descenso de salinidad en las capas superficiales ocurrido tras las últimas lluvias de agosto de 2020, ha vuelto a suponer una regresión en las posibilidades de recuperación y un incremento de los riesgos de estratificación en el caso de que se pueda producir una DANA intensa durante el otoño. La salinidad media había iniciado un aumento progresivo, situándose en 42,4, pero ha vuelto a descender bruscamente hasta 39,3, muy por debajo, por tanto, de los valores normales del Mar Menor en esta época, que deberían ser superiores a 45 (Figura 1). El hecho positivo de que no se ha observado estratificación ni durante la primavera ni el verano, se ve amenazado por los efectos de las entradas de agua desde el freático tras las lluvias, como puede observarse en la comparación de los mapas de superficie y fondo en la Figura 2f y 2g.

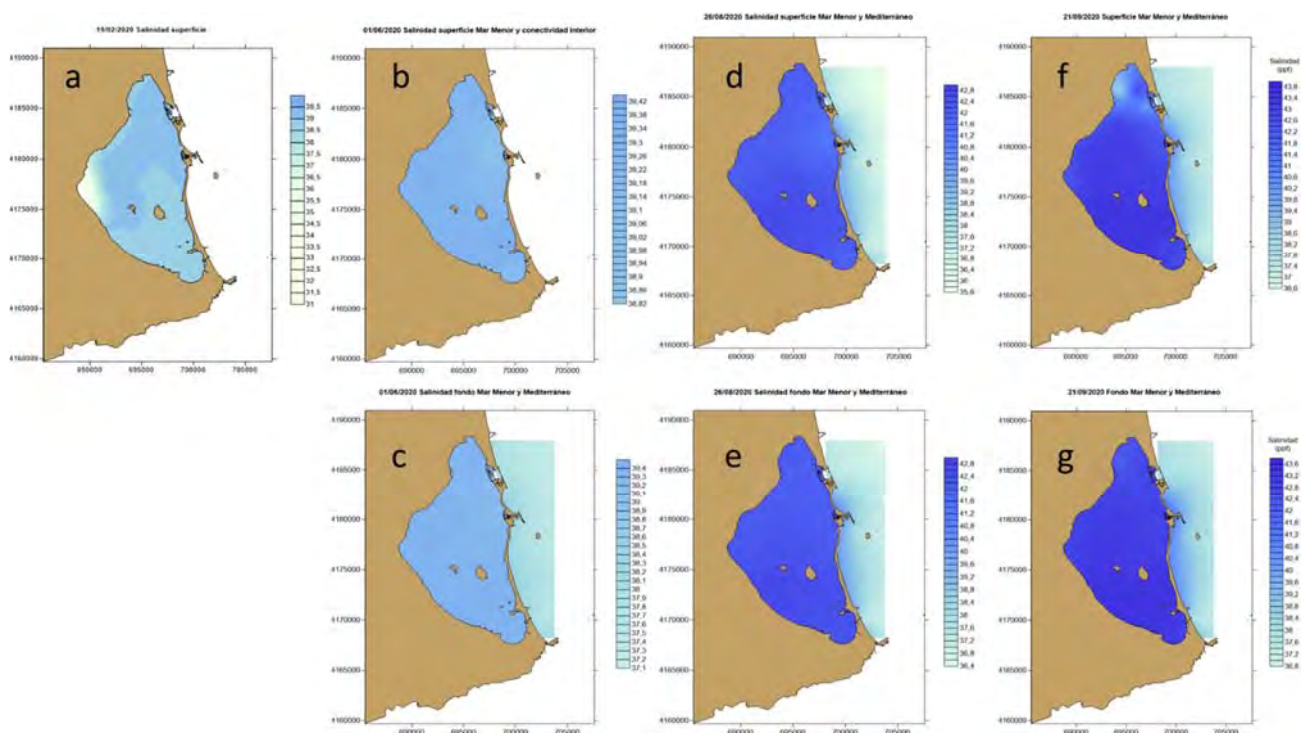


Figura 2. Distribución de los valores de salinidad en las aguas superficiales (arriba) y en el fondo (debajo) del Mar Menor en distintas fechas desde febrero de 2020 al 21 de septiembre de 2020.

La concentración de oxígeno no ha bajado en ningún momento a valores críticos y durante el verano los niveles en la capa por encima de 1,5 m de profundidad se han mantenido en saturación, con valores medios de 6,5 mg/l (Fig. 3) y la concentración absoluta de oxígeno en toda la columna de agua se ha mantenido en todas las estaciones de muestreo por encima de 4,8 mg/l (Fig. 4).

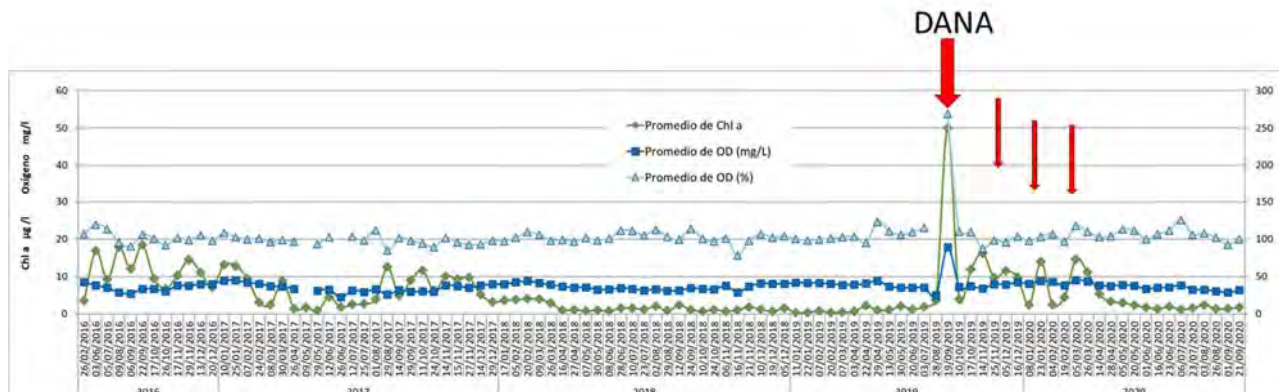


Figura 3. Evolución del ciclo anual de la concentración de oxígeno (expresada como % de saturación y en mg/l) y de clorofila a desde 2016 hasta el 21 de septiembre de 2020.

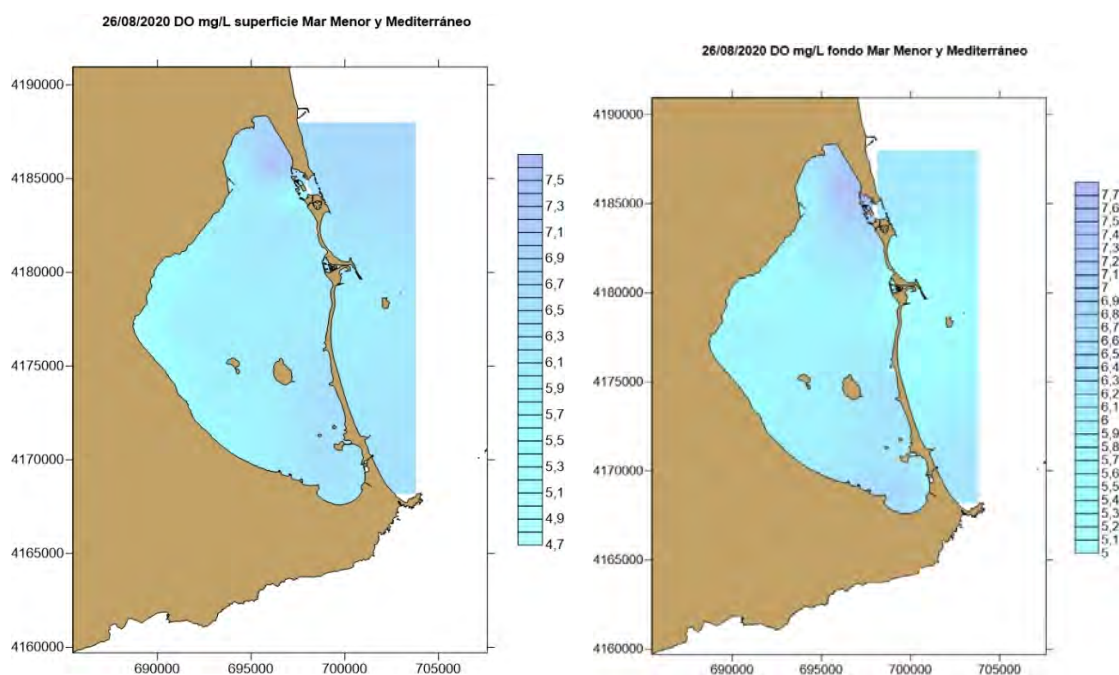


Figura 4. Distribución de los valores de concentración de oxígeno (mg/l) en las aguas superficiales (izquierda) y en el fondo (derecha) del Mar Menor el 26 de agosto de 2020.

Como se ha comentado, la concentración de nutrientes y clorofila *a* ha ido descendiendo progresivamente desde finales de marzo de 2020, cuando se alcanzaron valores medios para la laguna de 50 $\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$, un máximo histórico, y valores de clorofila *a* de 14,6 $\mu\text{g/l}$. Sin embargo, el sistema respondió muy rápidamente y no solo se redujeron las concentraciones máximas, sino que

se amortiguaron también drásticamente las oscilaciones en la concentración de nutrientes y clorofila a , lo que como hemos venido indicando, es un buen indicio de que el sistema mantiene su capacidad de autorregulación.

Aunque los valores medios para el Mar Menor eran ya inferiores a $1,5 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$, a primeros de julio de 2020 se detectaron valores de Nitrato de $22,58 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$ en las proximidades de la desembocadura de la rambla del Albuñón. Durante los meses de julio y agosto los niveles medios para el Mar Menor han sido inferiores a $1 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$, lo que puede considerarse un valor bajo. Sin embargo, las concentraciones más altas de Nitratos y Fosfato se han desplazado hacia el sur, situándose actualmente en la costa entre la marina del Carmolí y Lo Poyo. En esta zona, la concentración de nitrato alcanza $11,85 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$ y la de fosfato $0,43 \mu\text{mol PO}_4/\text{l}$. Ocasionalmente también se detectan entradas por la ribera nororiental. La reducción de las entradas directas por la rambla del Albuñón como consecuencia de la puesta en marcha de la estación de bombeo, no impide que siga habiendo entradas importantes de agua superficial y subsuperficial desde las inmediaciones de la rambla de Miranda hasta la llanura de Lo Poyo. La presencia de concentraciones significativas de fósforo indica una posible mezcla con aguas urbanas en momentos puntuales.

De acuerdo con la disponibilidad de nutrientes, los valores medios de Chl a se sitúan a final de agosto en $1,37 \mu\text{g/L}$ y en $1,7 \mu\text{g/L}$ a finales de septiembre a pesar de las lluvias. Estos valores pueden considerarse buenos, y han bajado hasta 2,3 en el área de influencia de la rambla del Albuñón, aunque el que llegaran a 8,1 en la zona entre la Marina del Carmolí y Lo Poyo a finales de julio, indica que las presiones siguen activas y más difusas (Figuras 5-7).

A pesar de su empeoramiento, con la vuelta de las entradas de agua, especialmente con la recarga del acuífero tras la Dana, aún muestra capacidad de regulación de los nutrientes y la clorofila

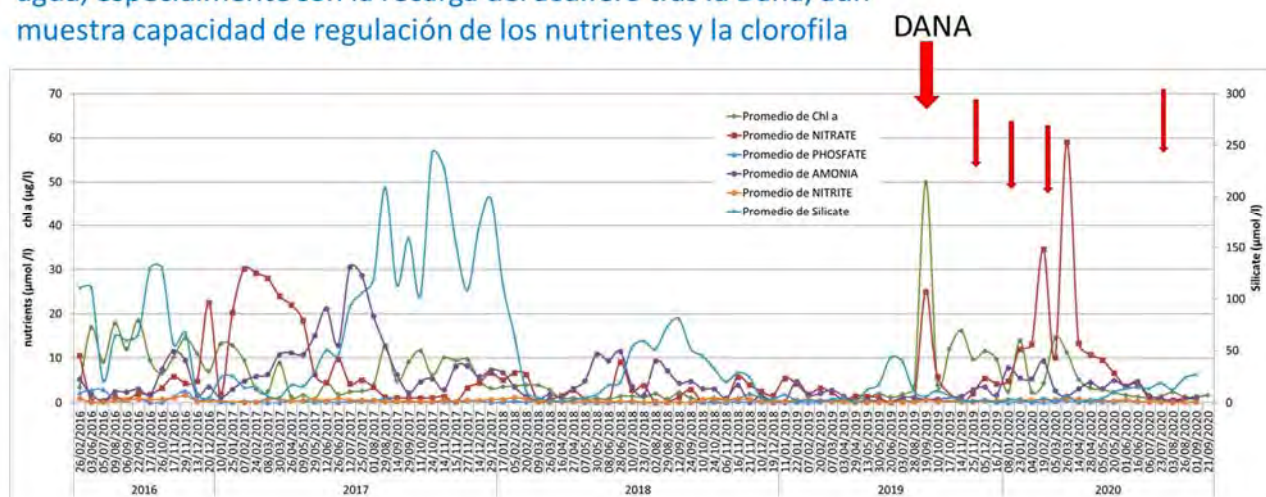


Figura 5. Evolución de los valores medios de la concentración en nutrientes y clorofila a en el Mar Menor en la red de estaciones de muestreo distribuidas en el interior de la laguna. Las flechas rojas indican eventos de lluvia intensa.

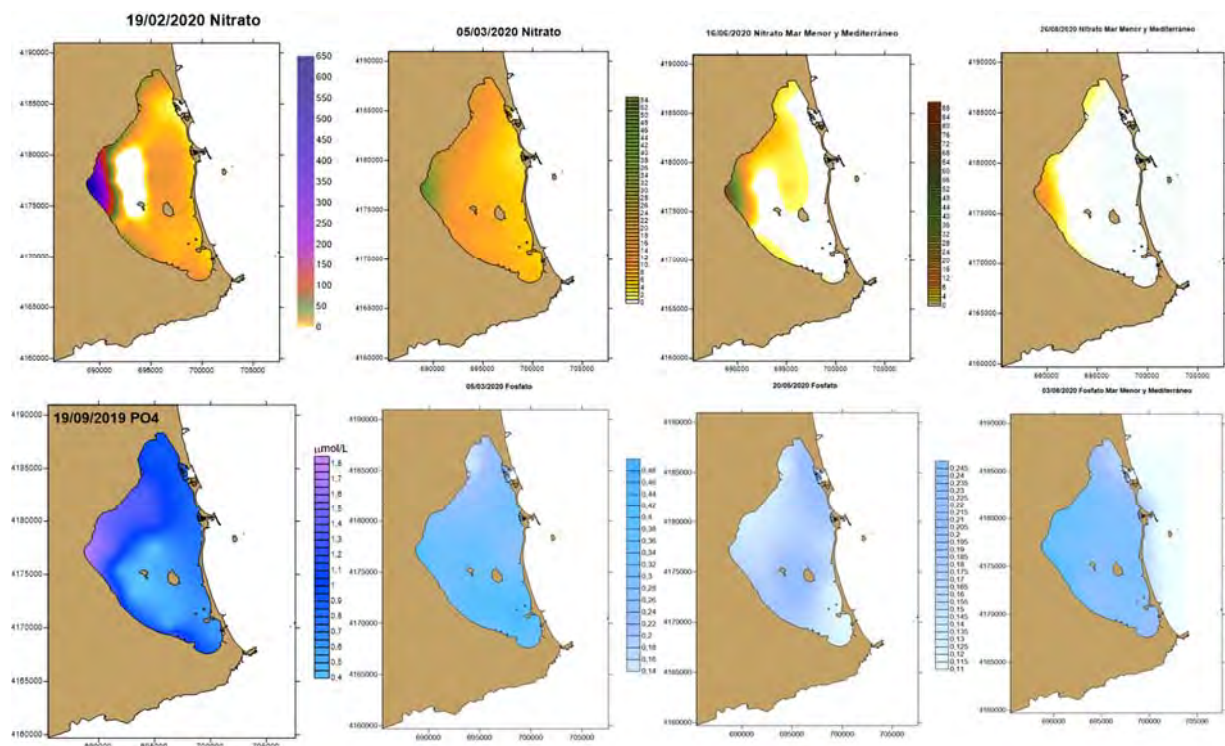


Figura 6. Arriba: Distribución espacial de los valores de concentración de Nitrato ($\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$) en las aguas superficiales (izquierda) y en de Fosfato ($\mu\text{mol PO}_4/\text{l}$)(derecha) en el Mar Menor desde finales de invierno hasta finales de agosto de 2020.

La progresiva reducción y la baja concentración actual de clorofila *a* en la columna de agua (Figura 7) se traduce en una recuperación de la transparencia en condiciones de relativa calma. Si durante el invierno de 2020, el Mar Menor perdió la transparencia que había alcanzado durante la recuperación de 2018 y se aproximaron a los peores de la serie histórica, desde abril de 2020 se inició una recuperación semejante a la que se observó en 2018 y, por el momento se mantiene, con una visibilidad media que se situó en 4,69 m a final de verano y ha alcanzado los 5 m a final de septiembre (Fig. 8). Sin embargo, las zonas someras aún contienen abundantes partículas finas de sedimento, como consecuencia de los arrastres de las lluvias torrenciales, lo que hace que el oleaje resuspenda dichos materiales con facilidad en las zonas expuestas.

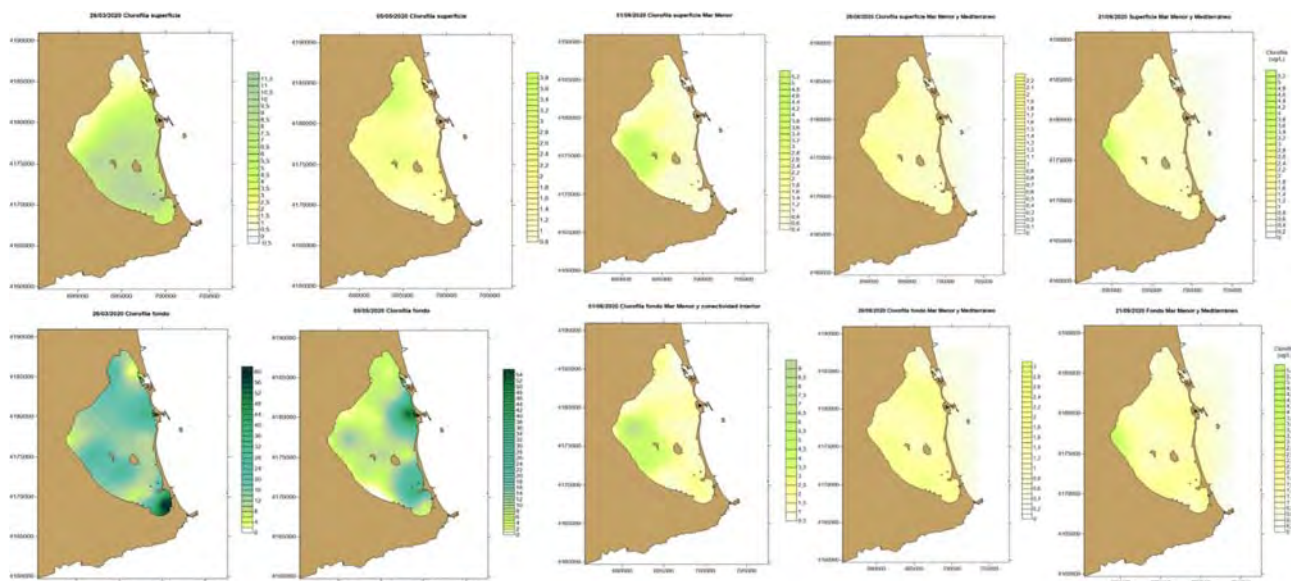


Figura 7. Distribución de los valores de concentración de clorofila *a* ($\mu\text{g/l}$) en las aguas superficiales (arriba) y en el fondo (abajo) del Mar Menor desde finales de invierno hasta finales de agosto de 2020.

Y a pesar de las entradas masivas de agua y nutrientes, sorprendentemente aún muestra su capacidad de amortiguar las presiones, rehaciéndose después de cada evento de proliferación de fitoplancton o de entrada de materiales en suspensión

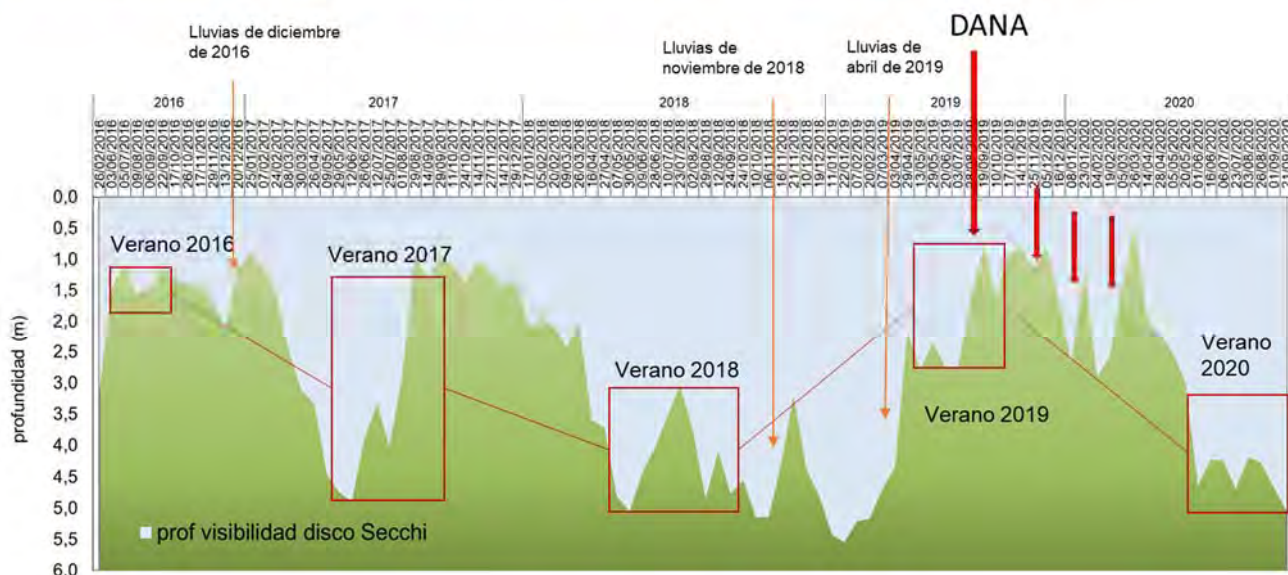


Figura 8. Evolución temporal de la profundidad media de visibilidad del disco de Secchi, calculada en las zonas con más de 5 m de profundidad.



Conclusiones

Aunque la complejidad del Mar Menor sigue permitiéndole una capacidad de autorregulación muy elevada, manteniendo en niveles bajos, tanto la concentración de nutrientes como de clorofila a , es importante tener presente que el ecosistema sigue bajo una presión extrema por la entrada continua de aguas hipohalinas con altas concentraciones de nutrientes. Esto, a pesar de que van recuperándose progresivamente, mantiene aún valores de salinidad relativamente bajos para el Mar Menor y, en conjunto, hacen que los riesgos de sufrir una crisis distrófica sigan siendo relativamente altos si se dan condiciones de alta temperatura, periodo de calmas y/o entrada masiva de aguas dulces.

Debemos insistir en que la clara recuperación de la integridad ecológica del ecosistema del Mar Menor tras la reducción de las entradas de agua y nutrientes desde la cuenca de drenaje entre los años 2017 y 2018, su deterioro nuevamente tras el regreso de las entradas indiscriminadas de agua hipohalina desde la cuenca de drenaje, y su actual respuesta autorreguladora tras la activación de la estación de bombeo junto a la rambla del Albuñón, deben interpretarse como una demostración de la importancia de consolidar estructuralmente la capacidad de gestión del agua. Como se decía en el informe anterior, se confirma que, de momento, las leves tendencias a la estratificación y reducción de la concentración de oxígeno en las capas profundas, mostradas eventualmente durante la primavera y tras las entradas masivas de agua dulce, se han disipado en buena medida, pero no pueden descartarse si se dieran condiciones adversas sinérgicas.

Insistimos, por tanto, en la importancia y la urgencia de un plan de gestión de las aguas en la cuenca y de regulación no solo de vertidos, sino también de los niveles del freático. Se mantiene que se deberían consensuar las medidas con los especialistas en hidrogeología, y valorar la necesidad de reducir el nivel freático al menos entre 1,5 y 2 metros. Esto es especialmente importante teniendo en cuenta que en los próximos años se espera un aumento de la frecuencia de las lluvias torrenciales que recargan el acuífero en las zonas más altas, presionando las bajas, y aumenta la escorrentía superficial donde el subsuelo está ya saturado y no retiene ya agua nueva. Estas entradas son de múltiples orígenes y, muy probablemente, forzadas por un nivel freático muy elevado, ya que se detectan concentraciones relativamente altas tanto de nitratos como de fosfatos, con posible mezcla de aguas de origen agrícola y urbano, y como se muestra en este informe, las zonas de mayor influencia se desplazan en función de las actuaciones de gestión del agua.

Las medidas recomendadas siguen siendo, por tanto, mantener una vigilancia extrema en los posibles vertidos, descargar el freático y establecer una red de infraestructuras que permitan la gestión y tratamiento de las aguas que se utilizan y se generan en la cuenca de drenaje con el fin de reducir al máximo las entradas regulares y los riesgos de vertidos incontrolados y maximizar su reutilización. Todo esto, al margen de otras medidas conducentes a una agricultura sostenible a medio y largo plazo, incluyendo las propias estrategias de diversificación de secano y regadío, la implantación de setos, prácticas conducentes a minimizar el uso y la movilidad de nutrientes y las escorrentías superficiales y



la erosión y transporte de sedimentos, la recuperación de zonas naturales y, en general, las previstas en el plan de vertido cero.

Pero se debe insistir, como en los informes previos, en que, si bien, el ecosistema del Mar Menor da pruebas de que mantiene buena parte de sus capacidades homeostáticas, también es un hecho que las presiones, aunque algo reducidas tras la puesta en funcionamiento de la estación de bombeo de los Alcázares, aún se mantienen muy altas y no pueden descartarse eventos extremos en condiciones de altas temperaturas, periodos largos de calmas o entradas torrenciales de aguas desde la cuenca en eventos de lluvias intensas. Como se ha incidido en anteriores informes, este tipo de eventos, con el calentamiento generalizado de la superficie del mar, pueden extenderse durante todo el otoño y hasta principios de invierno en nuestra región.

Informe de seguimiento del estado ecológico del Mar Menor – 20 de enero de 2021

Angel Pérez-Ruzafa

Departamento de Ecología e Hidrología

Universidad de Murcia

En el inicio del invierno de 2021 puede decirse que el Mar Menor está en una fase de estabilidad con un futuro incierto. El año 2020, se ha caracterizado por la ausencia de incidencias notables, con una claridad de aguas que puede considerarse buena y dentro de los parámetros normales para el Mar Menor, con valores de temperatura normales y con valores de salinidad que, desde el verano, progresivamente van recuperándose del fuerte descenso que se produjo tras la Dana de 2019 y las sucesivas lluvias torrenciales de la primavera de 2020. Incluso el descenso brusco de salinidad que tuvo lugar con las lluvias de finales de septiembre de 2020 se recuperó con relativa rapidez (Figura 1).



Figura 1. Evolución del ciclo anual de la salinidad y la temperatura desde 2016 hasta septiembre de 2020, un año después de la DANA de 2019. El recuadro verde enmarca la evolución de los parámetros desde el último informe de estado presentado en este foro.

Los valores de oxígeno también se mantienen altos y en los rangos normales para cada época del año (Figura 2).

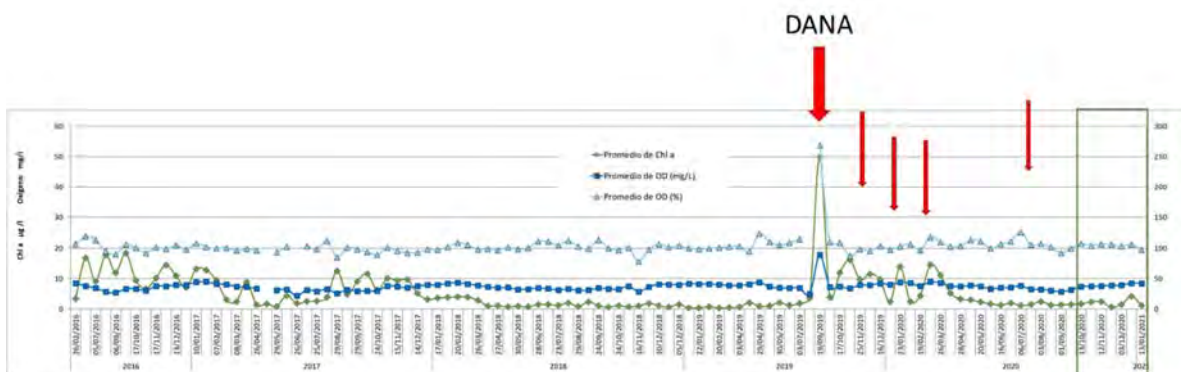


Figura 2. Evolución del ciclo anual de la concentración de oxígeno (expresada como % de saturación y en mg/l) y de clorofila *a* desde 2016 hasta el 21 de septiembre de 2020. El recuadro verde enmarca la evolución de los parámetros desde el último informe de estado presentado en este foro interadministrativo.

La concentración de nutrientes y clorofila también se mantienen en niveles bajos y con fluctuaciones suaves (Figura 3).

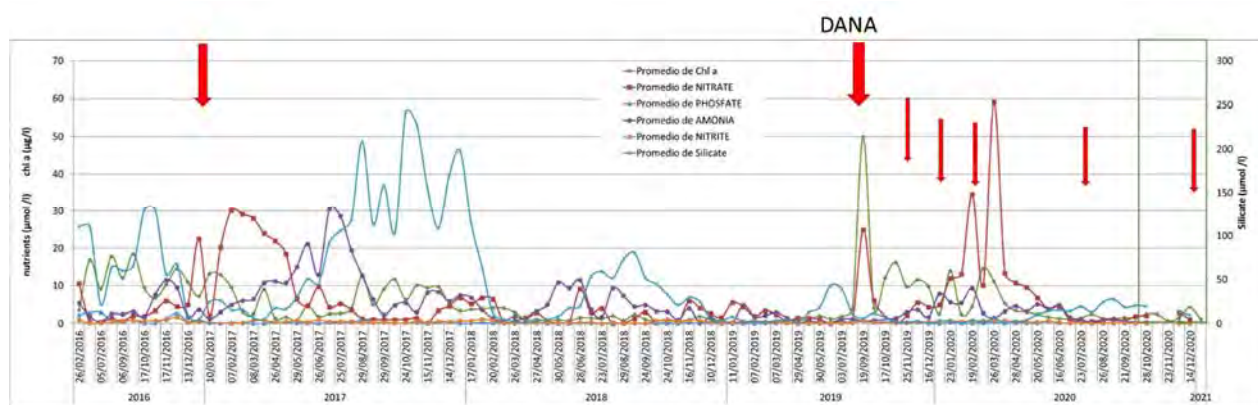


Figura 3. Evolución de los valores medios de la concentración en nutrientes y clorofila *a* en el Mar Menor en la red de estaciones de muestreo distribuidas en el interior de la laguna. Las flechas rojas indican eventos de lluvia intensa.

