

2022

EL MAR MENOR. FALACIAS Y REALIDADES



Julia Martínez Fernández

Observatorio de Políticas del Agua (OPPA)

Este informe pertenece al proyecto de investigación **“Modernización de regadíos, emisiones y contaminación difusa. Estado de la cuestión”**, cofinanciado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico a través de la convocatoria 2022 de subvenciones a ONG que desarrollen actividades de interés general consideradas de interés social en materia de investigación científica y técnica de carácter medioambiental.



Esta obra tiene una licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional

Julio 2022

JUSTIFICACIÓN

Existen algunas interpretaciones según las cuales la *laguna del Mar Menor no está eutrofizada*, la causa principal de la degradación del Mar Menor no se encuentra en el exceso de nutrientes de origen agrario que alcanzan la laguna o, en todo caso, se trataría de una contaminación acumulada en el acuífero Cuaternario que, de acuerdo con tales interpretaciones, sería la fuente principal de los flujos de nutrientes que alcanzan la laguna y, por tanto, dicha contaminación es una herencia de actividades del pasado y no una responsabilidad directa de las actividades agrarias actuales. Este argumento se pretende justificar en dos afirmaciones: 1) los flujos que entran desde el acuífero Cuaternario son muy superiores a los que entran por vía superficial y 2) las concentraciones de nutrientes en las aguas superficiales son un orden de magnitud inferior a las concentraciones que existen en el acuífero e incluso se llega a afirmar que el tipo de nutrientes que se encuentran (fosfatos, amonio) denotan un origen urbano y no agrícola.

Sin embargo, frente a tales **interpretaciones falaces**, hay que insistir en las numerosas evidencias que sustentan que:

- el Mar Menor **está eutrofizado**, es decir, sufre un **exceso de nutrientes**;
- dicha eutrofización debida al exceso de nutrientes es la que ha provocado la situación de **degradación extrema** que sufre el Mar Menor desde 2016, incluyendo los episodios de mortandad masiva vividos en 2016, 2019 y 2021;
- el **origen** mayoritario de dichos nutrientes que alcanzan la laguna son las **actividades agrarias intensivas** (agrícolas y ganaderas) del Campo de Cartagena;
- en el caso del **nitrógeno**, la fuente mayoritaria son los **fertilizantes agrícolas** procedentes de los cultivos;
- los flujos de nutrientes entran principalmente por **vía superficial** y por tanto se producen por las **actividades agrarias actuales** y no tanto por la contaminación causada por actividades del pasado y acumulada en el acuífero Cuaternario.

A continuación se señalan algunas de las evidencias que permiten sustentar, de acuerdo con el conocimiento científico disponible, cada una de esas cinco afirmaciones.

1. El Mar Menor está eutrofizado.

Evidencias:

- ✓ El estado eutrófico del Mar Menor debido al exceso de nutrientes está claramente diagnosticado en el Informe del Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor (2017).
- ✓ La Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto Vertido Cero, publicada en el BOE de 26 de septiembre de 2019(1), constataba que *“desde la segunda mitad del año 2015 se ha experimentado un cambio drástico en los niveles de eutrofia que ha supuesto el colapso ambiental de la laguna”* (DIA Vertido Cero, 2019).
- ✓ La Memoria de Evaluación del estado del medio marino y definición del Buen Estado Ambiental en la Demarcación Marina Levantino- Balear (MITECO, 2019), señala que el Mar Menor no se encuentra en Buen Estado Ambiental ni para el amonio, ni para el fosfato ni para la clorofila, caso éste último en el que se sobrepasan los umbrales más allá de lo estadísticamente esperable. Dicha Memoria concluye que *“los resultados de la evaluación de la eutrofización en el Mar Menor obtenidos en esta evaluación son en buena parte reflejo del proceso intenso de eutrofización que sufrió la laguna en 2015”* y que *“El Mar Menor tampoco se encuentra en BEA [Buen Estado Ambiental], pasando a ser clasificada como un área con problemas de eutrofización”*. De la misma manera, la ficha de actualización de datos (hasta 2018 en el caso del Mar Menor) indica que: *“Las series históricas de concentraciones de nutrientes para el Mar Menor se presentan en la Figura 43, donde se pone claramente de manifiesto que hubo un cambio en el estatus de nutrientes de esta laguna costera respecto a los periodos previos de los que se dispone de datos. De hecho, algunas de las concentraciones de nitrato obtenidas durante 2016-2017 son las mayores de toda la serie histórica. Para la concentración de amonio no se han encontrado valores previos al periodo evaluado, sin embargo, los resultados obtenidos evidencian que los valores umbrales de la DMA fueron sobrepasados, así como los de fosfato”*.

