MEMORIA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

CONTAMINACIÓN AGRARIA: ESTADO DE LA CUESTIÓN, RETOS Y ALTERNATIVAS DE GESTIÓN

EQUIPO INVESTIGADOR:

Julia Martínez
Fernando Suárez Mejido
Joan Corominas
Abel La Calle
Francesc La Roca
Laura Sánchez
Nuria Hernández-Mora

Noviembre de 2018

ÍNDICE

PRESENTACIÓN 3

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 4

2. FASES METODOLÓGICAS 9

2.1. Análisis de la contaminación agraria y sus efectos a través del estudio de casos relevantes 9

2.2. Divulgación de los principales resultados del proyecto 10

3. RESULTADOS 11

3.1. La contaminación agraria y sus principales efectos 11

3.2. La contaminación agraria del Campo de Cartagena y sus efectos sobre la laguna del Mar Menor 13
3.2.1.Contexto general 13
3.2.2.Impactos de la contaminación agraria en la laguna del Mar Menor 16
3.2.3.El modelo dinámico del Mar Menor 18
3.2.4.Percepciones sociales en torno a la contaminación agraria y sus impactos en el Mar Menor 22
3.2.5.Propuesta de un sistema de indicadores 28
3.2.6.Exploración de escenarios y medidas de gestión 34

3.3. Las instalaciones ganaderas intensivas y sus efectos ambientales. El caso de las instalaciones porcinas intensivas y los flujos de contaminación asociados 39
3.3.1.Consideraciones generales 39
3.3.2. Ejemplo de un proyecto de explotación porcina intensiva. El proyecto de macrocebadero de Yecla 42

4. REFERENCIAS 43

Presentación

El presente documento constituye la Memoria justificativa del proyecto de investigación: "***Contaminación agraria. Estado de la cuestión, retos y alternativas de gestión***". Dicho proyecto se enmarca en la materia de investigación: ***d) Prevención de la contaminación***, de la Convocatoria del Ministerio para la Transición Ecológica para 2018 de la concesión de subvenciones a entidades del Tercer Sector u Organizaciones no Gubernamentales que desarrollen actividades de interés general consideradas de interés social en materia de investigación científica y técnica de carácter medioambiental.

El equipo de investigación de este proyecto, desarrollado a lo largo de 2018, está formado por los siguientes investigadores de la Fundación Nueva Cultura del Agua:

Julia Martínez. Doctora en Biología por la Universidad de Murcia, profesora del Máster Propio en Gestión Sostenible del Agua de la Universidad de Zaragoza, experta en dinámica socioambiental del agua y miembro del equipo cientifico-técnico de la Fundación Nueva Cultura del Agua.

Fernando Suárez Mejido. Ingeniero Agrónomo por la Universidad Politécnica de Madrid, consultor en Energías Renovables y Medio Ambiente, particularmente en residuos y efluentes. Miembro del equipo cientifico-técnico de la Fundación Nueva Cultura del Agua.

Joan Corominas. Ingeniero agrónomo y experto en sistemas de sistemas de regadío, es miembro del equipo cientifico-técnico de la Fundación Nueva Cultura del Agua.

Abel La Calle. Licenciado en Derecho, Abogado especialista en medio ambiente, políticas europeas y políticas del agua y profesor de Derecho de la Universidad de Almería.

Francesc La Roca. Doctor en Economía y experto en políticas ambientales y políticas del agua, ha sido profesor titular de Economía en la Universidad de Valencia hasta su jubilación. Es miembro del equipo cientifico-técnico de la Fundación Nueva Cultura del Agua.

Laura Sánchez. Licenciada en Dirección y Administración de Empresas, Máster en Gestión Fluvial Sostenible y Gestión Integrada de Aguas, experta en economía del agua y miembro del equipo científico de la Fundación Nueva Cultura del Agua.

Nuria Hernández-Mora. Licenciada en Ciencias Económicas y Empresariales, Máster en Administración y Política de Recursos Naturales por la Universidad de Cornell y en Gestión de Recursos Hídricos por la Universidad de Wisconsin-Madison y es miembro del equipo cientifico-técnico de la Fundación Nueva Cultura del Agua.

1. Introducción y objetivos

La agricultura de secano y los regadíos históricos han jugado tradicionalmente un papel fundamental en el Mediterráneo. Sin embargo, desde que España entró en la UE, la superficie de secano ha descendido un 23%[1] por su menor productividad en áreas mediterráneas[2] y el escaso apoyo de la PAC, y los valiosos agropaisajes asociados a los regadíos tradicionales están desapareciendo.

En la agricultura de secano se está sustituyendo la diversidad de cultivos por la intensificación[3]. La mala gestión de suelos resulta en pérdida de fertilidad y en compactación, con menor infiltración, mayor escorrentía y menor recarga de acuíferos[4], mientras que fertilizantes y pesticidas contribuyen a la contaminación de aguas y suelos. Se han abandonado 4 millones de hectáreas de secano[5], algunas de gran valor ambiental y se han incrementado los regadíos en 700 mil nuevas hectáreas, aumentando la producción agraria[6]. Algunos cultivos de secano como el olivo o la vid están pasando a regadío o reciben riegos de apoyo en distintos grados.

Los regadíos en España ocupan el 22% de la superficie agrícola total[7] pero generan unos dos tercios del empleo agrario y del valor añadido agrícola. Esta mayor productividad explica su continuo crecimiento. El regadío mediterráneo es una realidad diversa y heterogénea, donde podemos distinguir entre regadíos históricos, regadíos extensivos de interior y regadíos intensivos, principalmente costeros (figura 1).

Figura 1. Distribución espacial de los principales tipos de uso agrícola en España. Marrón: secanos; verde oscuro: regadíos históricos; verde claro: regadíos de interior; naranja: regadíos intensivos

La agricultura de secano y los regadíos históricos han jugado tradicionalmente un papel fundamental en el Mediterráneo. Sin embargo, desde que España entró en la UE, la superficie de secano ha descendido un 23%[8] por su menor productividad en

áreas mediterráneas[9] y el escaso apoyo de la PAC, y los valiosos agropaisajes asociados a los regadíos tradicionales están desapareciendo.

En la agricultura de secano se está sustituyendo la diversidad de cultivos por la intensificación[10]. La mala gestión de suelos resulta en pérdida de fertilidad y en compactación, con menor infiltración, mayor escorrentía y menor recarga de acuíferos[11], mientras que fertilizantes y pesticidas contribuyen a la contaminación de aguas y suelos. Se han abandonado 4 millones de hectáreas de secano[12], algunas de gran valor ambiental y se han incrementado los regadíos en 700 mil nuevas hectáreas, aumentando la producción agraria[13]. Algunos cultivos de secano como el olivo o la vid están pasando a regadío o reciben riegos de apoyo en distintos grados.

Los regadíos en España ocupan el 22% de la superficie agrícola total[14] pero generan unos dos tercios del empleo agrario y del valor añadido agrícola. Esta mayor productividad explica su continuo crecimiento. El regadío mediterráneo es una realidad diversa y heterogénea, donde podemos distinguir entre regadíos históricos, regadíos extensivos de interior y regadíos intensivos, principalmente costeros.

Los regadíos históricos, muchos milenarios, representan el 25% de los regadíos españoles[15]. Se sitúan en valles fluviales y zonas de montaña, en suelos de alta fertilidad natural. Se han dedicado preferentemente a huertas y frutales y constituyen agroecosistemas de elevado valor ambiental, con un importante patrimonio etnográfico y cultural como las acequias tradicionales[16]. Están en declive por su baja rentabilidad en las condiciones actuales de mercado y su transformación a usos urbanos en zonas periurbanas[17].

Los regadíos extensivos de interior surgen entre 1940 y 1990[18] a raíz de los planes públicos de transformación asociados a grandes infraestructuras hidráulicas, como estrategia de desarrollo económico y rural[19]. Ocupan algo más del 50% de la superficie total de regadío, dedicándose principalmente a herbáceas y gramíneas y más recientemente a olivar o a vid. Su rentabilidad es generalmente baja y fuertemente dependiente de las ayudas de la PAC. Estos regadíos generan poco empleo pero son socioeconómicamente importantes en algunas regiones, como la Mancha[20]. Ejercen una fuerte presión sobre ríos, humedales y aguas subterráneas por la gran superficie que ocupan, las infraestructuras de captación, los caudales detraídos y la contaminación difusa.

Los regadíos intensivos ocupan del orden del 20% de la superficie regada[21] y se han desarrollado principalmente en zonas costeras de las demarcaciones del Ebro, Guadiana, Guadalquivir, Júcar y Segura y en la franja costera andaluza mediterránea y atlántica[22]. En las últimas décadas están experimentando una gran expansión los dedicados a frutales, subtropicales, frutos rojos, flores y hortalizas[23]. Son muy productivos y rentables, pero se basan en una gran dependencia tecnológica y un alto consumo de recursos, causando importantes impactos ecológicos. En el caso de los invernaderos, los recursos naturales se sustituyen por insumos como fertilizantes, plásticos y sustratos artificiales, de alto consumo energético y elevado impacto ambiental[24]. Aunque predomina la explotación familiar, el proceso productivo, la tecnología y la comercialización a los mercados europeos están controlados por grandes agroempresas[25], que también gestionan explotaciones con mano de obra asalariada precarizada[26]. Además, su expansión descontrolada ocasiona con frecuencia

la roturación de áreas naturales (por ejemplo en la corona del Parque Nacional de Doñana) y la degradación de humedales (por ejemplo la laguna del Mar Menor).

El regadío representa el 80% de la demanda consuntiva de agua en España[27] y es una de las principales presiones sobre los ecosistemas acuáticos[28], por la sobreexplotación y contaminación de acuíferos, degradación de humedales y reducción y alteración de caudales circulantes [29]. La contaminación difusa agraria, proporcional a la intensidad del cultivo[30], provoca eutrofización y contaminación por nitratos o pesticidas de fuentes de agua para abastecimiento humano[31]. Infraestructuras asociadas a proyectos de regadío (como embalses y trasvases), canalizaciones, drenajes y concentraciones parcelarias causan impactos ambientales añadidos[32]. Estos efectos pueden agravarse con el incremento del regadío previsto en la planificación hidrológica y con el cambio climático[33], que en el área mediterránea está provocando una reducción de las aportaciones hídricas, mayor irregularidad y torrencialidad de las lluvias, con graves efectos sobre las reservas de agua y con pérdida de suelos[34], unido todo ello al aumento de las demandas hídricas de los cultivos. En este contexto de cambio climático, la superficie de regadío en España supera ya lo sostenible de acuerdo con el agua disponible[35.] La PAC no está contribuyendo a una mejora ambiental, ya que las ayudas favorecen modelos agrarios intensivos en detrimento del secano o de modelos agrarios tradicionales más sostenibles[36].

Con el fin de reducir la presión sobre las aguas, la política agraria ha enfatizado la modernización de regadíos, cambiando el riego por gravedad por riego a presión en conducciones cerradas y con riego localizado, sobre todo por goteo[37]. En los últimos 30 años se ha modernizado aproximadamente la mitad del regadío en España[38], financiado ello en un 75% con fondos públicos. Sin embargo, el ahorro de agua en general no es significativo[39], debido a la importante reducción de los retornos de riego[40], a la frecuente intensificación del cultivo y a que a menudo se incrementan las superficies de riego[41], ya que no se revisan las concesiones posteriormente. El consumo total de agua puede incluso aumentar tras la modernización[42]. Por otra parte al reducir los retornos y la humedad ambiental, estos proyectos degradan la vegetación natural existente[43]. También han aumentado la demanda energética en la distribución de agua a los cultivos[44].

Los regadíos históricos, muchos milenarios, representan el 25% de los regadíos españoles[45]. Se sitúan en valles fluviales y zonas de montaña, en suelos de alta fertilidad natural. Se han dedicado preferentemente a huertas y frutales y constituyen agroecosistemas de elevado valor ambiental, con un importante patrimonio etnográfico y cultural como las acequias tradicionales[46]. Están en declive por su baja rentabilidad en las condiciones actuales de mercado y su transformación a usos urbanos en zonas periurbanas[47].

Los regadíos extensivos de interior surgen entre 1940 y 1990[48] a raíz de los planes públicos de transformación asociados a grandes infraestructuras hidráulicas, como estrategia de desarrollo económico y rural[49]. Ocupan algo más del 50% de la superficie total de regadío, dedicándose principalmente a herbáceas y gramíneas y más recientemente a olivar o a vid. Su rentabilidad es generalmente baja y fuertemente dependiente de las ayudas de la PAC. Estos regadíos generan poco empleo pero son socioeconómicamente importantes en algunas regiones, como la Mancha[50]. Ejercen una fuerte presión sobre ríos, humedales y aguas subterráneas por la gran superficie

que ocupan, las infraestructuras de captación, los caudales detraídos y la contaminación difusa.

Los regadíos intensivos ocupan del orden del 20% de la superficie regada[51] y se han desarrollado principalmente en zonas costeras de las demarcaciones del Ebro, Guadiana, Guadalquivir, Júcar y Segura y en la franja costera andaluza mediterránea y atlántica[52]. En las últimas décadas están experimentando una gran expansión los dedicados a frutales, subtropicales, frutos rojos, flores y hortalizas[53]. Son muy productivos y rentables, pero se basan en una gran dependencia tecnológica y un alto consumo de recursos, causando importantes impactos ecológicos. En el caso de los invernaderos, los recursos naturales se sustituyen por insumos como fertilizantes, plásticos y sustratos artificiales, de alto consumo energético y elevado impacto ambiental[54]. Aunque predomina la explotación familiar, el proceso productivo, la tecnología y la comercialización a los mercados europeos están controlados por grandes agroempresas[55], que también gestionan explotaciones con mano de obra asalariada precarizada[56]. Además, su expansión descontrolada ocasiona con frecuencia la roturación de áreas naturales (por ejemplo en la corona del Parque Nacional de Doñana) y la degradación de humedales (por ejemplo la laguna del Mar Menor).

El regadío representa el 80% de la demanda consuntiva de agua en España[57] y es una de las principales presiones sobre los ecosistemas acuáticos[58], por la sobreexplotación y contaminación de acuíferos, degradación de humedales y reducción y alteración de caudales circulantes [59]. La contaminación difusa agraria, proporcional a la intensidad del cultivo[60], provoca eutrofización y contaminación por nitratos o pesticidas de fuentes de agua para abastecimiento humano[61]. Infraestructuras asociadas a proyectos de regadío (como embalses y trasvases), canalizaciones, drenajes y concentraciones parcelarias causan impactos ambientales añadidos[62]. Estos efectos pueden agravarse con el incremento del regadío previsto en la planificación hidrológica y con el cambio climático[63], que en el área mediterránea está provocando una reducción de las aportaciones hídricas, mayor irregularidad y torrencialidad de las lluvias, con graves efectos sobre las reservas de agua y con pérdida de suelos[64], unido todo ello al aumento de las demandas hídricas de los cultivos. En este contexto de cambio climático, la superficie de regadío en España supera ya lo sostenible de acuerdo con el agua disponible[65.] La PAC no está contribuyendo a una mejora ambiental, ya que las ayudas favorecen modelos agrarios intensivos en detrimento del secano o de modelos agrarios tradicionales más sostenibles[66].

Con el fin de reducir la presión sobre las aguas, la política agraria ha enfatizado la modernización de regadíos, cambiando el riego por gravedad por riego a presión en conducciones cerradas y con riego localizado, sobre todo por goteo[67]. En los últimos 30 años se ha modernizado aproximadamente la mitad del regadío en España[68], financiado ello en un 75% con fondos públicos. Sin embargo, el ahorro de agua en general no es significativo[69], debido a la importante reducción de los retornos de riego[70], a la frecuente intensificación del cultivo y a que a menudo se incrementan las superficies de riego[71], ya que no se revisan las concesiones posteriormente. El consumo total de agua puede incluso aumentar tras la modernización[72]. Por otra parte al reducir los retornos y la humedad ambiental, estos proyectos degradan la vegetación natural existente[73]. También han aumentado la demanda energética en la distribución de agua a los cultivos[74].

La contaminación agraria constituye uno de los principales problemas para la buena salud ambiental de los ecosistemas y para la salud humana en Europa. El modelo europeo de producción de alimentos, crecientemente intensivo, es también una de las principales fuentes de contaminación de los suelos, las aguas y los propios alimentos. Dicha contaminación ocasiona importantes daños ambientales (empobrecimiento de suelos, eutrofización de ríos, lagunas y aguas costeras, pérdidas de biodiversidad) pero también está ocasionando impactos en otros sectores, como el agua para abastecimiento humano o el turismo.

La agricultura ha sido identificada en los informes de los planes hidrológicos como la principal presión sobre el estado ecológico de las masas de agua, debido tanto al exceso de presión por captaciones como a los graves problemas de contaminación difusa por fertilizantes y plaguicidas que está ocasionando en las aguas superficiales, subterráneas, de transición y costeras.

La eutrofización generada por un enriquecimiento excesivo de nutrientes (nitrógeno y fósforo) causado por los fertilizantes agrarios, provoca cambios importantes en los ecosistemas, que modifican su estructura y funcionamiento y alteran la composición de las comunidades, habitualmente hacia la presencia de especies más banales, la reducción de especies singulares y con requerimientos ecológicos más exigentes y, en fases avanzadas de la eutrofización, con una reducción significativa de la diversidad.

Junto a los impactos ecológicos, la eutrofización genera afecciones también a distintos sectores económicos, como el abastecimiento humano, el sector turístico y el pesquero. En relación con el abastecimiento humano, España registra un problema grave y creciente de contaminación por nitratos de las aguas subterráneas pese a la existencia de la Directiva de Nitratos.

Esta contaminación de los acuíferos, de reversibilidad muy lenta y complicada, impide o encarece el abastecimiento urbano en un contexto general de inaplicación del principio de quien contamina paga, contenido en la Directiva Marco del Agua y en el conjunto de la normativa ambiental europea. En el sector pesquero, la eutrofización puede afectar negativamente a distintas especies de interés comercial. Además, la eutrofización incrementa los riesgos de posibles episodios de proliferación de microorganismos tóxicos (como mareas rojas) que limiten o impidan la actividad pesquera.

Junto a los nutrientes (nitratos y fósforo), existen numerosos trabajos científicos que han demostrado la progresiva extensión de herbicidas y plaguicidas en los suelos y las aguas, tanto superficiales (ríos, lagunas) como subterráneas. Este tipo de compuestos orgánicos, que no se suelen evaluar en muchos análisis de aguas rutinarios, suponen un problema para la salud de la laguna ya que pueden tener un importante efecto tóxico.

Por otra parte, los fertilizantes contribuyen también a las emisiones de gases de efecto invernadero. Se ha estimado que las emisiones de gases de efecto invernadero más importantes de la agricultura son las de óxido nitroso (N_2O), producido en los suelos a partir de los fertilizantes nitrogenados de síntesis o de abonos orgánicos, emisiones que ascienden al 38% respecto al total en el sector de la agricultura.

Finalmente la ganadería intensiva constituye otra fuente importante de contaminación agraria. En este ámbito cabe destacar la contaminación generada por las instalaciones porcinas. Los purines de porcino suponen uno de los problemas medioambientales más importantes del sector agropecuario, afectando tanto al cambio climático, como a la calidad de las aguas y a la calidad del aire. Este problema se ha ido incrementando en los últimos años. Desde 2015, en que España superó a Alemania en censo de porcino, el crecimiento ha sido continuo. Es de destacar que las comunidades de Aragón y Cataluña suponen entre las dos el 52% del censo del porcino total y el 58% del censo del porcino blanco.

Pese a la existencia de diversos estudios y fuentes de datos, se requieren análisis que hagan uso de una perspectiva integrada, que tengan en cuenta los aspectos socioeconómicos y ambientales y que permitan valorar los efectos sinérgicos de las distintas fuentes de contaminación agraria en relación con el estado de las masas de agua, en aplicación de la Directiva Marco del Agua, en relación con los biodiversidad y los ecosistemas y en relación con sus efectos sobre otros sectores, como el abastecimiento urbano o el turismo.

