APÉNDICE 1.

DIAGNÓSTICO

CONTENIDO

1 ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA CUENCA VERTIENTE DEL MAR MENOR:..... 1
1.1 AGRICULTURA 1
1.1.1 Explotaciones agrarias..... 4
1.1.2 Superficies en cultivo 4
1.1.3 Superficie en regadío..... 17
1.1.4 Gestión del agua para usos agrarios 34
1.1.5 Insumo de agroquímicos y abonos orgánicos 43
1.1.6 Generación y manejo in situ de residuos agrícolas..... 55
1.1.7 Vertido e incorporación al medio de contaminantes de origen agrícola..... 56
1.2 GANADERÍA 61
1.2.1 Evolución histórica de la ganadería en la Región de Murcia..... 61
1.2.2 Ganadería ecológica 63
1.2.3 Dimensión y tipología de la cabaña ganadera de la Cuenca Vertiente del Mar Menor 64
1.2.4 Presión de la carga ganadera en la Cuenca Vertiente..... 70
1.2.5 Sistemas de almacenamiento de deyecciones ganaderas 71
1.2.6 Contaminación difusa por la deficiencia de impermeabilización en los sistemas de almacenamiento..... 74
1.2.7 Generación y manejo de deyecciones ganaderas..... 76
1.2.8 Generación y manejo de otros residuos 78
1.3 SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN..... 80
1.3.1 Herramientas estratégicas 80
1.3.2 Sistema de colectores 80
1.3.3 Sistemas de depuración en el Campo de Cartagena..... 81
1.3.4 Programa de reducción de nutrientes en zonas sensibles y vulnerables 84
1.3.5 Gestión de aguas de tormenta..... 85
1.3.6 Programa de reutilización y regeneración de aguas depuradas 90
1.4 ACTIVIDAD URBANA Y TURÍSTICA 90
1.5 GESTIÓN DE RESIDUOS..... 96
1.5.1 Vertidos y vertederos..... 96
1.5.2 Residuos mineros 96
1.6 CONCLUSIONES DE ACTIVIDADES EN LA CUENCA..... 99

1.6.1 Transformación de los usos en el Campo de Cartagena: intensificación de la agricultura 99
1.6.2 Dotación hídrica y calidad de las aguas de riego 99
1.6.3 Modernización del regadío y aporte de nutrientes 99
1.6.4 Contaminación del acuífero por infiltración debido a deficiencias en las instalaciones de almacenamiento de deyecciones ganaderas 100
1.6.5 Deficiencia en la gestión de las deyecciones ganaderas 100
1.6.6 Concentración de explotaciones ganaderas intensivas 100
1.6.7 Transferencia de la contaminación a agua subterránea 101
1.6.8 Crecimiento de la actividad urbana y turística 101
1.6.9 Sistemas de saneamiento unitarios 101
1.6.10 Sistemas de depuración antiguos 101
1.6.11 Actividad pasada minera 102
2 SISTEMA HÍDRICO (SUBTERRÁNEO Y SUPERFICIAL) - MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DE CONTAMINANTES AL MAR MENOR 104
2.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA 104
2.1.1 Variables climáticas 104
2.1.2 Sequías y cambio climático 105
2.2 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA HÍDRICO SUBTERRÁNEO 108
2.2.1 Marco hidrogeológico 108
2.2.2 Balance hídrico del acuífero Cuaternario 130
2.2.3 Aportaciones del acuífero Cuaternario al Mar Menor 136
2.2.4 Conclusiones respecto a las aguas subterráneas 137
2.3 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA HÍDRICO SUPERFICIAL 139
2.3.1 Caracterización hídrica. Flujo continuo 140
2.3.2 Caracterización hídrica. Avenidas 153
2.4 CONCLUSIONES DEL SISTEMA HÍDRICO 163
2.4.1 Los aportes hídricos superficiales al Mar Menor: flujo continuo y avenidas 163
2.4.2 La influencia de las actividades de la cuenca en la calidad de los flujos superficiales 163
2.4.3 La contaminación de los flujos superficiales 163
2.4.4 Balance hídrico 164
3 ACTIVIDADES DESARROLLADAS DIRECTAMENTE SOBRE EL ESPACIO DEL MAR MENOR 169
3.1.1 Actividad portuaria 169
3.2 ACTIVIDAD PESQUERA 172
3.2.1 Regulación y Gestión Pesquera 175