(1) Resolución de 4 de septiembre de 2019, de la Dirección General de Biodiversidad y Calidad Ambiental, por la que se formula declaración de impacto ambiental del proyecto Análisis de soluciones para el objetivo de vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena (Murcia). BOE 232, del 26 de septiembre de 2019

- ✓ Un informe interdisciplinar elaborado tras el episodio de mortandad masiva de 2019 (Ruiz et al, 2020) señala que *“Durante décadas, los aportes de nutrientes (fundamentalmente nitratos, aunque también fosfato y amonio) y materia orgánica al Mar Menor han forzado el cambio del sistema, originalmente oligotrófico, a un estado eutrófico, el cual define un enriquecimiento en nutrientes inorgánicos (nitrógeno y fósforo) más allá del nivel crítico de la capacidad autorreguladora de un sistema determinado”*.
- ✓ El informe del IEO de septiembre de 2021 (Ruiz et al., 2021), establece en sus conclusiones que *“El último y reciente evento de mortalidad masiva de organismos marinos ocurrido en el Mar Menor las últimas semanas es un fenómeno muy estrechamente relacionado con el proceso de eutrofización que experimenta la albufera en las últimas décadas y cuyos síntomas se empezaron a hacer visibles a partir de 2016, con el bloom fitoplanctónico conocido popularmente como “sopa verde”. Desde entonces, la laguna ha experimentado varios episodios extremos de naturaleza similar al del verano de 2021 que muestran que el ecosistema ha perdido su capacidad de autorregulación”*.

2. La eutrofización del Mar Menor debida al exceso de nutrientes es la causa de su degradación extrema y de los episodios de mortandad sufridos desde 2016.

Evidencias:

- ✓ La Memoria de la Demarcación Levantino-Balear (MITECO, 2019) constata que *“el cartografiado de las praderas de macrófitos en la laguna ponen en evidencia un deterioro muy grave de las mismas en relación con su estado previo al episodio de eutrofización ocurrido a partir de 2015. Este deterioro es directamente atribuible a la contaminación por nutrientes”*.
- ✓ El informe elaborado tras el episodio de mortandad masiva de 2019 (Ruiz et al, 2020) señaló que *“la profunda degradación del Mar Menor ha sido causada por el proceso de eutrofización debido al exceso de nutrientes, degradación que la laguna viene sufriendo desde la crisis eutrófica de 2016”*.
- ✓ En cuanto a la relación del episodio de mortandad masiva de agosto de 2021 con el exceso de nutrientes, el informe del IEO (Ruiz et al., 2021) señala que *“El mecanismo por el que se produce este nuevo episodio de mortalidad parece estar relacionado con el desencadenamiento de un nuevo bloom fitoplanctónico, cuyo inicio se produce a finales de primavera y continúa*

creciendo de forma casi exponencial a finales del mes de agosto. De acuerdo con la evidencia disponible este nuevo evento de crecimiento masivo de fitoplancton parece haberse originado en las aguas frente a la rambla del Albuñón, por donde se están vertiendo continuamente aguas con altas concentraciones de nutrientes (tal y como lo corroboran informes recientes del Comité Científico disponibles en el portal de la CARM)".

3. Los nutrientes que entran a la laguna del Mar Menor proceden mayoritariamente de fuentes agrarias y, en el caso del nitrógeno, específicamente de los fertilizantes agrícolas

Desde distintas fuentes se viene afirmando, cada vez con más insistencia, en el supuesto origen mayoritariamente urbano de los nutrientes que alcanzan la laguna. Entre otros ejemplos, cabe citar el informe elaborado por Fernández Molina et al (2022), entre cuyas conclusiones señala que los vertidos de aguas residuales no tratadas son claves en la reducción del oxígeno de la columna de agua en el Mar Menor. Frente a este tipo de mensajes, hay que recordar que el origen mayoritariamente agrario de los nutrientes que alcanzan la laguna está bien establecido.