De forma más específica el presente proyecto de investigación se propone los siguientes objetivos:

1. Llevar a cabo un diagnóstico sintético acerca del problema de la contaminación agraria en España a partir del análisis de casos de estudio particularmente relevantes.

2. Elaborar un conjunto de propuestas para una producción agraria más sostenible, incluyendo la necesaria ambientalización de los sectores que generan mayores problemas de contaminación agraria: el regadío y la ganadería intensiva.

2. Fases metodológicas

El proyecto ha conllevado dos grandes fases metodológicas:

2.1. Análisis de la contaminación agraria y sus efectos a través del estudio de casos relevantes

El proyecto se inició con la selección de los casos de estudio que por su relevancia y actualidad, constituían ejemplos particularmente relevantes de la contaminación agraria desde distintos ámbitos de la actividad agraria. Tras revisar los casos de mayor actualidad e interés, finalmente se consideraron como especialmente emblemáticos dos casos de particular relevancia:

- La contaminación agrarian del Campo de Cartagena y sus efectos sobre la laguna costera del Mar Menor

- Los flujos de contaminación generados por las explotaciones ganaderas intensivas, en particular por las instalaciones porcinis intensivas.

Se llevó a cabo un análisis en profundidad de los casos de estudio seleccionados y de las alternativas de gestión más adecuadas para los mismos. Para concretar la estructura general con la que se iba a llevar a cabo el análisis, se llevaron a cabo sendas reuniones de coordinación del proyecto en Madrid el 2 de abril y el 13 de mayo de 2018.

Para cada caso, se ha elaborado un conjunto de propuestas para avanzar hacia un sector agrario ambientalmente más sostenible..

2.2. Divulgación de los principales resultados del proyecto

Una vez obtenidos los principales resultados, la segunda fase del proyecto consistió en la divulgación de los principales resultados del mismo en distintas jornadas y talleres nacionales e internacionales, así como en congresos científico-técnicos. Cabe destacar los siguientes eventos:

- En el ámbito de la gestión y toma de decisiones, los resultados preliminares del proyecto relativos a las implicaciones de la situación de las pequeñas y medianas poblaciones en el Pirineo fueron presentados en las Cortes de Aragón el 19 de julio de 2018.

- X Congreso Ibérico de Gestión y Planificación del Agua, celebrado en Coimbra del 6 al 8 de septiembre de 2018. En dicho Congreso se presentaron los resultados más relevantes relativos a la percepción de la problemática del Mar Menor, sus causas y el papel de la contaminación agraria en la degradación de la laguna.

- Intervención en la “Conferencia FERTINNOWA: Compartiendo buenas prácticas de fertirriego en Europa”. Celebrada en Almería los días 3-4 de octubre de 2018. En dicha Conferencia los miembros del equipo del proyecto presentaron los resultados a través de las siguientes ponencias:

    - Agua, fertilizantes y eficiencia: Una mirada integral

    - El caso del Campo de Cartagena y el Mar Menor

- Participación en la international workshop Newave, sobre gobernanza del agua y sostenibilidad, celebrada en Amsterdam los días 25 y 26 de octubre. En dicha workshop, los miembros del equipo de investigación presentaron el papel de los actors y los retos de gobernanza en el Mar Menor para abordar los problemas de contaminación agraria desde una triple perspectiva: sostenibilidad ambiental, eficiencia económica y equidad social.

- Participación en el taller sobre el Mar Menor organizado por el proyecto europeo Coastal en Murcia el 6 de noviembre de 2018. En dicho taller. los miembros del equipo de este proyecto de investigación expusieron los principales retos y oportunidades en relación con la contaminación agraria en el Campo de Cartagena y su impacto en la laguna del Mar Menor.

3. Resultados

3.1. La contaminación agraria y sus principales efectos

La agricultura ha sido identificada en los informes de los planes hidrológicos como la principal presión sobre el estado ecológico de las masas de agua, debido a los graves problemas de contaminación difusa por fertilizantes y plaguicidas que está ocasionando en las aguas superficiales, subterráneas, de transición y costeras, así como a la gran presión por captaciones, entre otros problemas.

El fracaso de las políticas europeas a la hora de atajar la contaminación difusa agraria queda de manifiesto en los informes de la Agencia Europea de Medio Ambiente muestran que entre 1992 y 2012 se ha reducido en un 54% la presencia de fósforo en las aguas europeas (debido sobre todo al control de los vertidos urbanos), pero el contenido en nitrógeno se ha reducido sólo en un 11%, por el escaso avance en el control de la contaminación difusa agraria.

Obviamente, la PAC no está cumpliendo con éxito sus objetivos, dado que va en direccion contraria a las políticas ambientales europeas y dificulta enormemente la aplicación efectiva de la Directiva Marco del Agua y otras directivas ambientales, incluyendo la Directiva de Nitratos. El modelo agrario que favorece la PAC, constituye la principal presión cualitativa y cuantitativa sobre las masas de agua. Este modelo agrario está degradando nuestros ecosistemas acuáticos, generando contaminación por fertilizantes y plaguicidas, provocando eutrofización y consumiendo más del 70% del agua disponible en países como España, entre otros efectos.

Hay que señalar que la última reforma de la PAC fue formulada con la intención de permitir un recorte significativo de fondos, pero no tanto con el objetivo de una verdadera ambientalización de la misma. En primer lugar, la condicionalidad de las ayudas, relativa al cumplimiento de la Directiva Marco del Agua y la directiva sobre Pesticidas (2009/128/EC) en la actual PAC (2014-2020), finalmente no se ha puesto en marcha. En segundo lugar, como es sabido, las ayudas agroambientales figuran dentro del Pilar 1 de la PAC, de ayudas directas a las explotaciones. Sin embargo, la realidad demuestra que estas ayudas agroambientales han sufrido una importante erosión de objetivos desde su objetivo inicial hasta su aplicación en la práctica, favorecida por el hecho de que los estados miembros retienen la capacidad de aplicar, definir y modular estas ayudas de forma bastante flexible, capacidad que en general se ha utilizado para minimizar la ambición de estas medidas ambientales

En algunos países europeos se están poniendo en marcha planes y medidas ambiciosas para reducir de forma significativa la contaminación difusa agraria. Cabe destacar el caso de los Países Bajos: En Holanda se están poniendo en marcha de forma extensiva numerosas medidas basadas en la naturaleza que, entre otros beneficios, reducen y mitigan la contaminación difusa agraria. De hecho, la eliminación de la contaminación por nitratos es actualmente el reto más importante de los productores de los Países Bajos, ya que el objetivo del Gobierno holandés es alcanzar cero emisiones de nitratos en agua de riego para el año 2027. En contraste, en España no existe un plan de actuación ambicioso frente a la contaminación difusa agraria, lo que puede suponer la apertura de expedientes sancionadores por parte de la Comisión Europea por incumplimiento de la Directiva de Nitratos y de la Directiva Marco del Agua.

El problema de la contaminación agraria, ha sido sin embargo ampliamente reconocido en el ámbito académico e investigador. Son numerosos los proyectos europeos relacionados con la contaminación agraria, como los proyectos DITTY (Development of of Information Technology Tools for the Management of European Coastal Lagoons under the Influence of River-Basin Runoff), el proyecto FOODIE (Farm-Oriented Open Data in Europe), el proyecto VALERIE (Improving access to research outcomes for innovation in agriculture and forestry) o el proyecto FLOW-AID (Technology and science for efficient irrigation).

Como ejemplos representativos de los numerosos proyectos actuales relacionados con la contaminación agraria, cabe destacar el proyecto FERTINNOWA y el proyecto COASTAL, que se presentan sucintamente.

El proyecto FERTINNOWA tiene como objetivo la transferencia de técnicas innovadoras para un uso sostenible del agua en la fertilización del cultivo a través de sistemas de riego. financiado por el programa H2020 de la Unión Europea. Está formado por un consorcio de 23 grupos de investigación y de transferencia, empresas privadas y productores de Bélgica, Italia, Reino Unido, Francia, Polonia, España, Alemania, Eslovenia, Holanda y Sudáfrica.

Por su parte, COASTAL es un proyecto en el que múltiples actores se involucran para analizar conjuntamente prácticas sostenibles mediante la colaboración costero-rural. Esto se hará combinando conocimiento local y de experto en un proceso de co-creación. COASTAL pretende i) contribuir a la planificación integrada costero-rural y a las sinergias costero-rurales en las distintas regiones de los casos de estudio, así como en el resto del territorio de la UE y ii) desarrollar una plataforma on-line duradera y útil para el intercambio de conocimiento sobre sinergias costero-rurales, con ejemplos concretos y herramientas para apoyar la colaboración tierra-mar. El proyecto está organizado en torno a seis plataformas multi-sectoriales complementarias e interactivas repartidas por toda la UE, que intercambiarán sus herramientas y conocimientos.

La contaminación difusa agraria procede de la agricultura (en un grado dependiente de su nivel de intensificación), así como de las actividades ganaderas, especialmente de las explotaciones agrarias intensivas. Entre los principales flujos de contaminación, cabe destacar los siguientes:

- emisiones de efecto invernadero (carbono, metano…), que contribuyen al cambio climático.

- exportación de nutrientes (nitrógeno, fósforo, amonio), procedentes de los fertilizantes y de las excreciones del ganado. Causan la contaminación de aguas y suelos y generan procesos de eutrofización en humedales, lagunas costeras, aguas de transición y aguas costeras.

- contaminación por pesticidas de suelos, flujos superficiales, acuíferos y lagunas y aguas costeras. Junto a los problemas ambientales asociados, la contaminación por pesticidas constituye un problema de salud pública de primera magnitud. Por ejemplo, muchos pesticidas emulan el comportamiento de las hormonas humanas, constituyendo series disruptores endocrinos que alteran el metabolismo y generan o contribuyen a distintas patologías.

- Generación de residuos agrícolas de distinta naturaleza, destacando la generación de plásticos utilizados en la agricultura intensiva, especialmente en los territorios dominados por la denominada agricultura bajo plástico. Estos plásticos terminan degradándose, dando lugar a partículas de muy pequeño tamaño que terminan incorporándose al suelo y dispersándose por todo el territorio, arrastrados por las aguas.

Los indicadores que ya se están usando para el seguimiento del estado ecológico de las masas de agua en la planificación hidrológica deberían ser complementados con indicadores cuantitativos de las presiones que dichas masas reciben por parte de la agricultura. Esto es, qué contribución en materia de extracciones y de contaminación difusa realizan las distintas explotaciones agrarias en las cuencas. La falta de relaciones cuantitativas precisas entre las presiones e impactos derivados dificulta una gestión integrada que sea capaz de monitorizar el impacto de las actuaciones e innovaciones realizadas en dichas explotaciones. Además, los usuarios del agua deben estar obligados a analizar la eficacia de su control de contaminación en el medio difundida como información pública.

Por otra parte, se requieren actuaciones destinadas a la reducción y uso eficiente de fertilizantes y fitosanitarios, minimizando su uso y su lixiviación a escala de parcela. Igualmente se deben promover las denominadas Medidas Naturales de Retención de Agua (NWRM, www. nwrm.eu), las cuales permiten reducir y eliminar buena parte de la exportación de nutrientes de los espacios agrarios, a la vez que tienen otras ventajas adicionales añadidas, como la mejora del paisaje, de la biodiversidad y bajos costes de mantenimiento.

A continuación se analizan con más detalle los problemas de la contaminación agraria a través de dos casos de especial interés: la eutrofización de la laguna del Mar Menor y las explotaciones porcinas intensivas.

3.2. La contaminación agraria del Campo de Cartagena y sus efectos sobre la laguna del Mar Menor

3.2.1. Contexto general

El Mar Menor y sus humedales asociados (figuras 1 y 2) conforman un ecosistema de excepcional valor ecológico y de características únicas en el contexto del Mediterráneo, constituyendo uno de los espacios naturales más relevantes de la Región de Murcia (figura X). Con unos 135 km^2 de superficie, el Mar Menor es la mayor laguna litoral del Mediterráneo Occidental, a lo que se añaden algunas características singulares como su hipersalinidad. La laguna posee gran valor ecológico y natural, con la presencia de praderas de fanerógamas marinas como Cymodocea nodosa, peces de especial interés como el caballito de mar (Hippocampus guttulatus) y el fartet (Aphanius iberus), un pez endémico incluido en la Directiva Habitat.

Figura 1. Laguna del Mar Menor (Murcia) antes de la crisis eutrófica.

Figura 2. El Mar Menor y sus islas interiores

En el entorno del Mar Menor se localizan una serie de humedales litorales, que actúan de frontera entre la laguna y su cuenca (figura 3).

Figura 3. Humedales asociados al Mar Menor.

Parte de los humedales litorales asociados al Mar Menor han sido caracterizados como criptohumedales litorales (Vidal – Abarca et al. 2003). En su ribera interna se incluyen el Saladar de Lo Poyo, la Marina del Carmolí y Playa de la Hita (figura 3). Los valores de la laguna del Mar Menor y sus humedales asociados quedan refrendados por los estatus de protección existentes en la zona: Parque Regional de San Pedro del Pinatar, Paisaje Protegido de los Espacios Abiertos e Islas del Mar Menor, declaración del Mar Menor y humedales asociados como ZEPA (Zona de Especial Protección para las Aves) y LIC (Lugar de Importancia Comunitaria), declaración del Mar Menor y su entorno como área Ramsar (Humedal de Importancia Internacional del Convenio Ramsar) y zona ZEPIM (Zona Especialmente Protegida de Importancia para el Mediterráneo).

Situadas entre la tierra y el mar abierto, las lagunas y humedales costeros, como el Mar Menor (Murcia), reciben una intensa influencia de las áreas continentales (figura 4).

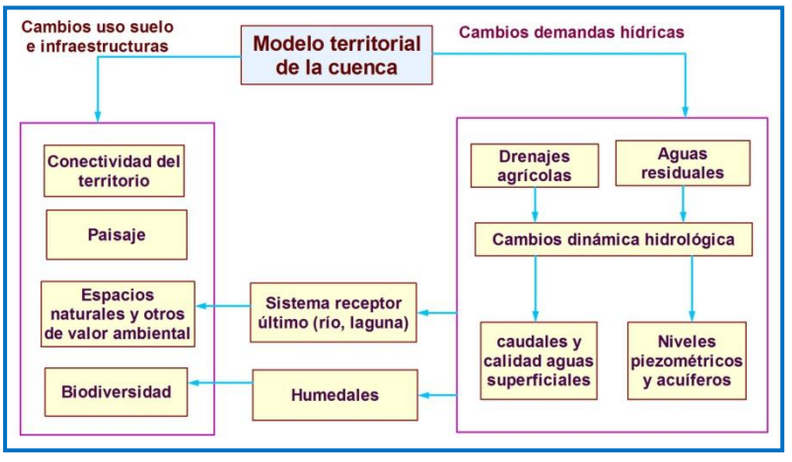

Figura 4. Conexión entre los cambios de uso, los drenajes agrícolas y sus efectos sobre la calidad de las aguas, espacios naturales y biodiversidad

La cuenca del Mar Menor o Campo de Cartagena constituye una extensa llanura de unos 1.200 km2 drenada por un conjunto de ramblas que desembocan en la laguna. En la cuenca del Mar Menor se ha desarrollado progresivamente una agricultura de regadío basada inicialmente en el aprovechamiento de los recursos subterráneos. Si bien hasta hace tres décadas tal aprovechamiento ha sido bastante limitado, la llegada de las aguas del trasvase Tajo-Segura en 1979 han supuesto una profunda transformación de la cuenca, con un importante incremento del regadío (figuras 5 y 6) y de la aportación de flujos hídricos y de nutrientes a la laguna y humedales periféricos (Martínez et al., 2005; Velasco et al., 2006; Carreño et al., 2008, Esteve et al., 2008, Martínez-Fernández et al., 2009). Esto se ha visto confirmado por el ascenso en los niveles piezométricos de los acuíferos de la unidad hidrogeológica del Campo de Cartagena (Rodriguez Estrella, 2009; Aragon et al, 2009), así como por el aumento del nivel freático, los periodos de inundación y la humedad edáfica en los humedales del Mar Menor (Alvarez-Rogel et al., 2007).

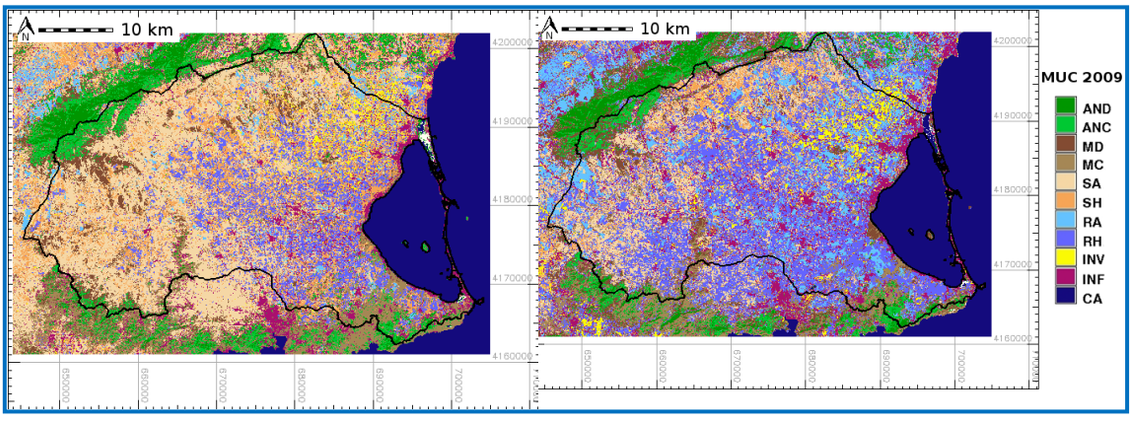

Figura 5. Cuenca del Mar Menor. Incremento del regadío (colores azules) entre 1988 y 2009. Verde: natural; azul: regadío al aire libre; amarillo: invernaderos; crema: secano; granate: urbano e infraestructuras

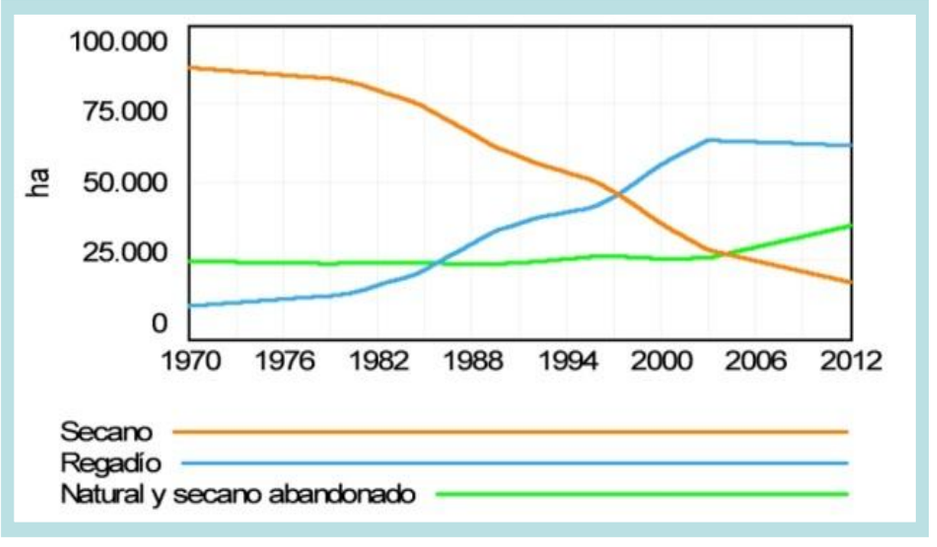

Figura 6. Incremento del regadío y pérdida del secano en la cuenca del Mar Menor

3.2.2. Impactos de la contaminación agraria en la laguna del Mar Menor

El aumento en la entrada de nutrientes al Mar Menor ha modificado diversos aspectos de la estructura y el funcionamiento de la laguna. Por una parte, se ha observado un incremento en la concentración de nitrógeno del agua del Mar Menor durante las últimas décadas (Pérez Ruzafa et al, 2002; Lloret et al, 2005; Velasco et al, 2006), concentración que a finales de los años 90 era diez veces superior a la existente a finales de los años 80 (Pérez Ruzafa et al., 2002). El mayor contenido en nutrientes ha contribuido a su vez a otros cambios en el funcionamiento de la laguna y en sus comunidades biológicas. Uno de estos cambios es la aparición de elevadas poblaciones de medusas durante la época estival.