Todo ello confirma la respuesta progresiva de recuperación del ecosistema y su capacidad de autorregulación. Sin embargo, como en el informe anterior, es importante resaltar que todas las amenazas y presiones siguen aún presentes, materializada actualmente en su baja salinidad, aún lejos de los valores deseables, y, sobre todo, en la entrada continuada de aguas con alto contenido en nutrientes desde la cuenca de drenaje y el elevado nivel freático. Esto queda materializado en los mapas de la figura 4, en los que se muestra la distribución espacial de la concentración de los principales nutrientes. Como se muestra en la figura ocurren descargas puntuales, especialmente focalizadas en la zona de la desembocadura de la rambla del Albujón y en ocasiones a lo largo de la ribera suroriental de la laguna, con fuertes entradas de nitratos y, en ocasiones, también de fosfato. Dichas entradas han llegado a superar los 600 $\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$ en febrero. Algunas de las ocurridas en octubre hay llegado a superar los también los 50 $\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$. Estos valores superan los máximos históricos y muestran que el problema está aún lejos de estar resuelto.

Como ya se comentó en el informe anterior, la presencia de concentraciones significativas de fósforo indica una posible mezcla con aguas urbanas en momentos puntuales.

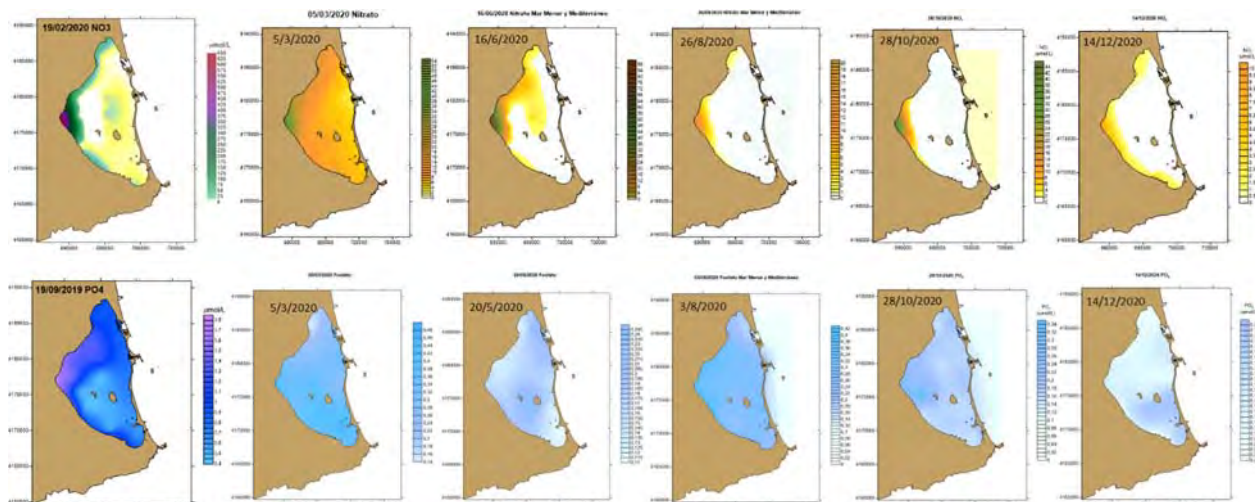


Figura 4. Arriba: Distribución espacial de los valores de concentración de Nitrato ($\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$) en las aguas superficiales (izquierda) y en de Fosfato ($\mu\text{mol PO}_4/\text{l}$)(derecha) en el Mar Menor desde febrero hasta diciembre de 2020.

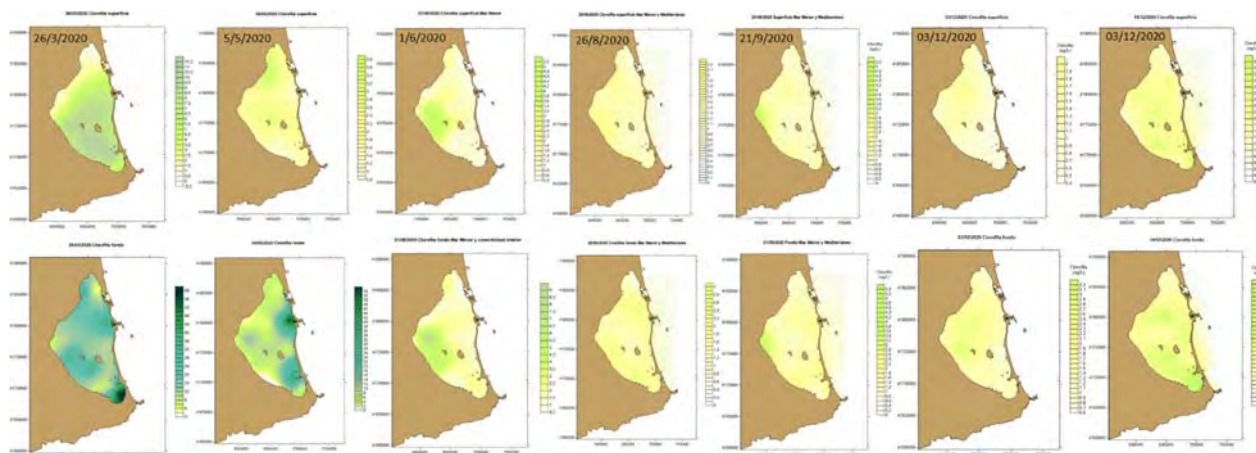


Figura 4. Distribución de los valores de concentración de clorofila a ($\mu\text{g}/\text{l}$) en las aguas superficiales (arriba) y en el fondo (abajo) del Mar Menor desde finales de invierno hasta diciembre de 2020.

Como se comentó en el informe anterior, de acuerdo con la disponibilidad de nutrientes, los valores medios de Chl a se sitúan a final de agosto en $1,37 \mu\text{g}/\text{L}$ y en $1,7 \mu\text{g}/\text{L}$ a finales de septiembre a pesar de las lluvias. Estos valores pueden considerarse buenos, y han bajado hasta 2,3 en el área de influencia de la rambla del Albuñón, aunque el que llegaran a 8,1 en la zona entre la Marina del Carmolí y Lo Poyo a finales de julio, indica que las presiones siguen activas y más difusas.

El hecho de que desde finales de marzo de 2020, cuando se alcanzaron valores medios para la laguna de $50 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$, un máximo histórico, y valores de clorofila a de $14,6 \mu\text{g}/\text{l}$ las concentraciones se

hayan ido reduciendo, a pesar de los vertidos regulares que tienen lugar, refuerza la idea de la recuperación de las propiedades homeostáticas del sistema, pero subrayando, como se ha dicho anteriormente, que las amenazas están intactas.

En concordancia con lo expuesto, la progresiva reducción y la baja concentración actual de clorofila a en la columna de agua ha traducido en la recuperación bastante generalizada de la transparencia en condiciones de relativa calma. Si durante el invierno de 2020, el Mar Menor perdió la transparencia que había alcanzado durante la recuperación de 2018 y se aproximaron a los peores de la serie histórica, desde abril de 2020 se inició una recuperación semejante a la que se observó en 2018 y, por el momento se mantiene, con una visibilidad media que se situó en 4,69 m a final de verano y ha alcanzado los 5 m a final de septiembre, manteniéndose en dichos rangos hasta el momento presente (Fig. 5). Sin embargo, las zonas someras aún contienen abundantes partículas finas de sedimento, como consecuencia de los arrastres de las lluvias torrenciales, lo que hace que el oleaje resuspenda dichos materiales con facilidad en las zonas expuestas.

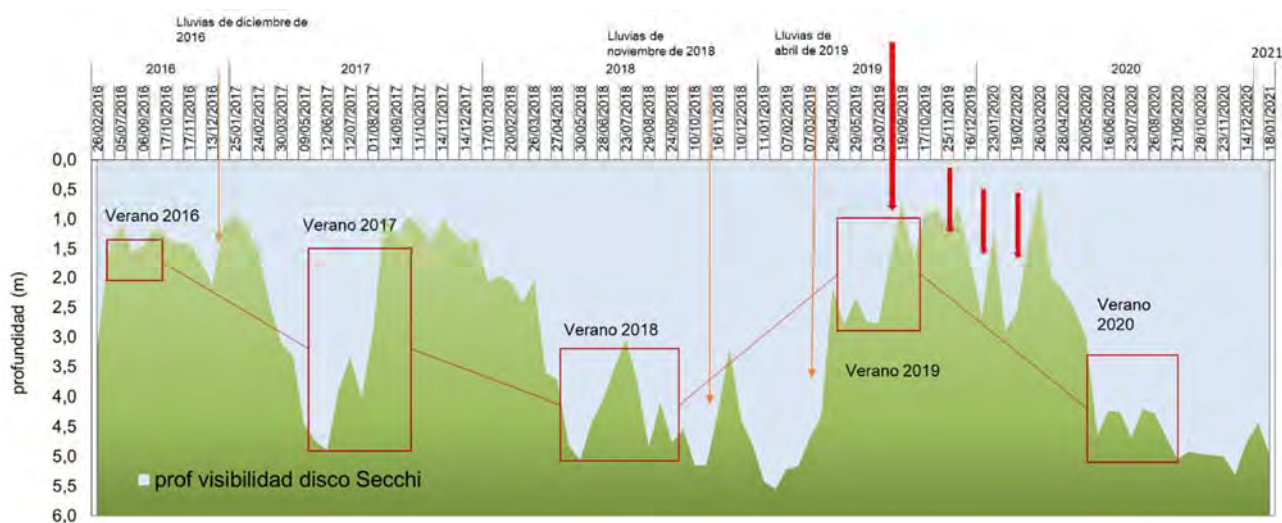


Figura 5. Evolución temporal de la profundidad media de visibilidad del disco de Secchi, calculada en las zonas con más de 5 m de profundidad.

Cabe resaltar, que los momentos de mayor entrada de nutrientes y el deterioro de la calidad de aguas, se ven fuertemente influenciados por los caudales de entrada en el área de la desembocadura de la rambla del Albuñón (Albuñón, Miranda y Canal de drenaje de los Alcázares) y que la recuperación de la calidad de aguas y del estado de las comunidades durante 2018 apuntada en informes anteriores, se corresponde con los periodos de mínima descarga en dichos puntos (figura 6).

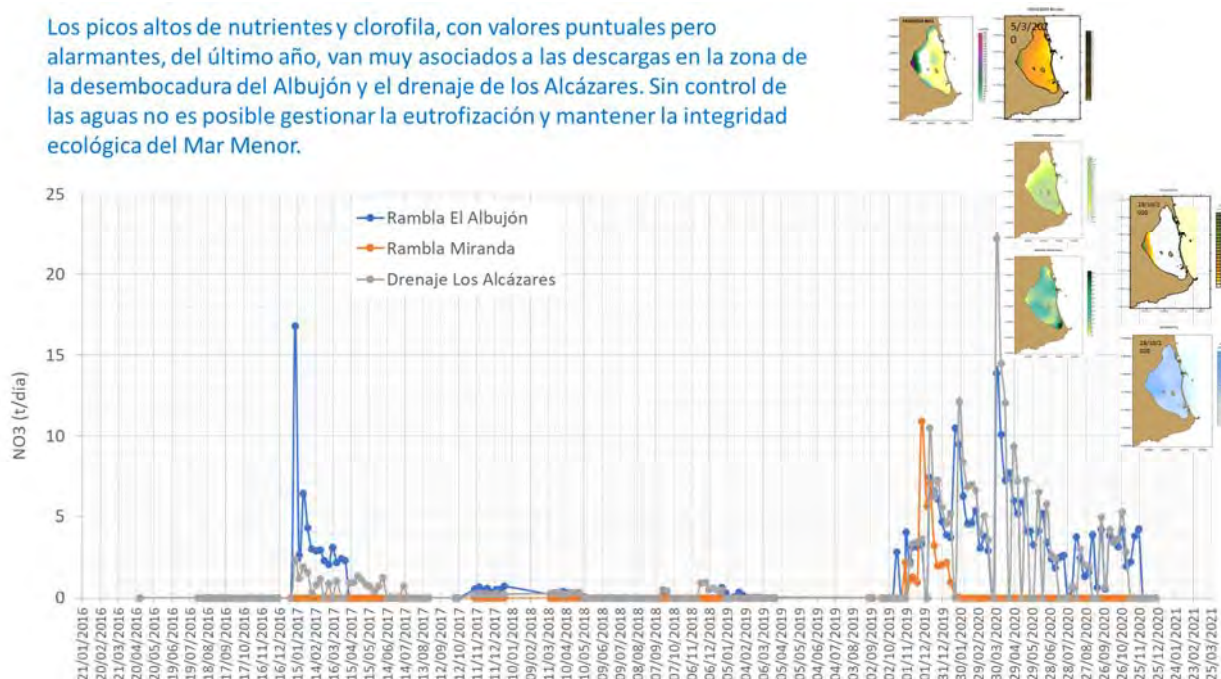


Figura 6. Evolución de las descargas de nitratos al Mar Menor a través de las ramblas del Albujón y Miranda y el canal de drenaje de los Alcázares en relación con los momentos de peor estado del Mar Menor durante 2020.

Conclusiones

Mantenemos aquí las conclusiones de informes anteriores. Aunque la complejidad del Mar Menor sigue permitiéndole una capacidad de autorregulación muy elevada, manteniendo en niveles bajos, tanto la concentración de nutrientes como de clorofila *a*, es importante tener presente que el ecosistema sigue bajo una presión extrema por la entrada continua de aguas hipohalinas con altas concentraciones de nutrientes. Esto, a pesar de que van recuperándose progresivamente, mantiene aún valores de salinidad relativamente bajos para el Mar Menor y, en conjunto, hacen que los riesgos de sufrir una crisis distrófica sigan siendo relativamente altos si se dan condiciones de alta temperatura, periodo de calmas y/o entrada masiva de aguas dulces.

Debemos insistir en que la clara recuperación de la integridad ecológica del ecosistema del Mar Menor tras la reducción de las entradas de agua y nutrientes desde la cuenca de drenaje entre los años 2017 y 2018, su deterioro nuevamente tras el regreso de las entradas indiscriminadas de agua hipohalina desde la cuenca de drenaje, y su actual respuesta autorreguladora tras la activación de la estación de bombeo junto a la rambla del Albujón, deben interpretarse como una demostración de la importancia de consolidar estructuralmente la capacidad de gestión del agua. Como se decía en el informe anterior, se confirma que, de momento, las leves tendencias a la estratificación y reducción de la concentración de oxígeno en las capas profundas, mostradas eventualmente durante la primavera y tras las entradas



masivas de agua dulce, se han disipado en buena medida, pero no pueden descartarse si se dieran condiciones adversas sinérgicas.

Insistimos, por tanto, en la importancia y la urgencia de un plan de gestión de las aguas en la cuenca y de regulación no solo de vertidos, sino también de los niveles del freático. Se mantiene que se deberían consensuar las medidas con los especialistas en hidrogeología, y valorar la necesidad de reducir el nivel freático al menos entre 1,5 y 2 metros. Esto es especialmente importante teniendo en cuenta que en los próximos años se espera un aumento de la frecuencia de las lluvias torrenciales que recargan el acuífero en las zonas más altas, presionando las bajas, y aumenta la escorrentía superficial donde el subsuelo está ya saturado y no retiene ya agua nueva. Estas entradas son de múltiples orígenes y, muy probablemente, forzadas por un nivel freático muy elevado, ya que se detectan concentraciones relativamente altas tanto de nitratos como de fosfatos, con posible mezcla de aguas de origen agrícola y urbano, y como se muestra en este informe, las zonas de mayor influencia se desplazan en función de las actuaciones de gestión del agua.

Las medidas recomendadas siguen siendo, por tanto, mantener una vigilancia extrema en los posibles vertidos, descargar el freático y establecer una red de infraestructuras que permitan la gestión y tratamiento de las aguas que se utilizan y se generan en la cuenca de drenaje con el fin de reducir al máximo las entradas regulares y los riesgos de vertidos incontrolados y maximizar su reutilización. Todo esto, al margen de otras medidas conducentes a una agricultura sostenible a medio y largo plazo, incluyendo las propias estrategias de diversificación de secano y regadío, la implantación de setos, prácticas conducentes a minimizar el uso y la movilidad de nutrientes y las escorrentías superficiales y la erosión y transporte de sedimentos, la recuperación de zonas naturales y, en general, las previstas en el plan de vertido cero.

Pero se debe insistir, como en los informes previos, en que, si bien, el ecosistema del Mar Menor da pruebas de que mantiene buena parte de sus capacidades homeostáticas, también es un hecho que las presiones, aunque algo reducidas tras la puesta en funcionamiento de la estación de bombeo de los Alcázares, aún se mantienen muy altas y no pueden descartarse eventos extremos en condiciones de altas temperaturas, periodos largos de calmas o entradas torrenciales de aguas desde la cuenca en eventos de lluvias intensas. Como se ha incidido en anteriores informes, este tipo de eventos, con el calentamiento generalizado de la superficie del mar, pueden extenderse durante todo el otoño y hasta principios de invierno en nuestra región.



Informe de seguimiento del estado ecológico del Mar Menor – 28 de febrero de 2021

Angel Pérez-Ruzafa

Departamento de Ecología e Hidrología

Universidad de Murcia

En el invierno de 2021 puede decirse que el Mar Menor está en una fase de estabilidad con un futuro incierto que recuerda la situación en el mismo periodo de 2019. El año 2020, se ha caracterizado por la ausencia de incidencias notables, con una claridad de aguas que puede considerarse buena y dentro de los parámetros normales para el Mar Menor, con valores de temperatura normales y con valores de salinidad que, desde el verano, progresivamente van recuperándose del fuerte descenso que se produjo tras la DANA de 2019 y las sucesivas lluvias torrenciales de la primavera de 2020. Incluso el descenso brusco de salinidad que tuvo lugar con las lluvias de finales de septiembre de 2020 se recuperó con relativa rapidez (Figura 1). No obstante, se mantiene aún alejado de sus valores característicos y sufre descensos más acusados de lo habitual incluso tras lluvias relativamente moderadas.

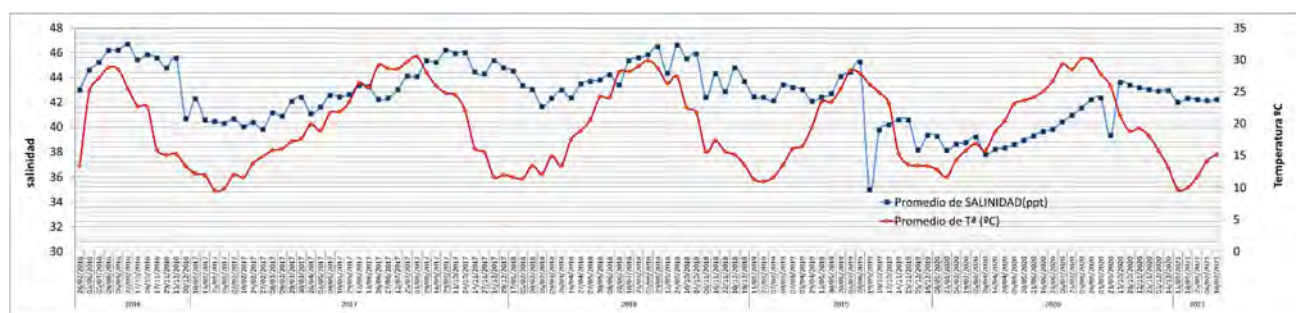


Figura 1. Evolución del ciclo anual de la salinidad y la temperatura desde 2016 hasta febrero de 2021.

Los valores de oxígeno se mantienen altos y en los rangos normales para cada época del año (Figura 2), no apreciándose riesgos de anoxia en las condiciones actuales.

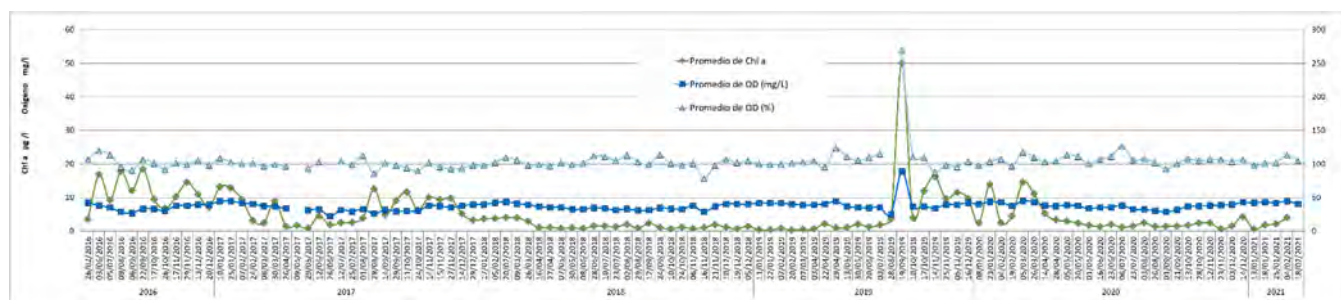


Figura 2. Evolución del ciclo anual de la concentración de oxígeno (expresada como % de saturación y en mg/l) y de clorofila a desde 2016 hasta febrero de 2021.

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología

Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia

T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa



La concentración de nutrientes y clorofila también se mantienen en niveles bajos y con fluctuaciones suaves (Figura 3), pero con picos puntuales como el de la primera quincena de enero, que deben alertar de la necesidad de controlar los procesos en la cuenca de drenaje.

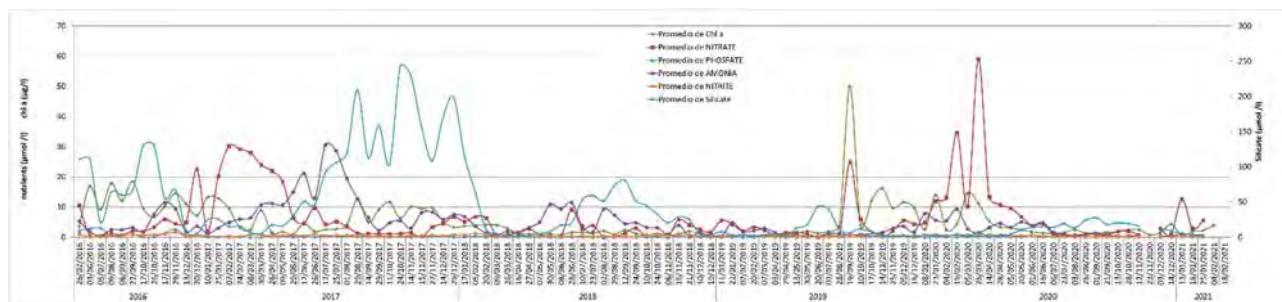


Figura 3. Evolución de los valores medios de la concentración en nutrientes y clorofila a en el Mar Menor en la red de estaciones de muestreo distribuidas en el interior de la laguna.

Todo ello sigue confirmando la respuesta progresiva de recuperación del ecosistema y su capacidad de autorregulación, pero también, como se advertía en el informe anterior, que siguen aún presentes todas las amenazas y presiones que desencadenaron el proceso de eutrofización que culminó con la rotura de los equilibrios en el ecosistema y la pérdida de calidad de aguas. Dichas presiones se materializan actualmente en su baja salinidad, aún lejos de los valores deseables, y, sobre todo, en la entrada continuada de aguas con alto contenido en nutrientes desde la cuenca de drenaje. Ambas presiones están potenciadas por el elevado nivel freático. Esto queda materializado en los mapas de las figuras 4 y 6, en los que se muestra la distribución espacial de la concentración de los principales nutrientes y de la salinidad. Como se muestra en la figura 4 ocurren descargas puntuales, especialmente focalizadas en la zona de la desembocadura de la rambla del Albujón y en ocasiones a lo largo de la ribera suroriental de la laguna, con fuertes entradas de nitratos y, en ocasiones, también de fosfato. Como se muestra en la figura 6, a mediados de enero se produjo una entrada de aguas cargadas en nitrato con valores de hasta $128,4 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$ en las proximidades de la rambla y una subida en la concentración media de nitrato en la columna de agua de la laguna superando $12,67 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$. De hecho, desde finales de 2020, como ya ocurrió a finales de 2018 y en 2019 han vuelto a detectarse entradas repetidas de aguas con nutrientes que llegaron a superar los $600 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$ en febrero de 2020. Algunas de las ocurridas en octubre pasado también llegaron a superar los $50 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$. Estos valores superan los máximos históricos y muestran que el problema está aún lejos de estar resuelto y son una amenaza para el estado de la laguna esta primavera y el próximo verano.

Como ya se comentó en informes anteriores, la presencia de concentraciones significativas de fósforo en algunos momentos indica una posible mezcla con aguas urbanas en situaciones puntuales.

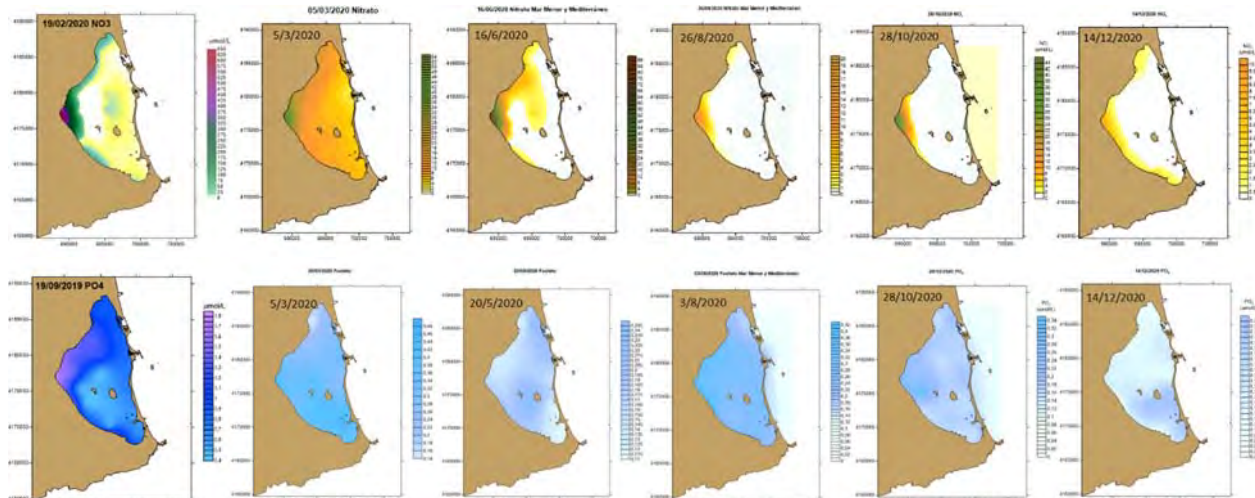


Figura 4. Arriba: Distribución espacial de los valores de concentración de Nitrato ($\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$) en las aguas superficiales (izquierda) y en de Fosfato ($\mu\text{mol PO}_4/\text{l}$)(derecha) en el Mar Menor desde febrero hasta diciembre de 2020.

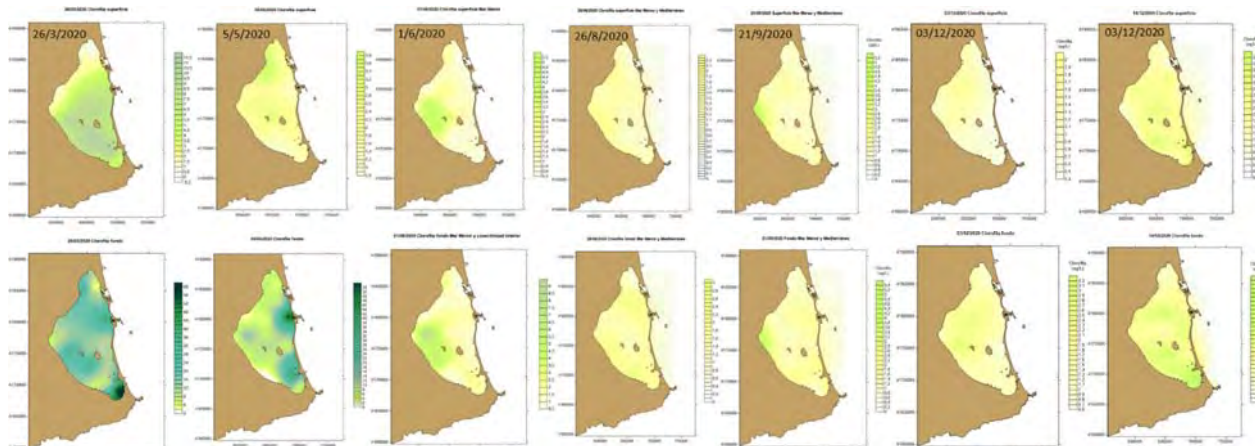


Figura 5. Distribución de los valores de concentración de clorofila a ($\mu\text{g} / \text{l}$) en las aguas superficiales (arriba) y en el fondo (abajo) del Mar Menor desde finales de invierno hasta diciembre de 2020.

Como se comentó en el informe anterior, de acuerdo con la disponibilidad de nutrientes, los valores medios de Chl a se situaron a final de agosto en $1,37 \mu\text{g}/\text{L}$ y en $1,7 \mu\text{g}/\text{L}$ a finales de septiembre a pesar de las lluvias. Estos valores pueden considerarse buenos, y han bajado hasta 2,3 en el área de influencia de la rambla del Albuñón, aunque el que llegaron a $8,1 \mu\text{g}/\text{L}$ en la zona entre la Marina del Carmolí y Lo Poyo a finales de julio, y valores cercanos a $5 \mu\text{g}/\text{L}$ a finales de enero de 2021, confirman que las presiones siguen activas, con especial incidencia en la zona del Albuñón, pero también distribuidas por toda la ribera de poniente, más o menos difusas.

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología
Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia
T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa



El hecho de que desde finales de marzo de 2020, cuando se alcanzaron valores medios para la laguna de $50 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$, un máximo histórico, y valores de clorofila *a* de $14,6 \mu\text{g/l}$ las concentraciones se hayan ido reduciendo, a pesar de los vertidos regulares que tienen lugar, refuerza la idea de la recuperación de las propiedades homeostáticas del sistema, pero subrayando, como se ha dicho anteriormente, que las amenazas están intactas. Un buen ejemplo de esta situación es, como se ha comentado, la distribución de la concentración de Nitrato a mediados de enero tras un evento de lluvia (figura 6 centro) y la subsiguiente subida de clorofila 15 días después (figura 6 derecha).