Evidencias:

- Investigaciones llevadas a cabo con modelos de simulación han mostrado que la entrada de nutrientes de origen urbano ha ido disminuyendo a lo largo del tiempo, a la vez que ha ido aumentando la entrada de origen agrícola y que desde la década de 2000, aproximadamente el 85% de la entrada de nutrientes (nitrógeno y fósforo) es de origen agrario, frente a un 15% de origen urbano (Martínez Fernández et al., 2013, 2014).
- Estudios empíricos realizados con isótopos (MAGRAMA, 2015), técnica que permite identificar las distintas fuentes del nitrógeno, han demostrado que en la zona vulnerable del Campo de Cartagena el nitrato tiene un origen ligado a los fertilizantes químicos, en concreto a la nitrificación de fertilizantes amoniacales, es decir, proceden fundamentalmente de fuentes agrícolas.
- De acuerdo con un informe del Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia (Pérez Martín, 2020), en el Campo de Cartagena la aplicación media de nitratos está muy por encima de lo deseable, lo que da lugar a un exceso de nitratos de unos 183 kgN/ha. Como segunda fuente, aunque en menor proporción, hay que señalar la ganadería intensiva, en particular las más de 700.000 cabezas de porcino existentes en el Campo de Cartagena.

- ✓ El origen mayoritariamente agrario de los nutrientes que alcanzan la laguna ha sido igualmente señalada en otros estudios científicos, como los informes del IEO, informes interdisciplinarios como el de Ruiz et al. (2020) y el Informe del Comité de Asesoramiento Científico (2017). Dicho informe señala que: *“A partir de un modelo de simulación dinámica sobre los cambios de uso y sus efectos en los flujos de nutrientes en la cuenca del Mar Menor (Martínez-Fernández et al., 2013, 2014; Esteve et al., 2016)... la contribución de los vertidos urbanos representa entre el 10 y el 15% de la entrada total de nutrientes a la laguna”*.
- ✓ Como el Informe del Comité de Asesoramiento Científico (2017) señala: *“Estos resultados concuerdan con otros muchos estudios, que coinciden en señalar que en cuencas con agricultura intensiva la mayor parte de los nutrientes tienen un origen difuso procedente de los usos agrarios (Jordan et al, 1997, Kronvang, 1999; Meissner et al. 2002; Lacroix et al, 2005). Igualmente se ha señalado, en relación con la eutrofización de zonas costeras, que la principal fuente de nutrientes en las zonas afectadas, incluyendo aguas costeras, es la agricultura (Boesch & Brinsfield, 2000, Canton et al., 2012). En el caso de la actual crisis eutrófica del Mar Menor, todas las evidencias apuntan a que de forma similar a otros muchos casos de cuencas agrarias intensivas descritos en la literatura científica internacional, la excesiva entrada de nutrientes procedentes de la actividad agraria de la cuenca es la principal responsable de la crisis eutrófica actual del Mar Menor”*. En este sentido, la cuenca agraria del Campo de Cartagena no es diferente a lo que ocurre en otras muchas partes del mundo.
- ✓ La Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto Vertido Cero, de septiembre de 2019, señalaba que *“La llegada de contaminantes a través de las aguas superficiales y subterráneas al Mar Menor procedentes de la actividad agraria del Campo de Cartagena, cuyo origen se debe al exceso de fertilización aportada al suelo y a la deficiencia en las instalaciones de almacenamiento de las deyecciones ganaderas”*. La DIA establece que *“observando la extensión e intensidad del regadío de la zona vulnerable, la distribución de la contaminación por nitratos, y los resultados obtenidos en el estudio hidroquímico e isotópico, se puede concluir que el principal origen de la contaminación está relacionado con la agricultura, concretamente en la aplicación de fertilizantes inorgánicos en los cultivos...”*. La actividad ganadera intensiva sería otra fuente de nitrógeno, aunque no tan importante como la de los fertilizantes.