3.3 ACTIVIDAD SALINERA 176
3.4 CONCLUSIONES DE ACTIVIDADES EN EL MAR MENOR 177
3.4.1 Actividad portuaria 177
3.4.2 Actividad pesquera 177
3.4.3 Actividad salinera 178
4 SITUACIÓN ECOLÓGICA DEL MAR MENOR 179
4.1 ESTADO FÍSICO-QUÍMICO Y ECOLÓGICO 179
4.1.1 Hidrología 179
4.1.2 Hidrodinamismo 180
4.1.3 Dinámica sedimentaria 182
4.1.4 Productividad 183
4.1.5 Calidad físico-química y ambiental de la columna de agua 183
4.1.6 Parámetros oceanográficos actuales 183
4.2 COMUNIDADES BIOLÓGICAS 185
4.2.1 Comunidades presentes en el Mar Menor 185
4.2.2 Humedales litorales asociados al Mar Menor 186
4.3 PRINCIPALES PROCESOS EN LA LAGUNA DEL MAR MENOR 188
4.3.1 Interconexión con el Mar Mediterráneo 188
4.3.2 Cambios e intensificación de usos 189
4.3.3 Calentamiento global 189
4.3.4 Dinámica de nutrientes 189
4.3.5 Proceso de eutrofización 191
4.4 ESTADO DEL MAR MENOR RESPECTO A LOS OBJETIVOS AMBIENTALES 204
4.4.1 Directiva Marco del Agua – Masa de agua costera Mar Menor 204
4.4.2 Estrategias Marinas: Demarcación marina Levantino-Balear 204
4.5 CONCLUSIONES DE SITUACIÓN ECOLÓGICA 207
4.5.1 Factores determinantes 207
5 IDENTIFICACIÓN DE FACTORES CON INFLUENCIA EN LA DEGRADACIÓN DEL MAR MENOR, INTERACCIONES Y PRINCIPALES PRESIONES Y AFECCIONES RELACIONADAS 213
5.2 DIAGRAMA REPRESENTATIVO DE LAS INTERACCIONES ENTRE LAS CAUSAS QUE INFLUYEN EN LA DEGRADACIÓN DEL MAR MENOR 215
5.3 DESCRIPCIÓN DE PRINCIPALES PRESIONES (P) Y AFECCIONES (A) RELACIONADOS CON LA DEGRADACIÓN DEL MAR MENOR 217
6 BIBLIOGRAFÍA 229

TABLAS:

Tabla 1: Evolución de la aportación de los distintos subsectores a la producción de la rama agraria en Millones de € y % (2006-2016) en la Región de Murcia (Cª de Agua, Agricultura y Medio Ambiente, 2017) 1

Tabla 2: Superficie de cultivos herbáceos de la Comarca del Campo de Cartagena en 2017 (Consejería de Agricultura y Agua CARM, 2018)..... 3

Tabla 3: Superficie de cultivos leñosos de la Comarca del Campo de Cartagena en 2017 (Consejería de Agricultura y Agua CARM, 2018)..... 3

Tabla 4: Censo explotaciones agrarias por municipios (Centro Regional de Estadística de Murcia, 2018). 4

Tabla 5: Superficie por usos de suelo y tipo de cultivo en la masa de agua subterránea Campo de Cartagena a partir de los datos del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos 1980-1990. (Elaboración propia)..... 6

Tabla 6: Superficie por usos de suelo y tipo de cultivo en la masa de agua subterránea Campo de Cartagena a partir de los datos del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos 2000-2009 (Elaboración propia)..... 7

Tabla 7: Superficie forestal en el ámbito de la cuenca vertiente del Mar Menor según MFE..... 9

Tabla 8: Evolución de usos del suelo entre el IFN3 y el IFN4 en el ámbito de la Cuenca 10

Tabla 9: Cambios en la distribución de las superficies de usos del suelo entre 2008 y 2016 basada en datos de SIGPAC entre 2008 y 2016 (Elaboración propia) 12

Tabla 10: Evolución de usos del suelo por superficie (ha) entre 2008 y 2016 según Agrupación de usos del SIGPAC. (Elaboración propia). 14

Tabla 11: Principales usos con cambios sustanciales en el periodo 2008-2016 según datos del SIGPAC (Elaboración propia) 15

Tabla 12: Distribución de superficie abandonada por cultivo según SIGPAC 2008-2016 (Elaboración propia). 16

Tabla 13: Superficie de regadío por cultivos basada en datos SIGPAC, 2016 (Elaboración propia). 19

Tabla 14: Superficies (ha) y usos de regadío según Catastro, 2017 24

Tabla 15: Superficies (ha) y usos de secano (Catastro, 2017) 24

Tabla 16: Unidades de Demanda Agraria en la cuenca vertiente del Mar Menor Campo de Cartagena (Elaboración propia). 25

Tabla 17: Evolución superficie de riego en la cuenca vertiente del Mar Menor según las fuentes utilizadas en este documento. 27