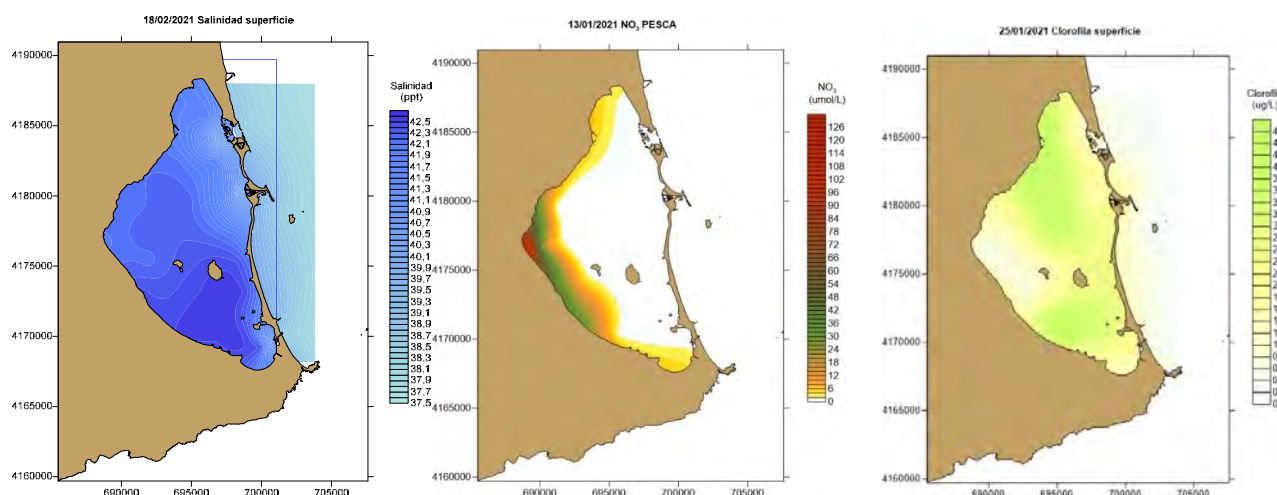


Figura 6. Distribución de los valores de salinidad (izquierda), concentración de Nitrato ($\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$) (centro) y clorofila *a* ($\mu\text{g/l}$) (derecha) en las aguas superficiales del Mar Menor el 13 de enero de 2021 y el 25 de enero de 2021, respectivamente.

En concordancia con lo expuesto, la progresiva reducción y la baja concentración actual de clorofila *a* en la columna de agua ha traducido en la recuperación bastante generalizada de la transparencia en condiciones de relativa calma, con las pérdidas puntuales cuando se reactivan las entradas de agua. Si durante el invierno de 2020, el Mar Menor perdió la transparencia que había alcanzado durante la recuperación de 2018 y se aproximaron a los peores de la serie histórica, desde abril de 2020 se inició una recuperación semejante a la que se observó en 2018 y, por el momento se ha ido manteniendo, con una visibilidad media que se situó en 4,69 m a final de verano y ha alcanzado los 5 m a final de septiembre, continuando en dichos rangos hasta el momento presente si bien con fluctuaciones (Fig. 7). Dichas pérdidas de transparencia se deben, por un lado, a que las zonas someras aún contienen abundantes partículas finas de sedimento, como consecuencia de los arrastres de las lluvias torrenciales, lo que hace que el oleaje resuspenda dichos materiales con facilidad en las zonas expuestas. Pero, por otro lado, y más preocupante, a que la entrada de nutrientes por la ribera interna provoca picos puntuales de clorofila. De momento el sistema se ha recuperado un par de semanas y tras la regresión en la transparencia del agua sufrida en enero y principios de febrero, la columna de agua ha vuelto a presentar visibilidades medias de más de 5 m a finales de este mes.

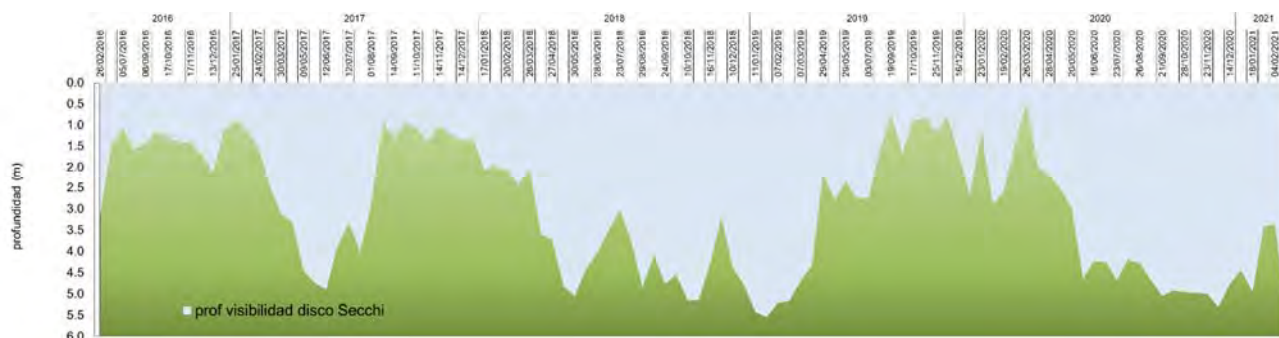


Figura 7. Evolución temporal de la profundidad media de visibilidad del disco de Secchi, calculada en las zonas con más de 5 m de profundidad.

Cabe resaltar, que los momentos de mayor entrada de nutrientes y el deterioro de la calidad de aguas, se ven fuertemente influenciados por los caudales de entrada en el área de la desembocadura de la rambla del Albuñón (Albuñón, Miranda y Canal de drenaje de los Alcázares) y que la recuperación de la calidad de aguas y del estado de las comunidades durante 2018 apuntada en informes anteriores, se corresponde con los periodos de mínima descarga en dichos puntos (figura 8).

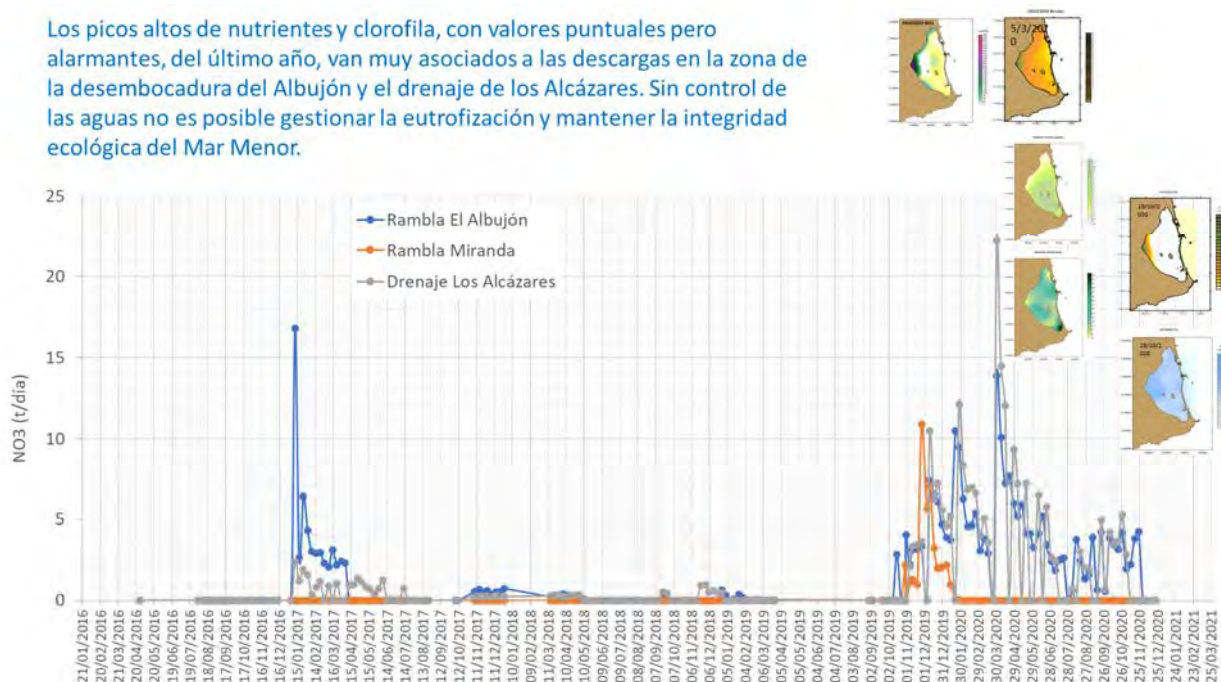


Figura 8. Evolución de las descargas de nitratos al Mar Menor a través de las ramblas del Albuñón y Miranda y el canal de drenaje de los Alcázares en relación con los momentos de peor estado del Mar Menor durante 2020.



UNIVERSIDAD DE
MURCIA



Región de Murcia



UNIÓN EUROPEA

Conclusiones

Mantenemos aquí las conclusiones de informes anteriores. Aunque la complejidad del Mar Menor sigue permitiéndole una capacidad de autorregulación muy elevada, manteniendo en niveles bajos, tanto la concentración de nutrientes como de clorofila *a*, es importante tener presente que el ecosistema sigue bajo una presión extrema por la entrada continua de aguas hipohalinas con altas concentraciones de nutrientes. Esto, a pesar de que van recuperándose progresivamente, mantiene aún valores de salinidad relativamente bajos para el Mar Menor y, en conjunto, hacen que los riesgos de sufrir una crisis distrófica sigan siendo relativamente altos si se dan condiciones de alta temperatura, periodo de calmas y/o entrada masiva de aguas dulces.

Debemos insistir en que la clara recuperación de la integridad ecológica del ecosistema del Mar Menor tras la reducción de las entradas de agua y nutrientes desde la cuenca de drenaje entre los años 2017 y 2018, su deterioro nuevamente tras el regreso de las entradas indiscriminadas de agua hipohalina desde la cuenca de drenaje, y su actual respuesta autorreguladora tras la activación de la estación de bombeo junto a la rambla del Albuñón, deben interpretarse como una demostración de la importancia de consolidar estructuralmente la capacidad de gestión del agua. Como se decía en el informe anterior, se confirma que, de momento, las leves tendencias a la estratificación y reducción de la concentración de oxígeno en las capas profundas, mostradas eventualmente durante las primaveras pasadas y tras las entradas masivas de agua dulce, se han disipado en buena medida, pero no pueden descartarse si se dieran condiciones adversas sinérgicas.

Insistimos, por tanto, en la importancia y la urgencia de un plan de gestión de las aguas en la cuenca y de regulación, no solo de los vertidos, sino también de los niveles del freático. Se mantiene que se deberían consensuar las medidas con los especialistas en hidrogeología, y valorar la necesidad de reducir el nivel freático al menos entre 1,5 y 2 metros. Esto es especialmente importante teniendo en cuenta que en los próximos años se espera un aumento de la frecuencia de las lluvias torrenciales que recargan el acuífero en las zonas más altas, presionando las bajas, y aumenta la escorrentía superficial donde el subsuelo está ya saturado y no retiene ya agua nueva. De este modo, aunque las entradas son de múltiples orígenes, ya que se detectan concentraciones relativamente altas tanto de nitratos como de fosfatos, con posible mezcla de aguas de origen agrícola y urbano, están también forzadas por un nivel freático muy elevado, y como se muestra en este informe, las zonas de mayor influencia se desplazan en función de las actuaciones de gestión del agua.

Las medidas recomendadas siguen siendo, por tanto, mantener una vigilancia extrema en los posibles vertidos, descargar el freático y establecer una red de infraestructuras que permitan la gestión y tratamiento de las aguas que se utilizan y se generan en la cuenca de drenaje con el fin de reducir al máximo las entradas regulares y los riesgos de vertidos incontrolados y maximizar su reutilización. Todo esto, al margen de otras medidas conducentes a una agricultura sostenible a medio y largo plazo, incluyendo las propias estrategias de diversificación de secano y regadío, la implantación de setos, prácticas conducentes a minimizar el uso y la movilidad de nutrientes y las escorrentías superficiales y

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología

Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia

T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa



UNIVERSIDAD DE
MURCIA



Región de Murcia



UNIÓN EUROPEA

la erosión y transporte de sedimentos, la recuperación de zonas naturales y, en general, las previstas en el plan de vertido cero.

Pero se debe insistir, como en los informes previos, en que, si bien, el ecosistema del Mar Menor da pruebas de que mantiene buena parte de sus capacidades homeostáticas, también es un hecho que las presiones, aunque algo reducidas tras la puesta en funcionamiento de la estación de bombeo de los Alcázares, aún se mantienen muy altas y no pueden descartarse eventos extremos en condiciones de altas temperaturas, periodos largos de calmas o entradas torrenciales de aguas desde la cuenca en eventos de lluvias intensas. Como se ha incidido en anteriores informes, este tipo de eventos, con el calentamiento generalizado de la superficie del mar, pueden extenderse durante todo el otoño y hasta principios de invierno en nuestra región.

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología

Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia

T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa



Informe de seguimiento del estado ecológico del Mar Menor – 20 de abril de 2021 Ampliado (26 de abril 2021)

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

El Mar Menor continúa en una fase de estabilidad con un futuro incierto. Con nutrientes y concentraciones de clorofila bajas gracias a su capacidad de autorregulación en base a unas comunidades biológicas que empiezan a consolidar su recuperación, pero con una salinidad baja, que no termina de recuperarse debido a que se mantienen las entradas de agua dulce y salobre con alta concentración de nutrientes, principalmente nitratos.

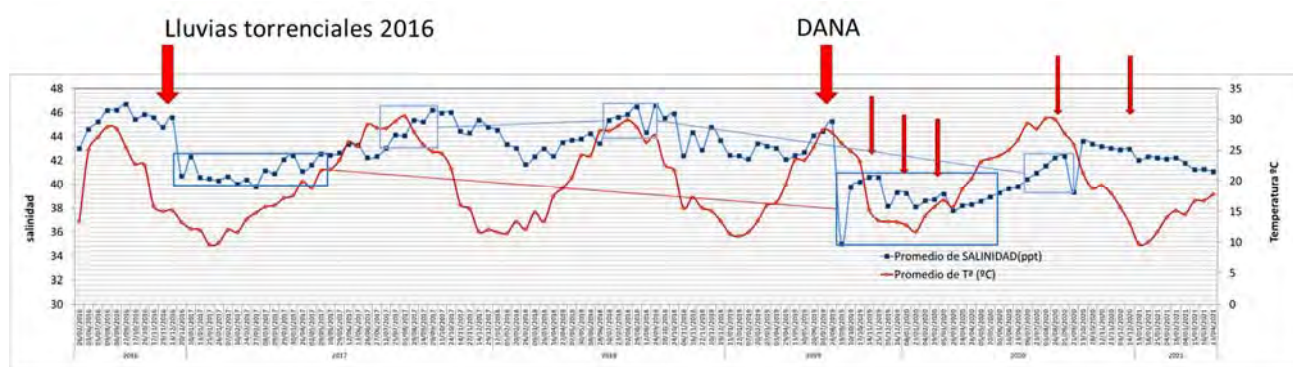


Figura 1. Evolución del ciclo anual de la salinidad y la temperatura desde 2016 hasta abril de 2021.

La salinidad también muestra una excesiva homogeneidad de las tres principales cubetas del Mar Menor, siendo este un factor de riesgo ante presiones que sobrepasen su capacidad de respuesta.

Los valores de oxígeno se mantienen altos y en los rangos normales para cada época del año (Figura 2), no apreciándose riesgos de anoxia en las condiciones actuales.

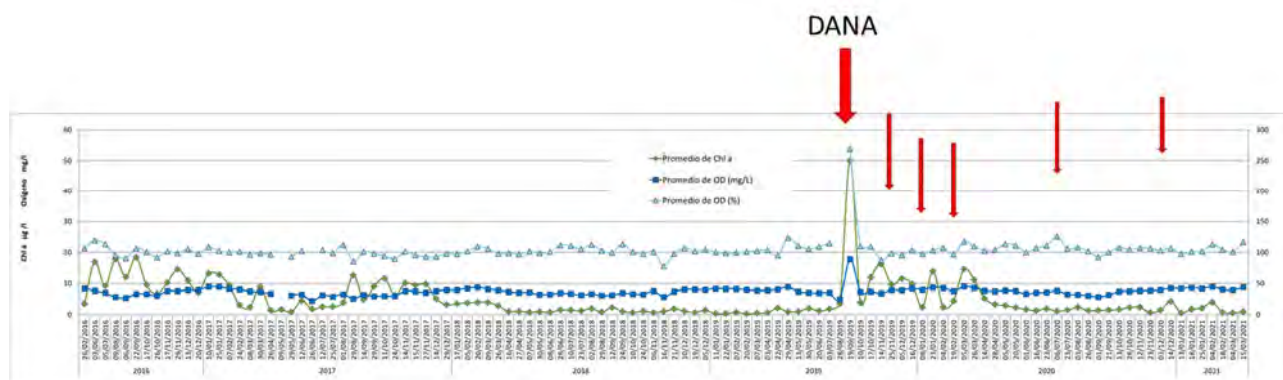


Figura 2. Evolución del ciclo anual de la concentración de oxígeno (expresada como % de saturación y en mg/l) y de clorofila *a* desde 2016 hasta febrero de 2021.

La concentración de nutrientes y clorofila también se mantienen en niveles bajos y con fluctuaciones suaves (Figura 3), pero con picos puntuales como el de la primera quincena de enero, y valores muy altos en la ribera interna, principalmente en las cercanías de la rambla del Albujién, que deben alertar de la necesidad de controlar los procesos en la cuenca de drenaje.

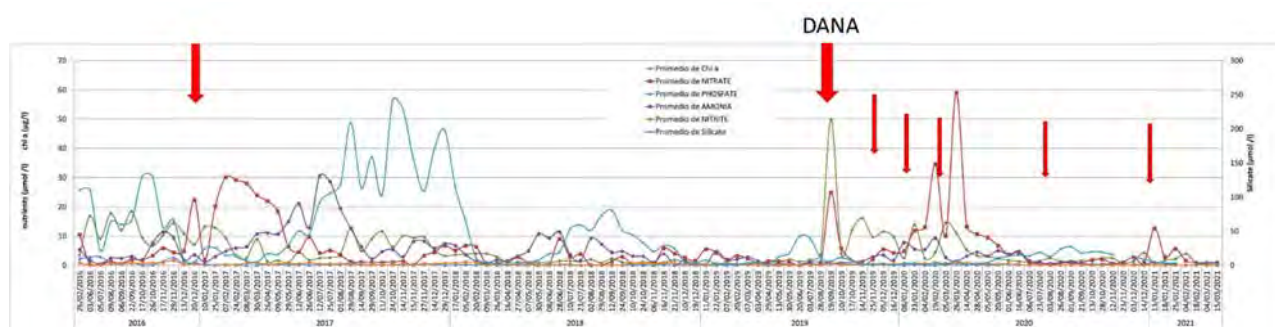


Figura 3. Evolución de los valores medios de la concentración en nutrientes y clorofila *a* en el Mar Menor en la red de estaciones de muestreo distribuidas en el interior de la laguna.

Por todo ello, se repiten las conclusiones de informes anteriores. Se sigue confirmando la respuesta progresiva de recuperación del ecosistema y su capacidad de autorregulación, pero también, como se ha venido advirtiendo reiteradamente, aún siguen presentes, de manera muy seria, todas las amenazas y presiones que desencadenaron el proceso de eutrofización que culminó con la rotura de los equilibrios en el ecosistema y la pérdida de calidad de aguas. Dichas presiones se materializan actualmente en su baja salinidad, aún lejos de los valores deseables, y, sobre todo, en la entrada continuada de aguas con alto contenido en nutrientes desde la cuenca de drenaje. Ambas presiones están potenciadas por el elevado nivel freático. Esto queda materializado en los mapas de las figuras 4 y 6, en los que se muestra la distribución espacial de la concentración de los principales nutrientes y de la salinidad. Como se muestra en la figura 4 ocurren descargas puntuales, especialmente focalizadas en la zona de la desembocadura de la rambla del Albujién y en ocasiones a lo largo de la ribera suroriental de la laguna, con fuertes entradas de nitratos y, en ocasiones, también de fosfato. Como se muestra en la figura 6, a mediados de enero se produjo una entrada de aguas cargadas en nitrato con valores de hasta 128,4 $\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$ en las proximidades de la rambla y una subida en la concentración media de nitrato en la columna de agua de la laguna superando 12,67 $\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$. De hecho, desde finales de 2020, como ya ocurrió a finales de 2018 y en 2019 han vuelto a detectarse entradas repetidas de aguas con nutrientes que llegaron a superar los 600 $\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$ en febrero de 2020. Algunas de las ocurridas en octubre pasado también llegaron a superar los 50 $\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$. Estos valores superan los máximos históricos y muestran que el problema está aún lejos de estar resuelto y son una amenaza para el estado de la laguna esta primavera y el próximo verano.

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología

Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia

T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa

Como ya se comentó en informes anteriores, la presencia de concentraciones significativas de fósforo en algunos momentos indica una posible mezcla con aguas urbanas en situaciones puntuales.

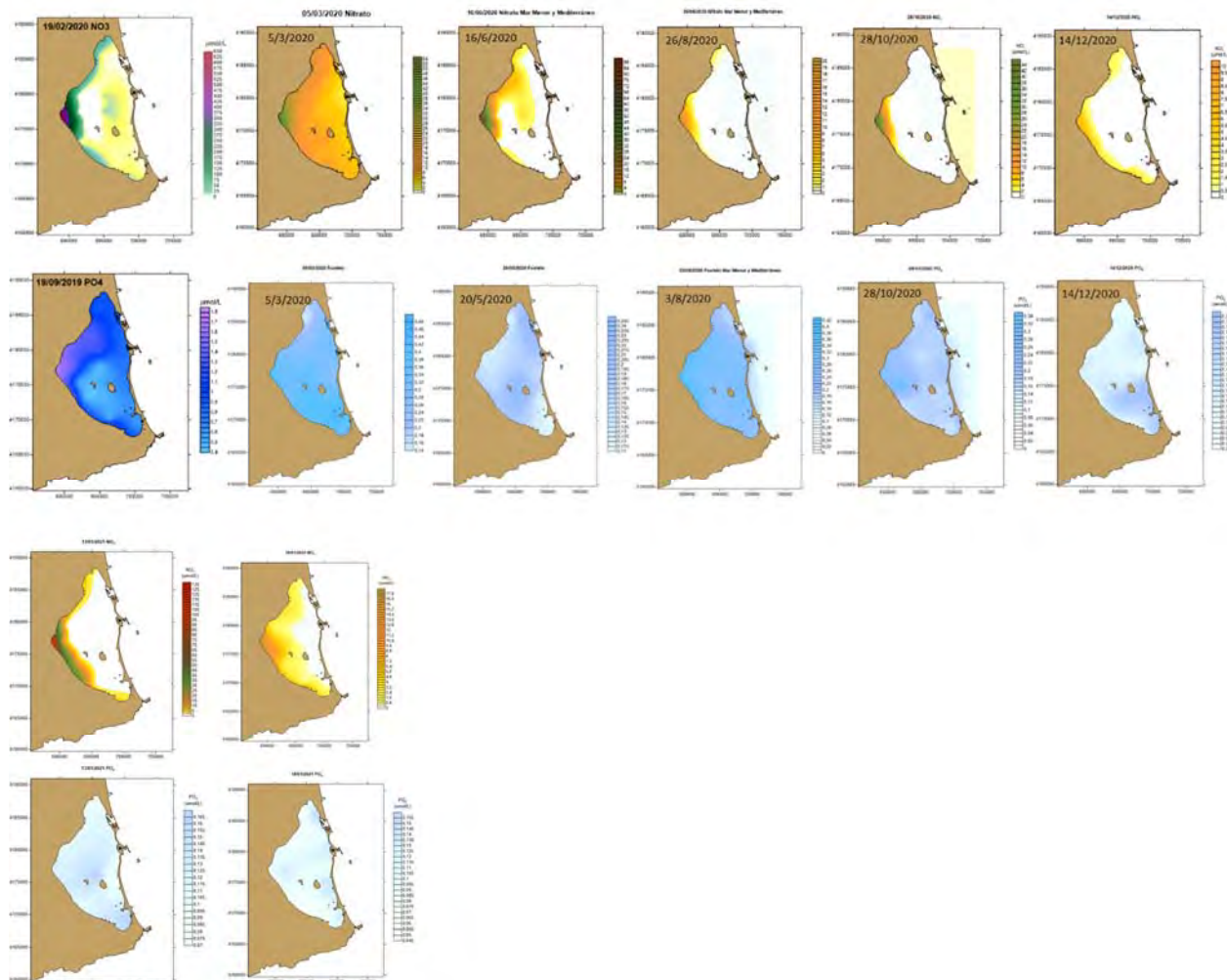


Figura 4. Distribución espacial de los valores de concentración de Nitrato ($\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$) en las aguas superficiales (1ª y 3ª fila) y en de Fosfato ($\mu\text{mol PO}_4/\text{l}$) (2ª y 4ª fila) en el Mar Menor desde febrero hasta febrero de 2021.



La concentración de clorofila también se ha reducido, pero ha tenido picos que no se han visto ni siquiera en los peores momentos de la sopa verde, y con una tendencia peligrosa a acumularse en el fondo. Aunque desde la primavera de hace un año no ha vuelto a suceder, el área del Albuñón presenta muy mala calidad de agua

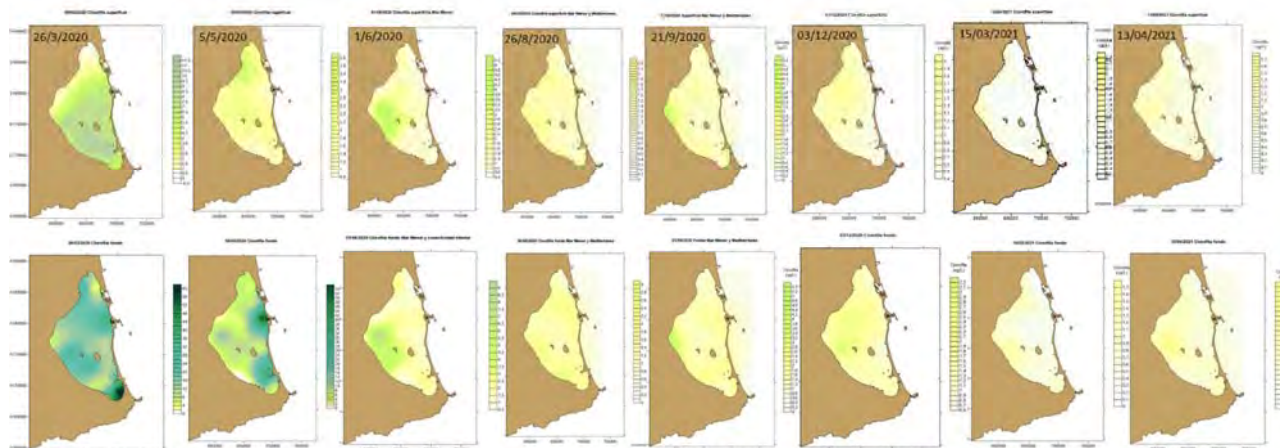


Figura 5. Distribución de los valores de concentración de clorofila a ($\mu\text{g/l}$) en las aguas superficiales (arriba) y en el fondo (abajo) del Mar Menor desde finales de invierno hasta diciembre de 2020.

Como se comentó en el informe anterior, de acuerdo con la disponibilidad de nutrientes, los valores medios de Chl a se situaron a final de agosto en $1,37 \mu\text{g/L}$ y en $1,7 \mu\text{g/L}$ a finales de septiembre a pesar de las lluvias. Estos valores pueden considerarse buenos, y han bajado hasta $2,3$ en el área de influencia de la rambla del Albuñón, aunque el que llegaron a $8,1 \mu\text{g/L}$ en la zona entre la Marina del Carmolí y Lo Poyo a finales de julio, y valores cercanos a $5 \mu\text{g/L}$ a finales de enero de 2021, confirman que las presiones siguen activas, con especial incidencia en la zona del Albuñón, pero también distribuidas por toda la ribera de poniente, más o menos difusas.

El hecho de que desde finales de marzo de 2020, cuando se alcanzaron valores medios para la laguna de $50 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$, un máximo histórico, y valores de clorofila a de $14,6 \mu\text{g/l}$ las concentraciones se hayan ido reduciendo, a pesar de los vertidos regulares que tienen lugar, refuerza la idea de la recuperación de las propiedades homeostáticas del sistema, pero subrayando, como se ha dicho anteriormente, que las amenazas están intactas. Un buen ejemplo de esta situación es, como se ha comentado, la distribución de la concentración de Nitrato a mediados de enero tras un evento de lluvia (figura 6 centro) y la subsiguiente subida de clorofila 15 días después (figura 6 derecha).

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología

Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia

T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa

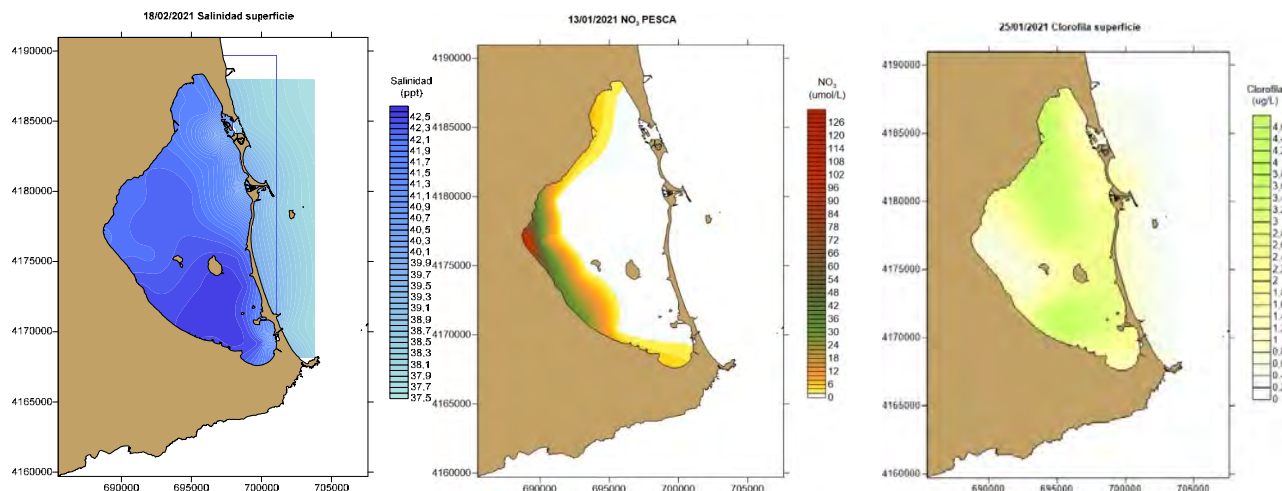


Figura 6. Distribución de los valores de salinidad (izquierda), concentración de Nitrato ($\mu\text{mol NO}_3/\text{L}$) (centro) y clorofila *a* ($\mu\text{g/L}$) (derecha) en las aguas superficiales del Mar Menor el 13 de enero de 2021 y el 25 de enero de 2021, respectivamente.

En concordancia con lo expuesto, la progresiva reducción y la baja concentración actual de clorofila *a* en la columna de agua ha traducido en la recuperación bastante generalizada de la transparencia en condiciones de relativa calma, con las pérdidas puntuales cuando se reactivan las entradas de agua. Si durante el invierno de 2020, el Mar Menor perdió la transparencia que había alcanzado durante la recuperación de 2018 y se aproximaron a los peores de la serie histórica, desde abril de 2020 se inició una recuperación semejante a la que se observó en 2018 y, por el momento se ha ido manteniendo, con una visibilidad media que se situó en 4,69 m a final de verano y ha alcanzado los 5 m a final de septiembre, continuando en dichos rangos hasta el momento presente si bien con fluctuaciones (Fig. 7). Dichas pérdidas de transparencia se deben, por un lado, a que las zonas someras aún contienen abundantes partículas finas de sedimento, como consecuencia de los arrastres de las lluvias torrenciales, lo que hace que el oleaje resuspenda dichos materiales con facilidad en las zonas expuestas. Pero, por otro lado, y más preocupante, a que la entrada de nutrientes por la ribera interna provoca picos puntuales de clorofila. De momento el sistema se ha recuperado un par de semanas y tras la regresión en la transparencia del agua sufrida en enero y principios de febrero, la columna de agua ha vuelto a presentar visibilidades medias de más de 5 m a finales de este mes.



Figura 7. Evolución temporal de la profundidad media de visibilidad del disco de Secchi, calculada en las zonas con más de 5 m de profundidad.