Todos estos cambios se relacionan con un proceso general de eutrofización (incremento en nutrientes) que ha alejado progresivamente al Mar Menor de sus iniciales condiciones oligotróficas (bajas concentraciones de nutrientes). Por su confinamiento y mayor dependencia de las actividades humanas, la laguna del Mar Menor ha anticipado problemas ambientales que ya se muestran como generales en todo el Mediterráneo, como las plagas de medusas, ya preocupantes en el Mar Menor diez años antes de que lo fueran en la costa mediterránea.

A mediados de los años 80 se establecieron en el Mar Menor dos especies de medusa alóctonas, Cotylorhyza tuberculata y Rhyzostoma pulmo. La proliferación estival de ambas especies tuvo lugar a mediados de los años noventa, favorecida por el substancial incremento en la entrada de nutrientes, a raíz de los cambios de uso en la cuenca. Estas especies alcanzaron elevadas poblaciones durante los meses de verano, con valores que en el caso de C. tuberculata llegaron a alcanzar los 46 millones de individuos en el verano de 1997 (Pérez Ruzafa et al., 2002).

En el año 2016 el estado ecológico del Mar Menor sufrió un vuelco, al desarrollarse en tiempo récord una crisis eutrófica sin precedentes. El exceso de nutrientes dio lugar a la proliferación de fitoplancton, con valores de hasta 250 millones de células por litro (figuras 7 y 8) (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017), lo que generó turbiedad y una brusca reducción de la entrada de luz.

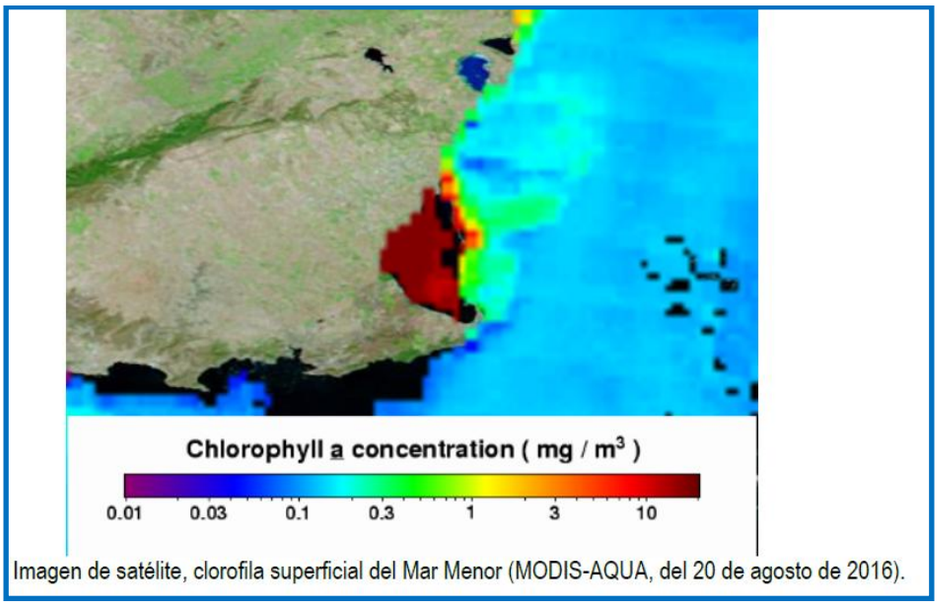

Figura 7. Concentración de clorofila en el Mar Menor en agosto de 2016.

Figura 8. Explosión de algas en la laguna del Mar Menor en 2016.

La falta de luz ocasionó la muerte del 85% de las praderas de los fondos (figura 9), lo que a su vez ocasionó la muerte de numerosos organismos que dependen de ella (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017). El exceso de biomasa muerta dio lugar a la proliferación de los microorganismos descomponedores, lo que a su vez prácticamente agotó el oxígeno disponible en la columna de agua. La falta de oxígeno acabó con buena parte de las especies faunísticas que viven tanto en la columna de agua como en los fondos, agravando el exceso de materia orgánica y subsiguiente hipoxia (incluso estados anóxicos) y dando lugar a un estado cercano al colapso.

Figura 9. Pérdida del 85% de las praderas de fanerógamas por la crisis eutrófica del Mar Menor en 2016.

3.2.3. El modelo dinámico del Mar Menor

Se ha elaborado un modelo dinámico de la cuenca del Mar Menor (Chapelle et al., 2005; Martínez Fernández y Esteve Selma, 2007; Martínez et al, 2007) que incorpora los factores ambientales y socioeconómicos implicados en la exportación de nutrientes a la laguna del Mar Menor (figura 10), con el fin de: i) Comprender la evolución del sistema en las últimas décadas y ii) Simular el efecto potencial de distintas medidas de gestión.

Se ha utilizado un modelo hidrológico (Chapelle et al, 2005) para estimar la escorrentía superficial y subsuperficial procedentes de las precipitaciones y de los drenajes de riego. Este modelo hidrológico genera series temporales de escorrentía que son posteriormente utilizadas en el modelo dinámico, desarrollado con el software Vensim (Ventana Systems, 2007). El modelo dinámico utiliza una resolución temporal diaria y realiza simulaciones largas (treinta años) para captar la dinámica a largo plazo del sistema.

El modelo incluye varios sectores: i) sector del nitrógeno; ii) sector del fósforo iii) usos del suelo; iv) las salmueras generadas por las desalobradoras del Campo de Cartagena; v) los humedales asociados al Mar Menor vi) sector urbano y vi) los costes económicos asociados a diversas medidas de gestión. Todos los sectores del modelo están interconectados a través de distintas variables y relaciones.

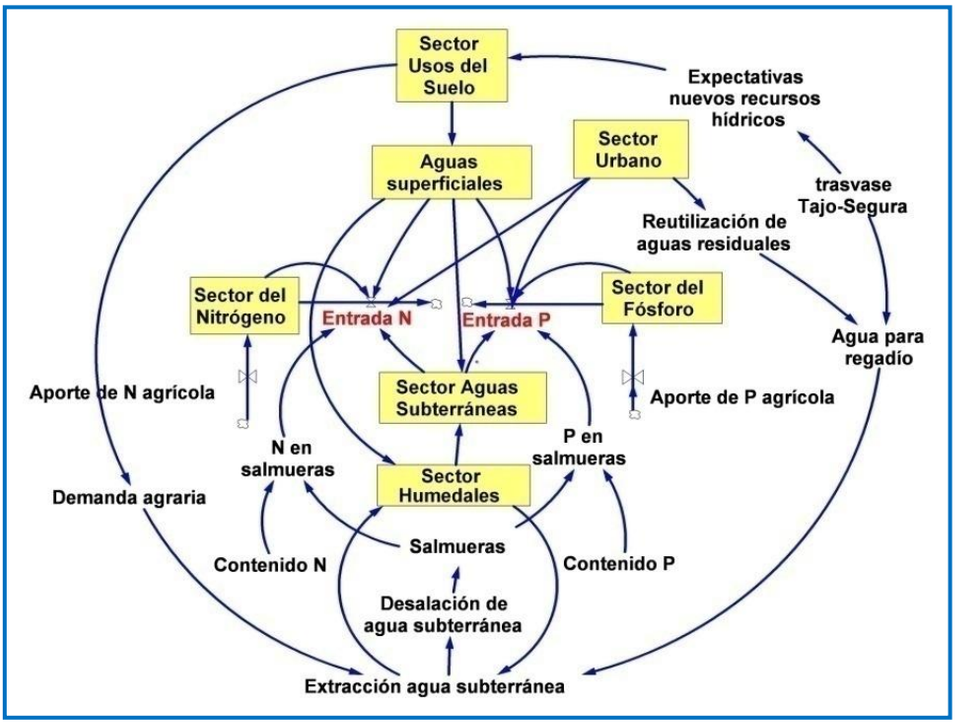

Figura 10. Modelo integrado del los flujos de nutrientes de origen agrario al Mar Menor.

El Sector del Nitrógeno (figura 11) tiene en cuenta los contenidos en nitrógeno de la solución del suelo, la hojarasca y la vegetación, así como los flujos entre estos compartimentos. El sector del Fósforo considera los correspondientes flujos y compartimentos, similares a los del nitrógeno. El sector de Usos del Suelo (figura 12) considera los cambios de uso entre la superficie ocupada por vegetación natural, el secano, el regadío arbóreo, el regadío herbáceo al aire libre, los invernaderos y las zonas urbanas. Cada uso del suelo presenta características específicas en relación con la cantidad y dinámica del nitrógeno y el fósforo, por lo que los cambios de uso afectan notablemente al sector de los nutrientes. El sector de usos del suelo permite simular los principales cambios de uso a escala de cuenca inducidos por diversos factores socio-económicos, en particular el incremento del regadío, producido como consecuencia de la llegada de las aguas del trasvase Tajo- Segura en 1979 y la mayor rentabilidad de los cultivos de regadío frente al secano.

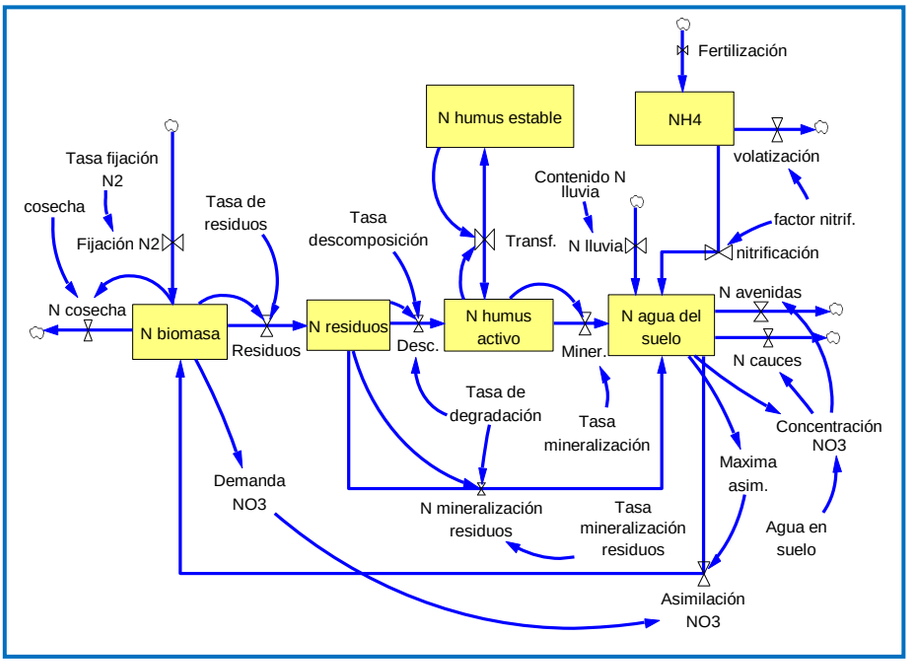

Figura 11. Sector del Nitrógeno del modelo integrado del Mar Menor

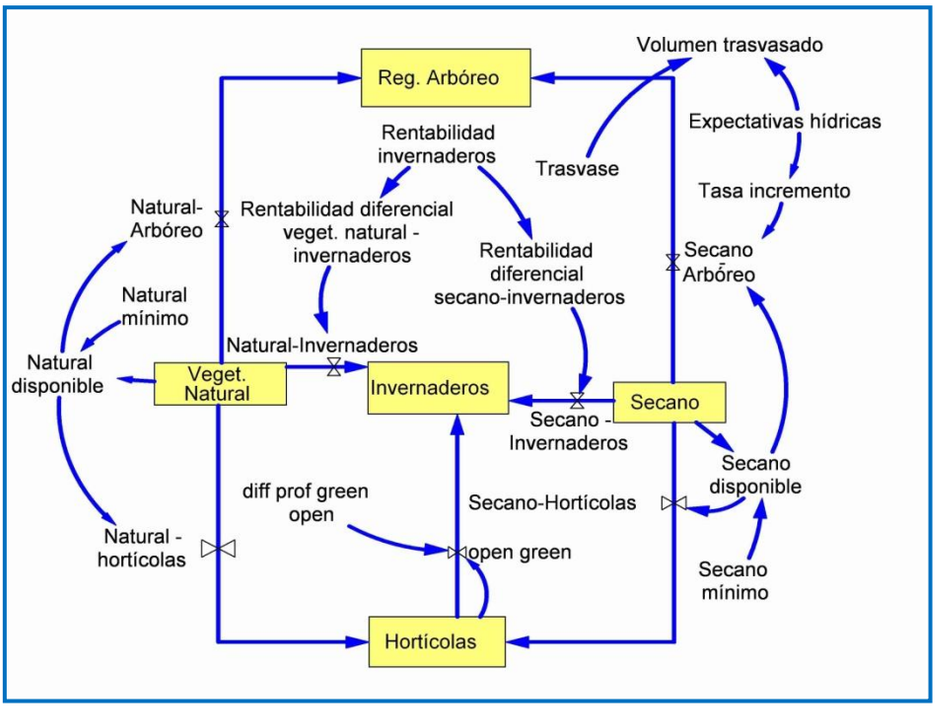

Figura 12. Diagrama simplificado del sector de los usos del suelo

Los resultados de la simulación muestran que el modelo dinámico refleja adecuadamente los cambios observados en los factores socioeconómicos implicados en la exportación de nutrientes, como los cambios de uso del suelo así como la población residente y estacional. El modelo muestra el pronunciado incremento del regadío, favorecido por dos factores: el trasvase Tajo-Segura iniciado en 1979 y la mayor rentabilidad diferencial del regadío frente al secano, especialmente en el caso de los invernaderos. Los nuevos perímetros de riego implican un aumento considerable del aporte de fertilizantes en la cuenca, de forma que el observado aumento de los

drenajes agrícolas lleva aparejado también un mayor movimiento de nutrientes de origen agrícola hacia la laguna del Mar Menor (figuras 13 y 14).

Figura 13. Entradas de flujos de agua con nutrientes a la laguna del Mar Menor

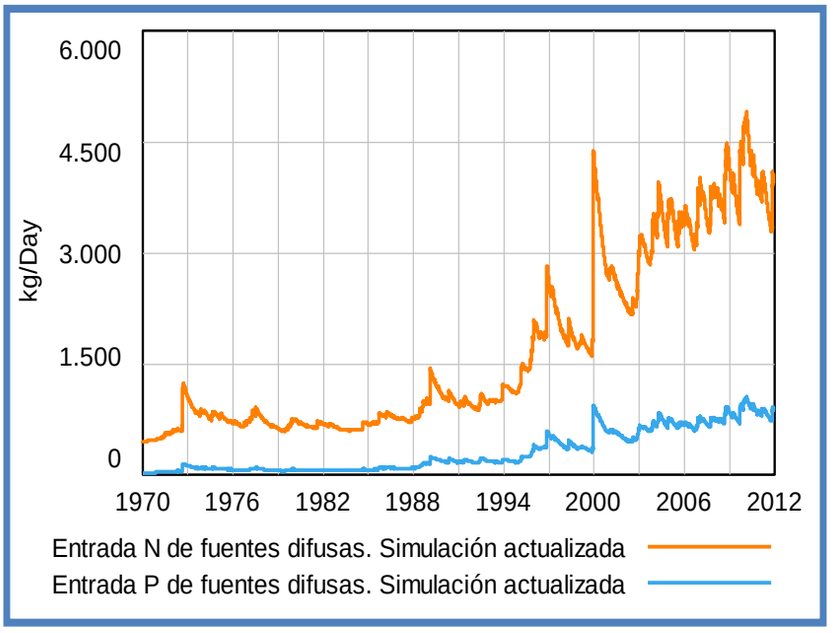

Figura 14. Simulación del patrón de entrada diaria de NID (nitrógeno inorgánico disuelto) y PID (fósforo inorgánico disuelto) de origen difuso a la laguna del Mar Menor. Valores suavizados con media móvil de 365 días.

Los valores estimados de entrada total de nitrógeno al Mar Menor procedente de la cuenca (en torno a unas 1.000 toneladas anuales en el periodo 2000-2005, con grandes fluctuaciones entre 700 y 1.600 toneladas anuales) se sitúan en rangos similares a los obtenidos en otras cuencas agrícolas intensivas (Mattikalli y Richards, 1996; David et al., 1997; Jordan et al., 1997).

Los valores de entrada de nitrógeno estimados con el modelo dinámico son coherentes con los datos empíricos de concentración de nitrógeno de los principales flujos de la cuenca, los cuales se sitúan entre 28 y 60 mg/l de nitrógeno inorgánico disuelto (Lloret

et al., 2005; Velasco et al., 2006, García Pintado et al, 2009, Serrano y Sironi, 2009; Alvarez Rogel et al, 2009) y con la estima de entrada media anual de agua a la laguna, que sobre la base del trabajo de Senent Alonso et al. (2009), puede estimarse entre 37 y 45 Hm3/año. Estos datos de concentración de nitrógeno y las estimas de descarga anual media de agua al Mar Menor conjuntamente aportan una estima de entrada anual media de nitrógeno a la laguna situada entre 1.000 y 1.300 toneladas anuales, rango similar al obtenido con el modelo dinámico.

Como primer paso para identificar y definir posibles medidas de mejora, es necesario llevar a cabo un análisis de las percepciones sociales en torno a la contaminación agraria y sus impactos. A continuación se ha de priorizar las posibles medidas a aplicar, establecer un sistema de indicadores de seguimiento y explorar los posibles escenarios en los que tales medidas se aplicarían. A continuación se presentan los principales resultados de cada uno de estos apartados.

3.2.4. Percepciones sociales en torno a la contaminación agraria y sus impactos en el Mar Menor

A pesar de que en los últimos años se ha intentado gestionar el SSEMM desde una perspectiva holística, lo cierto es que hasta el momento han predominado las visiones sectoriales y no se ha gestionado desde un punto de vista sistémico e integral. El incumplimiento de la normativa vigente, la falta de coordinación y la ausencia práctica de medidas eficaces para prevenir y atajar los múltiples problemas del Mar Menor y en particular la eutrofización de sus aguas, han provocado un serio conflicto que se ha extendido a las distintas esferas: ambiental, social, económica, política e institucional.

Junto al diagnóstico científico y técnico que se ha venido realizando en los últimos años en el SSEMM (Esteve Selma et al 2008, 2016; Martínez Fernández et al 2014, 2017; León y Bellido 2016; Comité de Asesoramiento Cientifico del Mar Menor 2017) , es necesario conocer también cuál es la percepción social de su entorno y buscar medidas de gestión con una visión integral, contando con la implicación de desde los diferentes grupos de actores sociales implicados y de la población del entorno en general con el objetivo común de mejorar la situación ambiental y socioeconómica del SSEMM.

Se realizó una encuesta con 23 preguntas con respuestas de tipo categórico, dicotómico y de tipo abierto. Las preguntas de la encuesta fueron distribuidas en cuatro bloques: 1) desarrollo urbano-turístico, 2) actividades agrarias, 3) estado de la laguna del Mar Menor y 4) valores ambientales y servicios ecosistémicos.

Para calcular el tamaño muestral idóneo que necesitábamos, teniendo en cuenta que el tamaño de la población en el área de estudio es mayor a 100.000 habitantes, para un nivel de confianza del 95% y asumiendo un margen de error de ±5%, fue necesario un tamaño muestral entorno a los 400 encuestados.