Tabla 18: Listado Comunidades de Regantes de la Cuenca Vertiente Mar Menor 28

Tabla 19: Fuentes de agua de riego de la CRASMM (Celdrán, 2017)..... 30

Tabla 20: Superficie (ha) destinada a riego localizado por municipios de la cuenca vertiente al Mar Menor en 2016 (Consejería de Agricultura y Agua CARM, 2018). 31

Tabla 21: Superficies de cultivos forzados del campo de Cartagena-Mar Menor 32

Tabla 22: Superficie destinada a invernaderos por municipios del Campo de Cartagena, 2016 (Consejería de Agricultura y Agua CARM, 2018). 32

Tabla 23: Evolución de la superficie destinada a invernaderos (Consejería de Agricultura y Agua CARM, 2018) 33

Tabla 24: Calendario de cultivo tipo (Elaboración propia). 34

Tabla 25: Evolución de superficies y demandas en UDAs en la cuenca vertiente del Mar Menor (Fuente: Elaboración propia basada en datos CHS). 36

Tabla 26: Superficies de riego según aprovechamientos de la CHS, 2014 (Elaboración propia) 37

Tabla 27: Demanda hídrica (Erena & Montesinos, 2007). 38

Tabla 28: Demanda hídrica basada en datos de SIGPAC 2016 y Erena & Montesinos, 2007. (Elaboración propia. 39

Tabla 29: Tolerancia a la salinidad de cultivos presentes en la zona (IVIA) 40

Tabla 30: Datos de efluentes de EDAR en la zona según la Entidad Regional de Saneamiento y depuración de la Región de Murcia (ESAMUR, 2017). 41

Tabla 31: Tipos de calidad según los límites bacteriológicos del RD de reutilización (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010) 43

Tabla 32: Aporte de Nitrógeno según la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería y Pesca (Pato, Condés, Noguera, Vicente FE, & Soria, 2006). 44

Tabla 33: Absorción Nitrógeno por cultivo según la Guía práctica de fertilización en España (Elaboración propia). 45

Tabla 34: Balance de nitrógeno por cultivo (Elaboración propia) 45

Tabla 35: Evolución del balance de nitrógeno 2000-2008 basado en el Informe de Seguimiento de la Directiva 91/676, cuatrienio 2012-2015 (Elaboración propia). 46

Tabla 36 Evolución balance de nitrógeno 2009-2016, basada en el Informe de Seguimiento de la Directiva 91/676, cuatrienio 2012-2015 (Elaboración propia) 47

Tabla 37: Producción de N excretado por la ganadería en 2016 en la Cuenca vertiente del Mar Menor (Elaboración propia). 48

Tabla 38: Producción de N excretado en porcino 2016 en la Cuenca vertiente del Mar Menor (Elaboración propia). 48

Tabla 39: Tabla comparativa de kg N/plza y año en la cuenca vertitente, utilizando diferentes fuentes (Elaboración propia) 49

Tabla 41: UDAS presentes en el acuífero Campo de Cartagena, sus coeficientes de retorno estimados y volúmenes de retorno. Horizontes 2015 y 2021 según el PHDS 2015/21. 58

Tabla 42: Resumen de los análisis realizados en 31 sondeos (CHS) según el PHDS 2015/21. 59

Tabla 43: Evolución del número de explotaciones y cabezas ganaderas de la Región de Murcia 1962, 1972 y 1989 (Centro Regional de Estadística de Murcia, 2018). 62

Tabla 44: Evolución del número de explotaciones y cabezas ganaderas de la Región de Murcia 1999, 2009 y 2016 (Centro Regional de Estadística de Murcia, 2018). 62

Tabla 45: Evolución de las cabezas de ganado porcino en la Región de Murcia según la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería y Pesca (Centro Regional de Estadística de Murcia, 2018) 63

Tabla 46: Censo de ganadería ecológica en la Región de Murcia (Fuente: CAERM 2018)..... 64

Tabla 47: Distribución total de explotaciones ganaderas por especies en la Cuenca Vertiente (Elaboración propia según datos DG de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura, 2017) 65

Tabla 48: Distribución total de explotaciones ganaderas por municipios en la Cuenca Vertiente (Elaboración propia según datos DG de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura, 2017) 65

Tabla 49: Distribución explotaciones de equino por municipio (DG de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura, 2017). 66

Tabla 50: Distribución explotaciones cunícolas por municipio (DG de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura, 2017) 67

Tabla 51: Distribución explotaciones bovinas por municipio (DG de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura, 2017). 67

Tabla 52: Distribución explotaciones avícolas por municipio (DG de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura, 2017) 68

Tabla 53: Distribución explotaciones ovino-caprinas por municipio (DG de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura, 2017)..... 69

Tabla 54: Explotaciones y Cabezas de ganado porcino en los TTMM de la cuenca vertiente al Mar Menor (DG de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura, 2017) 69