- ✓ Otras publicaciones e informes recientes igualmente señalan el origen mayoritariamente agrario de los nutrientes responsables del proceso eutrófico del Mar Menor. Por ejemplo el informe científico interdisciplinar elaborado tras el episodio de mortandad masiva de 2019 señaló que *“El Mar Menor recibe desde la década de 1980 grandes cantidades de materia orgánica y nutrientes procedentes de vertidos de diversa naturaleza, entre los que se encuentran las aguas residuales urbanas (actualmente prácticamente suprimidas, salvo episodios de lluvias y vertidos puntuales) y, sobre todo, los flujos contaminantes tanto difusos como puntuales, procedentes de la actividad agraria y agropecuaria del Campo de Cartagena”* (Ruiz et al, 2020).
- ✓ Por su parte el informe del IEO de septiembre de 2021 (IEO, 2021) señala que *“De acuerdo con la gran cantidad de literatura científica disponible, el origen de este tipo de eventos extremos se encuentra en aportes masivos y casi continuos de nutrientes y materia orgánica, que en el caso del Mar Menor vienen ocurriendo desde hace décadas debido al desarrollo creciente y no controlado de la actividad humana, con especial contribución por parte de la actividad relacionada con la agricultura intensiva del campo de Cartagena y en menor proporción, pero no desdeñable, con las poblaciones ribereñas”*.

La entrada masiva de nutrientes de origen agrícola no se explica sólo por la gestión de los fertilizantes, es decir, por las aportaciones unitarias por hectárea sino sobre todo por la expansión insostenible del regadío en el Campo de Cartagena, tanto legal como ilegal. La expansión del regadío se inició con la llegada de las aguas del Trasvase Tajo-Segura, a lo que se sumaron también nuevos regadíos con aguas subterráneas. En sucesivos periodos y con distinto grado de legalidad, se incrementaron los regadíos hasta acercarse a las 60.000 hectáreas. Trabajos realizados con teledetección han mostrado que sólo entre 1988 y 2009 el regadío de la cuenca pasó de unas 25.150 hectáreas a unas 60.700 hectáreas, un 141 % más (Carreño, 2015), lo que supone entre 15.000 y 20.000 hectáreas de regadío al margen de las cifras oficiales (Comité de Asesoramiento Científico, 2017). En 2020 la Confederación Hidrográfica del Segura cuantificó en 8.400 las hectáreas ilegales que habían de ser clausuradas en el Campo de Cartagena.

4. Los nutrientes entran al Mar Menor principalmente por vía superficial y, en consecuencia, dicha contaminación se debe a las actividades agrarias actuales y no tanto a una contaminación acumulada en el Cuaternario y originada por actividades pasadas

4.1. El volumen de agua que alcanza la laguna por vía superficial es muy superior a la que llega por vía subterránea

Se ha indicado desde algunas instancias que la principal entrada de nutrientes a la laguna tiene lugar por las aportaciones subterráneas desde el acuífero Cuaternario (véase por ejemplo Jiménez Martínez et al., 2016, donde se cuantifica en 68 hm³ la entrada de agua subterránea desde el Cuaternario, principalmente al Mar Menor). Si la entrada de nutrientes fuese mayoritariamente subterránea, cabría defender la tesis de que los flujos contaminantes que están principalmente afectando al Mar Menor constituyen una herencia de actividades agrarias del pasado (contaminación acumulada en el Cuaternario durante décadas) y no tanto una responsabilidad de la actividad agraria actual. De acuerdo con esta tesis, las principales medidas de intervención deberían dirigirse a reducir la conexión entre el Cuaternario y el Mar Menor, para lo cual se viene proponiendo desde el sector agrícola, desde la Comunidad Autónoma y desde otras instancias, la necesidad de rebajar los niveles piezométricos, a través de una serie de nuevos bombeos en una banda próxima a la ribera de la laguna, asumiendo que tales bombeos reducirán las entradas subterráneas de nutrientes desde el Cuaternario y por tanto la principal vía de contaminación de la laguna. Sin embargo esta tesis no se sostiene, como se explica a continuación.

La contaminación agraria no puede considerarse simplemente como algo del pasado o como una herencia recibida acumulada en el acuífero Cuaternario, responsable de la contaminación del Mar Menor, contaminación de la que la agricultura actual del Campo de Cartagena no sería responsable. Por el contrario, los flujos contaminantes que alcanzan la laguna proceden fundamentalmente de las actividades agrícolas actuales.