Cabe resaltar, que los momentos de mayor entrada de nutrientes y el deterioro de la calidad de aguas, se ven fuertemente influenciados por los caudales de entrada en el área de la desembocadura de la rambla del Albujón (Albujón, Miranda y Canal de drenaje de los Alcázares) y que la recuperación de la calidad de aguas y del estado de las comunidades durante 2018 apuntada en informes anteriores, se corresponde con los periodos de mínima descarga en dichos puntos (figura 8).

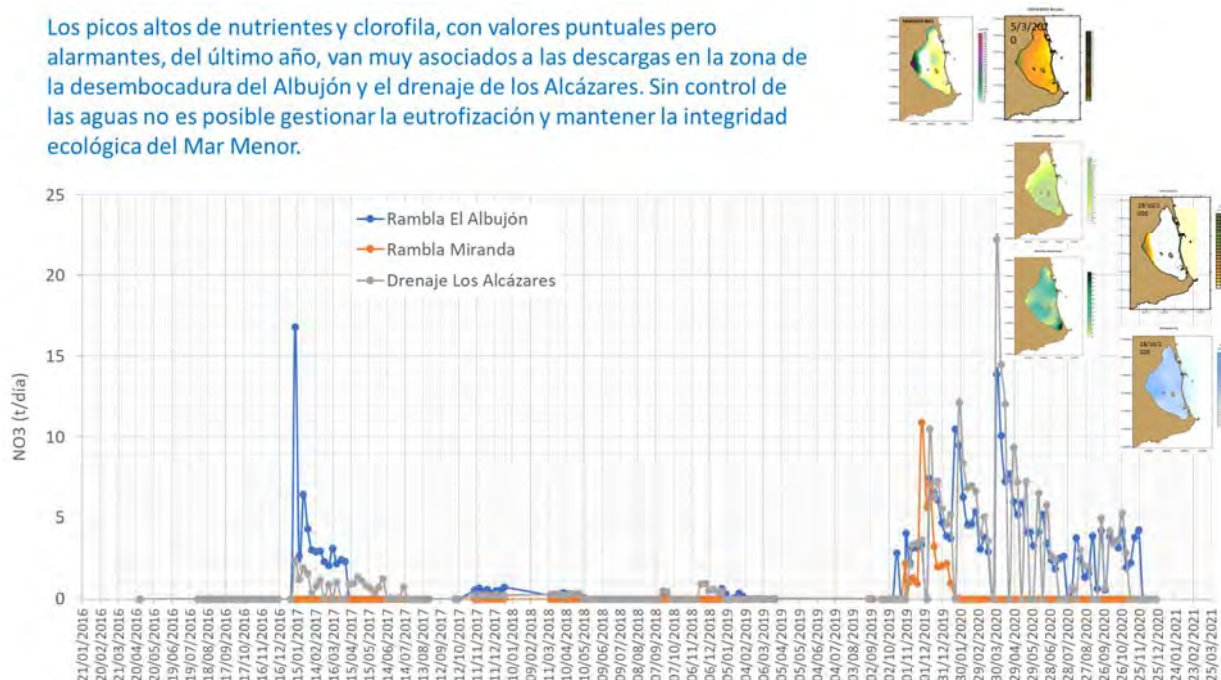


Figura 8. Evolución de las descargas de nitratos al Mar Menor a través de las ramblas del Albujón y Miranda y el canal de drenaje de los Alcázares en relación con los momentos de peor estado del Mar Menor durante 2020.



Figura 9. Imágenes de la mala calidad del agua en el área de influencia de la rambla del Albuñol el 13 de abril de 2021, en un día en que el resto de la laguna mostraba una profundidad media de transparencia superior a los 5 m.

Conclusiones

Mantenemos aquí las conclusiones de informes anteriores. Aunque la complejidad del Mar Menor sigue permitiéndole una capacidad de autorregulación muy elevada, manteniendo en niveles bajos, tanto la concentración de nutrientes como de clorofila *a*, es importante tener presente que el ecosistema sigue bajo una presión extrema por la entrada continua de aguas hipohalinas con altas concentraciones de nutrientes. Esto, a pesar de que van recuperándose progresivamente, mantiene aún valores de salinidad relativamente bajos para el Mar Menor y, en conjunto, hacen que los riesgos de sufrir una crisis distrófica sigan siendo relativamente altos si se dan condiciones de alta temperatura, periodo de calmas y/o entrada masiva de aguas dulces.

Debemos insistir en que la clara recuperación de la integridad ecológica del ecosistema del Mar Menor tras la reducción de las entradas de agua y nutrientes desde la cuenca de drenaje entre los años 2017 y 2018, su deterioro nuevamente tras el regreso de las entradas indiscriminadas de agua hipohalina desde la cuenca de drenaje, y su actual respuesta autorreguladora tras la activación de la estación de bombeo junto a la rambla del Albuñol, deben interpretarse como una demostración de la importancia de consolidar estructuralmente la capacidad de gestión del agua. Como se decía en el informe anterior, se confirma que, de momento, las leves tendencias a la estratificación y reducción de la concentración de oxígeno en las capas profundas, mostradas eventualmente durante las primaveras pasadas y tras las entradas masivas de agua dulce, se han disipado en buena medida, pero no pueden descartarse si se dieran condiciones adversas sinérgicas.

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología
Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia
T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia
FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa



UNIVERSIDAD DE
MURCIA



Región de Murcia



UNIÓN EUROPEA

Insistimos, por tanto, en la importancia y la urgencia de un plan de gestión de las aguas en la cuenca y de regulación, no solo de los vertidos, sino también de los niveles del freático. Se mantiene que se deberían consensuar las medidas con los especialistas en hidrogeología, y valorar la necesidad de reducir el nivel freático al menos entre 1,5 y 2 metros. Esto es especialmente importante teniendo en cuenta que en los próximos años se espera un aumento de la frecuencia de las lluvias torrenciales que recargan el acuífero en las zonas más altas, presionando las bajas, y aumenta la escorrentía superficial donde el subsuelo está ya saturado y no retiene ya agua nueva. De este modo, aunque las entradas son de múltiples orígenes, ya que se detectan concentraciones relativamente altas tanto de nitratos como de fosfatos, con posible mezcla de aguas de origen agrícola y urbano, están también forzadas por un nivel freático muy elevado, y como se muestra en este informe, las zonas de mayor influencia se desplazan en función de las actuaciones de gestión del agua.

Las medidas recomendadas siguen siendo, por tanto, mantener una vigilancia extrema en los posibles vertidos, descargar el freático y establecer una red de infraestructuras que permitan la gestión y tratamiento de las aguas que se utilizan y se generan en la cuenca de drenaje con el fin de reducir al máximo las entradas regulares y los riesgos de vertidos incontrolados y maximizar su reutilización. Todo esto, al margen de otras medidas conducentes a una agricultura sostenible a medio y largo plazo, incluyendo las propias estrategias de diversificación de secano y regadío, la implantación de setos, prácticas conducentes a minimizar el uso y la movilidad de nutrientes y las escorrentías superficiales y la erosión y transporte de sedimentos, la recuperación de zonas naturales y, en general, las previstas en el plan de vertido cero.

Pero se debe insistir, como en los informes previos, en que, si bien, el ecosistema del Mar Menor da pruebas de que mantiene buena parte de sus capacidades homeostáticas, también es un hecho que las presiones, aunque algo reducidas tras la puesta en funcionamiento de la estación de bombeo de los Alcázares, aún se mantienen muy altas y no pueden descartarse eventos extremos en condiciones de altas temperaturas, periodos largos de calmas o entradas torrenciales de aguas desde la cuenca en eventos de lluvias intensas. Como se ha incidido en anteriores informes, este tipo de eventos, con el calentamiento generalizado de la superficie del mar, pueden extenderse durante todo el otoño y hasta principios de invierno en nuestra región.

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología

Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia

T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa

Actualización con datos de 21/04/2021

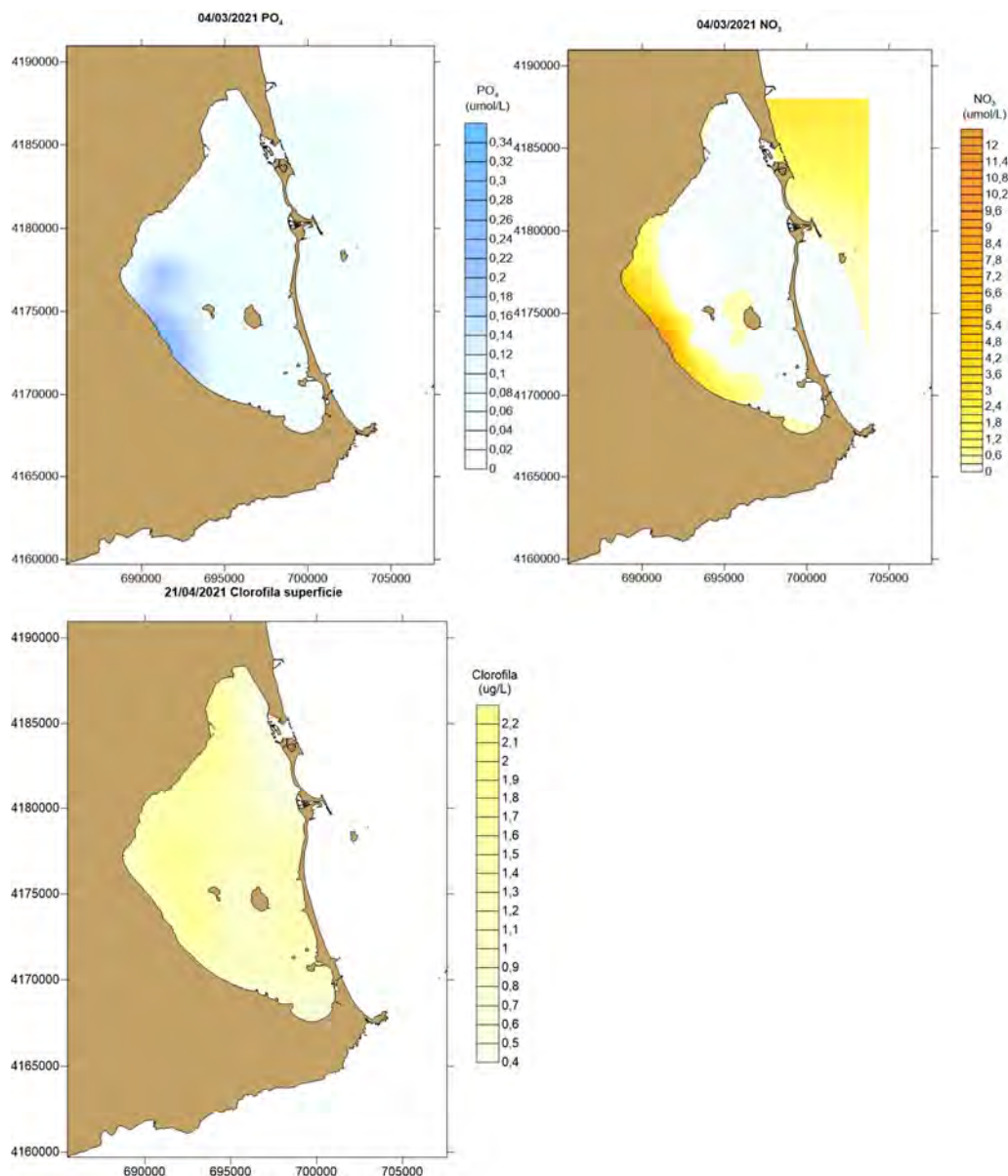


Figura 10. Mapas de distribución de nutrientes en las aguas superficiales del Mar Menor: fosfatos (arriba, izquierda), nitratos (arriba derecha) y de clorofila (abajo), que confirman la entrada por la ribera interna, especialmente desde el Albuñol a los Urrutias, y la tendencia al alza expuesta en el informe. Hay que resaltar también la entrada de Nitratos en la parte del Mediterráneo al sur del puerto de S. Pedro del Pinatar. Algo ya observado ocasionalmente en años anteriores.

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología

Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia

T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa



Informe de seguimiento del estado ecológico del Mar Menor – 24 de mayo de 2021

Angel Pérez-Ruzafa

Departamento de Ecología e Hidrología

Universidad de Murcia

A mediados de primavera la situación del Mar Menor se mantiene bajo las mismas pautas de los últimos meses con una estabilidad aparente, pero con la presión por la entrada de agua y nutrientes elevada. A pesar de que la temperatura lleva cinco meses en ascenso, sin embargo, la salinidad ha seguido bajando hasta la primera semana de mayo y sigue mostrando una excesiva homogeneidad en toda la superficie del Mar Menor, siendo este un factor de riesgo ante presiones que sobrepasen su capacidad de respuesta. Las lluvias de este fin de semana probablemente volverán a retrasar el inicio de la recuperación.



Figura 1. Evolución del ciclo anual de la salinidad y la temperatura desde 2016 hasta mayo de 2021.

Los valores de oxígeno se mantienen altos, por encima de saturación, y en los rangos normales para cada época del año (Figura 2), no apreciándose riesgos de anoxia en las condiciones actuales.

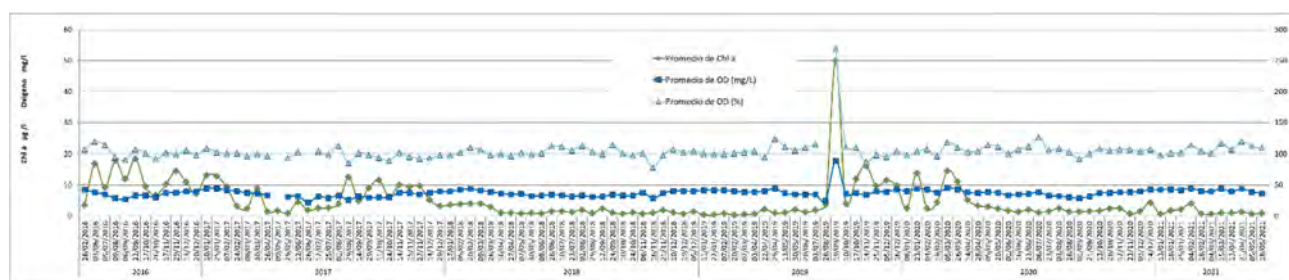


Figura 2. Evolución del ciclo anual de la concentración de oxígeno (expresada como % de saturación y en mg/l) y de clorofila a desde 2016 hasta mayo de 2021.

La concentración de nutrientes y clorofila se mantienen en niveles bajos y con fluctuaciones suaves (Figura 3), pero con picos puntuales como el de la primera quincena de enero, y valores muy altos

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología

Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia

T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa



en la ribera interna, principalmente en las cercanías de la rambla del Albuñón, que deben alertar de la necesidad de controlar los procesos en la cuenca de drenaje.

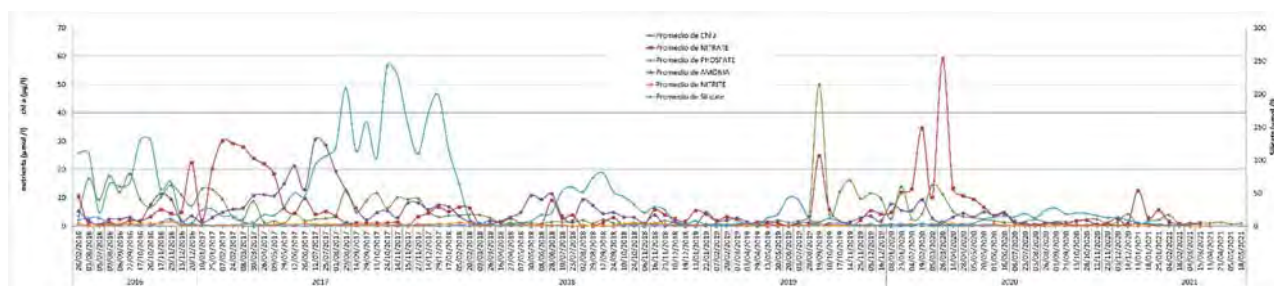


Figura 3. Evolución de los valores medios de la concentración en nutrientes y clorofila *a* en el Mar Menor en la red de estaciones de muestreo distribuidas en el interior de la laguna.

Por todo ello, se repiten las conclusiones de informes anteriores. Se sigue confirmando la respuesta progresiva de recuperación del ecosistema y su capacidad de autorregulación, pero también, como se ha venido advirtiendo reiteradamente, aún siguen presentes, de manera muy seria, todas las amenazas y presiones que desencadenaron el proceso de eutrofización que culminó con la rotura de los equilibrios en el ecosistema y la pérdida de calidad de aguas. Dichas presiones se materializan actualmente en su baja salinidad, aún lejos de los valores deseables, y, sobre todo, en la entrada continuada de aguas con alto contenido en nutrientes desde la cuenca de drenaje. Ambas presiones están potenciadas por el elevado nivel freático. Como ya se insistió en informes anteriores, esto queda materializado en los mapas de las figuras 4 y 6, en los que se muestra la distribución espacial de la concentración de los principales nutrientes y de la salinidad. Como se muestra en la figura 4 ocurren descargas puntuales, especialmente focalizadas en la zona de la desembocadura de la rambla del Albuñón y en ocasiones a lo largo de la ribera suroriental de la laguna, con fuertes entradas de nitratos y, en ocasiones, también de fosfato. Como se muestra en la figura 6, a mediados de enero se produjo una entrada de aguas cargadas en nitrato con valores de hasta $128,4 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$ en las proximidades de la rambla y una subida en la concentración media de nitrato en la columna de agua de la laguna superando $12,67 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$. De hecho, desde finales de 2020, como ya ocurrió a finales de 2018 y en 2019 han vuelto a detectarse entradas repetidas de aguas con nutrientes que llegaron a superar los $600 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$ en febrero de 2020. Algunas de las ocurridas en octubre pasado también llegaron a superar los $50 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$. Estos valores superan los máximos históricos y muestran que el problema está aún lejos de estar resuelto y son una amenaza para el estado de la laguna esta primavera y el próximo verano.

Como ya se comentó en informes anteriores, la presencia de concentraciones significativas de fósforo en algunos momentos indica una posible mezcla con aguas urbanas en situaciones puntuales.



UNIVERSIDAD DE
MURCIA



Región de Murcia



UNIÓN EUROPEA

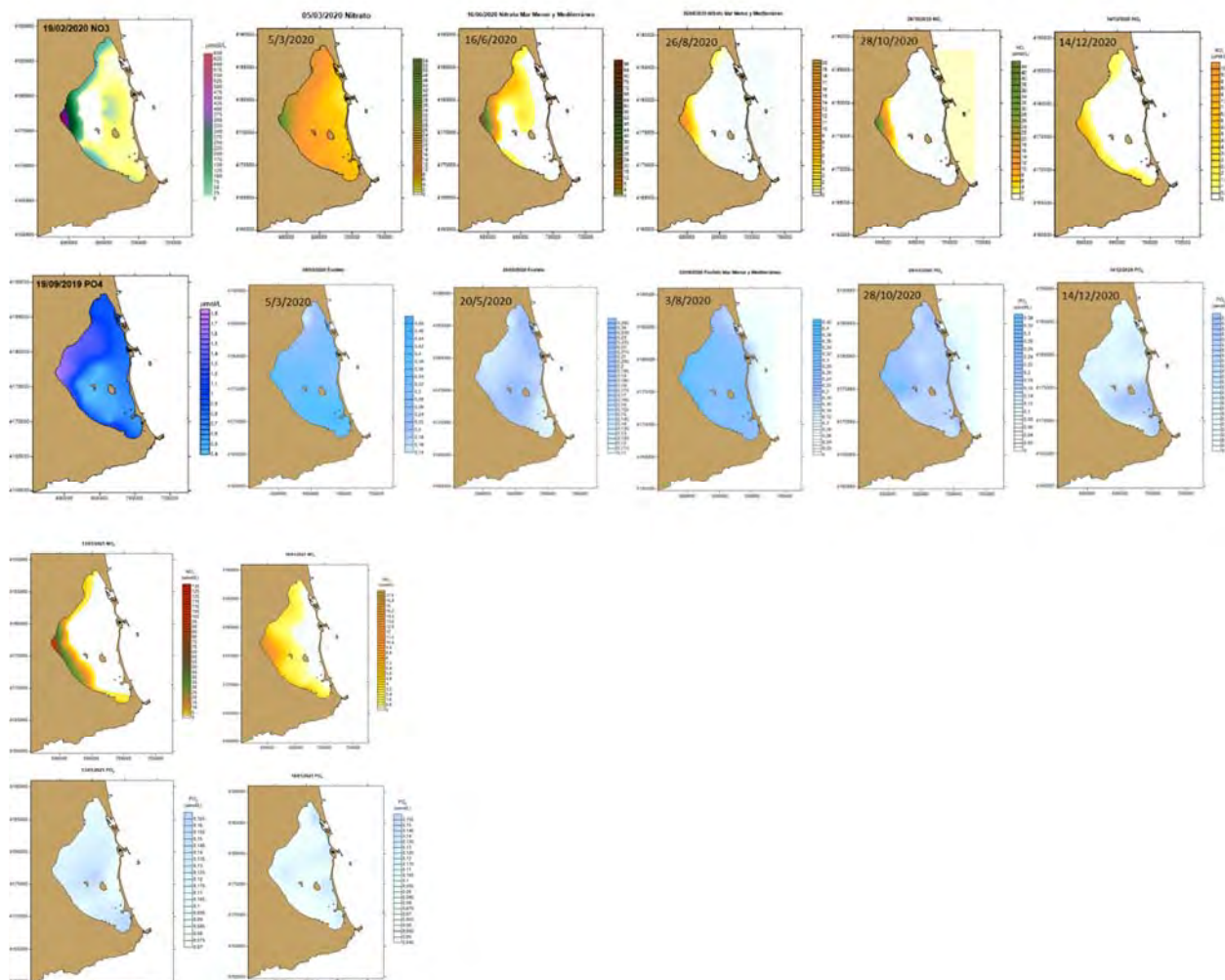


Figura 4. Distribución espacial de los valores de concentración de Nitrato ($\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$) en las aguas superficiales (1ª y 3ª fila) y en de Fosfato ($\mu\text{mol PO}_4/\text{l}$) (2ª y 4ª fila) en el Mar Menor desde febrero hasta febrero de 2021.

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología
Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia
T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia
FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa



La concentración de clorofila también se ha reducido, pero ha tenido picos que no se han visto ni siquiera en los peores momentos de la sopa verde, y con una tendencia peligrosa a acumularse en el fondo. Aunque desde la primavera de hace un año no ha vuelto a suceder, el área del Albuñón presenta muy mala calidad de agua

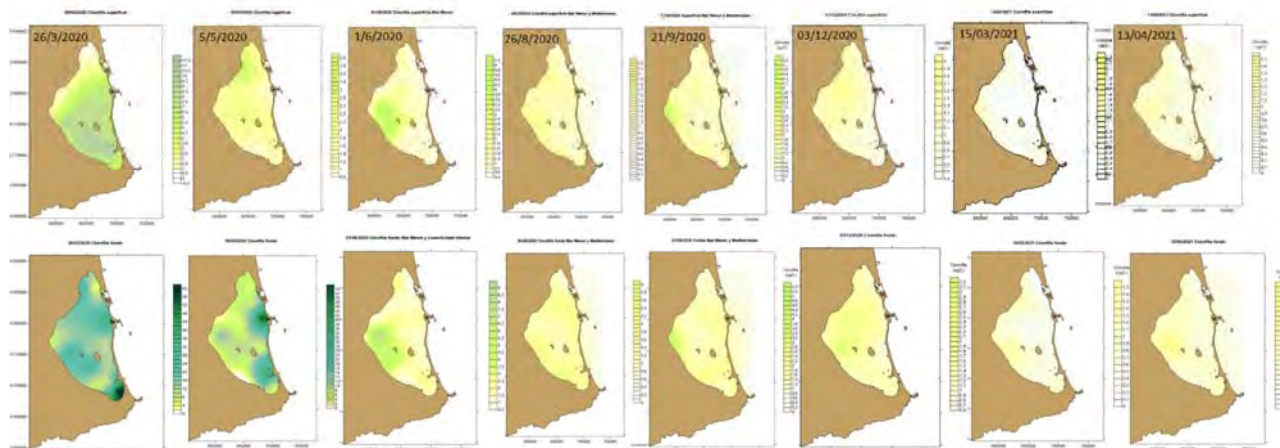


Figura 5. Distribución de los valores de concentración de clorofila a ($\mu\text{g/l}$) en las aguas superficiales (arriba) y en el fondo (abajo) del Mar Menor desde finales de invierno hasta diciembre de 2020.

Como se comentó en el informe anterior, de acuerdo con la disponibilidad de nutrientes, los valores medios de Chl a se situaron a final de agosto en $1,37 \mu\text{g/L}$ y en $1,7 \mu\text{g/L}$ a finales de septiembre a pesar de las lluvias. Estos valores pueden considerarse buenos, y han bajado hasta $2,3$ en el área de influencia de la rambla del Albuñón, aunque el que llegaron a $8,1 \mu\text{g/L}$ en la zona entre la Marina del Carmolí y Lo Poyo a finales de julio, y valores cercanos a $5 \mu\text{g/L}$ a finales de enero de 2021, confirman que las presiones siguen activas, con especial incidencia en la zona del Albuñón, pero también distribuidas por toda la ribera de poniente, más o menos difusas.

El hecho de que desde finales de marzo de 2020, cuando se alcanzaron valores medios para la laguna de $50 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$, un máximo histórico, y valores de clorofila a de $14,6 \mu\text{g/l}$ las concentraciones se hayan ido reduciendo, a pesar de los vertidos regulares que tienen lugar, refuerza la idea de la recuperación de las propiedades homeostáticas del sistema, pero subrayando, como se ha dicho anteriormente, que las amenazas están intactas. Un buen ejemplo de esta situación es, como se ha comentado, la distribución de la concentración de Nitrato a mediados de enero tras un evento de lluvia (figura 6 centro) y la subsiguiente subida de clorofila 15 días después (figura 6 derecha).

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología

Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia

T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa

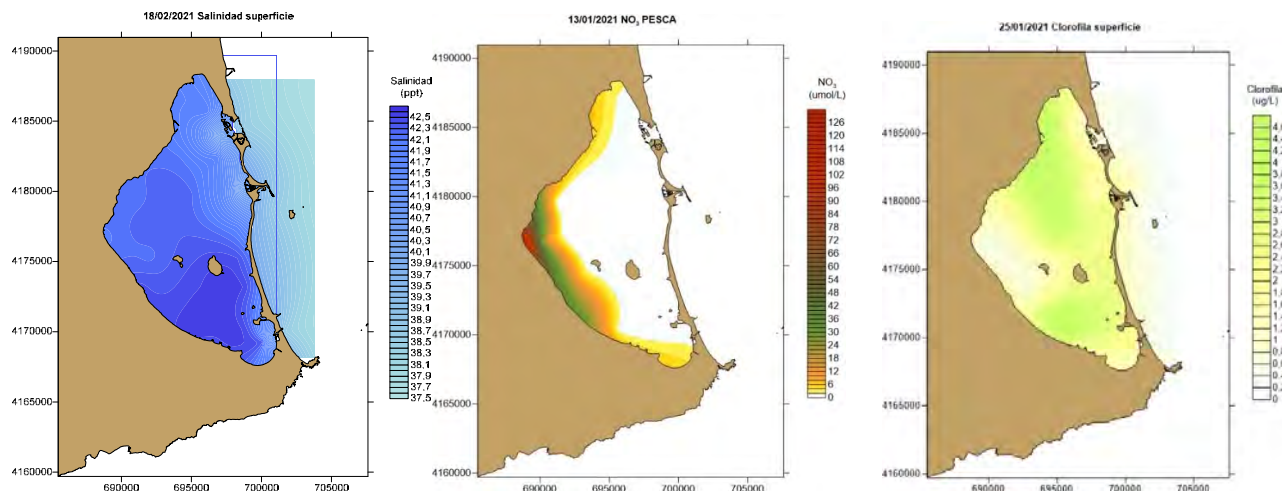


Figura 6. Distribución de los valores de salinidad (izquierda), concentración de Nitrato ($\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$) (centro) y clorofila a ($\mu\text{g /l}$) (derecha) en las aguas superficiales del Mar Menor el 13 de enero de 2021 y el 25 de enero de 2021, respectivamente.

En concordancia con lo expuesto, la progresiva reducción y la baja concentración actual de clorofila a en la columna de agua ha traducido en la recuperación bastante generalizada de la transparencia en condiciones de relativa calma, con las pérdidas puntuales cuando se reactivan las entradas de agua. Si durante el invierno de 2020, el Mar Menor perdió la transparencia que había alcanzado durante la recuperación de 2018 y se aproximaron a los peores de la serie histórica, desde abril de 2020 se inició una recuperación semejante a la que se observó en 2018 y, por el momento se ha ido manteniendo, con una visibilidad media que se situó en 4,69 m a final de verano y ha alcanzado los 5 m a final de septiembre, continuando en dichos rangos hasta el momento presente si bien con fluctuaciones (Fig. 7). Dichas pérdidas de transparencia se deben, por un lado, a que las zonas someras aún contienen abundantes partículas finas de sedimento, como consecuencia de los arrastres de las lluvias torrenciales, lo que hace que el oleaje resuspenda dichos materiales con facilidad en las zonas expuestas. Pero, por otro lado, y más preocupante, a que la entrada de nutrientes por la ribera interna provoca picos puntuales de clorofila. De momento el sistema se ha recuperado un par de semanas y tras la regresión en la transparencia del agua sufrida en enero y principios de febrero, la columna de agua ha vuelto a presentar visibilidades medias de más de 5 m a finales de este mes. Actualmente se está manteniendo el periodo más largo con transparencia de las aguas superior a los 4 metros desde que se produjo la crisis de 2016.

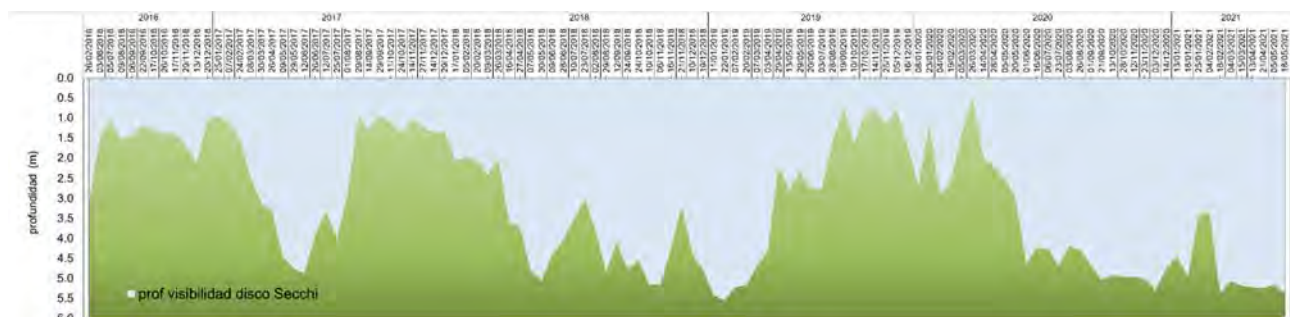


Figura 7. Evolución temporal de la profundidad media de visibilidad del disco de Secchi, calculada en las zonas con más de 5 m de profundidad.