Tabla 55: Red de saneamiento por TTMM. Elaboración a partir de los datos procedentes de la Encuesta de Infraestructuras y Equipamiento locales 2008-2016..... 81

Tabla 56: Medidas recogidas en el Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura 2015/21 (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015) 81

Tabla 57: Datos principales de las EDAR presentes en el ámbito de actuación 83

Tabla 58: Parámetros de vertidos delas EDAR en la zona de estudio..... 85

Tabla 59: Obras ejecutadas o previstas por la CARM para prevención de daños por inundaciones. 86

Tabla 60: Tanques de tormenta previstos en el Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura 2015-2021 87

Tabla 61: Fuentes significativas de contaminación puntual 96

Tabla 62: Distribución de los depósitos de residuos mineros por ramblas al Mar Menor (Lorenzo Rodríguez Pacheco, García-García, & Manteca, 2006) 98

Tabla 63: Variables climáticas obtenidas de la aplicación Escenarios. Cuenca vertiente rambla del Albujón. 108

Tabla 64: Datos de los piezómetros 07.37.096, 07.31.006 y 07.31.005 113

Tabla 65: Datos de concentración de nitratos de la masa de agua Campo de Cartagena en la década de los 70 (IGME, 1991). 124

Tabla 66: UDAS presentes en el acuífero Campo de Cartagena, sus coeficientes de retorno estimados y volúmenes de retorno. Horizontes 2015 y 2021. (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015) 131

Tabla 67: Síntesis de balances hídricos disponibles del Campo de Cartagena (elaborado por García-Aróstegui). Cifras en hm^3/año. El procedimiento de cálculo de la descarga se refiere a las salidas laterales al Mar (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017)..... 134

Tabla 68: Caudales de entrada de flujos hídricos superficiales al Mar Menor (González-Barberá & Sallent-Sánchez, 2017)..... 143

Tabla 69: Aportes anuales de agua (hm^3/año) y nutrientes (toneladas) y porcentaje de aportes asociados al flujo continuo y a eventos de lluvias torrenciales (campaña de octubre de 2002 y febrero de 2004) (García-Pintado, Martínez-Mena, Barberá, Albadalejo, & Castillo, 2006).... 145

Tabla 70: Mediciones de los parámetros físico-químicos en la rambla del Albujón, canal de drenaje e interior de la laguna (campaña de septiembre de 2002 y octubre de 2003) (Velasco, y otros, 2006). 147

Tabla 71: Aportes superficiales anuales que entraron al Mar Menor a través de la rambla del Albujón (wadi) y canal de drenaje (drainage), incluyendo eventos tormentosos (a) y bajo condiciones de flujo base (b) (campaña de septiembre de 2002 y octubre de 2003) (Velasco, y otros, 2006) 147

Tabla 72 Media aritmética de la concentración de nitratos en la rambla del Albujón en un único punto de entrada al Mar Menor (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015)..... 149

Tabla 73: Comparación de las aportaciones superficiales al Mar Menor en distintos estudios. 153

Tabla 74: Estimación de la escorrentía directa en la cuenca vertiente del Mar Menor como consecuencia de episodios de lluvias torrenciales (Elaboración propia)..... 157

Tabla 75: Estimación de los aportes superficiales totales al Mar Menor 2010-2016 (Elaboración propia) 158

Tabla 76: Estimación de los aportes superficiales totales al Mar Menor 2003-2009 (Elaboración propia) 158

Tabla 77: Resultados obtenidos por Velasco et al. (2005) y Fenoll Serrano y Sáez Sironi (2009) 160

Tabla 78: Estimación de escorrentía directa en la cuenca vertiente del Mar Menor como consecuencia de episodios de lluvias torrenciales (Elaboración propia)..... 162

Tabla 79: Volumen de Capturas en kg desembarcados en la Lonja de Lo Pagan de las especies objetivo típicas de la laguna del Mar Menor. Periodos 2005-2012 CARM 173

Tabla 80 Incidencia del agrandamiento del canal de El Estacio en algunas características hidrográficas del Mar Menor (Pérez-Ruzafa, Marcos, & Ros, 1991)..... 188

Tabla 81: Escala de valores del estado trófico en los cuerpos de agua Fuente: Modificado de (Carlson, 1977); TSI o IET: Índice de Estado Trófico 193

Tabla 82: Características de las principales fases identificadas por la respuesta de las aves acuáticas a las variables ambientales estudiadas (Farinós, Robledano, & Carreño, 2016) 197

Tabla 83: Estado actual del Mar Menor respecto a los niveles de referencia establecidos para el Descriptor 1 de la Ley 41/2010 de protección del medio marino 204

Tabla 84: Ámbitos de aplicación e interacciones de factores del estudio 215

FIGURAS:

Figura 1: Comarcas agrarias usadas para estadística agraria del listado de superficies de la CARM (González Ortiz, 1999) 2

Figura 2: Usos del Suelo en la masa de agua subterránea Campo de Cartagena. Periodo 1980-1990 según el "Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de España" MCA (MAPAMA, 2009)..... 5

Figura 3: Usos del Suelo en la masa de agua subterránea Campo de Cartagena. Periodo 2000-2009 según el "Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de España" MCA (MAPAMA, 2009)..... 6

Figura 4: Tipos de superficie según MCA (2000-2009)..... 8

Figura 5: Superficie forestal en la cuenca vertiente del Mar Menor según MCA (2000-2009) .. 10

Figura 6: Evolución de los usos del suelo en el ámbito de la cuenca entre el periodo 1999 (IFN3)-2010 (IFN4) 11

Figura 7: Superficies que pasan a improductivo (artificial) en el periodo 1999 (IFN3)-2010 (IFN4) 11

Figura 8: Cambios en la distribución de las superficies de usos del suelo del SIGPAC entre 2008 y 2016 (Elaboración propia). 13

Figura 9: Evolución superficies de cultivos en el ámbito de la cuenca según SIGPAC 2008-2016 (Elaboración propia). 13

Figura 10: Evolución de superficies de cultivos (2008-2016) en el ámbito de la cuenca según SIGPAC (Elaboración propia) 15

Figura 11: Parcelas con cultivos abandonados según SIGPAC 2008-2016 (Elaboración propia).16

Figura 12: Distribución de superficie abandonada por cultivo (Elaboración propia). 17

Figura 13: Superficies regadíos basada en datos SIGPAC 2016 (Elaboración propia)..... 19

Figura 14: Porcentaje de superficie en secano por cultivos del SIGPAC, 2016 (Elaboración propia). 20

Figura 15: Porcentaje de superficie en riego por cultivos del SIGPAC, 2016 (Elaboración propia). 20

Figura 16: Evolución de superficies de cultivos en regadío basada en datos SIGPAC (Elaboración propia) 21

Figura 17: Zonificación del área de aplicación del DL 1/2017 (dcha.) y perímetro de la Ley 1/2018 (Pacto por el Mar Menor, 2018) 22

Figura 18: Recintos agrarios según Catastro y SIGPAC en el área de aplicación del Decreto-Ley nº 1/2017 (Secretarial General e IMIDA, 2017) 22

Figura 19: Usos SIGPAC fuera de la CRCC y usos definidos por la CRCC en el área de aplicación del Decreto-Ley nº 1/2017 (Secretarial General e IMIDA, 2017) 23

Figura 20: Representación gráfica de parcelas de regadío combinado Catastro y SIGPAC. El color azul representa superficies comunes y el amarillo parcelas Catastro no identificadas en SIGPAC (Secretarial General e IMIDA, 2017) 23

Figura 21: Unidades de Demanda Agraria en la cuenca vertiente Mar Menor basadas en datos del PHDS (Elaboración propia) 26

Figura 22: Unidades de Demanda Agraria por Superficie del PHDS (Elaboración propia)..... 26

Figura 23: Evolución de superficies en UDAs en la cuenca vertiente del Mar Menor (Fuente: Elaboración propia basada en datos CHS). 27

Figura 24: Distribución de cultivos en la CR del Campo de Cartagena (CR Campo de Cartagena, 2011). 33

Figura 25: Distribución de cultivos por % de superficie en la Comarca del Campo de Cartagena (Consejería de Agricultura y Agua CARM, 2018). 34

Figura 26: Unidades de Demanda Agraria Volumen del PHDS (Elaboración propia)..... 36

Figura 27: Evolución de demandas en UDAs en la cuenca vertiente del Mar Menor (Fuente: Elaboración Propia basada en datos CHS). 37

Figura 28: Volúmenes máximos concesionales según aprovechamientos de la CHS-2014 (Elaboración propia). 38

Figura 29: Evolución balance de nitrógeno basada en el Informe de Seguimiento de la directiva 91/676, cuatrienio 2012-2015 (Elaboración propia)..... 46

Figura 32: Rangos de concentración de nitratos en puntos de la Red de Calidad (2012-2013) . 51

Figura 33: Concentración de nitratos en puntos de la red de calidad. Promedio nitratos años 2007-2008. 52

Figura 34: Imagen de la red de drenaje de la CRCC, obtenida a partir de la digitalización de las parcelas clasificadas como drenaje por Catastro (Martínez Álvarez, 2015) 57

Figura 35: Desalobradoras precintadas por la CHS (Elaboración propia). 59

Figura 36: Distribución de explotaciones ganaderas. 64

Figura 37: Distribución de balsas de purines en la Cuenca Vertiente del Mar Menor (Elaboración propia mediante fotointerpretación)..... 72