La encuesta fue respondida por 498 personas por correo electrónico durante los meses de febrero a mayo de 2017 y dirigida a diferentes sectores de la población del entorno del Mar Menor y a organismos implicados en el SSEMM. Como parte de los metadatos de la encuesta los encuestados se clasificaron en nueve grupos según su profesión y principal actividad económica: representantes de la administración pública, representantes del sector agrícola, representantes del sector turístico (Servicios y Hosteleros y alojamiento turístico), representantes del sector pesquero, representantes

del sector de la construcción y promoción inmobiliaria, representantes del sector de la industria, representantes de los organismos de investigación (profesor o investigador), estudiantes y otros (profesiones liberales, jubilados y otras ocupaciones).

Los datos fueron analizados mediante el software estadístico R. Para el análisis de las preguntas sobre las percepciones de las presiones e impactos (P1, P2, P5, P7, P8, P9, P11, P14, P15_1, P15_2, P15_3, P16, P18, P19, P20, P21_1, P21_2, P21_3, P21_4, P22, P23_1, P23_2, P23_3 y P23_4) (Anexo I) se llevó a cabo un análisis bivariante mediante tablas de contingencia sobre dos variables nominales: por un lado, los distintos grupos de encuestados según su profesión y principal actividad económica y por otro las respuestas relativas a las preguntas sobre las presiones y los impactos en el SSEMM.

La búsqueda de relación entre las dos variables categóricas se realizó mediante la prueba no paramétrica del chi-cuadrado de Pearson (X2) o el test exacto de Fisher, según sea el caso de acuerdo a las frecuencias observadas, aplicando la simulación Monte Carlo de los p-valores para analizar si las respuestas de las preguntas planteadas dependían del grupo según su profesión y principal actividad económica, al que pertenecía el individuo encuestado.

La mayoría de los encuestados (86,2%) consideró que el desarrollo urbano-turístico en el entorno de la laguna del Mar Menor está demasiado masificado (P1) y valoraron la calidad turística actual entre regular y mala (75,2% entre ambas calificaciones) (P2). La prueba estadística mostró que se rechaza la hipótesis de independencia entre los grupos de encuestados estudiados y las respuestas obtenidas en ambas cuestiones (figura 1). Por lo que la respuesta o calificación obtenida en cada pregunta, dependió del grupo de encuestados según su profesión y principal actividad económica, al cual pertenecía el individuo ($p=0.00001<0,05$; $p=0.00081<0,05$), con una posición a favor de un mayor desarrollo urbano-turístico en el sector turístico (hosteleros y alojamientos turísticos) y en el de la construcción frente al resto de grupos, en los que se apreció un elevado consenso acerca de la actual masificación urbano-turística en el entorno del Mar Menor.

Por otro lado, el 52,3% del sector turístico dedicado a la hostelería y alojamientos turísticos valoró la calidad turística entre aceptable y buena, a diferencia del consenso establecido por el resto de los grupos de encuestados acerca de la regular y mala actual calidad turística.

Una cuarta parte de los encuestados consideró que la agricultura es un sector imprescindible para la economía de la zona. Casi la mitad de los encuestados (47,1%) consideró la agricultura como un sector relativamente importante, aunque no genera la mayor riqueza económica del entorno del Mar Menor y en torno a una cuarta parte de los encuestados consideró que el regadío no contribuye significativamente a la riqueza del entorno.

Esta valoración de la actividad agraria en cuanto a su importancia económica en el SSEMM (P7) se valoró de un modo u otro dependiendo del grupo de encuestados según su profesión y principal actividad económica, al cual pertenecía el individuo ($p= 0.00001<0.05$) rechazándose así la Ho.

Además del esperable mayor apoyo a la importancia económica de la agricultura dentro del sector agrario (64,3%), los resultados mostraron un comportamiento

divergente entre el sector de la construcción y el turístico: mientras el 50% de encuestados del sector de la construcción consideraron la agricultura como imprescindible, en el sector turístico dicho porcentaje no llega a la cuarta parte.

Casi la mitad de los encuestados consideró que la actividad agraria está en manos de grandes empresas que crean un empleo escaso y precario y el 37,2% opinó que genera muchos puestos de trabajo, pero el empleo no es de calidad ni garantía de futuro. Apenas un 18,7% consideró que la agricultura de regadío es muy importante por la cantidad y calidad de empleo que genera y que el regadío es garantía de presente y futuro para la población del entorno.

Las respuestas a la importancia social de la actividad agraria (P8) dependieron del grupo de encuestados, según su profesión y principal actividad económica, al cual pertenecía el individuo ($p= 0.00005<0.05$). Solo el sector agrario apoyó en más de un 50% la opción de que la agricultura de regadío es muy importante por la cantidad y calidad de empleo que genera y que el regadío es garantía de presente y futuro para la población del entorno, manifestando una opinión contraria y estadísticamente significativa respecto al resto.

En cuanto a la valoración de los impactos ambientales causados por la agricultura intensiva (P9), la mayoría de encuestados consideró que es la principal responsable del estado eutrófico de la laguna y más de la mitad opinó que el sector agrario debería asumir su parte de corresponsabilidad, en aplicación del principio de quien contamina paga.

Dentro del sector agrario dicha atribución de responsabilidad es la más baja, pero alcanza un significativo 38%, seguido por la construcción (50%) y por el resto de los sectores, con valores superiores al 50%. La Ho se rechazó ($p= 0.04346<0.05$), ya que la respuesta obtenida en la pregunta dependió del grupo de encuestado al cual pertenecía el individuo (figura 1).

Entre los principales efectos que tiene la agricultura de regadío sobre la laguna del Mar Menor y su entorno (P10) los más señalados fueron: la contaminación por pesticidas y fertilizantes, efectos negativos sobre otros sectores como el turismo (calidad turística), impacto negativo por la degradación del paisaje y efectos negativos sobre los usos recreativos y de ocio de la laguna del Mar Menor. Ante esta situación casi todos los encuestados (98,6%) opinaron que debería limitarse la entrada de nutrientes a la laguna (P11). La hipótesis de independencia fue asumida, por lo que la respuesta o calificación obtenida en la pregunta no dependió del grupo de encuestado al cual pertenecía el individuo ($p= 0.05787>0.05$).

Casi todos los encuestados (99%) opinaron que la laguna del Mar Menor tiene valores ambientales y servicios ecosistémicos relevantes (P20). La Ho no fue rechazada (figura 1) y mostró que esta opinión no dependió del grupo, según su profesión y principal actividad económica, al que pertenecía el individuo encuestado ($p= 0.97149>0.05$).

Los valores ambientales y servicios ecosistémicos más relevantes (P21) por orden de importancia fueron: la conservación de la biodiversidad de la laguna y sus humedales asociados, la producción pesquera, la identidad cultural y calidad de vida, y el aspecto recreativo, turístico y de ocio. El 98,8% percibió que estos valores ambientales y servicios ecosistémicos están amenazados (P22). De igual forma, existió evidencia

suficiente para rechazar la dependencia entre los grupos de encuestados y la respuesta obtenida (p= 0.13825>0,05).

El 91,3% de los encuestados opinó que la calidad del agua de la laguna ha dejado de ser buena (P14) y que los vertidos agrícolas son los causantes principales de esta contaminación, seguido por las aguas residuales y por la industria (P15). La prueba de independencia para la P14 fue rechazada (p= 0.00004 <0.05) (figura 1). La respuesta a esta pregunta dependió del grupo según su profesión y principal actividad económica al que pertenecía el individuo encuestado, de forma que, en los sectores de la construcción y el turismo (Hosteleros y alojamientos turísticos y Servicios) se alcanzaron los mayores porcentajes de quienes opinan que la calidad del agua de la laguna es buena a pesar de episodios puntuales de contaminación (40%, 20% y 24% respectivamente, valores muy superiores al del resto de individuos pertenecientes a otros grupos). Los vertidos agrícolas fueron los principales causantes de la contaminación en la laguna, la prueba de independencia no fue rechazada (p= 0.13361>0.05).

En cuanto a la atribución de responsabilidades (P16), la mayor parte de los encuestados (83,5%) opinó que el principal responsable de la contaminación por nutrientes es la administración autonómica (Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente) y estatal (Confederación Hidrográfica del Segura), por su insuficiente control y vigilancia de la actividad agraria en general y de los usos del agua, si bien parte de los encuestados señalaron también otros responsables como los agricultores e incluso los técnicos agrarios asesores. La respuesta a esta cuestión dependió del grupo, según su profesión y principal actividad económica, al que pertenecía el individuo encuestado (p=0.00023<0.05) (figura 1). Cabe destacar que los encuestados pertenecientes a la administración pública también opinaron mayoritariamente (86%) que la misma es la principal responsable de la contaminación por nutrientes.

Aunque la mayoría de encuestados optó por reducir la entrada de nutrientes para mejorar el estado de la calidad del agua de la laguna (72,6%), algunos grupos de encuestados apoyaron también otras opciones (P19) existiendo diferentes preferencias según el grupo de encuestado (p= 0.00002<0.05).

En el sector agrario casi la mitad de encuestados optó por medidas diferentes, en particular la ampliación de canales de comunicación de la laguna con el Mediterráneo (23,8%) y medidas de intervención dentro de la laguna (11,9%). En el sector de la construcción estas otras dos medidas recibieron el apoyo del 30% y el 10% de los encuestados respectivamente. En el sector de la administración pública, aunque el 65,5% de los encuestados optó por eliminar o reducir la entrada de nutrientes, un 27,3% consideró la aplicación de medidas en el interior de la laguna.

Dentro de las medidas específicas para reducir la entrada de nutrientes a la laguna el ACP permitió identificar, agrupar y ordenar dos grupos de medidas: las relativas al control de las presiones y las relacionadas con soluciones basadas en la naturaleza (CP1), y otras medidas menos prioritarias (CP2).

El orden de preferencia que los encuestados establecieron fueron:

-Establecer y vigilar la aplicación de valores máximos de aportación de fertilizantes (P12_4).

-Eliminación de la captación irregular de aguas subterráneas (P12_2).

-Obligar a que cada desalobradora incluya un tratamiento de salmueras (P12_3).

-Aplicar medidas naturales de retención de agua y nutrientes a escala de parcela y en el conjunto de la cuenca (ejemplo: setos verdes, pequeñas charcas, etc.) (P12_8).

-Reducir la superficie de regadío (P12_1).

-No realizar la recogida de las salmueras y verterlas al Mar Mediterráneo (P12_5).

-Recuperar y potenciar la superficie perdida de humedal natural en la periferia de la laguna (P12_9).

Por su parte, las medidas de gestión P12_7 y P12_6 tuvieron una buena representación en la segunda componente. Estas medidas fueron:

-Construir un filtro verde para tratar el caudal de la rambla del Albujón (P12_7).

-Recoger las salmueras y parte de los caudales de las aguas de las ramblas y tras su desalobración verter su caudal de rechazo al Mar Mediterráneo (P12_6).

Merece la pena destacar la diferente percepción sobre la actividad agraria que tiene el grupo de encuestados perteneciente al sector agrícola respecto al resto de grupos. El sector agrícola considera mayoritariamente que su actividad es imprescindible para el desarrollo económico del SSEMM. E igualmente dentro del sector agrícola más de la mitad consideran que la actividad agraria es muy importante por la cantidad y calidad de empleo que genera, mientras que en la mayoría de los otros grupos de encuestados consideran o bien que el empleo no es de calidad ni garantía de futuro o que está en manos de grandes empresas que crean un empleo escaso y precario.

Pese a estas diferencias, se debe destacar la existencia de consensos importantes entre todos los grupos de encuestados, independientemente de cuál sea su profesión y principal actividad económica:

a) creen necesario aplicar mejoras en el desarrollo urbano-turístico;

b) consideran que debería limitarse la entrada de nutrientes a la laguna del Mar Menor;

c) piensan que la principal causa de contaminación de la laguna del Mar Menor es la agricultura;

d) consideran que la laguna del Mar Menor tiene valores ambientales y servicios ecosistémicos relevantes y e) creen que tales valores y servicios están amenazados.

Resulta llamativo el reconocimiento generalizado de la agricultura como la principal causa de contaminación de la laguna, ya que hasta fechas recientes no existía

semejante consenso en torno al papel del regadío intensivo. Así, estudios realizados en la década anterior (Martínez-Paz et al, 2005) mostraron que la mayor parte de actores en el entorno del Mar Menor consideraban mucho más prioritaria la mejora de la gestión de las aguas residuales que las actuaciones en el ámbito agrario.

El cambio en esta percepción general y la correcta identificación de las actividades agrarias como la principal fuente de contaminación de la laguna podría apoyar la idea de que, si bien los intereses específicos de los distintos grupos de encuestados contribuye a conformar las opiniones de los mismos (Rickson, 1985), el grado de conocimiento que se tiene sobre los procesos de la cuenca y de la laguna, significativamente mayor en la actualidad a raíz de la crisis eutrófica, constituye también un factor importante a la hora de explicar las opiniones de la población.

En cuanto a las medidas prioritarias para limitar la entrada de nutrientes en el Mar Menor, la mayoría de encuestados prefirió la aplicación de medidas relativas al control de las presiones como establecer y vigilar la aplicación de valores máximos de aportación de fertilizantes (P12_4), eliminación de la captación irregular de aguas subterráneas (P12_2) u obligar a que cada desalobradora incluya un tratamiento de salmueras (P12_3) (figura 4) y por otro lado, las relacionadas con soluciones basadas en la naturaleza, como las medidas naturales de retención de agua (P12_8) y la recuperación de humedales (P12_9), en la línea de los resultados obtenidos por otros trabajos (Perni & Martínez-Paz, 2013). Asimismo, consideraron como prioritario no realizar la recogida de las salmueras y verterlas al Mar Mediterráneo (P12_5). Resulta llamativo el consenso generalizado por el rechazo de esta medida de gestión ya que llegó a plantearse por parte del gobierno regional.

Cabe destacar que algunas de estas medidas, como la de aplicar medidas naturales para retener el agua y nutrientes a escala de parcela y en el conjunto de la cuenca, se recogen también en la Ley 1/2018 de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor. Esta ley, aprobada por la Asamblea Regional en febrero de 2018, se centra en las medidas en el ámbito agrario, incluyendo la obligatoriedad de dedicar el 5% de la superficie de las fincas agrarias a setos, revegetación con especies silvestres y actuaciones similares. Igualmente establece la obligatoriedad de prácticas de conservación del suelo y control de escorrentías. La aprobación de esta ley fue igualmente muy controvertida (fue aprobada con el voto en contra del partido en el gobierno regional y con una fuerte oposición del sector agrario), sin embargo, los resultados de este trabajo muestran que buena parte de las medidas incluidas en la citada Ley 1/2018 cuentan con un amplio respaldo por parte de la población.

Estos resultados son consistentes con los obtenidos en otras áreas de estudio, que demuestran que la construcción y sobre todo la restauración de humedales es una opción con una elevada relación coste efectividad para reducir la contaminación difusa en cuencas agrícolas (Gren et al., 1997; Zanou et al., 2003; Lacroix et al., 2005).

Entre las preferencias de los grupos de encuestados por las medidas de gestión para limitar la entada de nutrientes a la laguna del Mar Menor cabe destacar, la posición prioritaria de los representantes de la administración por recoger las salmueras y, tras su tratamiento y desnitrificación, verterlas al Mediterráneo (P12_6). Esta es una línea de trabajo en la que, se enmarcan varias actuaciones del gobierno regional. Sin embargo, resulta destacable el consenso general en torno al rechazo de la medida

relacionada con la recogida de salmueras y su vertido, sin más, al Mediterráneo (P12_5). Los grupos de encuestados que tuvieron posturas más cercanas a la construcción del filtro verde (P12-7) fueron los representantes del sector de la construcción, sector del turismo y sector académico.

El sector agrícola adoptó una posición más cercana por algunas de las medidas prioritarias del conjunto de encuestados tales como la eliminación de la captación irregular de aguas subterráneas (P12_2) y establecer y vigilar la aplicación de valores máximos de aportación de fertilizantes (P12_4). Resulta destacable su preferencia por reducir la superficie de regadío (P12_1).

Aunque hasta el momento muchas de las medidas del Gobierno Regional no han tenido resultados positivos para limitar la entrada de nutrientes a la laguna del Mar Menor, se espera que con la aprobación de la Ley 1/2018 de 7 de febrero de 2018 las medidas sean efectivas. Estas medidas están también apoyadas por los grupos de encuestados en el SSEMM como medidas prioritarias.

La necesidad de aplicar medidas para limitar la entrada de nutrientes a la laguna del Mar Menor se refuerza también por las obligaciones legales derivadas de la declaración en 2001 de la cuenca del Mar Menor como Zona Vulnerable en aplicación de la Directiva de Nitratos (91/676 ECC), de la declaración de la laguna como Área Sensible en aplicación de la Directiva de Aguas Residuales Urbanas (91/271 ECC) y de la aplicación de la Directiva Marco del Agua (2000/60 EC), que obliga a alcanzar y mantener el Buen Estado de todas las masas de agua.

Como distintos autores señalan (Mumtas and Wichien, 2013), la identificación de actores y el análisis de sus percepciones e intereses es fundamental para formular alternativas de consenso. Además, contar con la participación de las partes implicadas se reconoce de forma creciente como un componente que se debe incluir en la valoración y selección de medidas coste-efectivas para alcanzar los objetivos de buen estado ecológico que exige la Directiva Marco del Agua (Perni & Martínez-Paz, 2013).

Sin embargo, pese al considerable volumen de conocimiento científico-técnico existente en torno al Mar Menor, persiste un déficit importante, con notables excepciones (Martínez-Paz et al, 2013; Perni & Martínez-Paz, 2013), de análisis socioeconómicos y sobre la percepción de los actores en torno a las causas, consecuencias y posibles soluciones a los problemas del SSEMM. Estos análisis, a los que el presente trabajo pretende contribuir, son básicos para diseñar procesos eficaces de diálogo y gobernanza participativa en el SSEMM.

3.2.5. Propuesta de un sistema de indicadores

A continuación se presenta una propuesta de un sistema de indicadores de sostenibilidad para el seguimiento a la aplicación de medidas de gestión en un sistema socio-ecológico mediante un proceso de participación pública

La acumulación de impactos provocados por las diferentes actividades antrópicas a lo largo de las últimas décadas ha llevado al SSEMM a una situación que compromete la continuidad de los servicios ecosistémicos que ofrece a la sociedad y al bienestar humano. Esto ha generado una alta preocupación social que hasta el momento no ha sido bien atendida por los responsables de la explotación y gestión de este sistema

socioecológico. Por lo que es necesario formular y aplicar medidas de gestión integral para garantizar su sostenibilidad ambiental, social y económica (Guaita García, N., et. al., 2018).

Partiendo del diagnóstico integral del SSEMM, conceptualizado mediante el modelo de fuerzas motrices-presión-estado-impacto-respuesta (FPEIR), se persiguen dos objetivos específicos:

1) definir los objetivos de sostenibilidad para el SSEMM

2) plantear una selección y definición de indicadores de sostenibilidad mediante un proceso de participación pública, para llevar a cabo el seguimiento de un conjunto de medidas de gestión planteadas por la población local y grupos de interés del entorno del Mar Menor.

El objetivo general de sostenibilidad para el SSEMM se definió partiendo de su diagnóstico integral conceptualizado según el modelo fuerza motriz-presión-estado-impacto-respuesta (FPEIR) elaborado a partir de una exhaustiva revisión bibliográfica (figuras 15, 16 y 17).