Cabe resaltar, que los momentos de mayor entrada de nutrientes y el deterioro de la calidad de aguas, se ven fuertemente influenciados por los caudales de entrada en el área de la desembocadura de la rambla del Albujón (Albujón, Miranda y Canal de drenaje de los Alcázares) y que la recuperación de la calidad de aguas y del estado de las comunidades durante 2018 apuntada en informes anteriores, se corresponde con los periodos de mínima descarga en dichos puntos (figura 8).

Los picos altos de nutrientes y clorofila, con valores puntuales pero alarmantes, del último año, van muy asociados a las descargas en la zona de la desembocadura del Albujón y el drenaje de los Alcázares. Sin control de las aguas no es posible gestionar la eutrofización y mantener la integridad ecológica del Mar Menor.

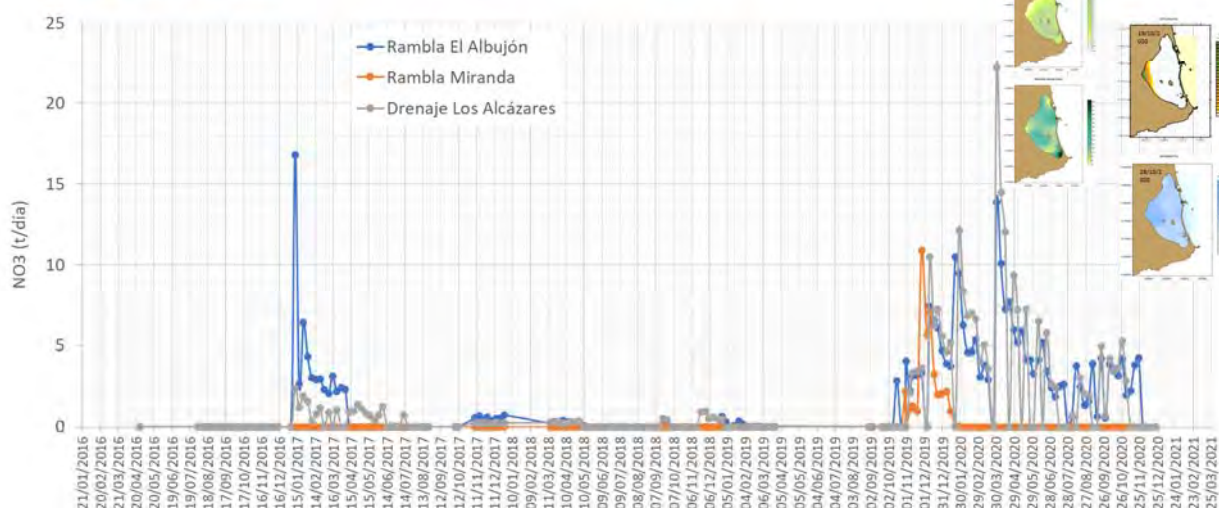


Figura 8. Evolución de las descargas de nitratos al Mar Menor a través de las ramblas del Albujón y Miranda y el canal de drenaje de los Alcázares en relación con los momentos de peor estado del Mar Menor durante 2020.



Figura 9. Imágenes de la mala calidad del agua en el área de influencia de la rambla del Albuñol el 13 de abril de 2021, en un día en que el resto de la laguna mostraba una profundidad media de transparencia superior a los 5 m.

Conclusiones

Mantenemos aquí las conclusiones de informes anteriores. Aunque la complejidad del Mar Menor sigue permitiéndole una capacidad de autorregulación muy elevada, manteniendo en niveles bajos, tanto la concentración de nutrientes como de clorofila *a*, es importante tener presente que el ecosistema sigue bajo una presión extrema por la entrada continua de aguas hipohalinas con altas concentraciones de nutrientes. Esto, a pesar de que van recuperándose progresivamente, mantiene aún valores de salinidad relativamente bajos para el Mar Menor y, en conjunto, hacen que los riesgos de sufrir una crisis distrófica sigan siendo relativamente altos si se dan condiciones de alta temperatura, periodo de calmas y/o entrada masiva de aguas dulces.

Debemos insistir en que la clara recuperación de la integridad ecológica del ecosistema del Mar Menor tras la reducción de las entradas de agua y nutrientes desde la cuenca de drenaje entre los años 2017 y 2018, su deterioro nuevamente tras el regreso de las entradas indiscriminadas de agua hipohalina desde la cuenca de drenaje, y su actual respuesta autorreguladora tras la activación de la estación de bombeo junto a la rambla del Albuñol, deben interpretarse como una demostración de la importancia de consolidar estructuralmente la capacidad de gestión del agua. Como se decía en el informe anterior, se confirma que, de momento, las leves tendencias a la estratificación y reducción de la concentración de oxígeno en las capas profundas, mostradas eventualmente durante las primaveras pasadas y tras las entradas masivas de agua dulce, se han disipado en buena medida, pero no pueden descartarse si se dieran condiciones adversas sinérgicas.

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología
Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia
T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia
FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa



UNIVERSIDAD DE
MURCIA



Región de Murcia



UNIÓN EUROPEA

Insistimos, por tanto, en la importancia y la urgencia de un plan de gestión de las aguas en la cuenca y de regulación, no solo de los vertidos, sino también de los niveles del freático. Se mantiene que se deberían consensuar las medidas con los especialistas en hidrogeología, y valorar la necesidad de reducir el nivel freático al menos entre 1,5 y 2 metros. Esto es especialmente importante teniendo en cuenta que en los próximos años se espera un aumento de la frecuencia de las lluvias torrenciales que recargan el acuífero en las zonas más altas, presionando las bajas, y aumenta la escorrentía superficial donde el subsuelo está ya saturado y no retiene ya agua nueva. De este modo, aunque las entradas son de múltiples orígenes, ya que se detectan concentraciones relativamente altas tanto de nitratos como de fosfatos, con posible mezcla de aguas de origen agrícola y urbano, están también forzadas por un nivel freático muy elevado, y como se muestra en este informe, las zonas de mayor influencia se desplazan en función de las actuaciones de gestión del agua.

Las medidas recomendadas siguen siendo, por tanto, mantener una vigilancia extrema en los posibles vertidos, descargar el freático y establecer una red de infraestructuras que permitan la gestión y tratamiento de las aguas que se utilizan y se generan en la cuenca de drenaje con el fin de reducir al máximo las entradas regulares y los riesgos de vertidos incontrolados y maximizar su reutilización. Todo esto, al margen de otras medidas conducentes a una agricultura sostenible a medio y largo plazo, incluyendo las propias estrategias de diversificación de secano y regadío, la implantación de setos, prácticas conducentes a minimizar el uso y la movilidad de nutrientes y las escorrentías superficiales y la erosión y transporte de sedimentos, la recuperación de zonas naturales y, en general, las previstas en el plan de vertido cero.

Pero se debe insistir, como en los informes previos, en que, si bien, el ecosistema del Mar Menor da pruebas de que mantiene buena parte de sus capacidades homeostáticas, también es un hecho que las presiones, aunque algo reducidas tras la puesta en funcionamiento de la estación de bombeo de los Alcázares, aún se mantienen muy altas y no pueden descartarse eventos extremos en condiciones de altas temperaturas, periodos largos de calmas o entradas torrenciales de aguas desde la cuenca en eventos de lluvias intensas. Como se ha incidido en anteriores informes, este tipo de eventos, con el calentamiento generalizado de la superficie del mar, pueden extenderse durante todo el otoño y hasta principios de invierno en nuestra región.

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología

Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia

T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa



UNIVERSIDAD DE
MURCIA



Región de Murcia



UNIÓN EUROPEA

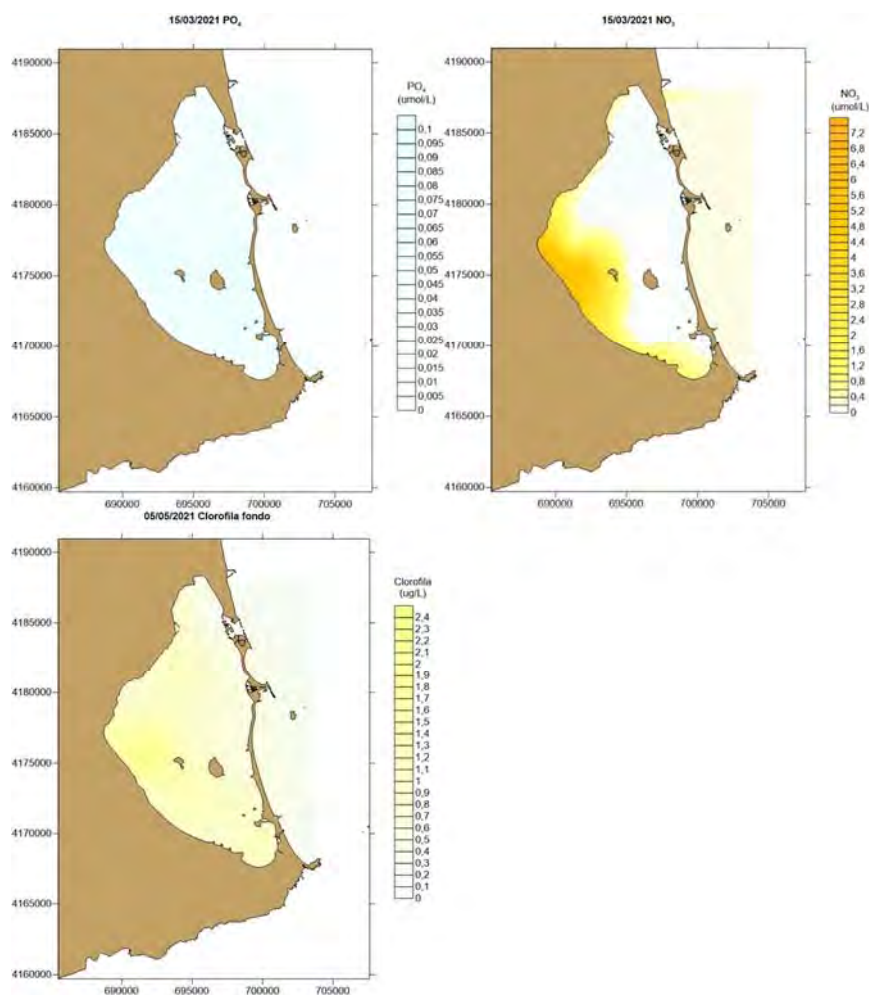


Figura 10. Mapas de distribución de nutrientes en las aguas superficiales del Mar Menor: fosfatos (arriba, izquierda), nitratos (arriba derecha) y de clorofila (abajo), que confirman la entrada por la ribera interna, especialmente desde el Albuñol a los Urrutias, y la tendencia al alza expuesta en el informe.

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología
Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia
T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia
FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa



Informe de seguimiento del estado ecológico del Mar Menor – 19 de julio de 2021

Angel Pérez-Ruzafa

Departamento de Ecología e Hidrología

Universidad de Murcia

En el primer mes de verano la situación del Mar Menor se mantiene bajo las mismas pautas de los últimos meses con una estabilidad aparente, pero con la presión por la entrada de agua y nutrientes elevada. La salinidad empezó a recuperarse a principios de junio, pero aún se mantiene relativamente baja, con un valor medio de 42,1, si bien es ya dos puntos superior a la del año 2020 en estas fechas, está aún 3 puntos por debajo de la habitual (>45). En estas condiciones, las altas temperaturas pueden ser un factor de riesgo importante de cara a que se produzcan proliferaciones algales y bajadas de oxígeno.

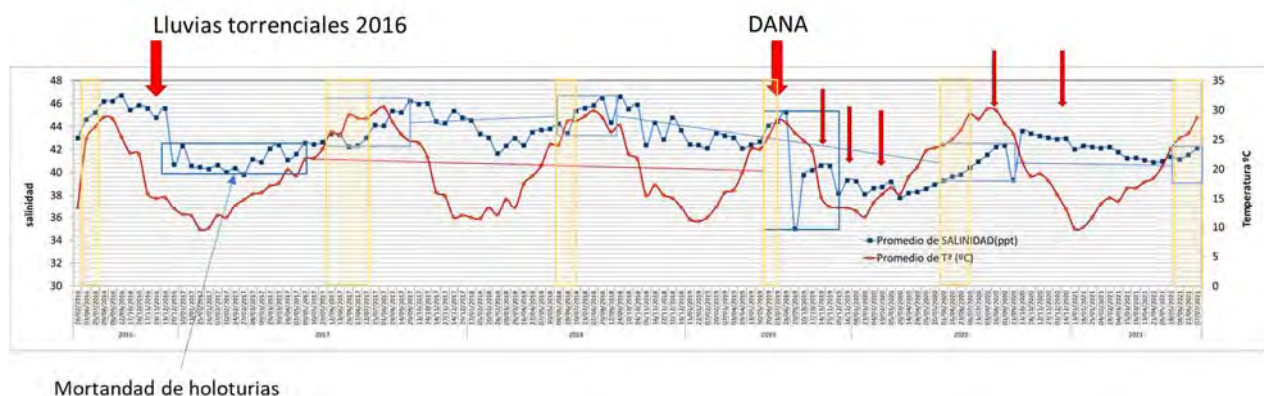


Figura 1. Evolución del ciclo anual de la salinidad y la temperatura desde 2016 hasta julio de 2021. Las bandas amarillas representan los meses de junio-julio en las distintas anualidades.

Los valores medios de oxígeno se mantienen próximos a saturación, y en los rangos normales para cada época del año (Figura 2). No obstante, se han detectado dos bajadas puntuales relevantes. Una a principios de junio, localizada en la zona de influencia de las encañizadas del norte, donde la concentración de oxígeno bajó del 50% de saturación y valores de 3 mg/l (Figura 3). No obstante, la media lagunar se mantuvo superior a 7 mg/l. El análisis de las muestras de agua mostró abundante material particulado en suspensión. Es importante resaltar aquí que cualquier actividad de mantenimiento de las golas y encañizadas, que suponga resuspensión de materiales del fondo debe estar excluida en los meses de primavera y verano, por el efecto negativo que puede tener el aumento de materia orgánica particulada en la columna de agua sobre los niveles de oxígeno. Esta observación debe extenderse también a actuaciones en playas y puertos o a cualquier otro supuesto dentro de la laguna.

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología

Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia

T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa

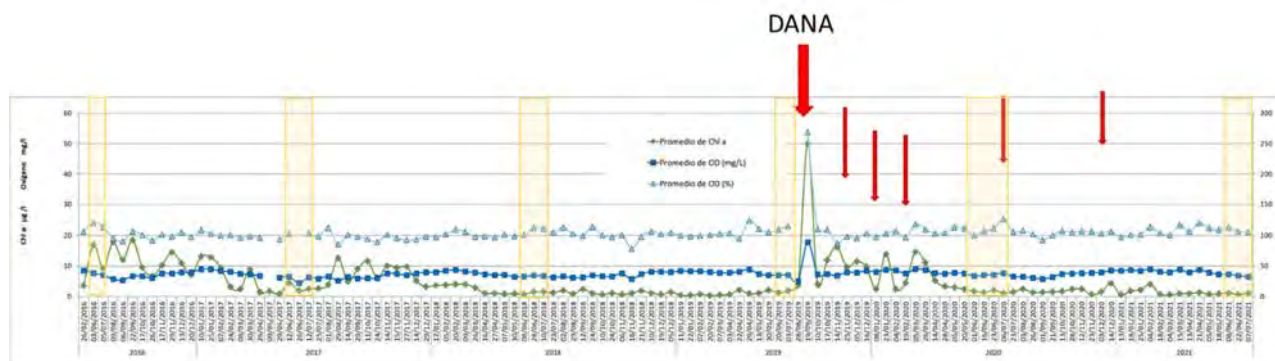


Figura 2. Evolución del ciclo anual de la concentración de oxígeno (expresada como % de saturación y en mg/l) y de clorofila a desde 2016 hasta julio de 2021.

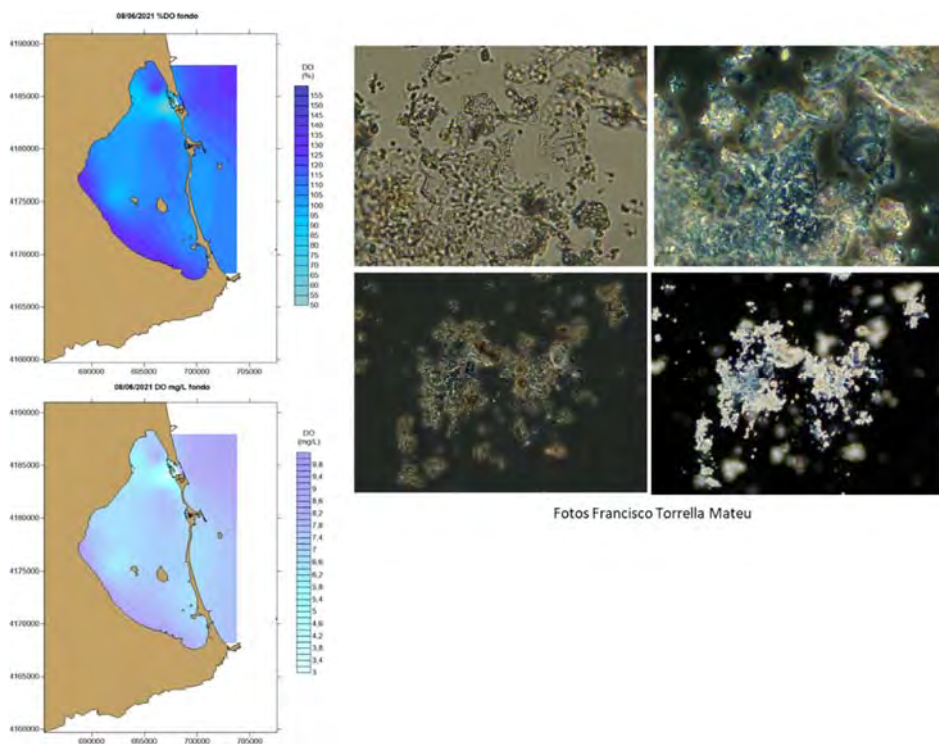


Figura 3. Mapa de distribución de la concentración de oxígeno (expresada como % de saturación arriba izquierda, y en mg/l, abajo izquierda) e imágenes del material particulado en la columna de agua en el área de las encañizadas el 8 de junio de 2021.



Otro momento de relativamente baja concentración de oxígeno tuvo lugar la primera semana de julio, en el área de influencia de la rambla del Albuñón, con niveles próximos al 74% de saturación en el fondo y concentraciones de 4,6 mg/l.

La concentración de nutrientes y clorofila se mantienen en niveles bajos y con fluctuaciones suaves (Figura 4), pero con valores muy altos en la ribera interna, principalmente en las cercanías de la rambla del Albuñón, que deben alertar de la necesidad de controlar los procesos en la cuenca de drenaje.

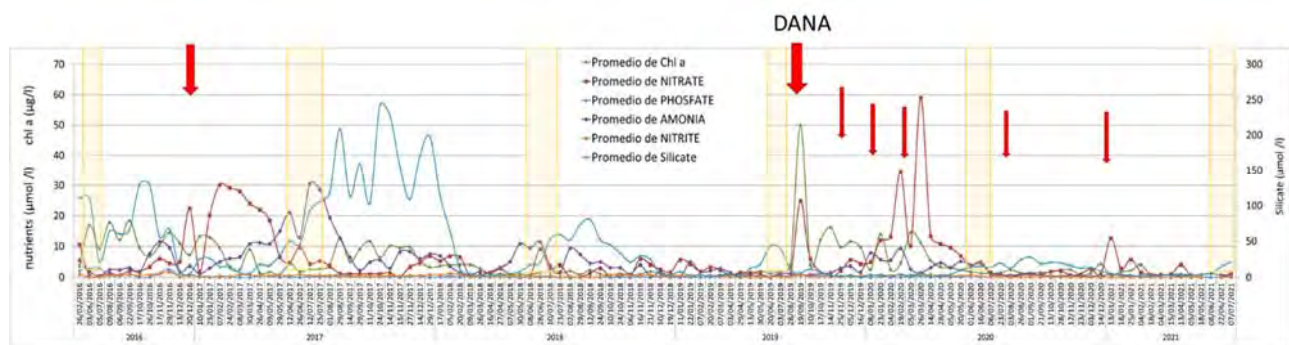


Figura 4. Evolución de los valores medios de la concentración en nutrientes y clorofila *a* en el Mar Menor en la red de estaciones de muestreo distribuidas en el interior de la laguna.

La diferencia entre los volúmenes de nutrientes que siguen entrando en el ecosistema y las concentraciones encontradas en la columna de agua, sigue confirmando la respuesta progresiva de recuperación del ecosistema y su capacidad de autorregulación. Esto se manifiesta también desde el punto de vista de la abundancia microbiana que sigue ofreciendo un panorama de "limpieza" evidente por lo que respecta al bacterioplancton planctónico. Únicamente en la zona de influencia de la Rambla del Albuñón se observa una mayor concentración de microorganismos, incluidos *Synechococcus*. (Francisco Torrella com. pers.).

Como se ha venido advirtiendo reiteradamente, la permanencia de las fuentes de estrés y la falta de infraestructuras y acciones que limiten o eliminen las amenazas y presiones que desencadenaron el proceso de eutrofización hacen que la respuesta futura del ecosistema sea incierta o pueda estar abocada a una nueva rotura.

Dichas presiones se evidencian actualmente en su baja salinidad, aún lejos de los valores deseables, y, sobre todo, en la entrada continuada de aguas con alto contenido en nutrientes desde la cuenca de drenaje. Ambas presiones están potenciadas por el elevado nivel freático. Como ya se insistió en informes anteriores, esto queda materializado en los mapas de la figura 5, en los que se muestra la distribución espacial de la concentración de los principales nutrientes. Como se muestra en la figura, ocurren descargas, especialmente focalizadas en la zona de la desembocadura de la rambla del Albuñón y en ocasiones a lo largo de la ribera suroriental de la laguna, con fuertes entradas de



nitratos y, en ocasiones, también de fosfato. Como se muestra en la figura 5, a mediados de enero se produjo una entrada de aguas cargadas en nitrato con valores de hasta $128,4 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$ en las proximidades de la rambla y una subida en la concentración media de nitrato en la columna de agua de la laguna superando $12,67 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$. De hecho, desde finales de 2020, como ya ocurrió a finales de 2018 y en 2019 han vuelto a detectarse entradas repetidas de aguas con nutrientes que llegaron a superar los $600 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$ en febrero de 2020. Algunas de las ocurridas en octubre pasado también llegaron a superar los $50 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$. Estos valores superan los máximos históricos y muestran que el problema está aún lejos de estar resuelto y son una amenaza para el estado de la laguna esta primavera y el próximo verano.

La presencia de concentraciones significativas de fósforo, cada vez más frecuentes, especialmente esta primavera y principios de verano, indica una posible mezcla con aguas urbanas. El hecho de que la presencia de fósforo ya no esté asociada necesariamente a eventos de lluvia torrencial, puede sugerir que aún existen pozos ciegos no conectados a la red de alcantarillado, especialmente desde el sur de Los Alcázares y hasta Los Nietos y urbanizaciones del sur del Mar Menor y que el elevado nivel freático esté produciendo su desbordamiento difuso.

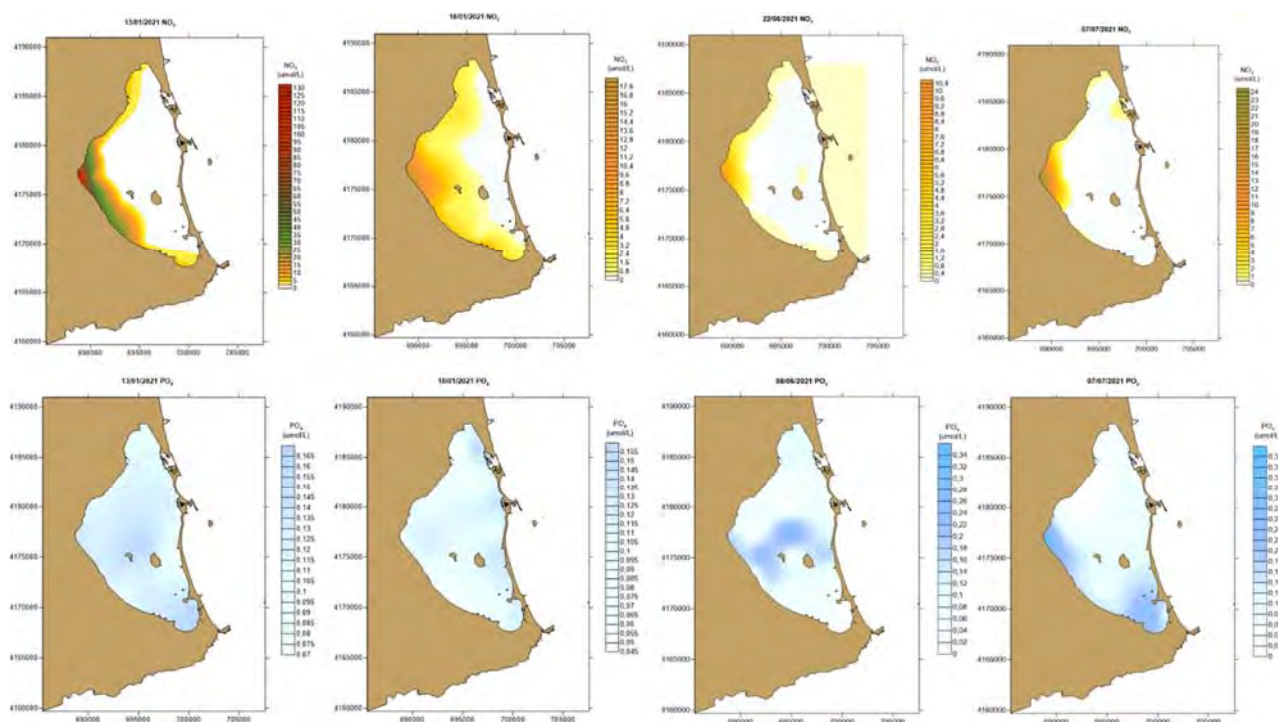


Figura 5. Distribución espacial de los valores de concentración de nitrato ($\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$) en las aguas superficiales (arriba) y de fosfato ($\mu\text{mol PO}_4/\text{l}$) (abajo) en el Mar Menor a lo largo de 2021.

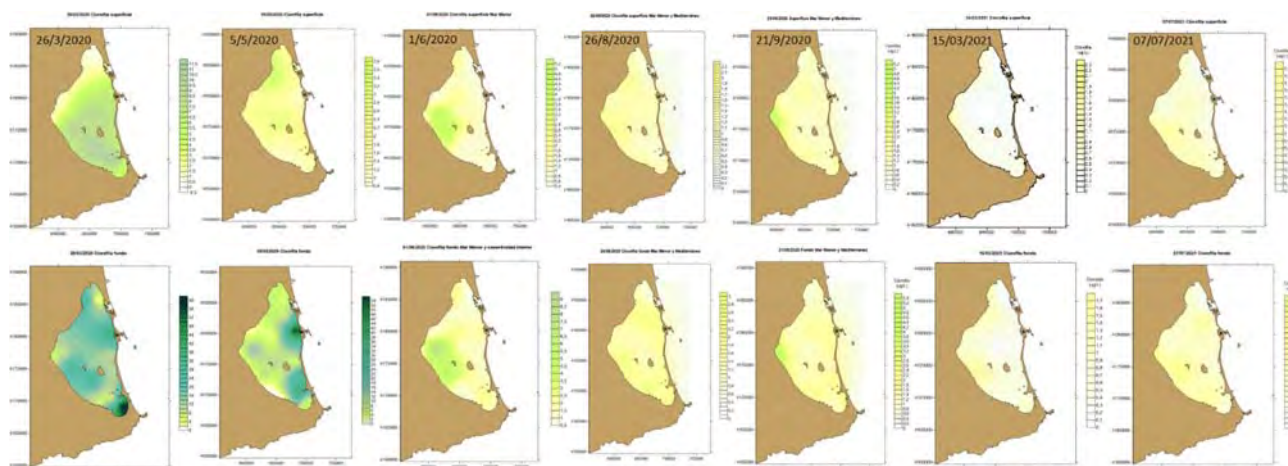


Figura 6. Distribución de los valores de concentración de clorofila a ($\mu\text{g/l}$) en las aguas superficiales (arriba) y en el fondo (abajo) del Mar Menor desde finales de invierno hasta julio de 2021.

De acuerdo con la disponibilidad de nutrientes, los valores medios de Chl a se situaron a final de agosto de 2020 en $1,37 \mu\text{g/L}$ y en $1,7 \mu\text{g/L}$ a finales de septiembre a pesar de las lluvias. Estos valores pueden considerarse buenos, y bajaron hasta 2,3 en el área de influencia de la rambla del Albujón. Sin embargo, los valores de $8,1 \mu\text{g/L}$ en la zona entre la Marina del Carmolí y Lo Poyo a finales de julio de 2020, y valores cercanos a $5 \mu\text{g/L}$ a finales de enero de 2021, confirman que las presiones siguen activas, con especial incidencia en la zona del Albujón, pero también distribuidas por toda la ribera de poniente, más o menos difusas.

El hecho de que, desde finales de marzo de 2020, cuando se alcanzaron valores medios para la laguna de $50 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$, un máximo histórico, y valores de clorofila a de $14,6 \mu\text{g/l}$ las concentraciones se hayan ido reduciendo, a pesar de los vertidos regulares que tienen lugar, refuerza la idea de la recuperación de las propiedades homeostáticas del sistema, pero subrayando, como se ha dicho anteriormente, que las amenazas están intactas. Un buen ejemplo de esta situación es, como se ha comentado, la distribución de la concentración de nitrato a mediados de enero tras un evento de lluvia (figura 7 centro) y la subsiguiente subida de clorofila 15 días después (figura 7 derecha).

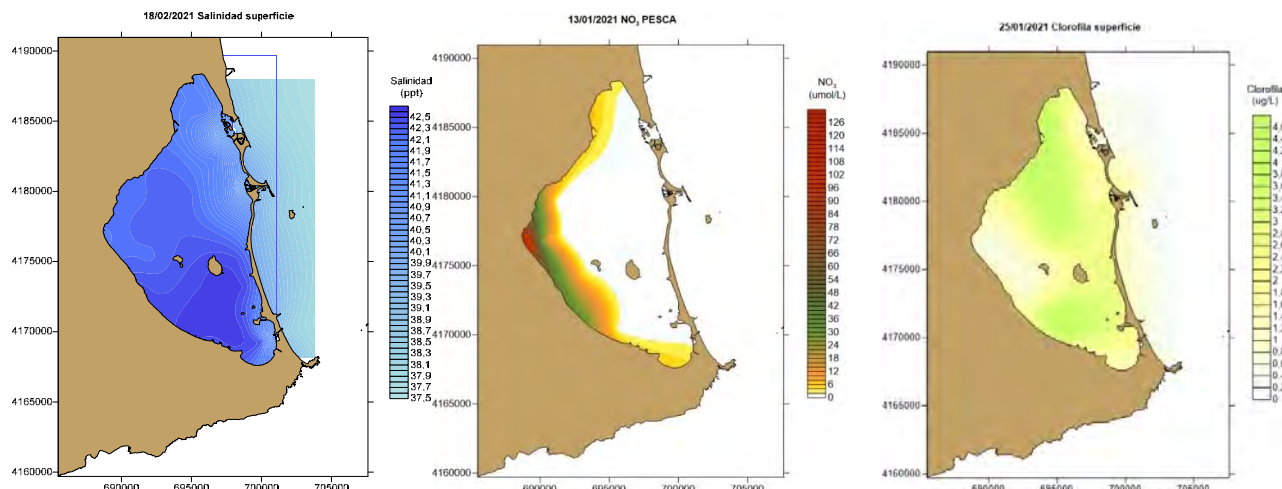


Figura 7. Distribución de los valores de salinidad (izquierda), concentración de Nitrato ($\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$) (centro) y clorofila *a* ($\mu\text{g /l}$) (derecha) en las aguas superficiales del Mar Menor el 13 de enero de 2021 y el 25 de enero de 2021, respectivamente.