Evidencias

- ✓ En primer lugar, los flujos contaminantes son principalmente superficiales y no subterráneos, por lo que la contaminación es actual, dado que no existe un efecto de acumulación histórica en el caso de los flujos superficiales, como sí ocurre en el caso del acuífero. Junto a otras evidencias de que la principal vía de entrada es superficial y no subterránea, cabe destacar dos estudios recientes:

- El estudio de Tragsatec (2020), utilizando datos empíricos complementados con un modelo de simulación hidrológica, demostró que la entrada subterránea de agua desde el Cuaternario hacia el Mar Menor es de unos 8,5 hm³ anuales, es decir, entre 6-8 veces menos que las estimadas por otras fuentes (por ejemplo Jiménez et al, 2016). De acuerdo con el proyecto Vertido Cero, la entrada superficial se sitúa en unos 35-40 hm³ anuales, por lo que la entrada superficial sería unas 4,5 veces superior a la subterránea.
- Estos valores han sido recientemente corroborados por los trabajos del proyecto SmartLagoon (2021), en el que participa la Universidad Católica San Antonio de Murcia, que a partir de la aplicación de modelos de simulación hidrológica cuantifica en 49 hm³/año la entrada de agua a la laguna por vía superficial, frente a los 11 hm³/año de entrada subterránea . De acuerdo con estos trabajos de modelización hidrológica, la entrada superficial sería unas 4,4 veces superior a la subterránea(2), una cifra muy similar a la obtenida por Tragsatec (2020).

☑ En segundo lugar, de acuerdo con el informe del Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia (Pérez Martín, 2020), la serie temporal de aportaciones y de exceso de nitrógeno entre 1990 y 2016 en el Campo de Cartagena muestra que dichos valores se mantienen en el entorno de los valores del inicio de la serie, no apreciándose tendencia alguna de reducción, por lo que no existe un cambio apreciable en los excedentes de nitrógeno de la actividad agrícola de décadas anteriores y la actividad agrícola actual.

☑ En tercer lugar, el proceso eutrófico requiere no sólo de exceso de nitrógeno sino también de exceso de fósforo. Sin embargo el Cuaternario no tiene cantidades apreciables de fósforo. Si la entrada mayoritaria fuese subterránea, dicha entrada no podría explicar el proceso eutrófico.

(2) La Opinión. 9 de Diciembre de 2021. "Los primeros pasos científicos del proyecto SmartLagoon, que coordinan investigadores de la Universidad Católica de Murcia (UCAM), han ido encaminados en crear un primer modelo hidrológico e hidrodinámico que simula lo que ocurre en la cuenca y en la laguna salada en términos de volumen de agua. El estudio llevado a cabo por el investigador principal del proyecto de la UCAM, Javier Senent, estima que, para el periodo de tiempo comprendido entre los años 2003 y 2019, una escorrentía superficial media anual de 49 hm³/año frente a los 11 hm³/año procedentes del subsuelo. <https://www.laopiniondemurcia.es/comunidad/2021/12/09/entrada-superficial-agua-mar-menor-60444133.html>

4.2. Los flujos superficiales contienen elevadas concentraciones de nitratos, de origen mayoritariamente agrícola, cuyos valores medios con frecuencia superan los 150 mg/l de media

Evidencias

- ✓ Frente a quienes pretenden negar la existencia de grandes concentraciones de nitratos, de origen inequívocamente agrícola, en los flujos superficiales, es necesario señalar que, de acuerdo con los datos suministrados por la CARM en el Canal Mar Menor (www.canalmarmenor.es), existen 3 flujos superficiales monitorizados con caudales continuos y, en el caso de la Rambla del Albuñón, las concentraciones medias en 2021, ponderadas por los volúmenes aportados, se sitúan en unos 179 mg/l NO₃/l (pueden consultarse las series de datos en: <https://canalmarmenor.carm.es/monitorizacion/aforos-rambla-del-albujon/>). Por tanto, los flujos superficiales sí tienen nitratos, independientemente de que contengan también fósforo, amonio y otros componentes;
- ✓ Las concentraciones de nitratos son muy elevadas y comparables a los niveles de magnitud encontrados en las aguas del acuífero Cuaternario, donde la concentración promedio de nitratos de las aguas de descarga es de unos 180 mg/l (Tragsatec, 2020). En apartados previos ya se ha indicado que el origen de los nitratos es mayoritariamente agrícola, como demostró el estudio empírico con isótopos del nitrógeno, técnica que permite identificar las distintas fuentes del nitrógeno y que demostró que en la zona vulnerable del Campo de Cartagena el nitrato tiene un origen ligado a los fertilizantes químicos (MAGRAMA, 2015).