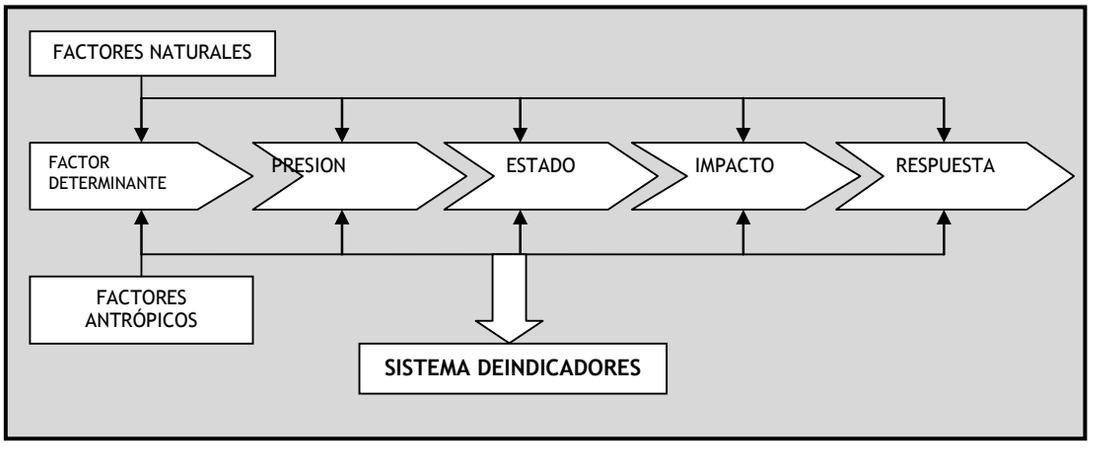

Figura 15. Esquema FPSIR.

Posteriormente los objetivos específicos para alcanzar dicho objetivo general derivaron de:

1) la elaboración de una encuestan en la que se analizó las percepciones de la población local y grupos de interés con relación a las principales presiones, estado e impactos en el SSEMM, así como la preferencia de estos por la aplicación de un conjunto de medidas de gestión para el SSEMM (Guaita García, N., et al, 2018 y

2) de veinte entrevistas a expertos en los ámbitos ambiental, social, económico e institucional sobre la problemática del área de estudio.

Respecto al segundo objetivo, la selección de indicadores se hizo partiendo de las medidas de gestión propuestas en una encuesta por la población del entorno del Mar Menor (Guaita García, N, et al., 2018). Para ello se formuló una batería inicial de

indicadores clasificados dentro del marco conceptual FPEIR con el objetivo de poder determinar el avance o retroceso de las medidas planteadas.

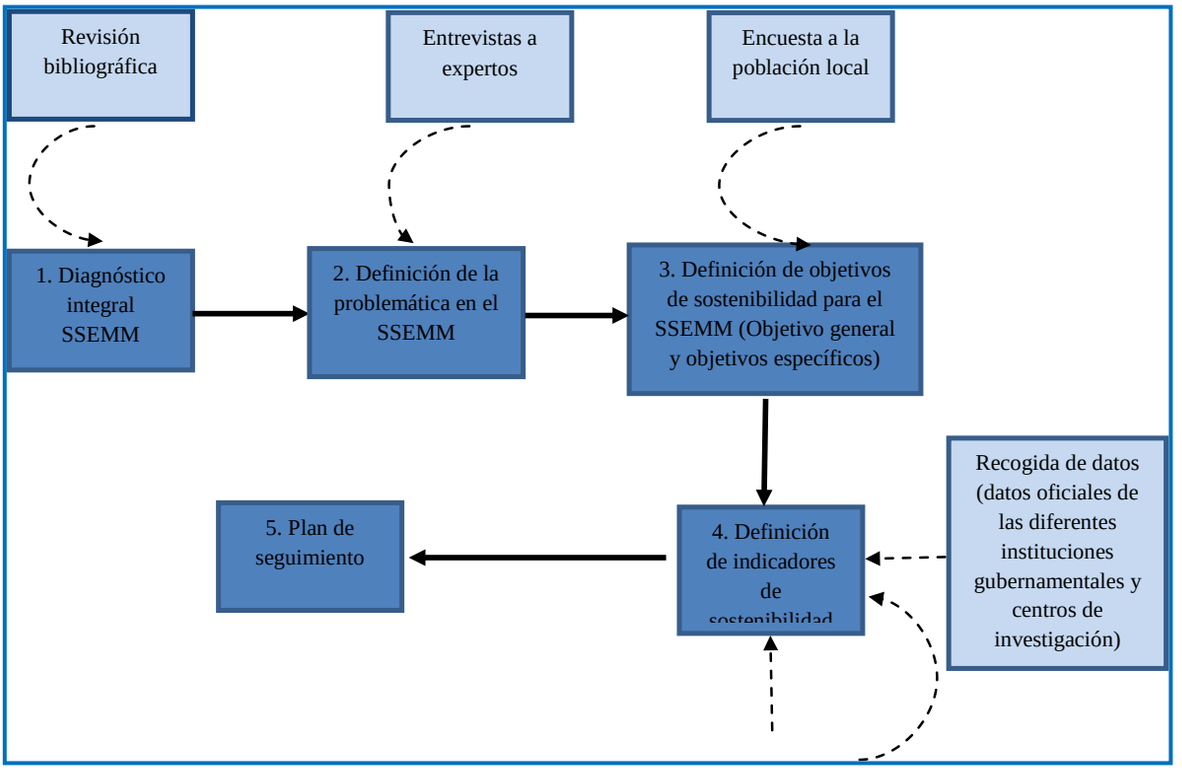

Figura 16. Esquema metodológico para la definición de los objetivos e indicadores de sostenibilidad en el SSEMM.

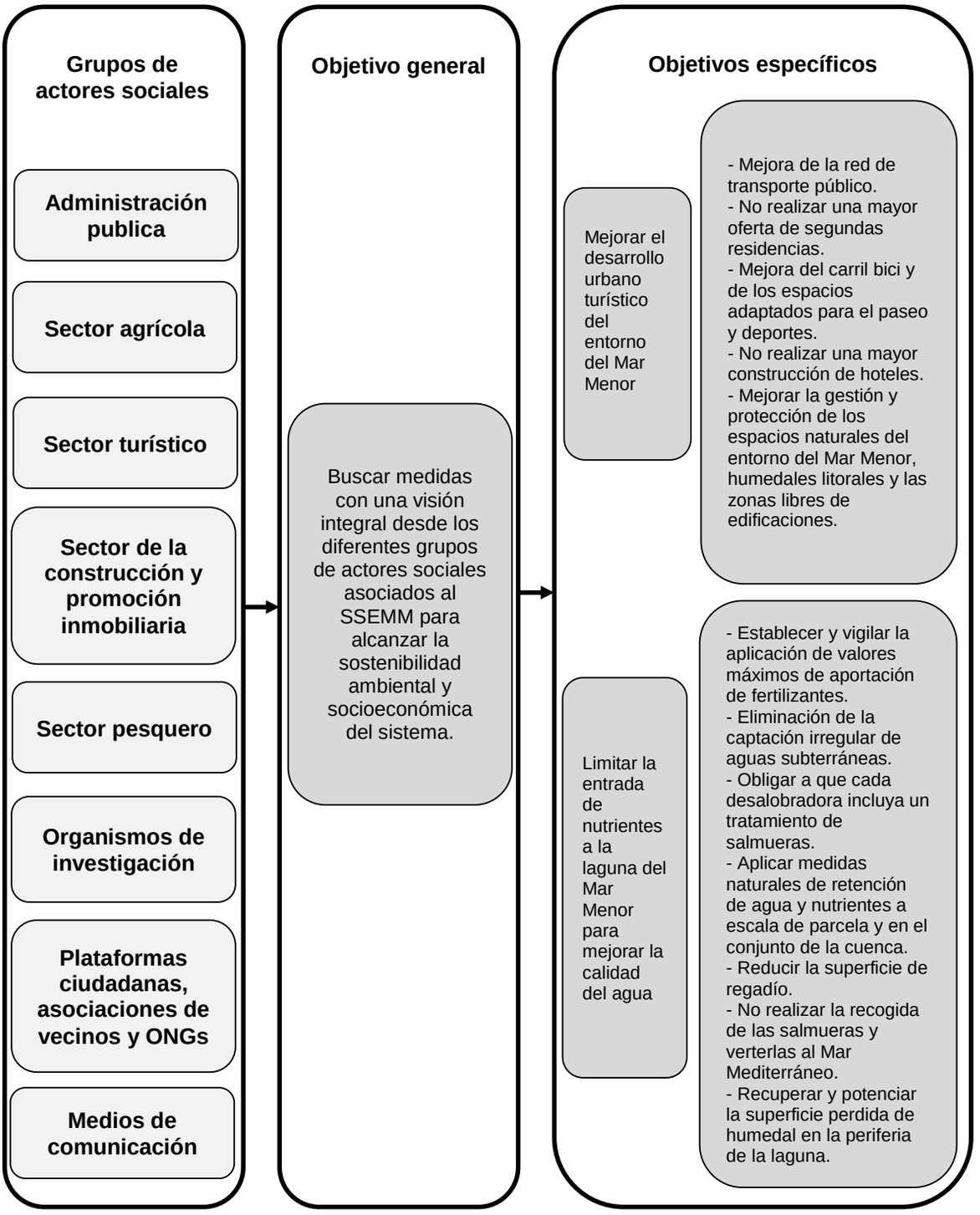

Figura 17. Definición de objetivos de sostenibilidad para el SSEMM

Finalmente la propuesta de indicadores se presenta en la tabla siguiente:

Motores de cambio	Principales problemas observados	Objetivo general	Objetivos específicos	Medidas de gestión	Indicadores de sostenibilidad
- Clima (Cambio y aumento de la vulnerabilidad climática) **- Población** (Crecimiento de la población) **- Economía**	-Contaminación del agua de la laguna, humedales y acuíferos -Degradación de los hábitats	Buscar medidas con una visión integral desde los diferentes grupos de actores sociales asociados al SSEMM para	-Mejorar el desarrollo urbano-turístico del entorno del Mar Menor	Mejora de la red de transporte público.	-Metros lineales de carril bus (%) (Respuesta)
				No realizar una mayor oferta de segundas	-Evolución del número de segundas

(Desarrollo de la actividad agraria de regadío intensivo, desarrollo urbano-turístico, oportunidad laboral) **- Gobernanza** (Políticas públicas, débil coordinación institucional, actores sociales y participación pública) **- Información y conocimiento** (Falta de la sensibilización de las entidades gubernamentales, sectores económicos y población en general, mayor difusión e información sobre la problemática del SSEMM)	naturales y pérdida de biodiversidad -Alteración de los procesos biofísicos del sistema hídrico y terrestre -Degradación de la calidad ambiental y paisaje -Degradación del patrimonio natural y cultural -Aumento de la vulnerabilidad al cambio climático -Predominio de actividades económicas sobre otras -Pérdida de competitividad por aumento del coste de mantenimiento	alcanzar la sostenibilidad ambiental y socioeconómica del SSEMM		residencias	residencias (Numero) (Presión) -Evolución del suelo clasificado como urbano por municipio (%) (Presión)
				Mejora del carril bici y de los espacios adaptados para el paseo y deportes.	-Metros lineales de carril bici (%)(Respuesta) -Superficie viaria destinada a los peatones (% respecto a la superficie viaria total) (Respuesta) -Espacio público de estancia (m2/hab) (Respuesta)
				No realizar una mayor construcción de hoteles	-Evolución del número de complejos hoteleros (Presión)
				Mejorar la gestión y protección de los espacios naturales del entorno del Mar Menor, humedales litorales y las zonas libres de edificaciones.	- Superficie de los ENP (% sobre la superficie total) (Respuesta) - Evolución del número de especies autóctonas (Estado) - Poblaciones de una determinada especie en peligro de extinción (% sobre la población total) (Estado) - Numero de capturas pesqueras de la laguna (Presión) -Evolución de las actividades náutico-deportivas (Presión) -Evolución del número de turistas por procedencia (Presión) -Estacionalidad del turismo (Impacto) -Uso recreacional de los ENP (Impacto) -Grado de satisfacción en las visitas a los centros de visitantes de los

					ENP (Respuesta)
			-Limitar la entrada de nutrientes a la laguna del Mar Menor para mejorar el estado de calidad del agua	Establecer y vigilar la aplicación de valores máximos de aportación de fertilizantes	-Consumo de fertilizantes en la agricultura (tn/año) (Presión) -Índice de calidad del agua (Estado)
				Eliminación de la captación irregular de aguas subterráneas	-Evolución del nivel piezómetrico (Estado)
				Obligar a que cada desalobradora incluya un tratamiento de salmueras	-Concentración de nitratos y fosfatos en la Rambla del Albujón y en la laguna (Estado)
				Aplicar medidas naturales de retención de agua y nutrientes a escala de parcela y en el conjunto de la cuenca (ejemplo: setos verdes, pequeñas charcas, etc.).	- Setos en el conjunto de la cuenca (Km/Ha) (Respuesta) -Salinidad del acuífero (Estado)
				Reducir la superficie de regadío	-Evolución de la superficie dedicada a agricultura por cada tipo de cultivo (secano/regadío) (Ha) (Estado) -Superficie de cultivo en invernaderos por municipios(Ha) (Estado)
				No realizar la recogida de las salmueras y verterlas al Mar Mediterráneo	
				Recuperar y potenciar la superficie perdida de humedal en la periferia de la laguna.	-Evolución de la superficie de zonas húmedas (Ha) (Estado) -Evolución de determinadas especies asociadas a los humedales (Numero) (Estado) -Evolución de la superficie dedicada a la producción de sal (Ha)(Estado)

					- Fragmentación de hábitats, ecosistemas y paisajes por carreteras e intersecciones (Impacto)

3.2.6. Exploración de escenarios y medidas de gestión

Como señala el informe del Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, aprobado en febrero de 2017, revertir el actual estado eutrófico de la laguna exige, entre otras medidas, una drástica reducción de la entrada de nutrientes a la laguna a través de las ramblas, drenajes, salmueroductos y grandes avenidas.

Esta necesidad se refuerza también por las obligaciones legales derivadas de la declaración en 2001 de la cuenca del Mar Menor como Zona Vulnerable en aplicación de la Directiva de Nitratos (91/676 ECC), de la declaración de la laguna como Área Sensible en aplicación de la Directiva de Aguas Residuales Urbanas (91/271 ECC) y de la aplicación de la Directiva Marco del Agua (2000/60 EC), que obliga a alcanzar y mantener el Buen Estado de todas las masas de agua.

Para ello es imprescindible una estrategia verdaderamente integrada que aplique de forma simultánea diversas medidas a varios niveles espaciales, desde la escala de parcela agraria a la escala del conjunto de la cuenca:

1. Reordenar la superficie de regadío en la cuenca del Mar Menor, eliminando los perímetros irregulares, así como someter a un control exhaustivo todas las extracciones de agua subterránea.

2. Reducir la contaminación agraria en origen, con medidas rigurosas en aplicación de la declaración de la cuenca del Mar Menor como Zona Vulnerable a la Contaminación por Nitratos. Estas medidas pueden incluir promover la reconversión a la agricultura ecológica, exigir que todas las desalobradoras, en caso de que retomen su actividad, asuman el pretratamiento de sus salmueras (por ejemplo con pequeños filtros verdes) de forma previa al vertido y que los invernaderos adopten sistemas de ciclo cerrado en relación con los drenajes agrarios.

3. Aplicar la amplia y experimentada batería existente de medidas basadas en la naturaleza para reducir los flujos de contaminación agraria en el conjunto de la cuenca. Entre otras, estas medidas incluyen el establecimiento dentro de la matriz agraria de setos y franjas de vegetación entre parcelas, la revegetación de los cauces y redes de drenaje o la creación de pequeños cuerpos de agua con vegetación natural. Estas medidas actúan como áreas-tampón y trampas de retención de nutrientes y otros contaminantes a lo largo de toda la cuenca. Estos componentes (humedales, pequeños cuerpos de agua, vegetación asociada a ramblas y redes de drenaje) pueden tener una capacidad de retención de nutrientes que una revisión de once casos de estudio sitúa entre el 66 y el 89% (Pärn et al, 2012).

4. En las proximidades de la laguna, llevar a cabo actuaciones de recuperación de superficies de humedal, reforzando su capacidad de retención de nutrientes a la vez que se mantienen sus valores naturalísticos y de conservación de la biodiversidad. Distintos trabajos indican que la recuperación de humedales es una medida más coste-efectiva que otro tipo de medidas como la captación de drenajes a través de infraestructuras de ingeniería civil, la solución ejecutada por el organismo de cuenca, dado que los costes unitarios de la recuperación de humedales (euros por kg de nutriente eliminado) se sitúan en torno a la mitad de los correspondientes a la reutilización de drenajes (Martínez Paz et al, 2007).

Estos resultados son consistentes con los obtenidos en otros estudios (Gren et al., 1997; Zanou et al., 2003; Lacroix et al., 2005), que demuestran que la construcción y sobre todo la restauración de humedales es una opción con una elevada relación coste-efectividad para reducir la contaminación difusa en cuencas agrícolas. Además, las grandes avenidas, una de las principales fuentes de aportación de nutrientes a la laguna, no pueden ser tratadas con sistemas de obra civil, pero sí con la superficie de humedales, tanto la ya existente como la que se puede recuperar.

Es necesario evaluar de forma cuantitativa los costes y beneficios esperables de las distintas medidas a través del análisis de escenarios y su integración en modelos de simulación dinámica. El estudio de escenarios se ha convertido en una herramienta habitual para diferentes organismos internacionales, grandes empresas y gobiernos que permite evaluar la solidez de las estrategias actuales y examinar la viabilidad y consecuencias de posibles opciones.

Pese a la existencia de múltiples definiciones, se coincide en que un escenario debe entenderse como una descripción coherente, internamente consistente y verosímil de un posible estado futuro del mundo (Nakicenovic et al., 1994). Los escenarios son guiones que describen caminos alternativos hacia un futuro posible apoyado en hipótesis razonables (Kosow, H. and Robert, G. 2008). Los escenarios son suposiciones de lo que puede ocurrir.

A diferencia de las proyecciones, los escenarios no representan, necesariamente, lo que se espera que ocurra en el futuro (Wollenberg et al., 2001). El análisis de escenarios no pretende responder a la pregunta “¿qué pasará…?, sino a la pregunta ¿qué pasaría si…?. Es importante señalar que aunque no sirven para conocer exactamente lo que sucederá en el futuro, sí nos ayudan a reducir la incertidumbre que pesa sobre lo desconocido, y de este modo, tomar medidas o emprender acciones que puedan ser útiles ante circunstancias muy diferentes a las actuales.

El tipo de escenarios que podemos planificar pueden clasificarse en 1) escenarios normativos o deseados, relacionados con las aspiraciones y deseos. Reflejan futuros deseados y 2) escenarios exploratorios o posibles, centrado en las posibilidades de lo que podría ocurrir, sirviendo así de contraste con el primero (Martín-del Molino Fernández, J.P., et al., 2014).

Aunque no existe un marco metodológico común, se considera que un buen escenario debe apoyarse en buenos datos y ofrecer un análisis comparativo fiable. Para ello es necesario la implicación de diferentes partes sociales interesadas y desarrollar escenarios participativos que contribuyan a tender puentes entre la comunidad

científica, gobernantes, empresas y ciudadanos, así como aumentar la relevancia y legitimidad del escenario (AEMA, 2009).

En los sistemas socio-ecológicos el análisis de escenarios puede proporcionar información útil sobre cómo opera el sistema, lo que facilita la delimitación de los problemas que puedan generarse en condiciones de incertidumbre. Según el trabajo realizado por Martín-del Molino Fernández, et al., (2014) es imprescindible valorar cuáles serían las fuerzas externas con influencia sobre el sistema. En general, puede ser útil considerar cinco tipos fuerzas externas específicas: Social, Tecnológica, Económica, Ambiental y Política para identificar los factores que tienen un mayor impacto en el sistema socio-ecológico estudiado (Wright and Goodwin, 2009).

La gran utilidad de los escenarios es que sirven como herramienta a la hora de tomar decisiones para el futuro que puedan afectar de forma regional a factores sociales y ambientales. Asimismo se puede orientar la acción pública y de los distintos agentes sociales hacia futuros más deseables desde los puntos de vista social, económico y ambiental.