A pesar de las entradas, la progresiva reducción y la baja concentración actual de clorofila *a* en la columna de agua por la acción del ecosistema, se ha traducido en la recuperación bastante generalizada de la transparencia en condiciones de relativa calma, con las pérdidas puntuales cuando se reactivan las lluvias torrenciales o los vientos y la acción del oleaje. Si durante el invierno de 2020, el Mar Menor perdió la transparencia que había alcanzado durante la recuperación de 2018 y se aproximaron a los peores de la serie histórica, desde abril de 2020 se inició una recuperación semejante a la que se observó en 2018 y, por el momento se ha ido manteniendo, con una visibilidad media que se situó en 4,69 m a final de verano en 2020 y alcanzó los 5 m a final de septiembre, continuando en dichos rangos hasta el momento presente si bien con fluctuaciones puntuales (Fig. 8). Dichas pérdidas de transparencia se deben, por un lado, a que las zonas someras aún contienen abundantes partículas finas de sedimento, como consecuencia de los arrastres de las lluvias torrenciales, lo que hace que el oleaje resuspenda dichos materiales con facilidad en las zonas expuestas. Pero, por otro lado, y más preocupante, a que la entrada de nutrientes por la ribera interna provoca picos puntuales de clorofila. De momento el sistema se ha sido capaz de recuperarse en apenas un par de semanas y tras la regresión en la transparencia del agua sufrida en enero y principios de febrero de 2021, la columna de agua volvió a presentar visibilidades medias de más de 5 m a hasta este mes de julio. Actualmente se está manteniendo el periodo más largo con transparencia de las aguas superior a los 4 metros desde que se produjo la crisis de 2016.

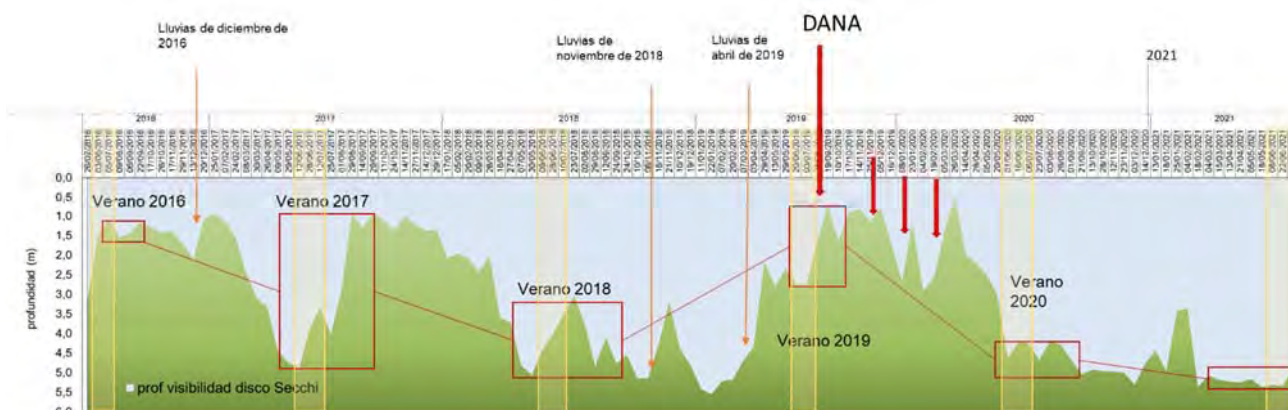


Figura 8. Evolución temporal de la profundidad media de visibilidad del disco de Secchi, calculada en las zonas con más de 5 m de profundidad.

Cabe resaltar, que los momentos de mayor entrada de nutrientes y el deterioro de la calidad de aguas, se ven fuertemente influenciados por los caudales de entrada, facilitados por Esamur, en el área de la desembocadura de la rambla del Albuñón (Albuñón, Miranda y Canal de drenaje de los Alcázares) y que la recuperación de la calidad de aguas y del estado de las comunidades durante 2018 apuntada en informes anteriores, se corresponde con los periodos de mínima descarga en dichos puntos (figura 9).

Los picos altos de nutrientes y clorofila, con valores puntuales pero alarmantes, del último año, van muy asociados a las descargas en la zona de la desembocadura del Albuñón y el drenaje de los Alcázares. Sin control de las aguas no es posible gestionar la eutrofización y mantener la integridad ecológica del Mar Menor.

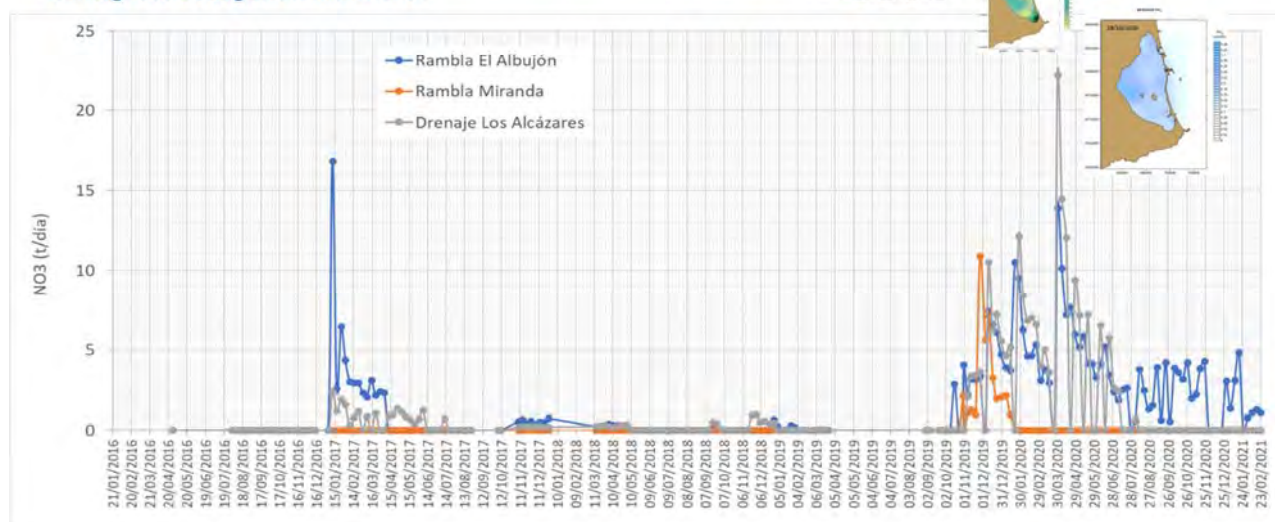


Figura 9. Evolución de las descargas de nitratos al Mar Menor a través de las ramblas del Albuji3n y Miranda y el canal de drenaje de los Alc3zares en relaci3n con los momentos de peor estado del Mar Menor durante 2020.



Figura 10. Im3genes de la mala calidad del agua en el 3rea de influencia de la rambla del Albuji3n el 13 de abril de 2021, en un d3a en que el resto de la laguna mostraba una profundidad media de transparencia superior a los 5 m.



Figura 11. Im3genes de la proliferaci3n y acumulaci3n de algas en las playas urbanas de Los Urrutias como consecuencia de la entrada de nutrientes por el elevado nivel fre3tico. Este hecho se manifiesta tambi3n en el crecimiento de carrizo al borde de la playa (imagen derecha).



UNIVERSIDAD DE
MURCIA



Región de Murcia



UNIÓN EUROPEA

Conclusiones

De cara al verano el Mar Menor muestra una doble vertiente. Por un lado, la complejidad del ecosistema sigue permitiéndole una capacidad de autorregulación muy elevada, manteniendo en niveles bajos, tanto la concentración de nutrientes como de clorofila *a*, y la transparencia generalizada de las aguas. Sin embargo, por otro, es muy importante tener presente que el ecosistema sigue bajo una presión extrema por la entrada continua de aguas hipohalinas con altas concentraciones de nutrientes. Esto, a pesar de que van recuperándose progresivamente, mantiene aún valores de salinidad relativamente bajos para el Mar Menor y, en conjunto, hacen que los riesgos de sufrir una crisis distrófica sigan siendo relativamente altos si se dan condiciones de alta temperatura, periodo de calmas y/o entrada masiva de aguas dulces. El elevado nivel freático se ha traducido también en la proliferación de algas (cladóforas, ulvas, enteromorfas, etc.) en las zonas de playa con la consiguiente acumulación de materia orgánica y enfangamiento de los sedimentos. Ello ha inducido también bajas concentraciones de oxígeno y producción de sulfhídrico. El elevado nivel freático induce también la aparición de lagunajes y el aumento de las poblaciones de mosquitos, así como el crecimiento de carrizos en la arena a pie de agua (Figura 11).

Debemos insistir en que la clara recuperación de la integridad ecológica del ecosistema del Mar Menor tras la reducción de las entradas de agua y nutrientes desde la cuenca de drenaje entre los años 2017 y 2018, su deterioro nuevamente tras el regreso de las entradas indiscriminadas de agua hipohalina desde la cuenca de drenaje, y su actual respuesta autorreguladora tras la activación de la estación de bombeo junto a la rambla del Albuñón, deben interpretarse como una demostración de la importancia de consolidar estructuralmente la capacidad de gestión del agua. Como se decía en el informe anterior, se confirma que, de momento, las leves tendencias a la estratificación y reducción de la concentración de oxígeno en las capas profundas, mostradas eventualmente durante las primaveras pasadas y tras las entradas masivas de agua dulce, se han disipado en buena medida, pero no pueden descartarse si se dieran condiciones adversas sinérgicas, con entrada de nutrientes, acumulación de algas, resuspensión de materia orgánica desde el fondo y altas temperaturas, como se ha visto puntualmente en la zona de las encañizadas en junio y del Albuñón la primera semana de julio.

Insistimos, por tanto, en la importancia y la urgencia de un plan de gestión de las aguas en la cuenca y de regulación, no solo de los vertidos, sino también de los niveles del freático. Se mantiene que se deberían consensuar las medidas con los especialistas en hidrogeología, y valorar la necesidad de reducir el nivel freático al menos entre 1,5 y 2 metros. Esto es especialmente importante teniendo en cuenta que en los próximos años se espera un aumento de la frecuencia de las lluvias torrenciales que recargan el acuífero en las zonas más altas, presionando las bajas, y aumenta la escorrentía superficial donde el subsuelo está ya saturado y no retiene ya agua nueva. De este modo, aunque las entradas son de múltiples orígenes, ya que se detectan concentraciones relativamente altas tanto de nitratos como de fosfatos, con posible mezcla de aguas de origen agrícola y urbano, están también forzadas por un nivel freático muy elevado, y como se muestra en este informe, las zonas de mayor influencia se desplazan en función de las actuaciones de gestión del agua.

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología

Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia

T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa



UNIVERSIDAD DE
MURCIA



Región de Murcia



UNIÓN EUROPEA

Las medidas recomendadas siguen siendo, por tanto, mantener una vigilancia extrema en los posibles vertidos, descargar el freático y establecer una red de infraestructuras que permitan la gestión y tratamiento de las aguas que se utilizan y se generan en la cuenca de drenaje con el fin de reducir al máximo las entradas regulares y los riesgos de vertidos incontrolados y maximizar su reutilización. Todo esto, al margen de otras medidas conducentes a una agricultura sostenible a medio y largo plazo, incluyendo las propias estrategias de diversificación de secano y regadío, la implantación de setos, prácticas conducentes a minimizar el uso y la movilidad de nutrientes y las escorrentías superficiales y la erosión y transporte de sedimentos, la recuperación de zonas naturales y, en general, las previstas en el plan de vertido cero.

Pero se debe insistir, como en los informes previos, en que, si bien, el ecosistema del Mar Menor da pruebas de que mantiene buena parte de sus capacidades homeostáticas, también es un hecho que las presiones, aunque algo reducidas tras la puesta en funcionamiento de la estación de bombeo de los Alcázares, aún se mantienen muy altas y no pueden descartarse eventos extremos en condiciones de altas temperaturas, periodos largos de calmas o entradas torrenciales de aguas desde la cuenca en eventos de lluvias intensas. Como se ha incidido en anteriores informes, este tipo de eventos, con el calentamiento generalizado de la superficie del mar, pueden extenderse durante todo el otoño y hasta principios de invierno en nuestra región.

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología

Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia

T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa



Actualización Informe de seguimiento del estado ecológico del Mar Menor – 06 de agosto de 2021

Angel Pérez-Ruzafa

Departamento de Ecología e Hidrología

Universidad de Murcia

La temperatura media se sitúa en 28,9 °C y la salinidad en 42,89, semejante a la de estas fechas el año pasado (aún bajo los efectos de la dana) y aún tres puntos por debajo de la de 2019 en estas mismas fechas y que se situaba en 45,24. Esto muestra que las entradas continuas de agua dulce no permiten una recuperación adecuada.

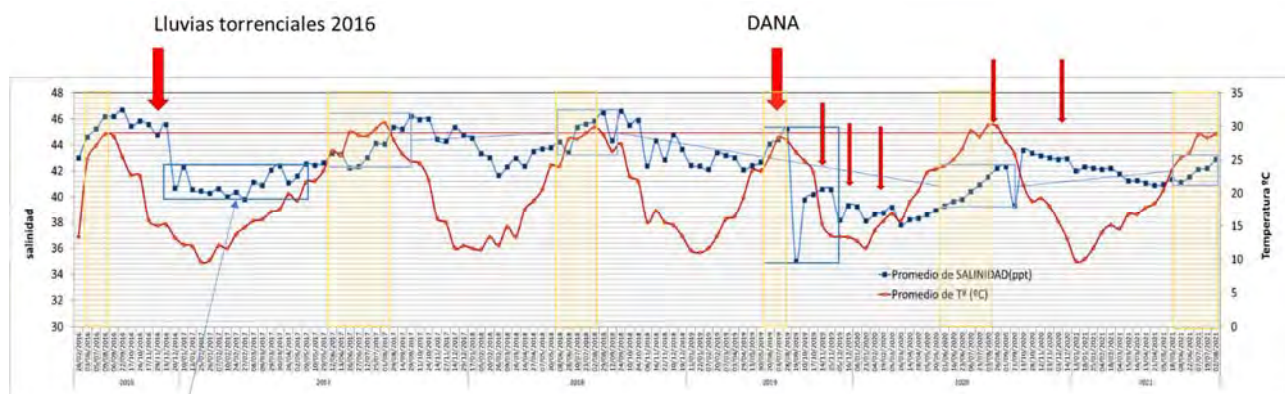


Figura 1. Evolución del ciclo anual de la salinidad y la temperatura desde 2016 hasta agosto de 2021. Las bandas amarillas representan los meses de junio-julio en las distintas anualidades.

Los perfiles de salinidad muestran buena mezcla en la columna de agua. Únicamente la estación E1, frente a La Ribera, mostró una bajada importante y estratificación marcada debido al vertido de aguas urbanas a finales de julio. Dicho efecto ya se había perdido la primera semana de agosto.

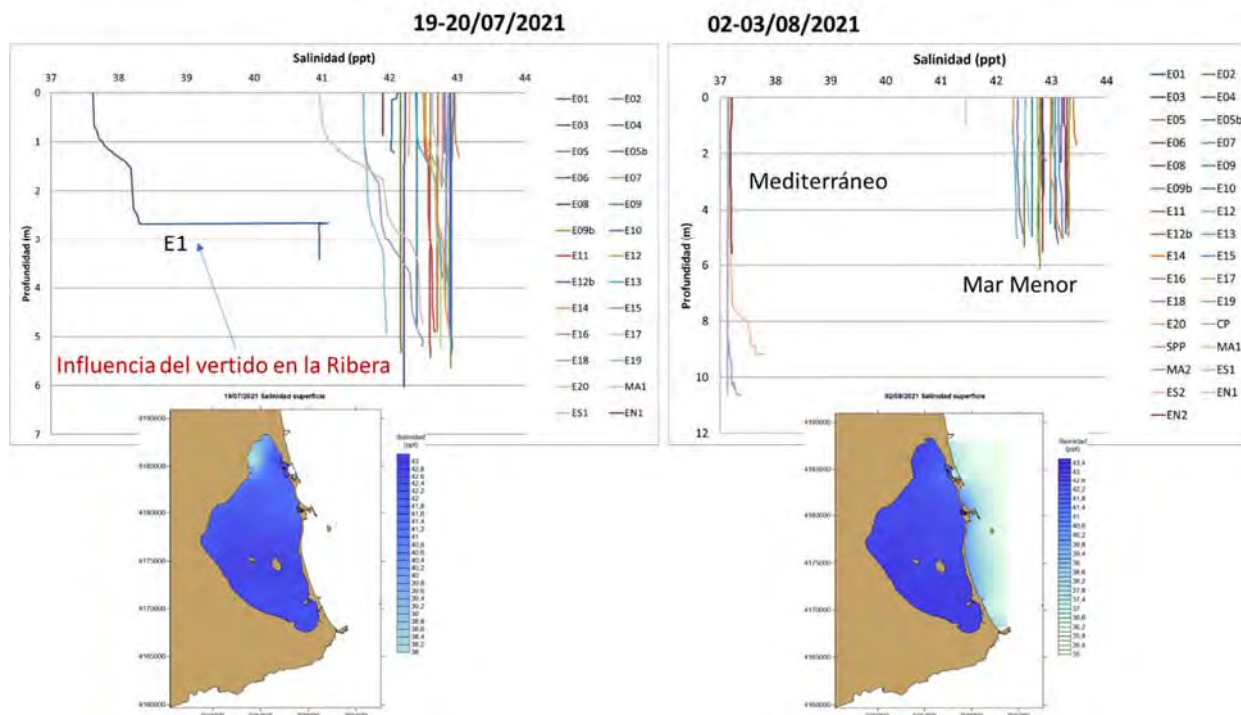


Figura 2. Perfiles y mapas superficiales de salinidad en la red de estaciones en el Mar Menor.

La temperatura tampoco muestra estratificación. Cabe resaltar que la estaciones con menor temperatura se corresponden los dos días con las estaciones más costeras, la estación 5b, frente a la rambla del Albujón, y las 9b y 12b, frente a Los Urrutias y Los Nietos. Esto podría ser un indicio de que la influencia de la entrada de aguas subterráneas.

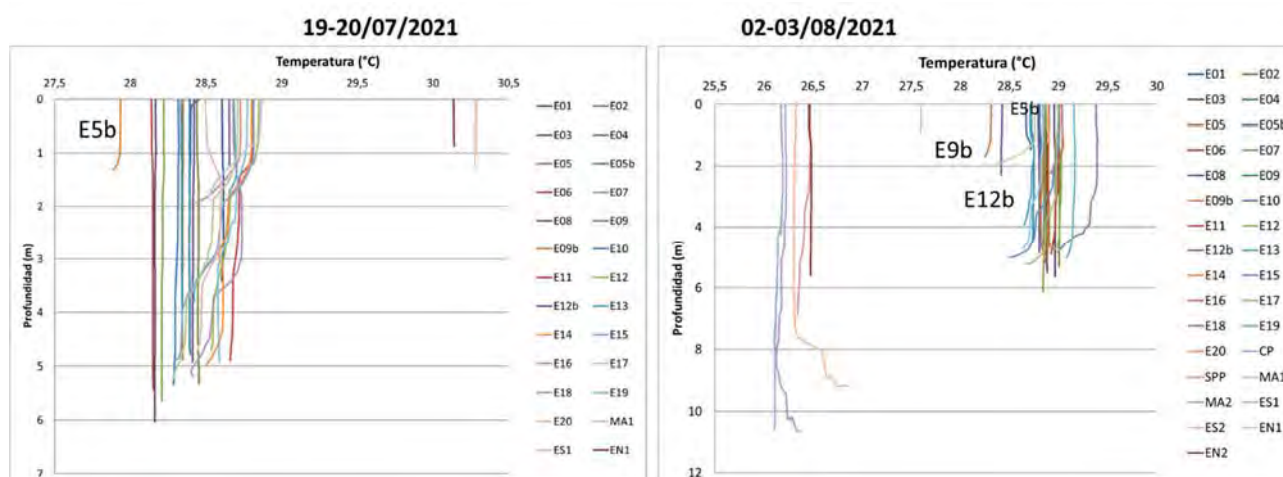


Figura 3. Perfiles de temperatura en la red de estaciones en el Mar Menor.

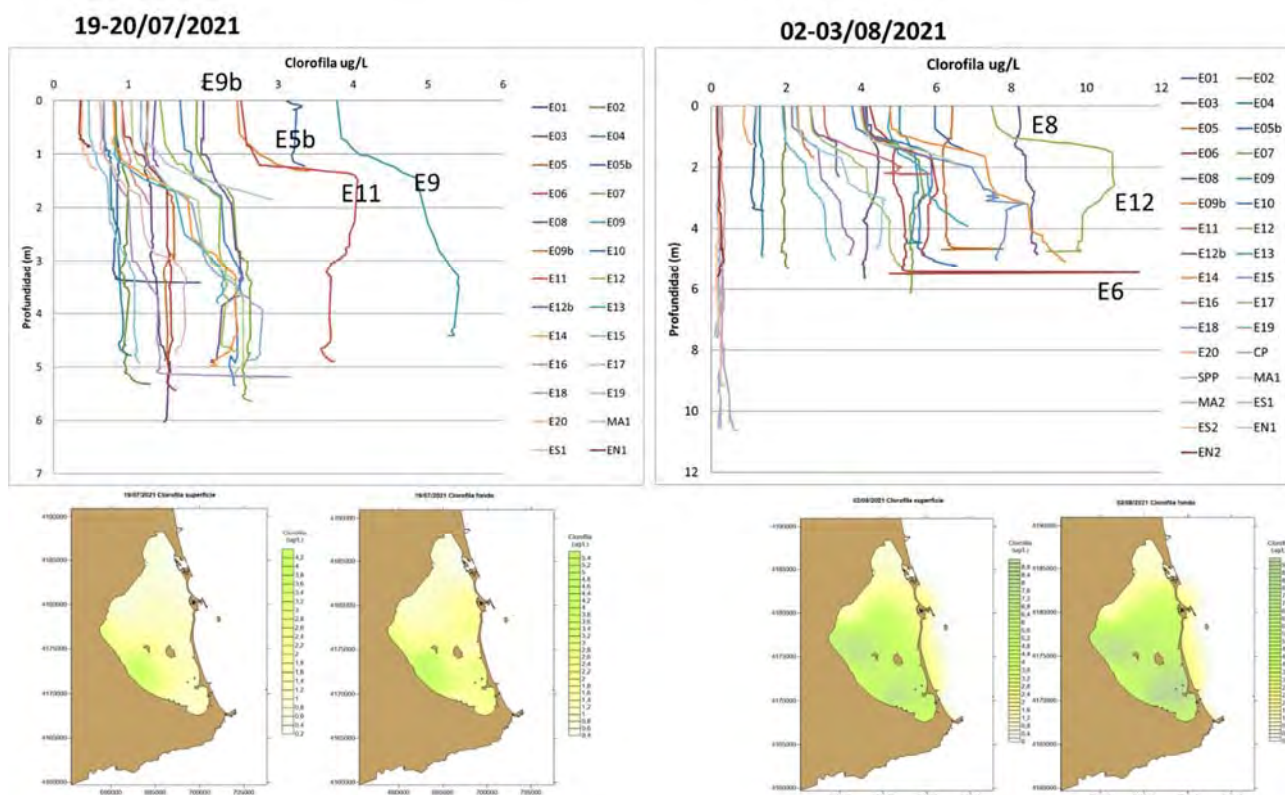


Figura 4. Perfiles y mapas de superficie y fondo de la concentración de clorofila en la red de estaciones en el Mar Menor.

La concentración de clorofila, tal y como se anticipaba como probable en el informe anterior, ha mostrado un cambio drástico de concentración. El 19 de julio, la mayoría de las localidades se mantenían con concentraciones inferiores a $4 \mu\text{g/l}$, solo la estación E9, frente a los Urrutias, presentaba valores máximos de $5,41 \mu\text{g/l}$ y el 2 de agosto la estación E12 alcanzaba valores de $10,69 \mu\text{g/l}$ en la columna de agua y la estación E6 llegaba a $11,4 \mu\text{g/l}$ en la capa del fondo. Claramente, la cubeta sur, especialmente en la zona de influencia de la entrada de aguas por las ramblas y línea de costa, debido a lo elevado del nivel freático, muestra los niveles más claros de eutrofización.

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología

Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia

T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa

02-03/08/2021

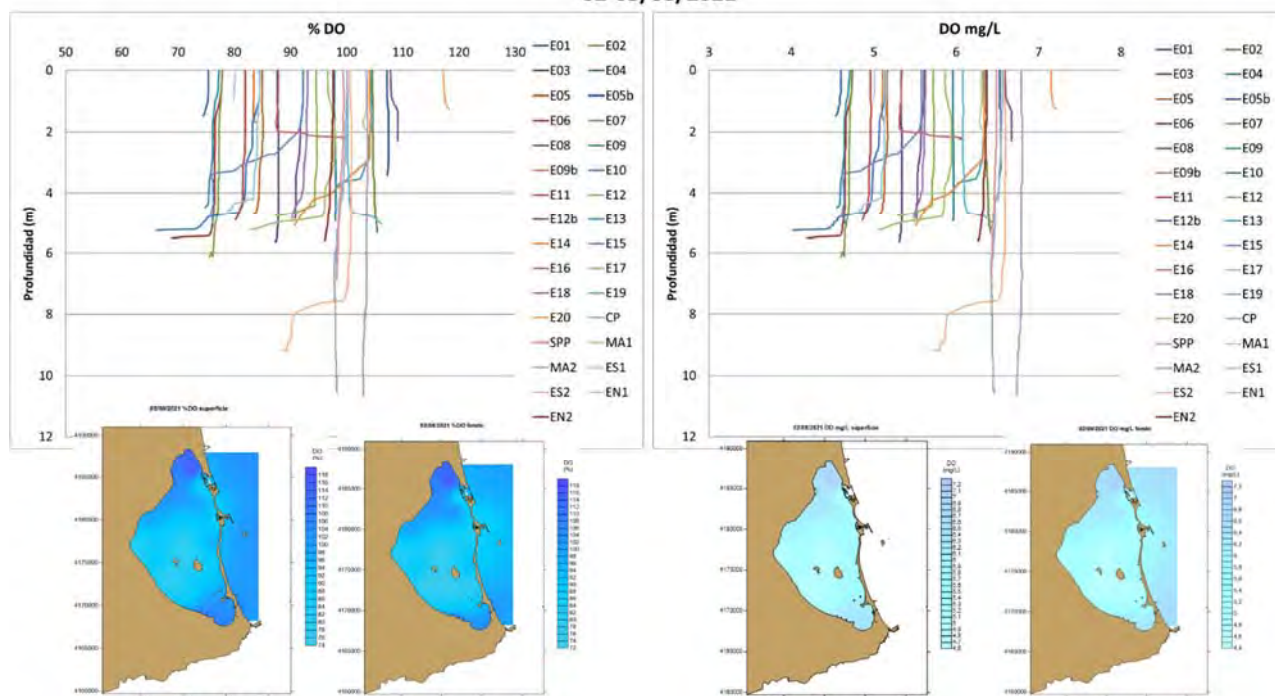


Figura 5. Perfiles y mapas de superficie y fondo de la concentración de oxígeno en la red de estaciones en el Mar Menor.

Los valores de oxígeno se mantienen próximos a saturación, y en los rangos normales para la época del año. Se sitúan entre el 70 y el 100% de saturación y en ningún caso bajan de 4 mg/l, ni siquiera en las proximidades del fondo.

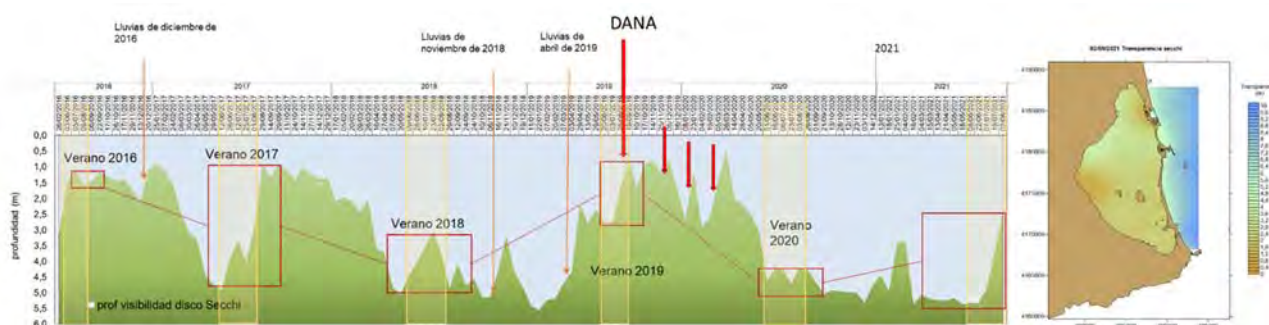


Figura 6. Evolución temporal de la profundidad media de visibilidad del disco de Secchi, calculada en las zonas con más de 5 m de profundidad y distribución en la laguna.

Como consecuencia del aumento en la concentración de clorofila, la transparencia del agua ha disminuido sensiblemente, pasando de más de 5 m de media, mantenidos durante la primavera hasta mediados de julio a

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología
Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia
T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa



UNIVERSIDAD DE
MURCIA



Región de Murcia



UNIÓN EUROPEA

menos de 3.5 m la primera semana de agosto, con menos de 2 metros en la zona de influencia de la rambla del Albuñón hasta los Urrutias.

La pérdida de calidad del agua es normal a mediados de verano, pero la respuesta del ecosistema puede depender de las condiciones ambientales (temperatura, periodos de calma, etc.) y, sobre todo, de las presiones en forma de entrada de nutrientes. Esta situación ya se dio en el verano de 2017 y en el de 2019 (y en menor medida en el de 2018. En 2018, gracias a la recuperación franca de las comunidades y a la disminución en las entradas, el efecto fue menor y la recuperación rápida. 2019, con las entradas de nuevo incrementadas, la respuesta fue menos efectiva. Este año, con la entrada de agua y nutrientes que se ha mantenido durante todo el invierno y la primavera, es probable que el sistema tenga dificultades para recuperarse y si se producen lluvias torrenciales a final de verano, podrían repetirse las circunstancias de 2019 y los efectos de las DANAS de ese otoño.

Por todo ello seguimos insistiendo en la importancia y la urgencia de un plan de gestión de las aguas en la cuenca y de regulación, no solo de los vertidos, sino también de los niveles del freático. Es muy importante el consenso social, técnico y político en este sentido y que se adopten las medidas con los especialistas en hidrogeología, y con la colaboración de las actividades en la cuenca y el uso de las infraestructuras disponibles para reducir el nivel freático al menos entre 1,5 y 2 metros. Ante una situación que está clara y diagnosticada desde hace años, es urgente avanzar en la toma de decisiones y la ejecución de actuaciones para la gestión y control del agua, sin las cuales la solución del problema y la compatibilidad de las actividades en la cuenca, con las regulaciones necesarias, y la integridad ecológica del Mar Menor no será posible.