Figura 38: Desbordamiento del purín por un lateral de la balsa. Impermeabilización natural .. 72

Figura 39: Desbordamiento del purín en balsa plastificada..... 73

Figura 40: Alrededores de una balsa cuyo purín se ha desbordado 73

Figura 41: Restos de la parte sólida del purín vertido en la inmediación de la explotación..... 73

Figura 42: Permeabilidad de los suelos en la Cuenca Vertiente del Campo de Cartagena (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015) 74

Figura 43: UDAs en la Cuenca Vertiente del Campo de Cartagena. Fuente (Elaboración propia, datos UDAS (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015)) 75

Figura 44: Etapas de la gestión de las deyecciones ganaderas (Dupuis, 2012) 76

Figura 45: Esquema de aplicación purines en la agricultura (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, INIA). 77

Figura 46: Esquema de generación energía con purines (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, INIA). 78

Figura 47: Actuaciones localizadas en los 3 ciclos del PHDS del 2016 a posterior al 2027 (Elaboración propia) 89

Figura 48: Punto de vertido de la EDAR de Los Alcázares (Elaboración propia a partir de datos de (ESAMUR, 2017)) 90

Figura 49: Superficie de la franja costera (150 m desde la línea de costa) para todo el Mar Menor más la totalidad de la Manga, resaltando el uso urbano y otros, donde incluye cursos y superficies de agua, infraestructuras viarias, matorral y/o herbáceas y/o roquedo, obras de defensa y protección costera, playas y dunas, puertos deportivos, superficies urbanizadas, usos agrarios, zonas húmedas litorales, a partir de fotografías aéreas de 1956, 1981 y 2010 (Gomaríz y Giménez, 2017) (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017). 91

Figura 50: Evolución demográfica de La Manga del Mar Menor entre 1950 y 2016 (INE, 2017). 92

Figura 51: Playas del Mar Menor y la Manga 93

Figura 52: Simulación del patrón de entrada diaria de NID (nitrógeno inorgánico disuelto) y PID (fósforo inorgánico disuelto) de origen urbano a la laguna del Mar Menor. 94

Figura 53: Focos de contaminación puntual según PHDS (2015-2021). 96

Figura 54: Instalaciones mineras en la cuenca sur (MTI Blog.Mineralogía Topográfica Ibérica).97

Figura 55: Distribución especial y concentración de metales (Pb, Cd, Cu, Zn, Mn y Fe) en sedimentos superficiales en el Mar Menor, modificado de Leon et al., 1982 (Rodríguez Pacheco, 2010). 103

Figura 56: Ubicación de las estaciones meteorológicas 7031-Murcia/San Javier y 7026-Cartagena-Pozo Estrecho. 105

Figura 57: Precipitaciones anuales de las estaciones 7031-Murcia/San Javier y 7026-Cartagena-Pozo Estrecho. Datos en mm (AEMET, 2018)y situaciones de sequía. Línea verde: valor umbral de años secos (277,2 mm) 105

Figura 58: Litoestratigrafía de la masa de agua subterránea Campo de Cartagena. (Elaboración propia) 110

Figura 59: Extensión y límites propuestos para los acuíferos del Campo de Cartagena (modificado de (García-Aróstegui, y otros, 2012)). Nota: el acuífero Cuaternario también está presente bajo el Mar Menor. (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017). .. 110

Figura 60: Corte geológico zona norte de la masa de agua C. Cartagena (García Aróstegui, y otros, 2009). 111

Figura 61: Corte geológico sector litoral del Campo de Cartagena. (Modificado a partir de (IGME, 1991)) 111

Figura 62: Distribución espacial de los pozos de bombeo registrados en la Base de Datos del IGME existentes en el Campo de Cartagena (966 captaciones) y esquema de la conexión hidráulica entre acuíferos producida por las captaciones (IGME, 1991). 112

Figura 63: Isopiezas y direcciones de flujo del acuífero Cuaternario. Octubre 2009 (mapa derecha) y octubre de 2016 (mapa izquierda) (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017) 114

Figura 64: Volúmenes suministrados la C.R. del Campo de Cartagena por las infraestructuras del Postrasvase (Fuente de datos: CHS). Los sombreados corresponden con las situaciones de sequía. 116

Figura 65: Origen del agua para riego y relación con niveles piezométricos en la parte norte del acuífero del Campo de Cartagena. 116

Figura 66: Ubicación de los piezómetros empleados en el análisis piezométrico. 117

Figura 67: Evolución piezométrica de los acuíferos Andaluciense, Plioceno y Cuaternario. Zona norte. (Fuente de datos: CHS). 118