En definitiva, los flujos contaminantes se deben mayoritariamente a la actividad agrícola actual y no a la actividad agrícola pasada, dado que, de acuerdo con la cuantificación de los flujos superficiales y subterráneos, al menos un 75-80 % de la entrada de nutrientes tiene lugar por vía superficial, la cual no está sujeta a procesos de acumulación histórica y además tales flujos mayoritariamente superficiales presentan elevadas concentraciones de nitratos.

CONCLUSIÓN

Está sobradamente acreditado que:

- el Mar Menor sufre un proceso de eutrofización;
- que dicho proceso eutrófico explica entre otros procesos agudos y crónicos de degradación ecológica, los episodios de mortandad masiva sufridos en 2016, 2019 y 2021;
- que el origen mayoritario de tales nutrientes son las actividades agrarias (agrícolas y ganaderas) del Campo de Cartagena;
- que específicamente en el caso del nitrógeno la fuente principal son los fertilizantes agrícolas y
- que la principal entrada de nutrientes tiene lugar por vía superficial (sobre la base de volúmenes y concentraciones superficiales) y, por tanto, los nutrientes no proceden principalmente de actividades agrarias pasadas, sino que el grueso de los flujos de nutrientes que alcanzan la laguna proceden de las actividades agrícolas actuales del Campo de Cartagena.

REFERENCIAS

Boesch, D.F; Brinsfield, R.B. 2000. Coastal eutrophication and agriculture: contributions and solutions. *Biological Resource Management: connecting science and policy*. 93-115

Canton, M.; Anschutz, P.; Coynel, A.; Posenere, P.; Auby, I.; Poirier, D. 2012. Nutrient export to an Eastern Atlantic coastal zone: first modeling+ and nitrogen mass balance. *Biogeochemistry*, 107: 361-377.

Carreño, M.F. 2015. Seguimiento de los Cambios de Usos y su Influencia en las Comunidades y Hábitats Naturales en la Cuenca del Mar Menor, 1988-2009, con el Uso de SIG y Teledetección. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.

Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor. 2017. Informe integral sobre el estado ecológico del Mar Menor. Disponible en: www.canalmarmenor.es.

DIA Vertido Cero. 2019. Resolución de 4 de septiembre de 2019, de la Dirección General de Biodiversidad y Calidad Ambiental, por la que se formula declaración de impacto ambiental del proyecto Análisis de soluciones para el objetivo de vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena (Murcia). BOE 232, del 26 de septiembre de 2019.

Esteve Selma, M.A., Martínez Martínez, J.; Fitz, C.; Robledano, F.; Martínez Paz, J.M.; Carreño, M.F.; Guaita, N.; Martínez López, J.; Miñano, J. 2016. Conflictos ambientales derivados de la intensificación de los usos en la cuenca del Mar Menor: una aproximación interdisciplinar. pp. 79-112. En Leon, V.M y J.M. Bellido. *Mar Menor: una laguna singular y sensible. Evaluación científica de su estado*. Madrid, Instituto Español de Oceanografía, Ministerio de Economía y Competitividad. 414 p. Temas de Oceanografía, 9. ISBN 978-84-95877-55-0.

Fernández Molina, P.; Martínez Fernández, P.J.; Iváñez Miralles, P.; Conesa Sánchez, A.; Angosto Soto, J.L.; Lara Sánchez, M.G.; Mercader Ros, E. 2022. Estudio técnico de caracterización del perfil de nutrientes de la rambla del Albuñón y su relación con la EDAR Torre Pacheco.

Jiménez-Martínez, J., García-Aróstegui, J.L., Hunink, J., Contreras, S., Baudron, P., Candela, L. 2016. The role of groundwater in highly human-modified hydrosystems: a review of impacts and mitigation options in the Campo de Cartagena-Mar Menor coastal plain (SE Spain). *Environmental Reviews*, vol. 24, núm. 4, p. 377-392.

Jordan, E ; Correll, D ; Weller D. 1997. Effects of agriculture on Discharges of Nutrients from Coastal Plain Watersheds of Chesapeake Bay. *Journal of Environmental Quality* 26: 836-848.