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología

Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia

T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa



Informe de la campaña extraordinaria para valorar el estado ecológico del Mar Menor – 17 de agosto de 2021

Angel Pérez-Ruzafa

Departamento de Ecología e Hidrología

Universidad de Murcia

La campaña realizada el 16 de agosto para caracterizar el estado del Mar Menor tras la alerta por la aparición de concentraciones elevadas de camarones y juveniles de peces muertos en algunas playas del Mar Menor muestra que la temperatura ha descendido ligeramente con respecto a la medida en las zonas someras de la citada incidencia y que llegó a ser de 32 °C, manteniéndose entre 29,3 y 29,9 en la mayor parte de la zona central de la laguna.

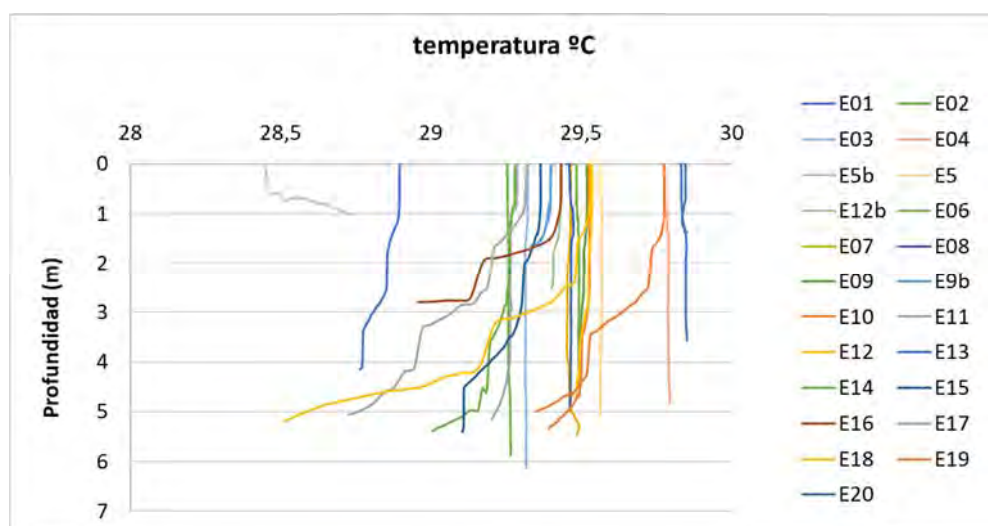


Figura 1. Perfiles de temperatura en la campaña del 17 de agosto de 2021.

Los perfiles de salinidad muestran, en general, buena mezcla en la columna de agua, excepto en las estaciones E1, frente a La Ribera, y las 5b y 18, frente a la rambla del Albuñón y El estacio, respectivamente. La primera ya mostró una bajada importante y estratificación marcada debido al vertido de aguas urbanas a finales de julio. Dicho efecto ya se había perdido la primera semana de agosto pero ha vuelto a aparecer. La segunda es debida a las descargas en el área de la rambla del Albuñón y la última es debido a la entrada directa de agua del Mediterráneo. Las dos primeras situaciones son una clara evidencia de que las entradas de agua cargadas de nutrientes siguen activas forzando el estado trófico del Mar Menor. El caso del Estacio debe servir como alerta de que forzar el intercambio con el Mediterráneo puede agravar los procesos de estratificación.

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología

Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia

T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa



UNIVERSIDAD DE
MURCIA



Región de Murcia



UNIÓN EUROPEA

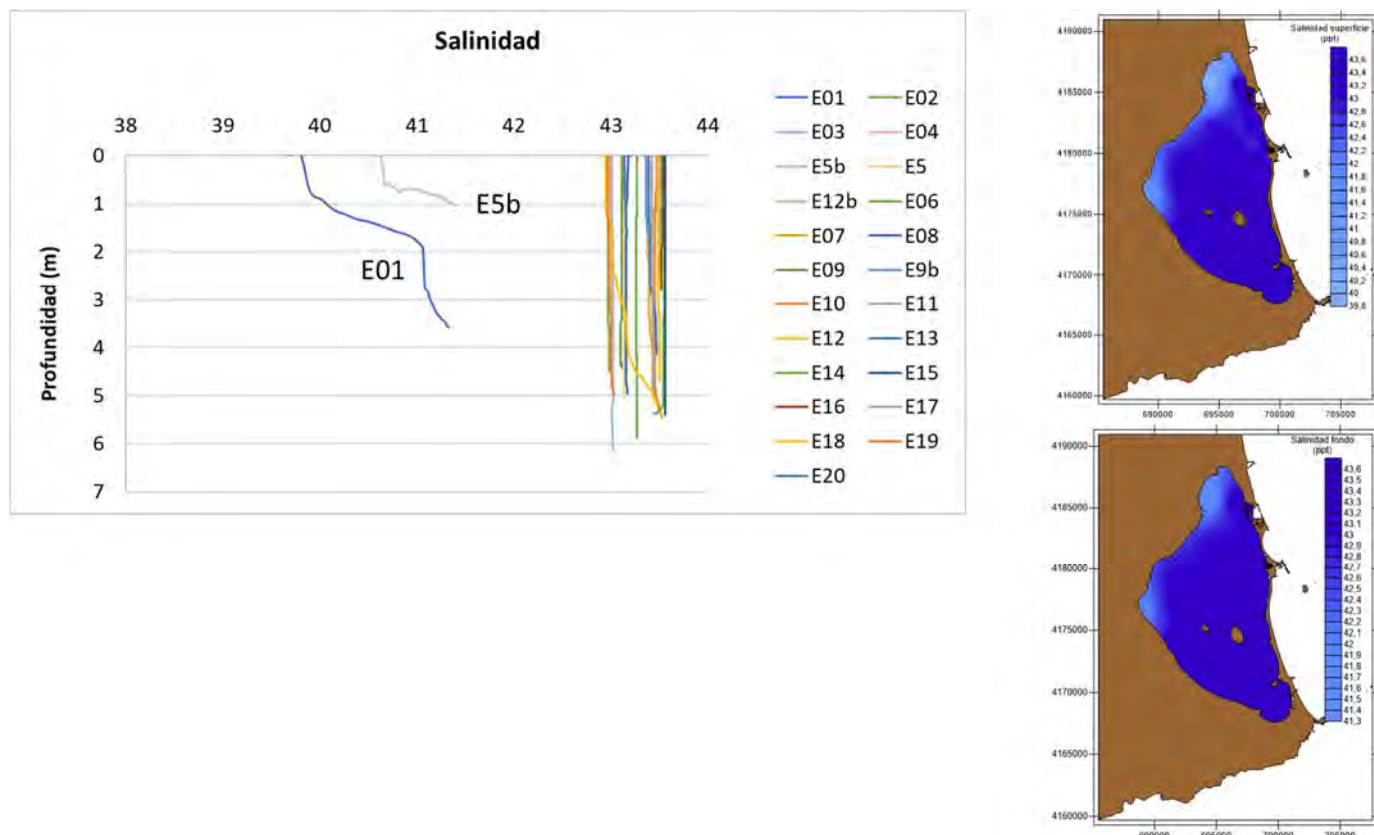


Figura 2. Perfiles y mapas de superficie y fondo de la salinidad en la red de estaciones en el Mar Menor en la campaña del 17 de agosto de 2021.

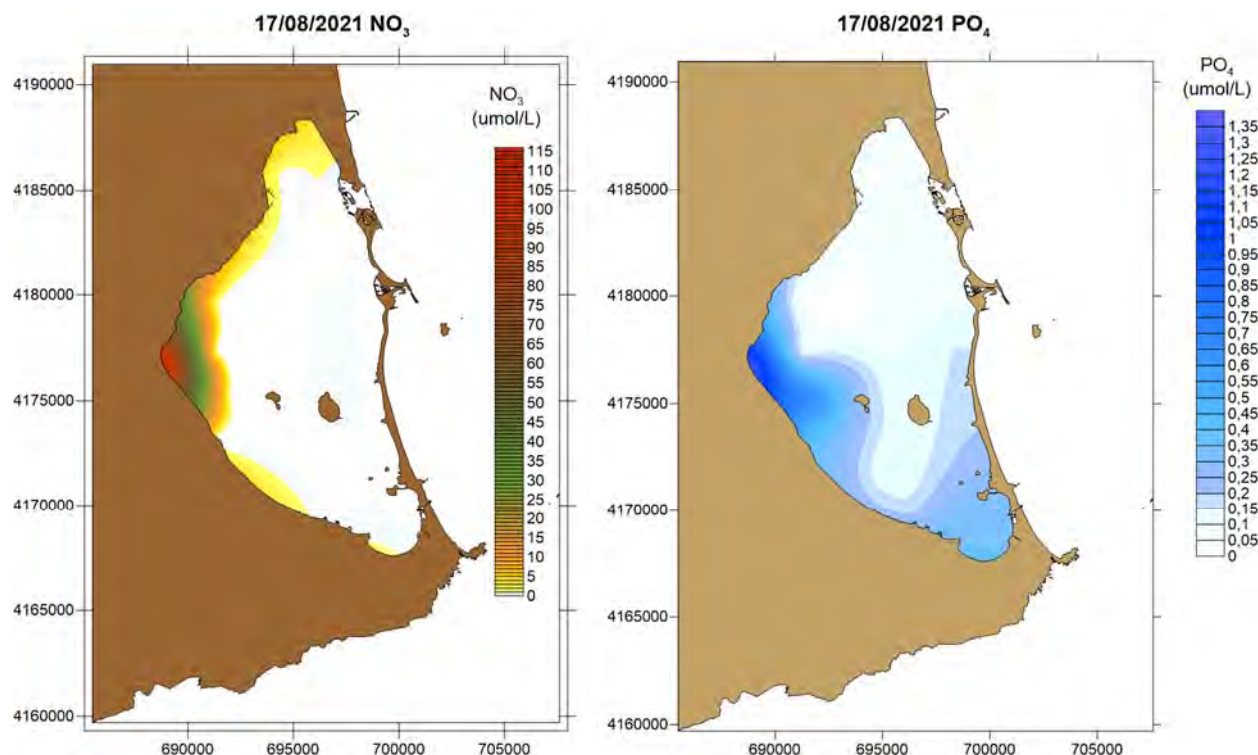


Figura 3. Mapas de superficie de la concentración de nitrato (izquierda) y fosfato (derecha) en la red de estaciones en el Mar Menor en la campaña del 17 de agosto de 2021.

La entrada de agua conlleva una elevada carga de nutrientes que ha alcanzado máximos, tanto en los nitratos, como de manera muy significativa en las concentraciones de fosfatos, con concentraciones de 116,95 $\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$ y 1,34 $\mu\text{mol PO}_4/\text{l}$ ambas frente a la rambla del Albuñol pero con aportes también por la ribera interna de la laguna. Ello sugiere una mezcla de aguas de origen agrícola y urbano muy probablemente por un freático muy alto y la posibilidad de la existencia de urbanizaciones o viviendas aún no conectadas a las redes de saneamiento.

Como consecuencia, la concentración de clorofila, tras haber mostrado un cambio drástico de concentración tal y como se anticipaba como probable a finales de julio y se constató a primeros de agosto, ha seguido aumentando su concentración. En superficie, los valores se mantienen por debajo de 10 $\mu\text{g}/\text{l}$. pero numerosas estaciones sobrepasan ya los 5 $\mu\text{g}/\text{l}$ y la estación E9, frente a los Urrutias, que el 19 de julio presentaba valores máximos de 5,41 $\mu\text{g}/\text{l}$ en esta ocasión alcanza 12,5 $\mu\text{g}/\text{l}$ en superficie.

Pero el problema que es muy preocupante es la concentración de clorofila en las capas profundas de la columna de agua. En dicha estación E9 se alcanzan concentraciones de 189,5 $\mu\text{g}/\text{l}$ y la estación E18, frente al Estacio, llega a 148,1 $\mu\text{g}/\text{l}$. En general, las concentraciones en la capa profunda en toda la cubeta sur son muy preocupantes por lo que supone de acumulación de materia orgánica



cuya remineralización y el consumo por parte de detritívoros pelágicos produce una elevada demanda de oxígeno.

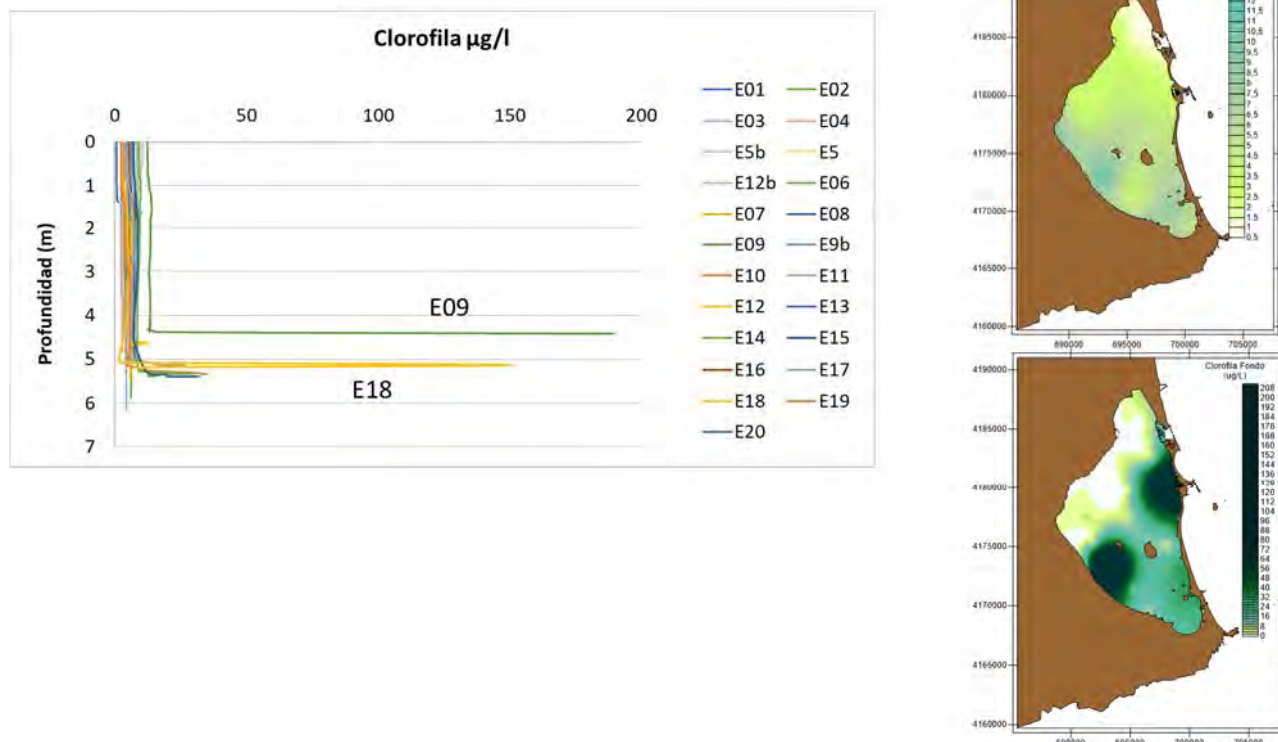


Figura 4. Perfiles y mapas de superficie y fondo de la concentración de clorofila en la red de estaciones en el Mar Menor en la campaña del 17 de agosto de 2021.



UNIVERSIDAD DE
MURCIA



Región de Murcia



UNIÓN EUROPEA

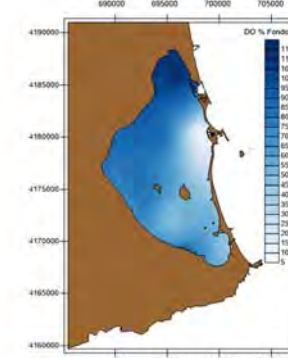
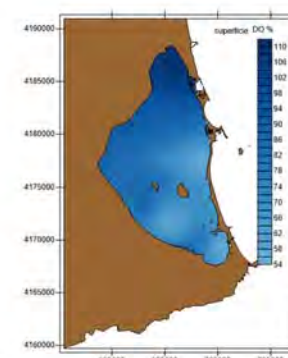
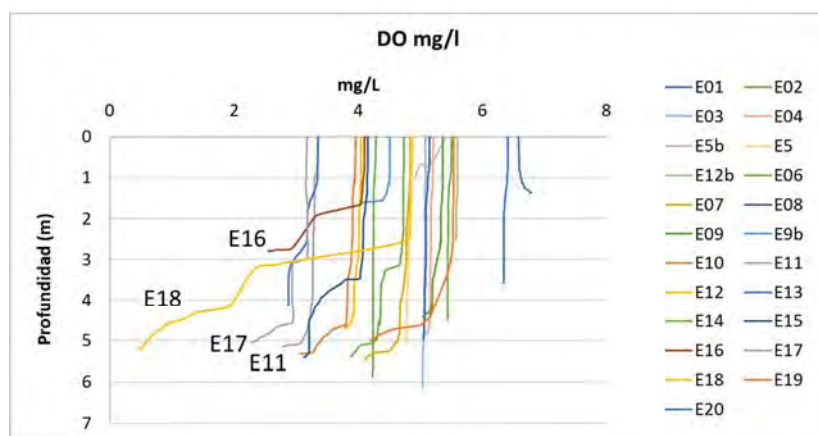
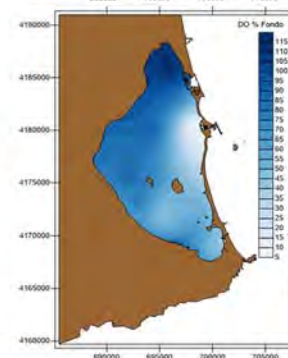
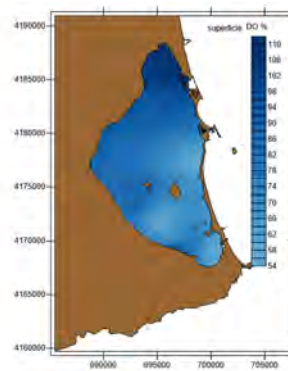
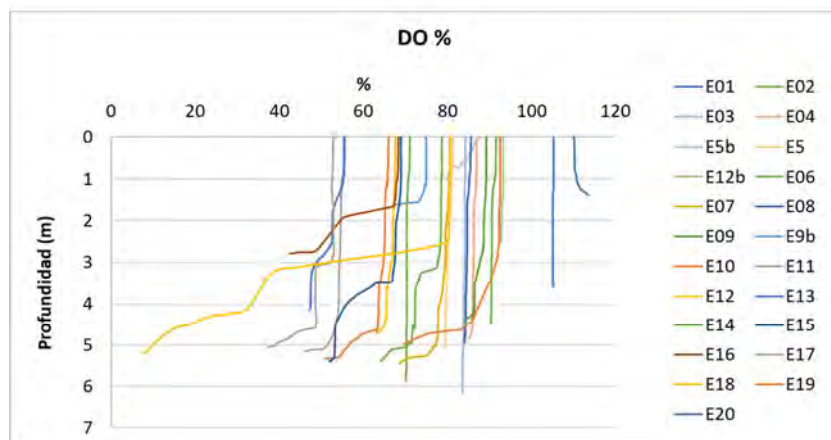


Figura 5. Perfiles y mapas de superficie y fondo de la concentración de oxígeno en la red de estaciones en el Mar Menor en la campaña del 17 de agosto de 2021.



UNIVERSIDAD DE
MURCIA



Región de Murcia



UNIÓN EUROPEA

Esta elevada demanda de oxígeno se traduce en condiciones de hipoxia y bajo porcentaje de oxígeno respecto a la concentración de saturación en algunas localidades. Los valores más bajos ocurren frente a la bocana del Estacio, correspondiendo a la zona de concentración por el efecto succión de las corrientes de salida, algo que ya se ha observado ya en años anteriores en circunstancias semejantes. La otra zona especialmente preocupante es desde los Urrutias hacia el centro del giro de la cubeta sur y a lo largo de la ribera interna de La Manga, que conecta ambas zonas. Los eventos de hipoxia y aparición de juveniles de algunas especies de peces observados el día anterior pueden estar provocados por esta situación y no se descarta que puedan volver a producirse o intensificarse teniendo en cuenta que las entradas de agua y nutrientes se mantienen muy activas y que se está en periodo de alta producción primaria, máxima actividad biológica y baja saturación de oxígeno debido a las altas temperaturas. Los periodos con olas de calor y vientos flojos serán probablemente críticos y una estratificación forzada por la entrada de masas de agua con menor densidad que la del fondo del Mar Menor pueden dar lugar a una crisis anóxica importante.

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología

Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia

T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa



UNIVERSIDAD DE
MURCIA



Región de Murcia



UNIÓN EUROPEA

Informe de seguimiento del estado ecológico del Mar Menor y eventos de hipoxia y anoxia– 09 de septiembre de 2021

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

Tal y como se anticipaba en el informe oral anterior de 2 de agosto, los eventos ocurridos durante el mes de agosto de 2021 en el Mar Menor y, en particular, la mortandad anormal de peces observada los días 15, 16, y 17 de este mes se enmarcan en el contexto de un proceso clásico de crisis distrófica producida por un proceso de eutrofización. Como se ha comentado ya otras veces, la eutrofización es un proceso que es considerado como una de las principales amenazas de los ecosistemas acuáticos que se inicia con el aporte excesivo de nutrientes y materia orgánica al ecosistema y que implica un desequilibrio energético en el sistema.

La disponibilidad de nutrientes en exceso en el agua favorece el crecimiento de las algas, primero las de crecimiento más lento, luego las oportunistas, nitrófilas y de crecimiento rápido y, finalmente, estas son sustituidas por el fitoplancton, que termina dominando el sistema, volviendo turbia y verde la columna de agua y reduciendo de manera significativa la penetración de la luz. Todos los excesos de materia orgánica terminan acumulándose en las capas profundas de la columna de agua y en el sedimento, donde se descomponen reduciendo la concentración de oxígeno y haciendo que la mayor parte de la fauna tenga dificultades para sobrevivir.

En este contexto, la situación producida en el Mar Menor este mes de agosto ha sido más debida a la sinergia de factores que a un único factor.

Como se describía en el informe de 19 de julio y su actualización de 6 de agosto, la temperatura media del agua en la laguna ha alcanzado 29,5 °C, con valores de 29,8 °C en algunas localidades y superando los 30 °C en algunas áreas someras.

En la campaña realizada el 16 de agosto para caracterizar el estado del Mar Menor tras la alerta por la aparición de concentraciones elevadas de camarones y juveniles de peces muertos en algunas playas de la laguna la temperatura llegó a ser de 32 °C, manteniéndose entre 29,3 y 29,9 °C en la mayor parte de su zona central.

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología
Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia
T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia
FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa

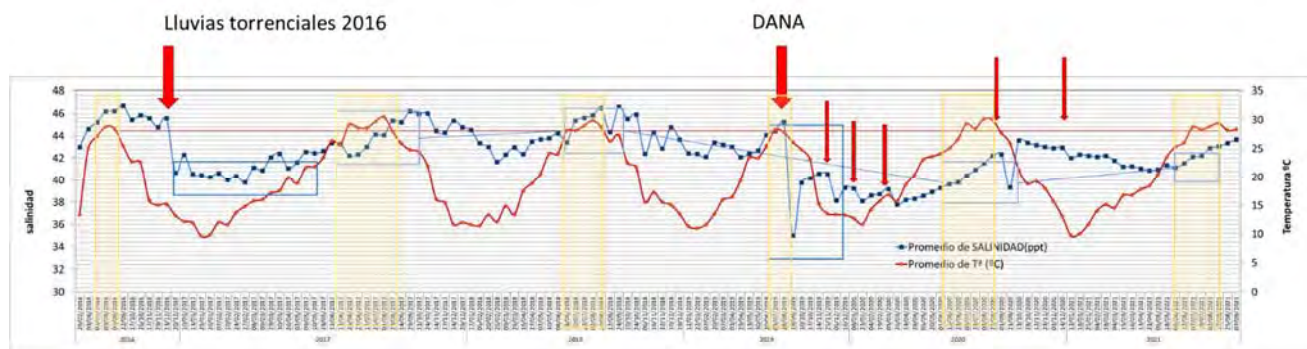


Figura 1. Evolución del ciclo anual de la salinidad y la temperatura media del Mar Menor desde 2016 hasta septiembre de 2021. Las bandas amarillas representan periodos de verano en las distintas anualidades.

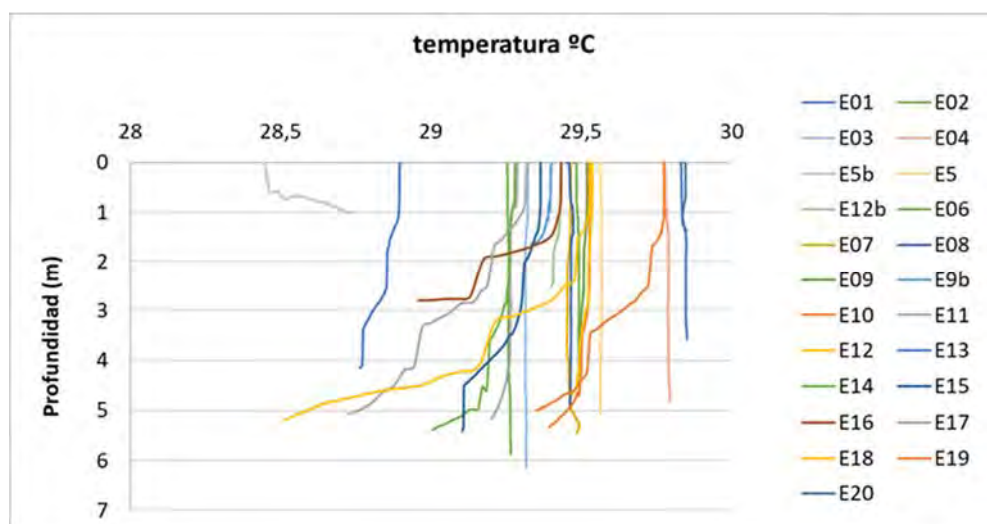


Figura 2. Perfiles de temperatura en la campaña del 17 de agosto de 2021 en las 20 estaciones prospectadas en la laguna.

La salinidad media este verano ha alcanzado 43,6, semejante a la de estas fechas el año pasado (aún bajo los efectos de la DANA) y aún tres puntos por debajo de la de 2019 en esta misma estación del año y que se situaba en 45,24. Esto muestra que las entradas continuas de agua dulce no permiten una recuperación adecuada.

Los perfiles de salinidad a principios de verano mostraban una buena mezcla en la columna de agua. Únicamente en la estación E1, frente a La Ribera, se encontró una bajada importante y



estratificación marcada debido al vertido de aguas urbanas a finales de julio. Dicho efecto ya se había perdido la primera semana de agosto.

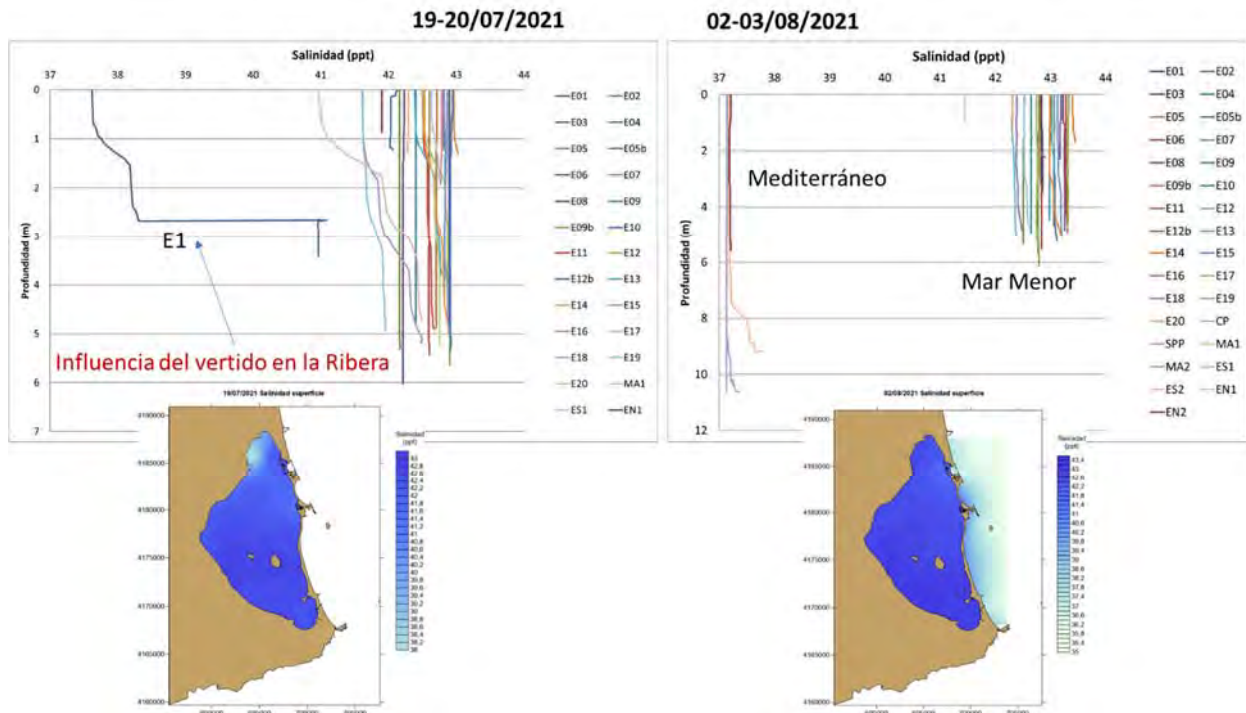


Figura 3. Perfiles y mapas superficiales de salinidad en la red de estaciones en el Mar Menor.

Sin embargo, a lo largo del verano, ha habido nuevos eventos de entradas de agua dulce por la ribera interna del Mar Menor.

El 17 de agosto, volvió a detectarse una bajada significativa en las estaciones E1, frente a La Ribera, y en las 5b y 18, frente a la rambla del Albuñón y El Estacio, respectivamente. La primera se correspondía con la misma bajada importante y estratificación marcada debido al vertido de aguas urbanas ya detectada a finales de julio cuyo efecto ya se había perdido la primera semana de agosto pero que volvía a aparecer. La segunda era debida a las descargas en el área de la rambla del Albuñón y la última a la entrada directa de agua del Mediterráneo. Como se ha comentado, las dos primeras situaciones son una clara evidencia de que las entradas de agua cargadas de nutrientes siguen activas forzando el estado trófico del Mar Menor. El caso del Estacio debe servir como alerta de que forzar el intercambio con el Mediterráneo puede agravar los procesos de estratificación y es importante acotar en sus justos términos este tipo de acciones.