El análisis de escenarios a través de los modelos de simulación dinámica son de gran utilidad para:

1) Identificar los escenarios bajo los cuales el sistema socio-ecológico de interés es más vulnerable;

2) anticipar los efectos previsibles de diferentes estrategias de gestión y

3) determinar, utilizando los indicadores de sostenibilidad integrados en el propio modelo, las opciones que mejor contribuyen a una mayor sostenibilidad ambiental, económica y social.

Una de las aplicaciones de mayor utilidad de los modelos de simulación dinámica es la realización de análisis prospectivos. En este sentido, haciendo uso del modelo dinámico se han explorado los posibles efectos de algunas políticas relacionadas con distintos escenarios socioeconómicos en el entorno de la laguna, como la continuación de la tendencia hacia un mayor desarrollo urbano-turístico y con diversas medidas de gestión para reducir la exportación de nutrientes hacia la laguna del Mar Menor, como el uso de humedales para incrementar la retención y eliminación de nutrientes.

Esta medida supondría reconectar el principal cauce de la cuenca (la rambla del Albujón) con una superficie de humedal activo, con el fin de que los nutrientes contenidos en sus aguas vuelvan a ser parcialmente retenidos y eliminados a través del humedal. Los resultados señalan que el uso de humedales constituiría una medida más eficaz para reducir la entrada de nutrientes al Mar Menor que otro tipo de medidas como la recogida y reutilización para riego de parte de los drenajes agrícolas. El uso de humedales permitiría eliminar el 40% de los nutrientes que llegan a la laguna a través de la rambla del Albujón (figura 18).

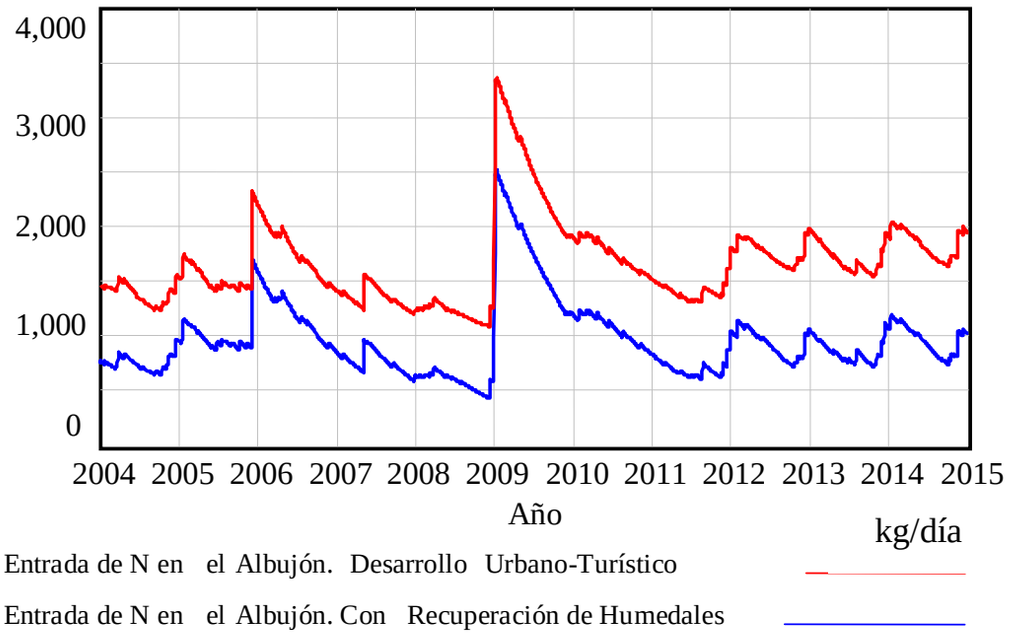

Figura 18. Entrada diaria de nitrógeno inorgánico disuelto (media móvil sobre un periodo de 365 días) en la subcuenca del Albujón bajo las políticas Desarrollo Urbano-Turístico y Desarrollo Urbano-Turístico con Recuperación de Humedales.

Los cambios observados en la laguna del Mar Menor y sus comunidades, como las de aves acuáticas, señalan con claridad que el incremento de los flujos de nutrientes han supuesto la pérdida del carácter oligotrófico de sus aguas y la consolidación de un proceso de eutrofización, por lo que deberían aplicarse medidas para reducir dichos flujos. Los resultados obtenidos con el modelo de simulación dinámica señalan que el uso de los humedales es una medida eficaz para reducir la entrada de nutrientes a la laguna del Mar Menor.

Sin embargo, los flujos de agua y nutrientes hacia los humedales han favorecido un incremento de la heterogeneidad de dichos humedales, la cual se ha traducido en un aumento de la diversidad y riqueza de especies en comunidades como la vegetación o las aves esteparias, pero también se ha reducido su valor de conservación, manifestado por un declive de sus componentes naturalísticos más singulares, justamente los más ligados a su estatus de protección, tal y como se ha demostrado con la aplicación de índices basados en la Directiva Habitat y en la Directiva Aves. Por tanto, nuevos aportes de agua y nutrientes a los humedales, como los que se producirían con el uso de humedales para la retención de nutrientes, no sólo inducirían mayores pérdidas de su valor naturalístico sino que podrían reducir la diversidad y riqueza de especies, actualmente en sus valores máximos, e incluso la propia heterogeneidad del sistema.

De lo anteriormente expuesto se deriva un conflicto potencial entre objetivos ambientales diferentes igualmente deseables: la optimización de las funciones de retención y eliminación de nutrientes por parte del humedal y la conservación de los valores naturalísticos que sustentan su estatus como espacio protegido. ¿Qué estrategia de gestión cabe por tanto proponer?

Una estrategia que permite superar dicho conflicto potencial consiste en la diferenciación espacial de ambos objetivos, de forma que la superficie de humedal situado en el interior de los espacios protegidos permita la conservación de los valores

naturalísticos asociados a su estatus de protección, mientras que el objetivo funcional (retención y eliminación de nutrientes) se deriva hacia la creación o recuperación de superficie de humedal en la periferia del espacio protegido, a partir de cultivos agrícolas marginales ubicados en humedales desecados.

Este es el caso de algunas zonas situadas en la periferia del humedal de Marina del Carmolí y que formaban parte de su llanura de inundación original, donde se propone la recuperación del humedal en un área actualmente ocupada por cultivos marginales o abandonados). Diversos estudios (Martínez Fernández et al, 2007; Martínez Paz et al, 2007) han mostrado la eficacia ambiental y la viabilidad económica, en términos de análisis de coste-efectividad, de este tipo de medidas frente a otro tipo de opciones como la captación y reutilización de drenajes agrícolas a través de sistemas de colectores.

Una de las claves más novedosas se refiere a las medidas basadas en la naturaleza, específicamente a las denominadas “medidas naturales de retención de agua” (www,nwrm.eu), como la creación de setos de vegetación natural y la revegetación de la red hidrográfica desaparecida por los usos agrarios, medidas que actúan como "trampas de nutrientes". Otra actuación novedosa en esta zona, pero aplicada desde hace décadas en muchas cuencas agrarias europeas, es la creación o recuperación de superficies de humedal natural para retener los nutrientes. Además, ésta es la única actuación eficaz en caso de avenidas.

Todas estas medidas tienen otras muchas ventajas a nivel ambiental (reducen el impacto de las inundaciones y mejoran el paisaje), económico (bajos costes de mantenimiento) y en cuanto a financiación, pues forman parte de las llamadas infraestructuras verdes. En este sentido, la financiación europea se va a reorientar de forma creciente hacia este tipo de infraestructuras verdes.

El sector agrario es corresponsable en grado elevado de la eutrofización del Mar Menor y por tanto tiene la obligación de ser corresponsable en la solución del problema, en aplicación del principio de quien contamina paga. Además, reorientar el modelo hacia la sostenibilidad, a través de un plan para ambientalizar el regadío del Campo de Cartagena, supondría liderar un cambio que tarde o temprano tendrá que darse, que ya se está dando en muchos lugares de Europa y que sin duda pasa por la reconversión ambiental de la agricultura.

Es necesaria la coordinación de todas las administraciones, la implicación del sector agrario y la participación ciudadana de los diferentes actores sociales, con el fin de plantear una estrategia verdaderamente integrada que aplique de forma simultánea diversas medidas a varios niveles espaciales, desde la escala de parcela agraria a la escala del conjunto de la cuenca.

Esta estrategia integrada necesita:

i) el apoyo imprescindible de un buen programa de monitoreo;

ii) herramientas de modelado para el análisis del estado del sistema y la simulación de opciones de gestión;

iii) la evaluación ex-ante para la selección de alternativas;

iv) el seguimiento y evaluación ex-post de las medidas y una gestión adaptativa que garantice el cumplimiento de los objetivos esperados.

Estos componentes deben vincularse con el Plan de Gestión Integral de los espacios protegidos del Mar Menor y de la Franja Litoral Mediterránea de la Región de Murcia y con el resto de planes estratégicos de gestión integrada de la cuenca vertiente para alcanzar el vertido cero y la reducción de los riesgos asociados a la presencia de residuos mineros

De la misma forma, los procesos descritos apuntan a la insuficiente protección del Mar Menor y subrayan la necesidad de aplicar medidas de gestión fuera del propio espacio protegido. De forma general, la conservación de los ecosistemas acuáticos (ríos, lagunas, humedales) requiere ampliar el ámbito de actuación al conjunto de la cuenca de la que estos ecosistemas, en muchos casos espacios protegidos, dependen. Una gestión sostenible del territorio a escala de cuenca constituye así una condición necesaria para la conservación y protección de los ecosistemas acuáticos, sus valores naturalísticos y su funcionalidad ecológica en procesos esenciales como la regulación de los flujos de agua y nutrientes.

3.3. Las instalaciones ganaderas intensivas y sus efectos ambientales. El caso de las instalaciones porcinas intensivas y los flujos de contaminación asociados

3.3.1. Consideraciones generales

Los purines de porcino suponen uno de los problemas medioambientales más importantes del sector agropecuario, afectando tanto al cambio climático, como a la calidad de las aguas y a la calidad del aire.

Desde los años 90 el sector ha crecido de forma casi continuada y las cifras de censo actuales están cercanas a duplicar las existentes en 1990. En noviembre 2017, el censo alcanzó los 29,97 millones de cabezas, suponiendo otro incremento del 2,5% sobre igual fecha del año anterior. Desde 2015, en que España superó a Alemania en censo de porcino, el crecimiento ha seguido de forma continua. Es de destacar que las comunidades de Aragón y Cataluña suponen entre las dos el 52% del censo del porcino total y el 58% del censo del porcino blanco.

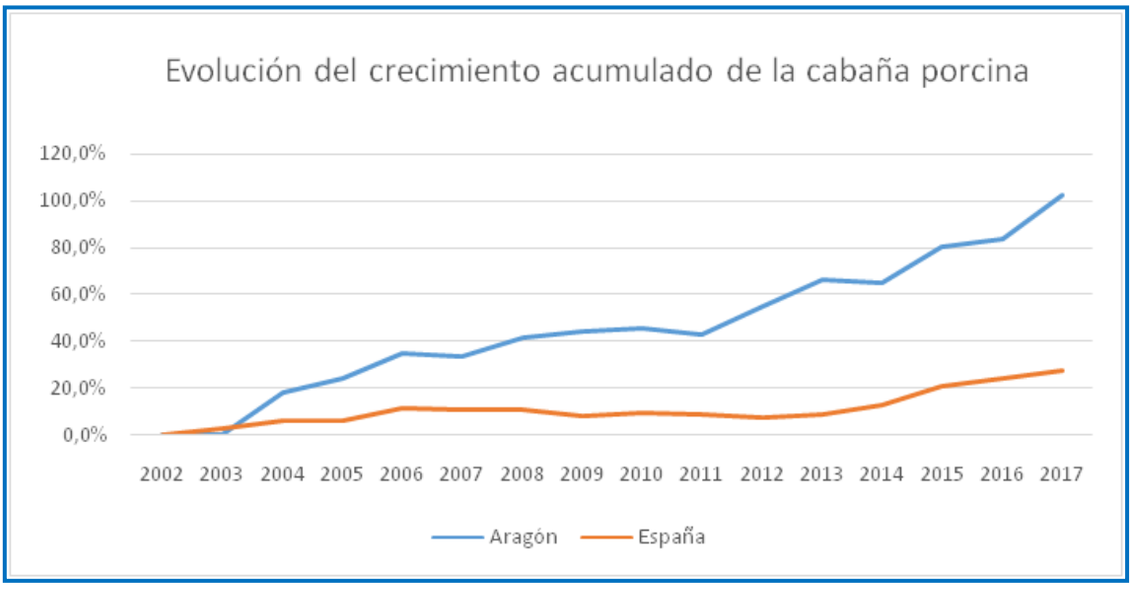

Figura 19. Evolución de la cabaña porcina en Aragón y España.

Una explotación de porcino de las características arriba indicadas, genera al día unos 12 metros cúbicos de purines. Los purines son un líquido procedente de los excrementos sólidos y líquidos de los cerdos y de todas las aguas de limpieza. Normalmente poseen una DQO (Demanda Química de Oxígeno) de entre 25.000 y 35.000 mg/l y una cantidad de nitrógeno de unos 3.500 mg/l, es decir un litro de purín equivale, a efectos de la contaminación que produce, a unos 60 o 70 litros de aguas residuales urbanas estándar.

Sin embargo, el purín debido a su elevado contenido en nitrógeno tiene un uso directo como fertilizante orgánico. El problema surge por el grave desequilibrio que tiene la estructura del sector en España con grandes áreas de producción intensiva de cerdos en zonas donde la superficie agrícola no puede admitir las enormes producciones de nitrógeno que generan.

La solución más evidente parecería el transportar el purín a zonas alejadas, pero en ese caso se transportaría mayormente agua con concentraciones de nitrógeno importantes, pero que no justificarían su transporte más allá de 20 o 30 km, ni desde el punto de vista medioambiental ni desde el punto de vista económico. Por otro lado, la estacionalidad que se produce en la aplicación a los cultivos obliga al almacenamiento del purín, lo que genera problemas importantes de emisiones

Los cerdos en crecimiento sólo utilizan entre el 30 y el 35% del nitrógeno y fósforo ingeridos diariamente (Babot,et al., 2004). El tipo de deyección que se genera en las explotaciones porcinas es el purín, del cual las explotaciones porcinas proyectadas generarán algo más de 30.000 metros cúbicos anuales. En total se generarían más de 250 toneladas anuales de nitrógeno, atendiendo a la capacidad de las instalaciones y las producciones unitarias anuales.

Se trata de un volumen elevado de un residuo con una elevada capacidad contaminante, de forma tanto localizada como difusa, cuya gestión sin riesgo para el medio ambiente no está ni mucho menos resuelta.

Los purines producen tres tipos de emisiones fundamentales:

- Emisiones de metano
- Emisiones de amoníaco
- Emisiones de gases nitrosos

Las emisiones de metano tienen una consecuencia directa sobre el efecto invernadero y el cambio climático. El metano produce entre 21 y 23 veces más efecto invernadero que el CO2, dióxido de carbono. Un m3 de purín podría llegar a emitirentre 150 y 180 kg de CO2 a la atmósfera. Si una plaza de cebo genera aproximadamente 2 t/año de purín, quiere decir, que una plaza de cebo podría llegar a producir unos 300 kg de CO2 equivalente.

En el caso de una granja de 2.000 t las emisiones podrían ser de unas 600 t/año de CO2 equivalente. Bien es cierto que, en una situación de aplicación al campo, se calcula que la emisión es aproximadamente el 20% de esa cantidad, pero si el purín se deja en

balsas durante largos periodos, las emisiones de gases de efectos invernaderos se irán progresivamente acercando a los 300 kg/plaza.

Estas emisiones son significativas, teniendo en cuenta los grandes volúmenes que serán almacenados en estas balsas, sobre todo en el caso de grandes instalaciones.

La producción de purines y estiércol (fase seca) genera, inevitablemente, contaminación difusa continuada de suelos, aguas subterráneas y escorrentías. Esta contaminación degrada un entorno rural que en muchas ocasiones presenta un buen estado de conservación y menores flujos contaminantes. El enriquecimiento general en nitrógeno afecta negativamente a las especies vegetales más sensibles, facilitando el cambio de las formaciones hacia comunidades más banales. Estos flujos de contaminación terminan afectando a los espacios de valor ambiental del entorno.

El hecho de mantener los purines generados en la explotación almacenados hasta el momento de su retirada conlleva un riesgo por posibles fugas que podrían contaminar las aguas de escorrentía y las aguas subterráneas por infiltración.

Hay que señalar también la existencia de riesgos de episodios graves de contaminación en caso de rotura de las balsas de almacenamiento de purines y estiércol y posibles accidentes, los cuales pueden amenazar la integridad ecológica de los espacios de interés ambiental y agrario del entorno.

Resulta especialmente preocupante la contaminación de las aguas subterráneas derivada tanto de la contaminación difusa como de los riesgos de posibles roturas y accidentes. Las explotaciones porcinas constituyen un evidente riesgo para la calidad química de la masas subterráneas.

Hay que tener en cuenta que el Real Decreto 1514/2009, de 2 de octubre, por el que se regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro, obliga no sólo al control de la contaminación sino también a imponer medidas preventivas que impidan el deterioro de la calidad de las aguas.

En otras muchas regiones geográficas se evidencia una clara correlación espacial entre la carga ganadera y la contaminación de las aguas subterráneas por exceso de nitrógeno, contaminación que, pese a las crecientes medias de control y de gestión de las explotaciones y de la producción de purines, sigue afectando de forma significativa y generalizada a las aguas subterráneas (Síndic de Greuges de Catalunya, 2016), de forma que en muchos municipios el agua ha dejado de ser apta para abastecimiento humano.

El agua es el elemento de mayor consumo en las explotaciones porcinas. Si tomamos como base los consumos unitarios de las distintas unidades de producción (lechones, reproductores) según las Mejores Técnicas Disponibles (MTD, 2016), dichos consumos se sitúan en un consumo medio en torno a los 3 litros día para los lechones y en torno a los 20 litros día para los reproductores, valores que se pueden incrementar en el caso de que las prácticas habituales se distancien de las Mejores Técnicas Disponibles.

Se trata de un consumo en todo caso importante que agrava la difícil situación de los recursos hídricos en zonas donde éstos son escasos.

En definitiva, las explotaciones porcinas suponen una fuente de contaminación, tanto difusa como en caso de roturas y otros incidentes, contaminación que afecta a las aguas subterráneas (pudiendo a la larga impedir o limitar el uso actual para abastecimiento humano), las aguas de escorrentía, los suelos y la vegetación natural de un espacio agroambiental hasta ahora bien conservado. Además, las explotaciones porcinas requieren un elevado volumen de recursos hídricos subterráneos, agravando los problemas hídricos en zonas donde el agua es escasa.

3.3.2. Ejemplo de un proyecto de explotación porcina intensiva. El proyecto de macrocebadero de Yecla

En el análisis específico de un proyecto de explotación porcina intensiva que se pretendía ubicar en Yecla (Murcia), reveló que, además de todo lo señalado en los párrafos anteriores, la explotación propuesta presentaba serias dudas, inconsistencias e impactos, entre los que cabe destacar siguientes:

Hay que señalar la existencia de poblaciones en el entorno que se abastecen de las aguas subterráneas, como es el caso de Yecla, que se abastece exclusivamente de recursos subterráneos, en concreto del acuífero 070.008, Ontur, que de acuerdo con el Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura presenta buen estado químico y está calificado como Sin Riesgos.

Sin embargo esta situación podría cambiar si se generan flujos de contaminación procedentes de explotaciones ganaderas intensivas. La posible contaminación por nitratos y efluentes del acuífero situado en la zona de Yecla supone un evidente riesgo no sólo ambiental y de incumplimiento del objetivo de No Deterioro de la Directiva Marco del Agua, sino también un riesgo claro para el abastecimiento de la población de Yecla.