Kronvang, B., Svendsen, L.M., Jensen, J.P., Dørge, J., 1999. "Scenario analysis of nutrient management at the river basin scale." *Hydrobiologia* vol. 410, pp. 207–212.

Lacroix, A., Beaudoin, B., Makowsk, D. 2005. Agricultural water nonpoint pollution control under uncertainty and climate variability. *Ecological Economics* 53, 115– 127.

MAGRAMA. 2015. Caracterización de las fuentes de contaminación de aguas subterráneas mediante técnicas multisotópicas. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Martínez Fernández, J., Fitz, C., Esteve, MA, Guaita, N., Martínez-López, J. 2013. Modelización del efecto de los cambios de uso del suelo sobre los flujos de nutrientes en cuencas agrícolas costeras: el caso del Mar Menor (Sudeste de España). *Ecosistemas* 22(3):84-94

Martínez-Fernández, J.; Esteve-Selma, M.A; Martínez-Paz, J.M.; Carreño-Fructuoso, M.F.; Martínez-López, J.; Robledano, F.; Farinós, P. 2014. Trade-Offs Between Biodiversity Conservation and Nutrients Removal in Wetlands of Arid Intensive Agricultural Basins: The Mar Menor Case, Spain. En S. E. Jørgensen, N-B. Chang & F-L Xu (Eds.): *Ecological Modelling and Engineering of Lakes and Wetlands. Developments in Environmental Modelling, Volume 26*. pp. 275-310.

Meissner, R., Seeger, J., Rupp, H., 2002. "Effects of agricultural land use changes on diffuse pollution of water resources." *Irrigation and Drainage*, vol. 51, pp. 119-127.

MITECO. 2019. Estrategia Marina de la Demarcación Levantino-Balear. Parte IV. Evaluación del estado del medio marino y definición del Buen Estado Ambiental en la Demarcación. Ministerio para la Transición Ecológica, Subdirección General para la Protección del Mar, Instituto Español de Oceanografía y Centro de Estudios de Puertos y Costas CEPYC- CEDEX. Edita: Ministerio para la Transición Ecológica.

Pérez Martín, M.A. 2020. Medidas para la recuperación del acuífero del Campo de Cartagena y reducción de los aportes de nitrógeno al Mar Menor. Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia. Convenio entre Sers-Fulcrum (SERS CONSULTORES, S.A.U. Y FULCRUM PLANIFICACIÓN, S.A.U., en UTE) y la Universitat Politècnica de Valencia: "Obtención de la concentración de nitrato en las aguas subterráneas de España".

Ruiz Fernández, J.M.; León, V.M.; Marín Guirao, L.; Giménez Casalduero, F.; Álvarez Rogel, J.; Esteve Selma, M.A.; Gómez Cerezo, R.; Robledano Aymerich, F.; González Barberá, G.; Martínez Fernández, J. 2020. Informe de síntesis sobre el estado actual del Mar Menor y sus causas en relación a los contenidos de nutrientes. Boletín ContenciosoAdministrativo. La protección del Medio Ambiente: Derechos de la ciudadanía. Juezas y Jueces para la Democracia, 3, nº 2: 4-12.

Ruiz, J.M.; Clemente-Navarro, P.; Mercado, J.M; Fraile-Nuez, E.; Albentosa, M.; Marín-Guirao, L.; Santos, J. (2021). Nuevo evento de mortalidad masiva de organismos marinos en el Mar Menor: contexto y factores. Informe de asesoramiento técnico del Instituto Español de Oceanografía (IEO). 24pp.

SmartLagoon. 2021. "La entrada superficial de agua al Mar Menor cuadruplica a la descarga subterránea". Noticia publicada en La Opinión del 9 de diciembre de 2021. Enlace:
<https://www.laopiniondemurcia.es/comunidad/2021/12/09/entrada-superficial-agua-mar-menor-60444133.html>

Tragsatec, 2020. Modelo de flujo acuífero Cuaternario del Campo de Cartagena. Cuantificación, control de la calidad y seguimiento piezométrico de la descarga de agua subterránea del acuífero Cuaternario del Campo de Cartagena al Mar Menor. Grupo Tragsa.

Contacto:

Fundación Nueva Cultura del Agua

Calle Pedro Cerbuna, 12, 4D

Zaragoza (España)

<https://fnca.eu>

fnca@unizar.es

@FNCAgua