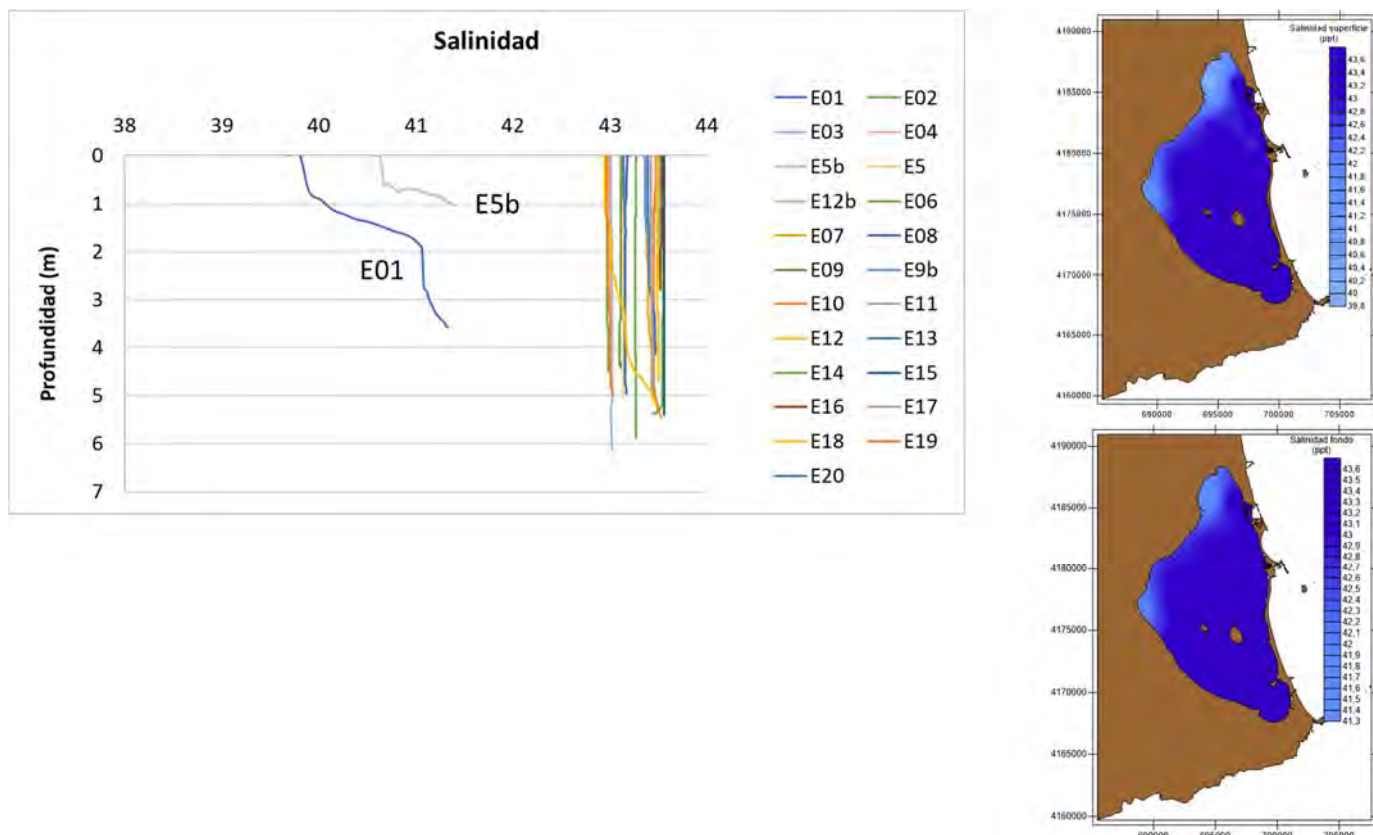


Figura 4. Perfiles y mapas de superficie y fondo de la salinidad en la red de estaciones en el Mar Menor en la campaña del 17 de agosto de 2021.

La temperatura, en general, tampoco muestra estratificación. Cabe resaltar que la estaciones con menor temperatura se corresponden, frecuentemente, con las estaciones más costeras, la estación 5b, frente a la rambla del Albujón, y las 9b y 12b, frente a Los Urrutias y Los Nietos. Esto podría ser un indicio de la influencia de la entrada de aguas subterráneas por la zona costera.

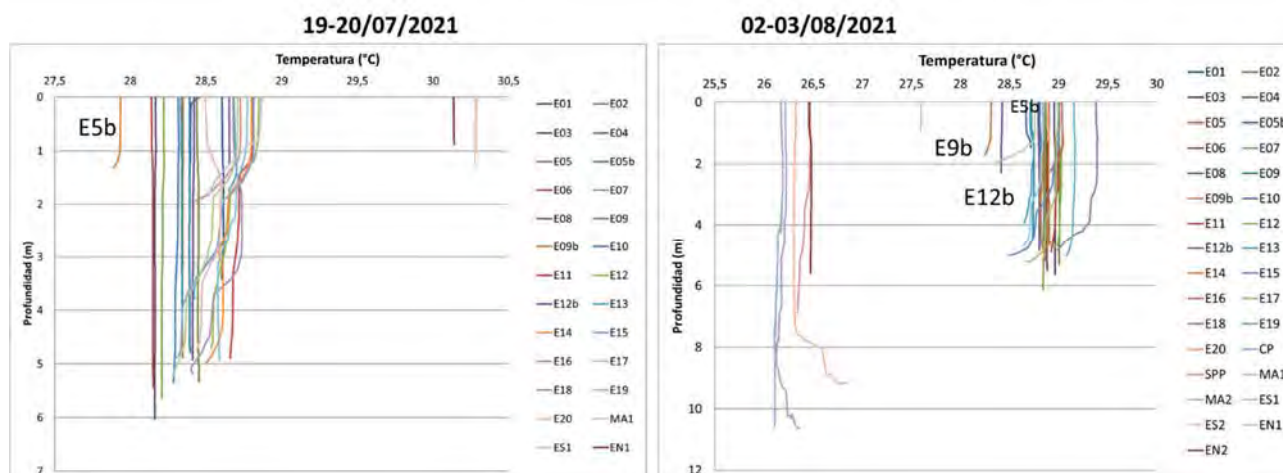


Figura 5. Perfiles de temperatura a finales de julio y principios de agosto en la red de estaciones en el Mar Menor.

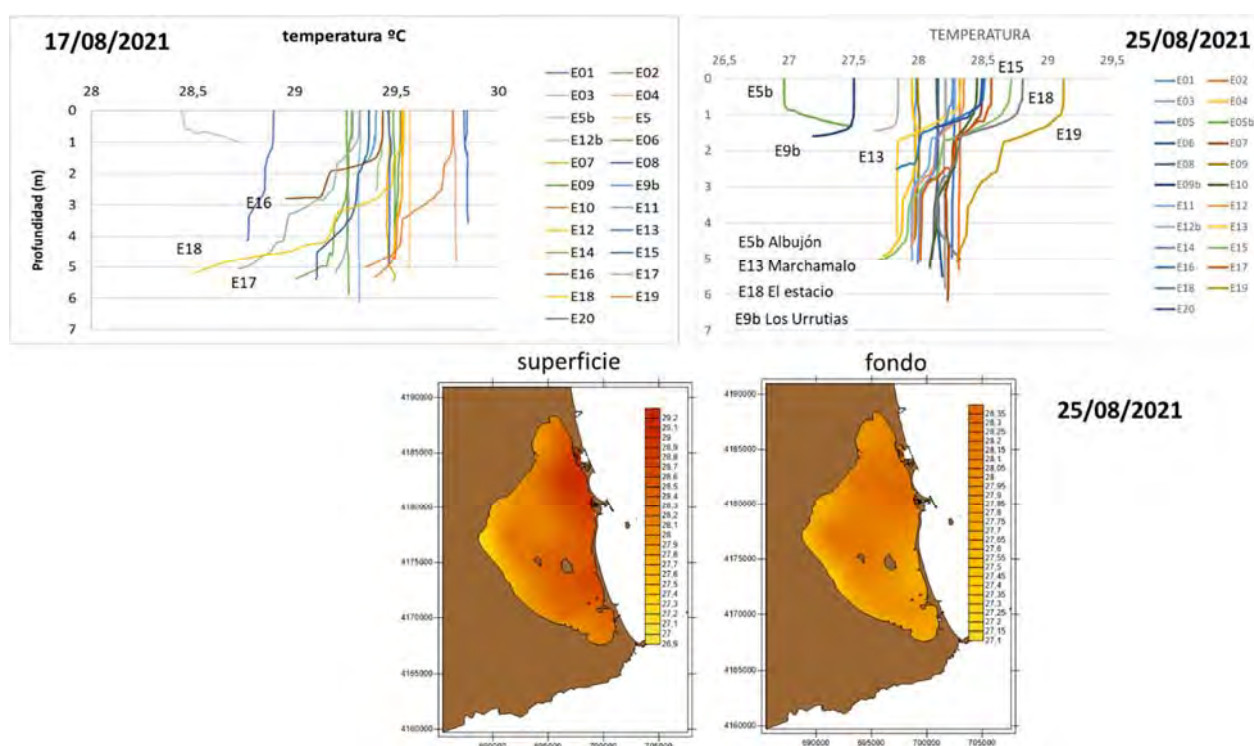


Figura 6. Perfiles de temperatura a mediados y finales de agosto en la red de estaciones en el Mar Menor.



La entrada de agua conllevó una elevada carga de nutrientes que ha alcanzado máximos, tanto en los nitratos como de manera muy significativa en las concentraciones de fosfatos, con concentraciones de $116,95 \mu\text{mol NO}_3/\text{l}$ y $1,34 \mu\text{mol PO}_4/\text{l}$ ambas frente a la rambla del Albuñón pero con aportes también ocurriendo a lo largo de la ribera interna de la laguna. Ello sugiere una mezcla de aguas de origen agrícola y urbano muy probablemente por un freático muy alto y la posibilidad de la existencia de urbanizaciones o viviendas aún no conectadas a las redes de saneamiento.

Como consecuencia, la clorofila, tras haber mostrado un cambio drástico de concentración tal y como se anticipaba como probable a finales de julio y se constató a primeros de agosto, ha seguido aumentando su concentración. En superficie, los valores se mantienen por debajo de $10 \mu\text{g/l}$ pero numerosas estaciones sobrepasan ya los $5 \mu\text{g/l}$ y la estación E9, frente a los Urrutias, que el 19 de julio presentaba valores máximos de $5,41 \mu\text{g/l}$, en esta ocasión alcanza $12,5 \mu\text{g/l}$ en superficie.

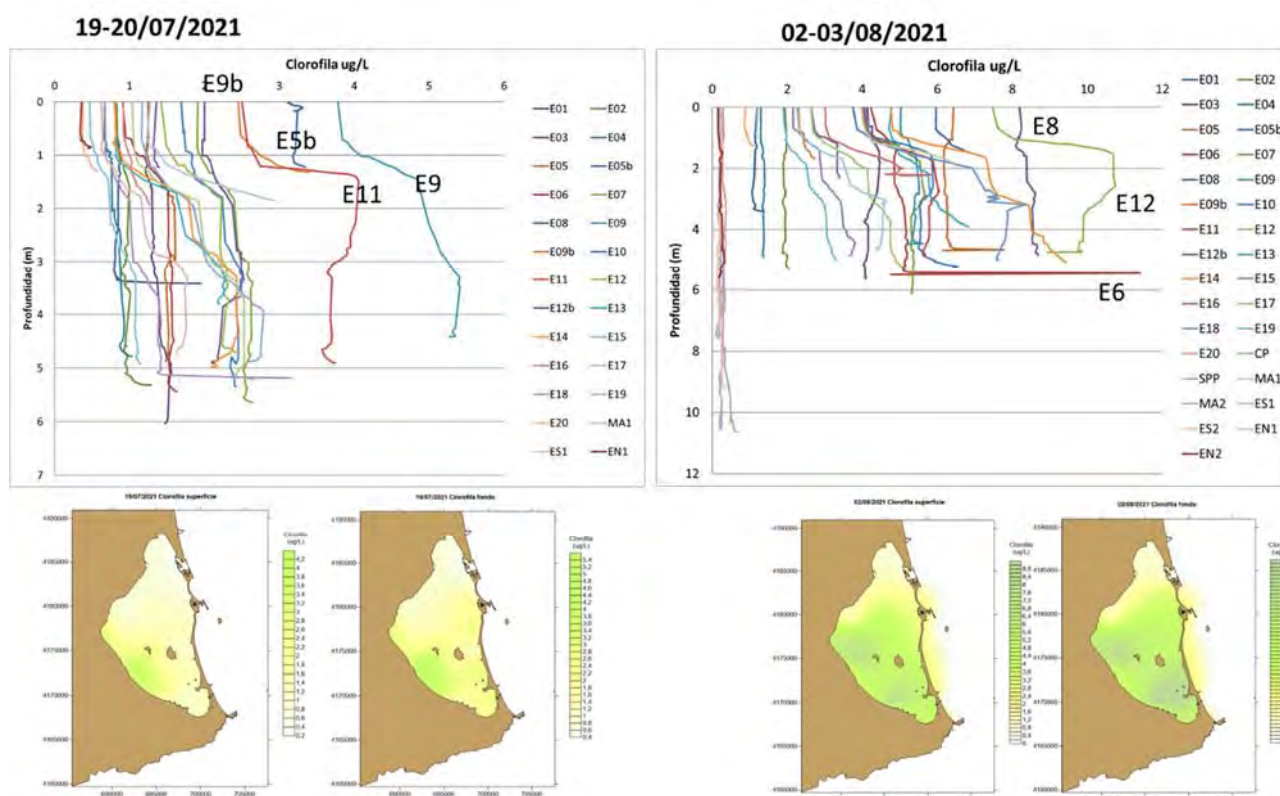


Figura 7. Perfiles y mapas de superficie y fondo de la concentración de clorofila en la red de estaciones en el Mar Menor.

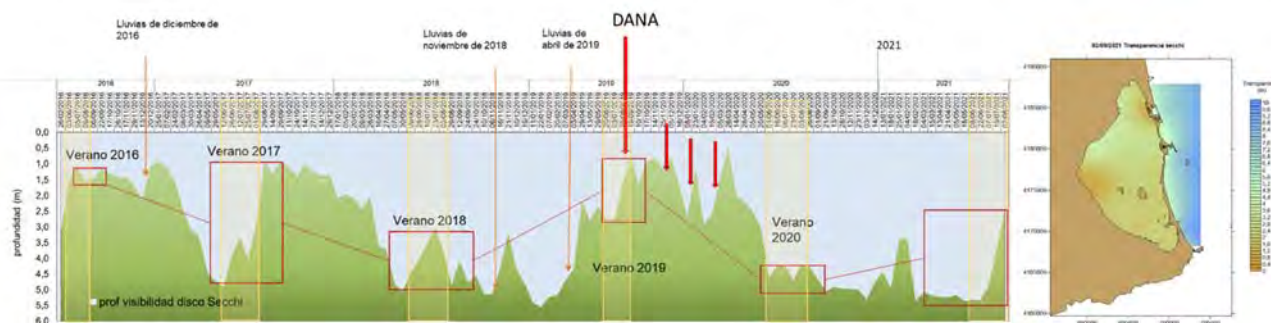


Figura 8. Evolución temporal de la profundidad media de visibilidad del disco de Secchi, calculada en las zonas con más de 5 m de profundidad y distribución en la laguna.

La primera consecuencia del aumento en la concentración de clorofila se ha manifestado en la transparencia del agua que disminuyó sensiblemente, pasando de más de 5 m de media mantenidos desde la primavera hasta mediados de julio a menos de 3,5 m la primera semana de agosto, con menos de 2 metros en la zona de influencia de la rambla del Albuñón hasta los Urrutias.

Como se decía en el informe de primeros de agosto, la pérdida de calidad del agua es normal a mediados de verano, pero la respuesta del ecosistema puede depender de las condiciones ambientales (temperatura, periodos de calma, etc.) y, sobre todo, de las presiones en forma de entrada de nutrientes. Esta situación ya se dio en el verano de 2017 y en el de 2019 (y en menor medida en el de 2018). En 2018, gracias a la recuperación franca de las comunidades y a la disminución en las entradas, el efecto fue menor y la recuperación rápida. En 2019, con las entradas de nuevo incrementadas, la respuesta del ecosistema fue menos efectiva y este año, tal y como anticipamos en dicho informe, con la entrada de agua y nutrientes que se ha mantenido durante todo el invierno y la primavera, el sistema no ha podido recuperarse de momento, manteniéndose hasta ahora profundidades de visibilidad del disco Secchi inferiores a 2 m.

Pero el problema que dio lugar en buena medida a la situación de mediados de julio, sin descartar posibles proliferaciones de dinoflagelados, fue la concentración de clorofila en las capas profundas de la columna de agua y la acumulación de los excedentes de producción primaria en dichas capas. En la estación E9, al sur de los Urrutias, se alcanzaron concentraciones de 189,5 $\mu\text{g/l}$ y la estación E18, frente al Estacio, llegó a 148,1 $\mu\text{g/l}$. En general, las concentraciones en la capa profunda en toda la cubeta sur son las que dieron origen a las capas hipóxicas y anóxicas que se han desarrollado durante este periodo como consecuencia de la acumulación de materia orgánica cuya



UNIVERSIDAD DE
MURCIA



Región de Murcia



UNIÓN EUROPEA

remineralización y consumo por parte de detritívoros pelágicos produce una elevada demanda de oxígeno.

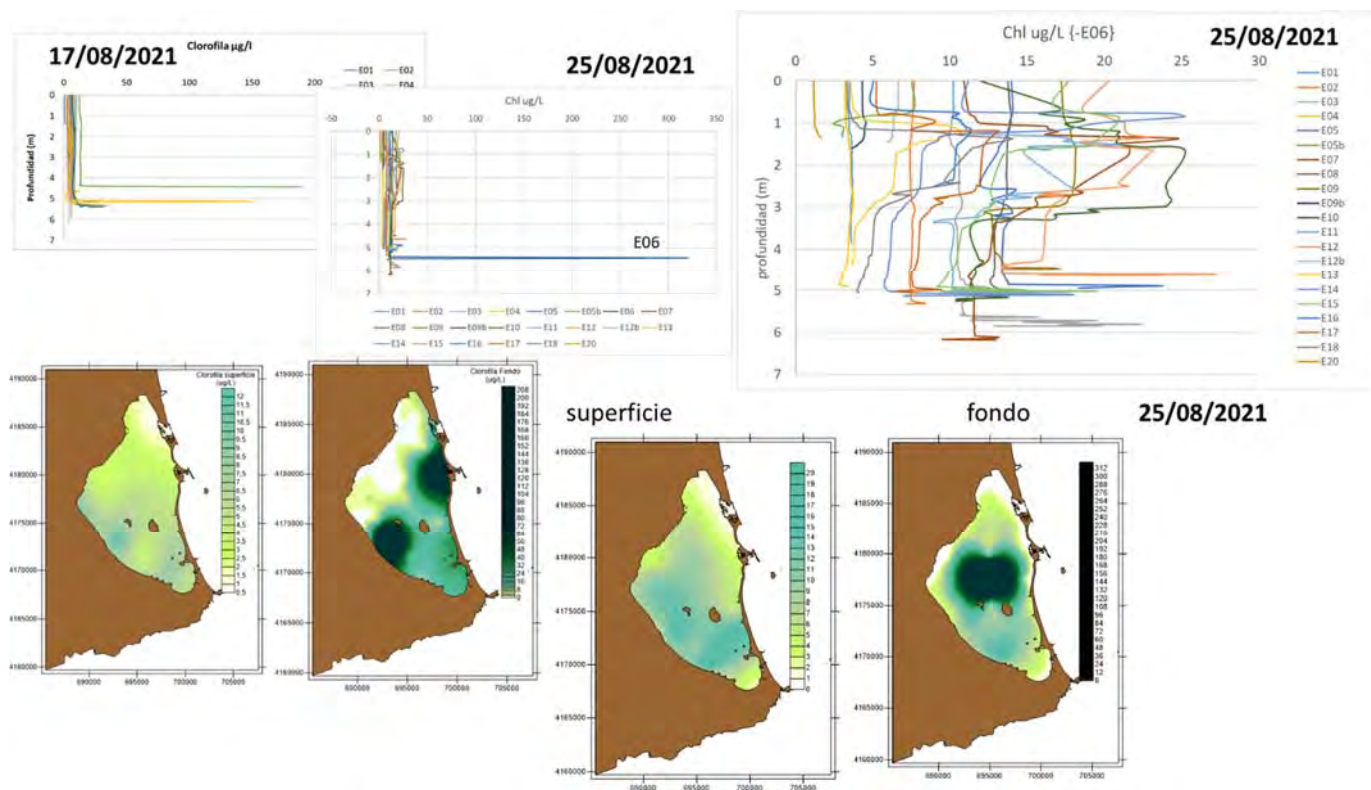


Figura 9. Perfiles y mapas de superficie y fondo de la concentración de clorofila en la red de estaciones en el Mar Menor en las campañas del 17 y del 25 de agosto de 2021.

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología

Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia

T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa



02-03/08/2021

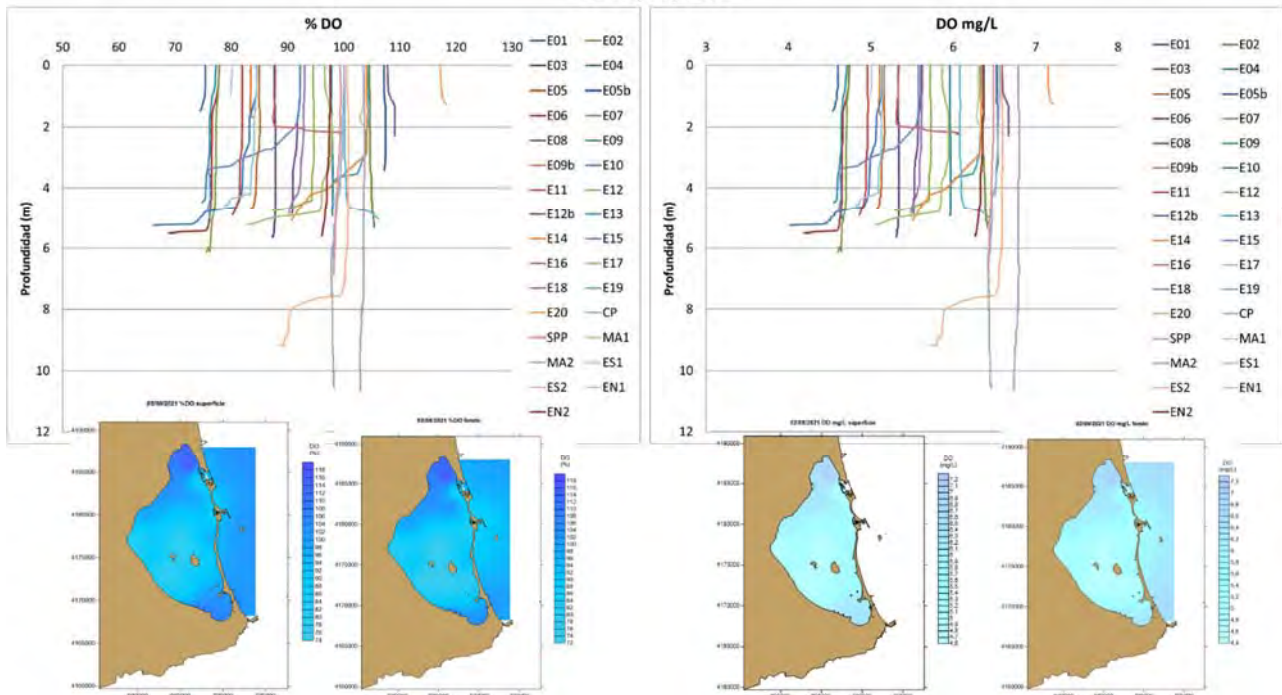


Figura 10. Perfiles y mapas de superficie y fondo de la concentración de oxígeno en la red de estaciones en el Mar Menor a principios de agosto.

Como consecuencia, los valores de oxígeno, que hasta finales de julio se mantenían próximos a saturación, y en los rangos normales para la época del año (entre el 70 y el 100% de saturación y en ningún caso por debajo de 4 mg/l), comenzaron a bajar.

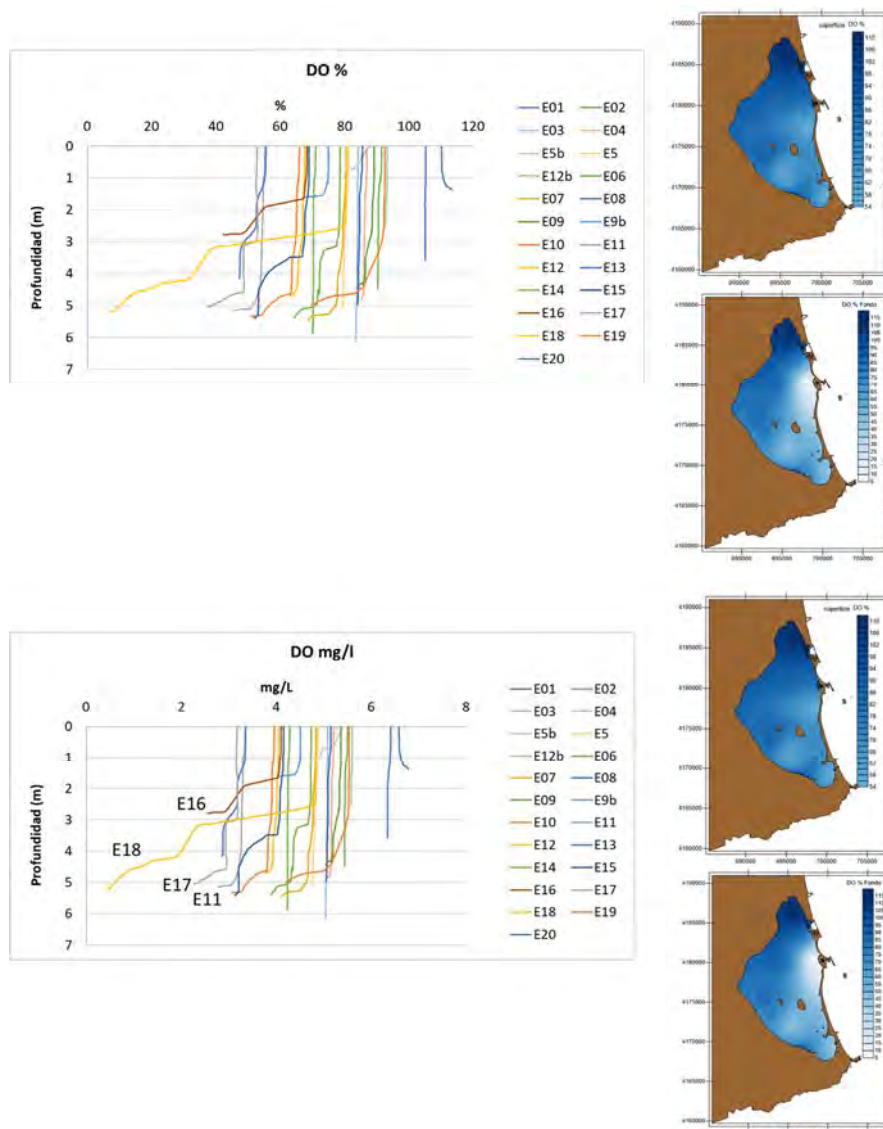


Figura 11. Perfiles y mapas de superficie y fondo de la concentración de oxígeno en la red de estaciones en el Mar Menor en la campaña del 17 de agosto de 2021.

Esta elevada demanda de oxígeno se traduce en condiciones de hipoxia y bajo porcentaje de oxígeno respecto a la concentración de saturación en algunas localidades. Los valores más bajos tienden a ocurrir en el centro de los giros circulatorios y, de forma recurrente, frente a la bocana del Estacio, correspondiendo a una zona de concentración por el efecto succión de las corrientes de salida, algo que ya se ha observado en años anteriores en circunstancias semejantes. La otra zona especialmente preocupante es desde los Urrutias hacia el centro del giro de la cubeta sur y a lo largo de la ribera interna de La Manga hacia el norte, hasta El Estacio. Estas masas de agua han ido dispersándose y atenuándose con las corrientes, pero otras se han vuelto a formar a lo largo de las tres últimas semanas. Los eventos de hipoxia y aparición de juveniles de algunas especies de peces

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología
Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia
T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia
FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa

observados los días 14-16 de agosto, pudieron estar, muy probablemente, provocados por esta situación, sin descartar alguna proliferación de dinoflagelados, y es posible que puedan volver a producirse o intensificarse teniendo en cuenta que las entradas de agua y nutrientes se mantienen muy activas y que se está en periodo de alta producción primaria, máxima actividad biológica y baja saturación de oxígeno debido a las altas temperaturas. A día de hoy, dichas masas con alta concentración de clorofila y materia orgánica disuelta siguen formándose, evolucionando y deshaciéndose. Los periodos con olas de calor y vientos flojos serán probablemente críticos y una estratificación forzada por la entrada de masas de agua con menor densidad que la del fondo del Mar Menor pueden dar lugar a una crisis anóxica importante. Esta situación se vería especialmente agravada si tuviera lugar una DANA.

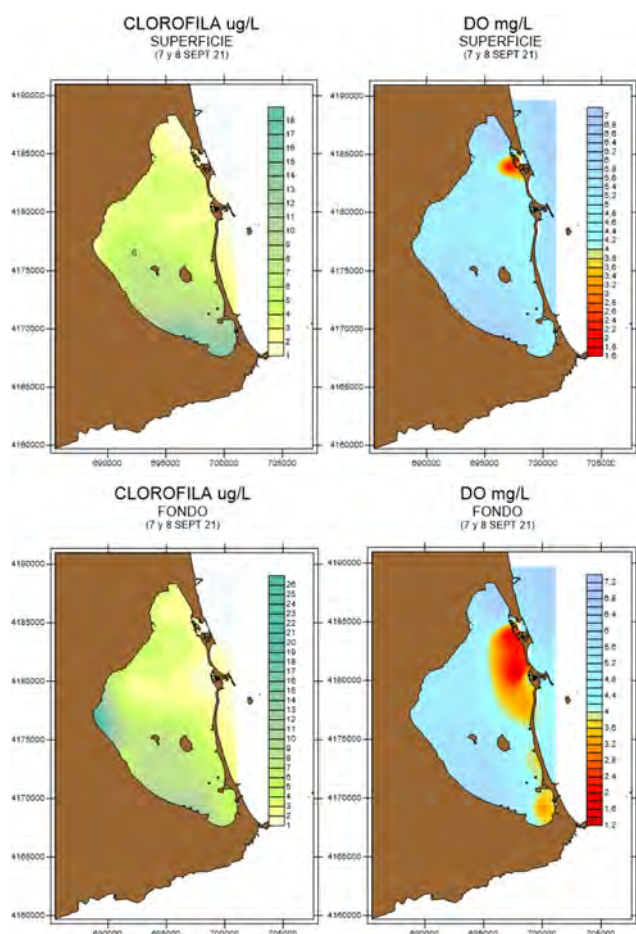


Figura 12. Mapas de superficie (arriba) y fondo (debajo) de la concentración de clorofila (izquierda) y de oxígeno (derecha) en la red de estaciones en el Mar Menor en la campaña del 7-8 de septiembre de 2021.

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología
Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia
T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia
FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa



UNIVERSIDAD DE
MURCIA



Por todo ello, una vez más, seguimos insistiendo en la importancia y la urgencia de un plan de gestión de las aguas en la cuenca y de regulación, no solo de los vertidos, sino también de los niveles del freático. Es muy importante el consenso social, técnico y político en este sentido y que se adopten las medidas con los especialistas en hidrogeología, y con la colaboración de los sectores activos en la cuenca y el uso de las infraestructuras disponibles para reducir el nivel freático al menos entre 1,5 y 2 metros a nivel de la orilla. Ante una situación que está clara y diagnosticada desde hace años, es urgente avanzar en la toma de decisiones y la ejecución de actuaciones para la gestión y control del agua, sin las cuales la solución del problema y la compatibilidad de las actividades en la cuenca, con las regulaciones necesarias, y la integridad ecológica del Mar Menor no será posible.

Angel Pérez-Ruzafa
Catedrático de Ecología
Facultad de Biología
Departamento de Ecología e Hidrología

Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia
T. 868 88 49 98 – F. 868 88 39 63 – www.um.es/ecologia
FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL Una manera de hacer Europa