Por otra parte, específicamente, los recursos hídricos proceden de un pozo de la finca donde se ubicarán las explotaciones porcinas. El acuífero 070.008. Ontur aparece caracterizado en el Plan de la Demarcación del Segura como acuífero con "explotaciones significativas", dado que el índice EF (balance extracciones/recursos) supera el umbral de 0.8, alcanzando el valor de 1.06. Además, está tipificado con "Impacto comprobado" por descenso de los niveles piezométricos. El gran consumo de agua necesario para estas explotaciones porcinas sin duda agravará la incipiente sobreexplotación de las aguas subterráneas de la zona.

A los problemas de malos olores hay que añadir otros impactos que afectán negativamente a la población de visitantes y a las actividades de turismo rural y turismo de la naturaleza en el Monte Arabí y en el espacio rural circundante, destacando el impacto paisajístico, las molestias por incremento del tránsito de vehículos pesados y la aparición de moscas y otros vectores. Todo ello dañaría las posibilidades de desarrollo futuro del mismo y su proyección económica.

Por otra parte, el estiércol generado en las instalaciones se pretendía aplicar en una serie de fincas agrícolas ubicadas en la Región de Murcia. Sin embargo esta solución generaba grandes dudas:

- En primer lugar, estas parcelas se sitúan a más de 100 km de las explotaciones porcinas, lo que genera grandes incertidumbres acerca de la viabilidad real de

transportar los purines a semejante distancia, dado que el transporte a distancias grandes suele ser poco asumible en la práctica (Life+ Futur Agrari, 2014).

- En segundo lugar, una parte muy significativa de las fincas en las que se pretendían utilizar los purines están en producción ecológica, la cual no es compatible con la aportación de residuos procedentes de las explotaciones porcinas.

- Finalmente, la mayor parte del cultivo de estas fincas destinatarias es viñedo, el cual tiene unos requerimientos de nitrógeno no muy elevados y muy estacionalizados.

En definitiva, la gestión de purines debe ser objeto de un debate profundo donde participen todos los agentes implicados y donde cobren un papel relevante los propietarios de los cerdos que son los que controlan la cadena económica, es decir los integradores, liberando a los ganaderos integrados de una responsabilidad cuyos costes no pueden asumir.

Existen soluciones, independientemente de que el sector deba tender a medio-largo plazo a una racionalización en el equilibrio ganadería-agricultura. Estas soluciones pasan por aplicar los principios de economía circular y, aprovechar los recursos fertilizantes del purín, a la vez que se reducen sus efectos medioambientales negativos. Estas soluciones tienen un coste para el sector que deberán internalizar los propietarios de los cerdos, es decir en su mayoría los integradores, que son los que controlan el ciclo económico de la carne y pueden transmitir estos costes al consumidor.

4. Referencias

[1]Corominas, J. (2012): *El regadío en los postulados de la PAC* en Fundación de Estudios Rurales - Anuario 2012, Madrid, pp. 103-108

[2]*Hechos y Cifras de la Agricultura, la Pesca y la Alimentación en España* / Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación/ NIPO: 251-06-115-0

[3]Meco Murillo, R.; Lacasta Dutoit, C. y Moreno Valencia, M.M.; *Los secanos, base de la alimentación.* https://revistasoberaniaalimentaria.wordpress.com/2013/10/18/los-secanos-base-de-la-alimentacion/

[4]López Pérez, J.A.; Díez Rojo, M.A. (2013) *Posibles efectos adversos de algunas tecnologías en los agroecosistemas tradicionales de secano. Capítulo.* AGRICULTURA ECOLÓGICA EN SECANO. Soluciones sostenibles en ambientes mediterráneos. Coord. Meco Murillo, R.; Lacasta Dutoit, C. y Moreno Valencia, M.M.

[5]*España en mapas. Una síntesis geográfica*. Instituto Geográfico Nacional. NIPO: 162-18-003-0

[6]Corominas, J. (2013): *Modernización y desarrollo de regadíos en la encrucijada.* Curso sobre Tecnologías y estrategias para el ahorro de energía en regadíos. Huesca, Universidad Menéndez Pelayo

[7]*Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Informe sobre regadíos en España*. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. ESYRCE 2017. N.I.P.O.: 013-17-120-0

[8] Corominas, J. (2012): *El regadío en los postulados de la PAC* en Fundación de Estudios Rurales - Anuario 2012, Madrid, pp. 103-108

[9] *Hechos y Cifras de la Agricultura, la Pesca y la Alimentación en España* / Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación/ NIPO: 251-06-115-0

[10] Meco Murillo, R.; Lacasta Dutoit, C. y Moreno Valencia, M.M.; *Los secanos, base de la alimentación.* https://revistasoberaniaalimentaria.wordpress.com/2013/10/18/los-secanos-base-de-la-alimentacion/

[11] López Pérez, J.A.; Díez Rojo, M.A. (2013) *Posibles efectos adversos de algunas tecnologías en los agroecosistemas tradicionales de secano. Capítulo.* AGRICULTURA ECOLÓGICA EN SECANO. Soluciones sostenibles en ambientes mediterráneos. Coord. Meco Murillo, R.; Lacasta Dutoit, C. y Moreno Valencia, M.M.

[12] *España en mapas. Una síntesis geográfica*. Instituto Geográfico Nacional. NIPO: 162-18-003-0

[13] Corominas, J. (2013): *Modernización y desarrollo de regadíos en la encrucijada.* Curso sobre Tecnologías y estrategias para el ahorro de energía en regadíos. Huesca, Universidad Menéndez Pelayo

[14] *Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Informe sobre regadíos en España*. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. ESYRCE 2017. N.I.P.O.: 013-17-120-0

[15] *Hechos y Cifras de la Agricultura, la Pesca y la Alimentación en España* / Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación/ NIPO: 251-06-115-0

[16] Hermosilla, J. (2010): *Los regadíos históricos españoles: paisajes culturales, paisajes sostenibles.* Colección gestión tradicional del agua, patrimonio cultural y sostenibilidad, nº3. Madrid. MARM

Ricart Casadevall, S.; Roset Pagès, D.; Ribas Palom, A.; Pavón Gamero, D. (2016) *Puesta en valor del patrimonio vinculado a los regadíos históricos del bajo Ter*IX Congrés Ibèric de Gestió i Planificació de l'Aigua.

[17] Martínez-Fernández, J., Esteve-Selma, M.A. Banos-González, I., Carreño, F., Moreno, A. (2013). *Sustainability of Mediterranean irrigated agro-landscapes*. Ecological Modelling, 248, 11-19.

Baños, I.; Martínez Paz, J.M.; Martínez Fernández, J.; Esteve Selma, M.A.; (2018). *Regadíos históricos: identificación y evaluación de medidas para su conservación.* X Congresso Ibérico de Gestão e Planeamento da Água.

Egea Fernández, J.M.; Egea Sánchez, J.M. (2016) *Agricultura de proximidad, agroecología y sostenibilidad: el papel de los regadíos tradicionales.* IX Congrés Ibèric de Gestió i Planificació de l'Aigua.

Sales Martínez, V. (2016) *Usos del agua en espacios agrarios periurbanos: las huertas al norte de la ciudad de Valencia.* IX Congrés Ibèric de Gestió i Planificació de l'Aigua.

Baños-González, I.; Martínez Fernández, J.; Esteve Selma, M.A. (2016) IX Congrés Ibèric de Gestió i Planificació de l'Aigua. *El modelo dinámico de la huerta de murcia: tendencias previstas y verificación con datos recientes*.

[18] Rodríguez Jímenez, F.J.; Riesco, S. (2016) El Plan Badajoz: entre la modernización económica y la propaganda política. Old and New Worlds: The Global Challenges of Rural History. V Encontro Rural RePort, XV Congreso de Historia Agraria de la SEHA

[19] *España - Programa Nacional de Desarrollo Rural*. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. The European Agricultural Fund for Rural Development. (2014)

[20] Gómez-Limón, J.A. (2010) *Implicaciones territoriales de la agricultura de regadío en España*. Agricultura Familiar en España 2010.

[21] Corominas, J. (2013). *La agricultura de regadío en España: estado de la cuestión*. Jornada de debate nueva cultura del agua y nuevos regadíos: por una agricultura sustentable

[22] *Anuario de Estadística 2014*. MAGRAMA.

[23] https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/frutas-y-hortalizas/informacion_general.aspx

https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/flores-plantas-ornamentales/

[24] Antón Vallejo, M.A. (2004) *Utilización del Análisis del ciclo de vida en la evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero mediterráneo.* Tesis doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Projectes d'Enginyeria

Matarán Ruiz, A.; (2005) *La valoración ambiental-territorial de las agriculturas de regadío en el litoral medterráneo: el caso de Granada.* Tesis doctoral. Universidad de Granada.

[25] Calvo García-Tornel, F. (2006). *Sureste español: regadio, tecnologías hidraulicas y cambios territoriales. Scripta nova, revista electrónica de geografía y ciencias sociales.* Vol. X, núm. 218 (04), 1 de agosto de 2006

[26] Compés López, R.; García Álvarez-Coque, J.M.; (2009) *La reforma de la PAC y la agricultura española: alternativas y oportunidades para España,* Observatorio de Política Exterior Española

[27] Ministerio para la Transición Ecológica. 2018. Informe de seguimiento de los planes hidrológicos de cuenca y de los recursos hídricos en España Año 2017. Avance versión septiembre de 2018. Ministerio para la Transición Ecológica.

[28] WWF. SEO-BirdLife 2010. *¿Quien contamina cobra? Relación entre la Política Agraria Común y el medio ambiente en España*. WWF-España y SEO-BirdLife.

[29] Albizua, A. (2016) *Social-ecological impacts of agrarian intensification: The case of modern irrigation in Navarre.* Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals

[30] Bienes Allas, R. y Marqués Pérez, M.J. (2017) *Contaminación Agraria Difusa. (Capítulo) Introducción a la contaminación de suelos* / Raimundo Jiménez Ballesta (ed. lit.).

[31] *El regadío excesivo y descontrolado y sus consecuencias: el caso del Mar Menor.* ANSE-WWF 2018

[32] Alenza García, J.F.; (1999) *Evaluación de impacto ambiental y concentración parcelaria*. Revista Jurídica de Navarra. Julio-diciembre 1999. Nº 28, pp. 173-198

[33] Martín Barajas, S.; González Briz, E. (2015). *Los efectos del cambio climático sobre el agua en España y la planificación hidrológica*. Ecologistas en Acción.

Iglesias Picazo, A.; Quiroga Gomez, S. y Sotés Ruiz, V. (2011). *La agricultura española y el cambio climático*. "Economistas", v. 29 (n. 127); pp. 19-26. ISSN 0212-4386.

Iglesias, A., Quiroga, S. (2007), *Measuring the risk of climate variability to cereal production at five sites in Spain*, Climate Research

[34] *Borràs Calvo, G. (2016) Aigua, agricultura, boscos i canvi climàtic.* IX Congrés Ibèric de Gestió i Planificació de l'Aigua.

[35] Martín Barajas S; González Briz E; Andaluz Prieto J. 2016. Consecuencias del cambio climático sobre la disponibilidad de agua en España, tras la firma del Acuerdo de París. Ecologistas en Acción. www.ecologistasenaccion.org/article32250.html

[36] WWF. SEO-BirdLife 2010. *¿Quien contamina cobra? Relación entre la Política Agraria Común y el medio ambiente en España*. WWF-España y SEO-BirdLife.

[37] *Hechos y Cifras de la Agricultura, la Pesca y la Alimentación en España* / Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación/ NIPO: 251-06-115-0

[38] Berbel, J.; Gómez-Limón, J.A.; Gutiérrez-Martín, C. (2017). Modernización de regadíos y ahorro de agua. En: Berbel y Gutiérrez-Marín (coords.) *Efectos de la modernización de regadíos en España*. Cajamar Caja Rural.

Modernización de regadíos. Un mal negocio para la naturaleza y la sociedad. (2015) WWF/Adena

[39] Lecina, S.; Isidoro, D.; Playán, E. y Aragüés, R. (2010a): «Irrigation modernization in Spain: Effects on water quantity and quality. A conceptual approach»; *International Journal of Water Resources Development* 26(2); pp. 265-282. doi:10.1080/07900621003655734.

Lecina, S; Playán E.; Isidoro, D.; Zapata, N.; Salvador, R.; Faci, J.M.; Aragués, R. (2010b). La contabilidad del agua aplicada al análisis de la modernización de Riegos del Alto Aragón. *Riegos y Drenajes* XXI, 24-31.

Lecina, S.; Isidoro, D.; Playán, E.; Aragüés, R. (2011). Modernización de regadíos: ventajas y limitaciones. *I Jornada Técnica. Gestión eficaz del riego por aspersión. Últimos avances técnicos y medioambientales*. Monógrafico Riegos del Alto Aragón I. Junio 2011.

Rodríguez-Díaz, J. A.; Pérez-Urrestarazu, L.; Camacho-Poyato, E. y Montesinos, P. (2011): «The paradox of irrigation scheme modernization: more efficient water use linked to higher energy demand»; *Spanish Journal of Agricultural Research* 9(4); pp. 1000-1008.

Rodríguez-Díaz, J. A.; Pérez-Urrestarazu, L.; Camacho-Poyato, E. y Montesinos, P. (2012): «Modernizing water distribution networks: Lessons from the Bembézar MD irrigation district, Spain»; *Outlook on Agriculture* 41(4); pp. 229-236. doi:10.5367/oa.2012.0105.

Fernández García, I.; Rodríguez Díaz, J. A.; Camacho Poyato, E.; Montesinos, P. y Berbel, J. (2014): «Effects of modernization and medium term perspectives on water and energy use in irrigation districts»; *Agricultural Systems* (131); pp. 56-63.

Corominas Masip, J.; Cuevas Navas, R. (2017). Análisis crítico de la modernización de regadíos Pensando el futuro ¿cómo será el nuevo paradigma?. En: Berbel y Gutiérrez-Marín (coords.) *Efectos de la modernización de regadíos en España*. Cajamar Caja Rural.; Berbel et al 2017

[40] Lecina, S.; Isidoro, D.; Playán, E.; Aragüés, R. (2009). Efecto de la modernización de regadíos sobre la cantidad y la calidad de las aguas: la cuenca del Ebro como caso de estudio. Monografías INIA, nº 26. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.

Sampedro Sánchez, D.; (2018) *Modernización del regadío y sequía en la cuenca del guadalquivir*. X Congresso Ibérico de Gestão e Planeamento da Água. Libro de Actas

[41] Corominas Masip, J.; Cuevas Navas, R. (2017). *Análisis crítico de la modernización de regadíos Pensando el futuro ¿cómo será el nuevo paradigma?*. En: Berbel y Gutiérrez-Marín (coords.) *Efectos de la modernización de regadíos en España*. Cajamar Caja Rural.

[42] Corominas Masip, J.; Cuevas Navas, R. (2017). Análisis crítico de la modernización de regadíos Pensando el futuro ¿cómo será el nuevo paradigma?. En: Berbel y Gutiérrez-Marín (coords.) Efectos de la modernización de regadíos en España. Cajamar Caja Rural.

[43] González-Cebollada, C. (2018) *El mito de la modernización del regadío como instrumento para el ahorro de agua*. X Congresso Ibérico de Gestão e Planeamento da Água, Libro de Actas.

Berbel J. Gutiérrez-Martín C. Rodríguez-Díaz J.A. Camacho E. y Montesinos P. (2015) *Literature review on rebound effect of water saving measures and analysis of a Spanish case study*. Water Resources Management 29:663-678.

[44] Corominas, (2010); Corominas Masip, J.; Cuevas Navas, R. (2017). Análisis crítico de la modernización de regadíos Pensando el futuro ¿cómo será el nuevo paradigma?. En: Berbel y Gutiérrez-Marín (coords.) *Efectos de la modernización de regadíos en España*. Cajamar Caja Rural.

Berbel, J.; Gutiérrez Marín, C. (2017). Conclusiones y propuestas. En: Berbel y Gutiérrez-Marín (coords). En: Berbel y Gutiérrez-Marín (coords.) *Efectos de la modernización de regadíos en España*. Cajamar Caja Rural.

Fernández García, I.; Rodríguez Díaz, J. A.; Camacho Poyato, E.; Montesinos, P. y Berbel, J. (2014): «Effects of modernization and medium term perspectives on water and energy use in irrigation districts»; *Agricultural Systems* (131); pp. 56-63.

Rodríguez-Díaz, J. A.; Pérez-Urrestarazu, L.; Camacho-Poyato, E. y Montesinos, P. (2011): «The paradox of irrigation scheme modernization: more efficient water use linked to higher energy demand»; *Spanish Journal of Agricultural Research* 9(4); pp. 1000-1008.

Corominas J., (2010). Agua y Energía en el riego en la época de la Sostenibilidad. Ingeniería del Agua. Volumen 17, nº 3. pp. 219-233

MAGRAMA, (2015). *ESYRCE. Informe sobre Regadíos en España*. Madrid. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

[45]*Hechos y Cifras de la Agricultura, la Pesca y la Alimentación en España* / Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación/ NIPO: 251-06-115-0

[46]Hermosilla, J. (2010): *Los regadíos históricos españoles: paisajes culturales, paisajes sostenibles.* Colección gestión tradicional del agua, patrimonio cultural y sostenibilidad, nº3. Madrid. MARM

Ricart Casadevall, S.; Roset Pagès, D.; Ribas Palom, A.; Pavón Gamero, D. (2016) *Puesta en valor del patrimonio vinculado a los regadíos históricos del bajo Ter*IX Congrés Ibèric de Gestió i Planificació de l'Aigua.

[47] Martínez-Fernández, J., Esteve-Selma, M.A. Banos-González, I., Carreño, F., Moreno, A. (2013). *Sustainability of Mediterranean irrigated agro-landscapes*. Ecological Modelling, 248, 11-19.

Baños, I.; Martínez Paz, J.M.; Martínez Fernández, J.; Esteve Selma, M.A.; (2018). *Regadíos históricos: identificación y evaluación de medidas para su conservación.* X Congresso Ibérico de Gestão e Planeamento da Água.

Egea Fernández, J.M.; Egea Sánchez, J.M. (2016) *Agricultura de proximidad, agroecología y sostenibilidad: el papel de los regadíos tradicionales.* IX Congrés Ibèric de Gestió i Planificació de l'Aigua.

Sales Martínez, V. (2016) *Usos del agua en espacios agrarios periurbanos: las huertas al norte de la ciudad de Valencia.* IX Congrés Ibèric de Gestió i Planificació de l'Aigua.

Baños-González, I.; Martínez Fernández, J.; Esteve Selma, M.A. (2016) IX Congrés Ibèric de Gestió i Planificació de l'Aigua. *El modelo dinámico de la huerta de murcia: tendencias previstas y verificación con datos recientes*.

Rodríguez Jímenez, F.J.; Riesco, S. (2016) El Plan Badajoz: entre la modernización económica y la propaganda política. Old and New Worlds: The Global Challenges of Rural History. V Encontro Rural RePort, XV Congreso de Historia Agraria de la SEHA

[49]*España - Programa Nacional de Desarrollo Rural*. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. The European Agricultural Fund for Rural Development. (2014)

[50]Gómez-Limón, J.A. (2010) *Implicaciones territoriales de la agricultura de regadío en España*. Agricultura Familiar en España 2010.

[51]Corominas, J. (2013). *La agricultura de regadío en España: estado de la cuestión*. Jornada de debate nueva cultura del agua y nuevos regadíos: por una agricultura sustentable

[52]*Anuario de Estadística 2014*. MAGRAMA.

[53] https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/frutas-y-hortalizas/informacion_general.aspx

https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/flores-plantas-ornamentales/

[54] Antón Vallejo, M.A. (2004) *Utilización del Análisis del ciclo de vida en la evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero mediterráneo.* Tesis

doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Projectes d'Enginyeria

Matarán Ruiz, A.; (2005) *La valoración ambiental-territorial de las agriculturas de regadío en el litoral medterráneo: el caso de Granada.* Tesis doctoral. Universidad de Granada.