Figura 68: Evolución piezométrica de los acuíferos Plioceno y Cuaternario. Zona central. (Fuente de datos: CHS) 119

Figura 69: Evolución piezométrica del punto 07.31.101 del acuífero Plioceno. (Fuente de datos: CHS) 120

Figura 70: Evolución piezométrica de los acuíferos Plioceno y Cuaternario. Arco Sur. (Fuente de datos: IGME) 120

Figura 71: Conductividades de las aguas subterráneas. (Fuente de los datos: CHS, 2017) 123

Figura 72: Evolución histórica de la concentración de nitratos del acuífero Cuaternario. (Fuente de datos: IGME) 125

Figura 73: Evolución histórica de la concentración de nitratos del acuífero Plioceno. (Fuente de datos: IGME) 126

Figura 74: Evolución histórica de la concentración de nitratos del acuífero Andaluciense. (Fuente datos: IGME) 126

Figura 75: Evolución histórica de la concentración de nitratos de los acuíferos del Campo de Cartagena. (Fuente de datos: CHS) 127

Figura 76: Contenido en nitratos de las aguas subterráneas del campo de Cartagena en el año 2017 (Fuente de datos: CHS). 127

Figura 77: Evolución del contenido en fosfatos nitratos de las aguas subterráneas del campo de Cartagena. Datos en mg/L (Fuente de los datos: CHS). 129

Figura 78: Esquema conceptual básico del acuífero Cuaternario del Campo de Cartagena en contacto con el Mar Menor. Nota: No se incluye la relación con el Mar Mediterráneo a través de las golas ni de la barra arenosa (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017) 136

Figura 79: Principales ramblas en el Campo de Cartagena. 139

Figura 80: Relación de caudales y precipitaciones en la rambla del Albujón (García-Pintado, Martínez-Mena, Barberá, Albadalejo, & Castillo, 2006) 142

Figura 81: Concentraciones de fosfatos y nitratos en las ramblas de Miranda y El Miedo. Los círculos corresponden a la rambla del Miedo, los triángulos blancos a la rambla del Albujón y los triángulos negros a la rambla de Miranda (Álvarez-Rogel, Jiménez-Cárceles, FJ, & Nicolás, 2006) 148

Figura 82: Concentraciones de nitrógeno en las ramblas de Miranda y El Miedo (Álvarez-Rogel, Jiménez-Cárceles, FJ, & Nicolás, 2006) 148

Figura 83: Concentración de nitratos en la rambla del Albujón y precipitación en la estación Fuente Álamo (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015), (AEMET, 2018) 149

Figura 84: Concentración de fosfato en la rambla del Albujón y precipitación en la estación Fuente Álamo (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015). 150

Figura 85: Concentración de amonio en la rambla del Albujón y precipitación en la estación Fuente Álamo (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015). 150

Figura 86: Concentración de nitratos en la ribera del Mar Menor (González-Barberá & Sallent-Sánchez, 2017) 151

Figura 87: Conductividad en la ribera del Mar Menor (González-Barberá & Sallent-Sánchez, 2017) 152

Figura 88: Subcuencas, pendientes y estaciones meteorológicas (Elaboración propia) 156

Figura 89: Esquema del balance hídrico de la cuenca del Mar Menor (Elaboración propia) ... 165

Figura 90: Oferta existente de amarres en la Región de (Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio, 2012) 169

Figura 91: Puertos existentes en la el entorno del Mar Menor (Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio, 2012) 170

Figura 92: Imagen satélite mostrando un fondeadero no regulado (Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio, 2012)..... 170

Figura 93: Zonificación costera según capacidad de acogida del Mar Menor (Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio, 2012) 172

Figura 94: Temperatura potencial del agua (ºC) para el Mar Menor (Fraile-Nuez & otros, 2017) 180

Figura 95: Salinidad (UPS) para el Mar Menor (Fraile-Nuez & otros, 2017) 180

Figura 96: Situación de las tres golas principales del Mar Menor 181

Figura 97: Ciclo anual de los valores de T-S (valores medios mensuales) en el Mar Menor durante las últimas décadas, comparado con el de las aguas costeras del cabo de Palos. Puede observarse el progresivo acercamiento a valores propios del (Pérez Ruzafa & Marcos Diego, 2016) 188

Figura 98: Distribución espacial de los valores máximos (izquierda) y medios (derecha) de concentración de nitratos en las aguas superficiales del Mar Menor durante 2007 (µmol L-1) 190

Figura 99: Concentraciones de fosfato en las aguas superficiales del Mar Menor en 1997 (Pérez Ruzafa & Marcos Diego, 2016)..... 191

Figura 100: Evolución de las praderas de macrófitos en el Mar Menor desde el dragado del canal de El Estacio (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017) 192