[55] Calvo García-Tornel, F. (2006). *Sureste español: regadio, tecnologías hidraulicas y cambios territoriales. Scripta nova, revista electrónica de geografía y ciencias sociales.* Vol. X, núm. 218 (04), 1 de agosto de 2006

[56] Compés López, R.; García Álvarez-Coque, J.M.; (2009) *La reforma de la PAC y la agricultura española: alternativas y oportunidades para España,* Observatorio de Política Exterior Española

[57] Ministerio para la Transición Ecológica. 2018. Informe de seguimiento de los planes hidrológicos de cuenca y de los recursos hídricos en España Año 2017. Avance versión septiembre de 2018. Ministerio para la Transición Ecológica.

[58] WWF. SEO-BirdLife 2010. *¿Quien contamina cobra? Relación entre la Política Agraria Común y el medio ambiente en España*. WWF-España y SEO-BirdLife.

[59] Albizua, A. (2016) *Social-ecological impacts of agrarian intensification: The case of modern irrigation in Navarre.* Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals

[60] Bienes Allas, R. y Marqués Pérez, M.J. (2017) *Contaminación Agraria Difusa. (Capítulo) Introducción a la contaminación de suelos* / Raimundo Jiménez Ballesta (ed. lit.).

[61] *El regadío excesivo y descontrolado y sus consecuencias: el caso del Mar Menor.* ANSE-WWF 2018

[62] Alenza García, J.F.; (1999) *Evaluación de impacto ambiental y concentración parcelaria*. Revista Jurídica de Navarra. Julio-diciembre 1999. Nº 28, pp. 173-198

[63] Martín Barajas, S.; González Briz, E. (2015). *Los efectos del cambio climático sobre el agua en España y la planificación hidrológica*. Ecologistas en Acción.

Iglesias Picazo, A.; Quiroga Gomez, S. y Sotés Ruiz, V. (2011). *La agricultura española y el cambio climático*. "Economistas", v. 29 (n. 127); pp. 19-26. ISSN 0212-4386.

Iglesias, A., Quiroga, S. (2007), *Measuring the risk of climate variability to cereal production at five sites in Spain*, Climate Research

[64] *Borràs Calvo, G. (2016) Aigua, agricultura, boscos i canvi climàtic.* IX Congrés Ibèric de Gestió i Planificació de l'Aigua.

[65] Martín Barajas S; González Briz E; Andaluz Prieto J. 2016. Consecuencias del cambio climático sobre la disponibilidad de agua en España, tras la firma del Acuerdo de París. Ecologistas en Acción. www.ecologistasenaccion.org/article32250.html

[66] WWF. SEO-BirdLife 2010. *¿Quien contamina cobra? Relación entre la Política Agraria Común y el medio ambiente en España*. WWF-España y SEO-BirdLife.

[67] *Hechos y Cifras de la Agricultura, la Pesca y la Alimentación en España* / Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación/ NIPO: 251-06-115-0

[68] Berbel, J.; Gómez-Limón, J.A.; Gutiérrez-Martín, C. (2017). Modernización de regadíos y ahorro de agua. En: Berbel y Gutiérrez-Marín (coords.) *Efectos de la modernización de regadíos en España*. Cajamar Caja Rural.

Modernización de regadíos. Un mal negocio para la naturaleza y la sociedad. (2015) WWF/Adena

[69] Lecina, S.; Isidoro, D.; Playán, E. y Aragüés, R. (2010a): «Irrigation modernization in Spain: Effects on water quantity and quality. A conceptual approach»; *International Journal of Water Resources Development* 26(2); pp. 265-282. doi:10.1080/07900621003655734.

Lecina, S; Playán E.; Isidoro, D.; Zapata, N.; Salvador, R.; Faci, J.M.; Aragués, R. (2010b). La contabilidad del agua aplicada al análisis de la modernización de Riegos del Alto Aragón. *Riegos y Drenajes* XXI, 24-31.

Lecina, S.; Isidoro, D.; Playán, E.; Aragüés, R. (2011). Modernización de regadíos: ventajas y limitaciones. *I Jornada Técnica. Gestión eficaz del riego por aspersión. Últimos avances técnicos y medioambientales*. Monógrafico Riegos del Alto Aragón I. Junio 2011.

Rodríguez-Díaz, J. A.; Pérez-Urrestarazu, L.; Camacho-Poyato, E. y Montesinos, P. (2011): «The paradox of irrigation scheme modernization: more efficient water use linked to higher energy demand»; *Spanish Journal of Agricultural Research* 9(4); pp. 1000-1008.

Rodríguez-Díaz, J. A.; Pérez-Urrestarazu, L.; Camacho-Poyato, E. y Montesinos, P. (2012): «Modernizing water distribution networks: Lessons from the Bembézar MD irrigation district, Spain»; *Outlook on Agriculture* 41(4); pp. 229-236. doi:10.5367/oa.2012.0105.

Fernández García, I.; Rodríguez Díaz, J. A.; Camacho Poyato, E.; Montesinos, P. y Berbel, J. (2014): «Effects of modernization and medium term perspectives on water and energy use in irrigation districts»; *Agricultural Systems* (131); pp. 56-63.

Corominas Masip, J.; Cuevas Navas, R. (2017). Análisis crítico de la modernización de regadíos Pensando el futuro ¿cómo será el nuevo paradigma?. En: Berbel y Gutiérrez-Marín (coords.) *Efectos de la modernización de regadíos en España*. Cajamar Caja Rural.; Berbel et al 2017

[70] Lecina, S.; Isidoro, D.; Playán, E.; Aragüés, R. (2009). Efecto de la modernización de regadíos sobre la cantidad y la calidad de las aguas: la cuenca del Ebro como caso de estudio. Monografías INIA, nº 26. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.

Sampedro Sánchez, D.; (2018) *Modernización del regadío y sequía en la cuenca del guadalquivir*. X Congresso Ibérico de Gestão e Planeamento da Água. Libro de Actas

[71] Corominas Masip, J.; Cuevas Navas, R. (2017). *Análisis crítico de la modernización de regadíos Pensando el futuro ¿cómo será el nuevo paradigma?*. En: Berbel y Gutiérrez-Marín (coords.) *Efectos de la modernización de regadíos en España*. Cajamar Caja Rural.

[72] Corominas Masip, J.; Cuevas Navas, R. (2017). Análisis crítico de la modernización de regadíos Pensando el futuro ¿cómo será el nuevo paradigma?. En: Berbel y Gutiérrez-Marín (coords.) Efectos de la modernización de regadíos en España. Cajamar Caja Rural.

[73] González-Cebollada, C. (2018) *El mito de la modernización del regadío como instrumento para el ahorro de agua*. X Congresso Ibérico de Gestão e Planeamento da Água, Libro de Actas.

Berbel J. Gutiérrez-Martín C. Rodríguez-Díaz J.A. Camacho E. y Montesinos P. (2015) *Literature review on rebound effect of water saving measures and analysis of a Spanish case study*. Water Resources Management 29:663-678.

[74] Corominas, (2010); Corominas Masip, J.; Cuevas Navas, R. (2017). Análisis crítico de la modernización de regadíos Pensando el futuro ¿cómo será el nuevo paradigma?. En: Berbel y Gutiérrez-Marín (coords.) *Efectos de la modernización de regadíos en España*. Cajamar Caja Rural.

Berbel, J.; Gutiérrez Marín, C. (2017). Conclusiones y propuestas. En: Berbel y Gutiérrez-Marín (coords). En: Berbel y Gutiérrez-Marín (coords.) *Efectos de la modernización de regadíos en España*. Cajamar Caja Rural.

Fernández García, I.; Rodríguez Díaz, J. A.; Camacho Poyato, E.; Montesinos, P. y Berbel, J. (2014): «Effects of modernization and medium term perspectives on water and energy use in irrigation districts»; *Agricultural Systems* (131); pp. 56-63.

Rodríguez-Díaz, J. A.; Pérez-Urrestarazu, L.; Camacho-Poyato, E. y Montesinos, P. (2011): «The paradox of irrigation scheme modernization: more efficient water use linked to higher energy demand»; *Spanish Journal of Agricultural Research* 9(4); pp. 1000-1008.

Corominas J., (2010). Agua y Energía en el riego en la época de la Sostenibilidad. Ingeniería del Agua. Volumen 17, nº 3. pp. 219-233

MAGRAMA, (2015). *ESYRCE. Informe sobre Regadíos en España*. Madrid. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Alvarez-Rogel, J., Jimenez-Carceles, F.J., Roca, M.J., Ortiz, R., 2007. Changes in soils and vegetation in a Mediterranean coastal salt marsh impacted by human activities. Estuarine, Coastal and Shelf Science 73: 510-526.

Álvarez-Rogel, J.; Jiménez-Cárceles, F.J.; Egea Nicolás, C.; María-Cervantes, A.; González-Alcaraz, M.N.; Párraga Aguado, I.; Conesa Alcaraz, H.M. 2009. Papel de los humedales costeros del Mar Menor en la depuración de aguas eutrofizadas: el caso de la Marina del Carmolí. En Cabezas & Senent (Eds): Mar Menor. Estado actual del conocimiento científico. Fundación Cluster-Instituto Euromediterráneo del agua. pp. 321-358

Audouin, M., R. Preiser, S. Nienaber, L. Downsborough, J. Lanz, and S. Mavengahama. (2013): Exploring the implications of critical complexity for the study of social-ecological systems. Ecology and Society 18(3): 12.http://dx.doi.org/10.5751/ES-05434-180312

Berkes, F. y Folke, C. (1998): "Linking social and ecological systems for resilience and sustainability". En Berkes, F. y Folke, C. (Eds.). Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience (págs 1-26). Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Carreño, M.F., Esteve, M.A., Martinez, J., Palazón, J.A. and Pardo, M.T. 2008. Habitat changes in coastal wetlands associated to hydrological changes in the watershed. Estuarine. Coastal and Shelf Science, 77, 475-483.

Carreño, M.F. 2015. Seguimiento de los cambios de usos y su influencia en las comunidades 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. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Challenger, A., Bocco, G., Equihua, M., Chavero, M. (2014): La aplicación del concepto del sistema socio-ecológico: alcances, posibilidades y limitaciones en la gestión ambiental de México. Investigación Ambiental, Ciencia y Política Pública, 6, pp. 1-21

Comino, E., Bottero M., Pomarico, S., Rosso, M. (2016): The combined use of Spatial Multicriteria Evaluation and Stakeholders analysis for supporting the ecological planning of a river basin. Land Use Policy 58 (2016) 183-195.

Delgado-serrano, M., E. Oteros-Rozas, P. Vanwildemeersch, C. Ortz Guerrero, S. London, and R. Escalante. 2015. Local perceptions on social-ecological dynamics in Latin America in three community-based natural resource management systems. Ecology and Society 20(4):24. http://dx.doi.org/10.5751/ES-07965-200424

Esteve, M.A.; Carreño, M.F.; Robledano, F.; Martínez-Fernández, J.; Miñano, J. 2008. Dynamics of coastal wetlands and land use changes in the watershed: implications for the biodiversity. In Raymundo E. Russo (Ed.): Wetlands: Ecology, Conservation and Restoration. Nova Science Publishers. New York. pp. 133-175.

Esteve Selma, M.A., Martínez Fernández, 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.

Fischer, J., T.A. Gardner, E.M. Bennett, P. Balvanera, R. Biggs, S. Carpenter, T. Daw, C. Folke, R. Hill, T.P. Hughes, T. Luthe, M. Maass, M. Meacham, A.V. Norström, G. Peterson, C. Queiroz, R. Seppelt, M. Spierenburg, J. Tenhunen. (2015): Advancing sustainability through mainstreaming a social-ecological systems perspective. Current Opinion in Environmental Sustainability 14: 144–149

García Pintado, J.; Barberá, G.; Martínez-Mena, M.; Albaladejo, J.; Erena, M.; Castillo, V. 2009. Caracterización y evaluación de fuentes antrópicas de nutrientes transportados por la rambla del Albujón hacia el Mar Menor. In Cabezas & Senent (Eds): Mar Menor. Estado actual del conocimiento científico. Fundación Cluster-Instituto Euromediterráneo del agua. pp. 167-206.

Gren, I.M., Elofsson, K, Jannke, P. (1997): Cost effective nutrient reductions to the Baltic Sea. Environmental and Resource Economics 10, 341362.

Gustafson, S.; Wang, D. 2002. Effects of agricultural runoff on vegetation composition of a priority conservation wetland, Ver-mont, USA. Journal of Environmental Management 31, 350-357.

Holling, CS; Berkes, F & Folker, C (1998): Op. cit. 5 AUDOUIN, M, PREISER, R; NIENABER, S; DOWNSBOROUGH L; LANZ, J & MAVENGAHAMA, S (2013). “Exploring the implications of critical complexity for the study of social-ecological systems”, Ecology and Society, 18 (3): p.12. http://dx.doi. org/10.5751/ES-05434-180312. Published here under license by the Resilience Alliance.

Jassen, M., & Ostrom, E. (2006). Governing Social-ecological Systems. En L. Tesfatsion, & K. Judd (Edits.), Computational Economics. (Vol. 2, págs. 1466-1502). Elsevier B.V.

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.

Lloret, J.; Marin, A.; Marin-Guirao, L.; Velasco, J. 2005. Changes in macrophytes distribution in a hypersaline coastal lagoon associated with the development of intensively irrigated agriculture. Ocean & Coastal Management, 48, 828-842.

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

Life+ Futur Agrari. 2014. Análisis de la situación medioambiental en la producción porcina. LIFE12 Futur Agrari. ENV/ES/000647.

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.

Martínez Fernández, J., Esteve, M.A., Robledano, F., Pardo, M.T., Carreño, M.F. 2005. Aquatic birds as bioindicators of trophic changes and ecosystem deterioration in the Mar Menor lagoon (SE Spain). Hydrobiologia, 550: 221-235.

Martínez-Fernández, J., Esteve-Selma, M.A., Martínez-Paz, J.M., Carreño, M.F., Martínez-López, J., Robledano, F., Farinós, P. 2014. Tradeoffs between Biodiversity Conservation and Nutrients Removal in Wetlands of arid Intensive Agricultural Basins: the Mar Menor case, Spain. En: Jørgensen, S.E., N-B. Chang, N-B., Xu, F-L. (eds.): Advances in Ecological Modelling and Ecological Engineering applied on Lakes and Wetlands. Elsevier. USA. pp. 275-310.

Martínez Fernández, J.; Esteve Selma, M.A.; Guaita, N. 2017. La crisis eutrófica del Mar Menor. Situación y Propuestas. En: La Roca, F. y Martínez j. (Coords): Informe del Observatorio de las Políticas del Agua 2017 “Retos de la Planificación y Gestión del Agua en España”. Observatorio de las Políticas del Agua (OPPA). Disponible en: https://fnca.eu/oppa/planificacion-hidrologica/informes.

Martínez-Paz, J.M Ruiz-Martínez, M.; Martínez-Fernández, J.; Esteve-Selma, M.A. (2005). Stakeholder analysis: gainers and losers for each management option. Technical Report. Project DITTY " development of an Information Technology Tool for the Management of European Southern Lagoons under the influence of river-basin runoff".

Martínez-Paz JM, Perni A, Martínez-Carrasco F. Assessment of the programme of measures for coastal lagoon environmental restoration using cost–benefit analysis. Eur Plan Stud (2013) 21(2):131–48.

Moral Ituarte, L. 2008. Integración de políticas sectoriales: agua y territorio. Panel científico-técnico de seguimiento de la política de aguas. Fundación Nueva Cultura del Agua. Convenio Universidad de Sevilla-Ministerio de Medio Ambiente.

Mumtas M. and Wichien C. (2013): Stakeholder Analysis for sustainable land management of park Phanang River Basin, Thailand. Social and behavioral Sciences 91. 349-356.

MTD. 2006. Mejores Técnicas Disponibles. Guía de mejores técnicas disponibles del sector porcino. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ministerio de Medio Ambiente.

Pérez Ruzafa, A., Marcos, C., Gilabert, J. (2005): The ecology of the Mar Menor coastal lagoon: a fast-changing ecosystem under human pressure. In: Gonenc¸ I.E., Wolflin J.P. (Eds.). Coastal Lagoons: Ecosystem Processes and Modeling for Sustainable Use and Development. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 392-422.

Perni, A.; Martínez-Paz, J.M. (2013). A participatory approach for selecting cost-effective measures in the WFD context: The Mar Menor (SE Spain). Science of the Total Environment 458–460: 303–311.

Rickson, R.E. (1985). Community responses to non-point pollution from agriculture. Journal of Environmental Management, 20: 281-293.

Robledano F, Esteve M.A, Farinós P, Carreño M.F, Martínez J. 2010. Terrestrial birds as indicators of agricultural-induced changes and associated loss in conservation value of mediterranean wetlands. Ecological Indicators, 10: 274-286

Robledano, F., Esteve, M.A., Martínez-Fernández, J., Farinos, P.2011. Determinants of wintering waterbird changes in a Mediterranean coastal lagoon affected by eutrophication. Ecological Indicators 11. 395-406.

Rodríguez Estrella, T. 2009. El Mar Menor: Geología y sus relaciones con las aguas subterráneas del continente. In Cabezas & Senent (Eds): Mar Menor. Estado actual del conocimiento científico. Fundación Cluster-Instituto Euromediterráneo del agua. pp. 47-84.

Senent Alonso, M.; Martínez Vicente, D.; Cabezas, F.; García Aróstegui, J.L.; Baudron, P. 2009. Aproximación mediante modelización matemática a la evaluación de las descargas del acuífero cuaternario del Campo de Cartagena al Mar Menor (Murcia). In Cabezas & Senent (Eds): Mar Menor. Estado actual del conocimiento científico. Fundación Cluster-Instituto Euromediterráneo del agua. pp. 109-130.

Serrano, J., Ruiz, C., Andujar, C. and Lencina, J. L. (2005). Land use and ground beetle assemblages in the National Park of Cabañeros. Central Spain (Coleoptera: Carabidae). In: G. Lövei and S. Toft (Eds.), European Carabidology (Proceedings of the 11th European Carabidologists`s Meeting) DIAS Report Plant Production. No. 14. (275-289). Danish Institute Agricultural Sciences.

Serrano, J.F.; Sironi, J.S. 2009. Cuantificación y evolución de la carga contaminante de nutrientes y plaguicidas en aguas del Mar Menor y su relación con los aportes hídricos de la Rambla del Albujón y otros aportes subterráneos. In Cabezas & Senent (Eds): Mar Menor. Estado actual del conocimiento científico. Fundación Cluster-Instituto Euromediterráneo del agua. pp. 245-284.

Síndic de Greuges de Catalunya. 2016. Informe sobre la contaminació provocada per purins a Catalunya.

Velasco, J.; LLoret, J.; Millan, A.; Marin, A.; Barahona, J.; Abellán, P.; Sánchez-Fernández, D. 2006. Nutrient and particulate inputs into the Mar Menor lagoon (SE Spain) from an intensive agricultural watershed. Water, Air and Soil Pollution, 176: 37-56.

Ventana Systems Inc. 2007. VENSIM®. Ventana Simulation Environment. Reference Manual. USA.

Vidal-Abarca, M.R., Esteve Selma, M.A., Suárez Alonso, M.L. (2003): Los Humedales de la Región de Murcia: Humedales y Ramblas de la Región de Murcia. Consejería de Agricultura. Agua y Medio Ambiente, Murcia.

Yang, J. (2014): An investigation of stakeholder analysis in urban development projects: Empirical or rationalistic perspectives', International Journal of Project Management, vol. 32, no. 5, pp. 838-849.

Zanou, B.; Kontogianni, A.; Skourtos, M. 2003. A classification approach of cost effective management measures for the improvement of watershed quality. Ocean & Coastal Management 46: 957-983.