Figura 101: Evolución de las capturas de dos de las principales especies pesqueras del Mar Menor, los mújoles (arriba) y la dorada (abajo) (Pérez-Ruzafa & otros, 2009) 196

Figura 102: Representación gráfica de las principales fases identificadas por la respuesta de las aves acuáticas a las variables ambientales expresada en porcentaje de biomasa durante más de tres décadas (Farinós, Robledano, & Carreño, 2016) 198

Figura 103: Variación de la contribución de las cinco especies estudiadas a la abundancia acumulada de aves acuáticas en la laguna del Mar Menor (censos de enero)(Farinós, P., Robledano, F., Carreño, Mª F. 2016)..... 198

Figura 104: Cambios en las variables ambientales utilizadas en los modelos de regresión, y de dos de las variables indicadoras de uno de los principales componentes de la comunidad

ornitológica modelizada (biomasa invernal de aves piscívoras) (Farinós, Robledano, & Carreño, 2016) 199

Figura 105: Representación del uso de la luz y los nutrientes por los productores primarios bajo a) Condiciones previas a la crisis eutrófica y b) Presente escenario y futuro (elevación del nivel del mar) (Arnaldo, Millán, Velasco, Lloret, & Marín, 2009) 201

Figura 106: Representación del antes y el después de la crisis de eutrofización grave, en el que se representa la distribución de las praderas marinas del Mar Menor (IEO, 2016) 202

Figura 107: Evolución de la profundidad media de visibilidad del disco de Secchi en las zonas con más de 4 m de profundidad (Pérez-Ruzafa, 2017b) 203

Figura 108: Descriptor 1: Biodiversidad de las Estrategias Marinas: evaluación inicial, buen estado ambiental y objetivos ambientales. Demarcación Levantino-Balear (Ruiz & otros, 2012) 206

Figura 109: Diagrama de flujo de interacciones entre factores que influyen en la degradación del Mar Menor 216

CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA TERRITORIAL MAR MENOR – CAMPO DE CARTAGENA

1 ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA CUENCA VERTIENTE DEL MAR MENOR:

1.1 AGRICULTURA

El sector agrícola es un pilar fundamental de la economía de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (CARM). El valor de las exportaciones debidas a este sector sumó 4.691 M€ en 2016, representando el 52% del total de exportaciones. La producción vegetal contribuyó de forma exclusiva con 2.049,49 M€ (Centro Regional de Estadística de Murcia, 2018). Respecto a la población ocupada en el sector agrario, ésta fue de 76.600 personas en 2016, lo que representó el 13,3% de la población activa ocupada (Comunidad Autónoma Región de Murcia, 2018), casi el triple de la media del Estado con un 4,4%.

Sin embargo, según la serie histórica de distribución general de la tierra por cultivos (Comunidad Autónoma Región de Murcia, 2018), la Región de Murcia ha sufrido una caída de la superficie de cultivos desde 2011 a 2016 de 124.397 ha (-33%), fundamentalmente debido al descenso de la superficie de barbechos y otras tierras no ocupadas que se ha desplomado en 124.198 ha. Curiosamente el descenso en superficie total de leñosos es compensado prácticamente por la subida en herbáceos (alrededor de 8.300 ha).

Tabla 1: Evolución de la aportación de los distintos subsectores a la producción de la rama agraria en Millones de € y % (2006-2016) en la Región de Murcia (Cª de Agua, Agricultura y Medio Ambiente, 2017)

	PRODUCCIÓN DE LA RAMA AGRARIA		PRODUCCIÓN AGRÍCOLA		PRODUCCIÓN GANADERA	
AÑO	Valores a precios básicos (M€)	Aportación (%)	Valores a precios básicos (M€)	Aportación (%)	Valores a precios básicos (M€)	Aportación (%)
2006	1.829,02	100,00	1.373,87	75,12	413,07	22,58
2007	2.123,20	100,00	1.636,41	77,07	447,45	21,07
2008	2.252,36	100,00	1.633,94	72,54	576,15	25,58
2009	1.955,45	100,00	1.339,50	68,50	577,02	29,51
2010	2.106,08	100,00	1.517,16	72,04	550,66	26,15
2011	2.058,06	100,00	1.211,73	58,88	806,37	39,18
2012	2.177,00	100,00	1.342,88	61,69	791,83	36,37
2013	2.441,56	100,00	1.682,40	68,91	714,14	29,25
2014	2.488,12	100,00	1.508,52	60,63	940,07	37,78
2015	2.604,49	100,00	1.796,45	68,98	768,08	29,49
2016	2.901,00	100,00	2.049,49	70,65	811,66	27,98
Media	2.266,94	100,00	1.553,85	68,64	672,41	29,54

Fecha de actualización: 29/09/2017. Se han eliminado los datos de producción de los servicios de la agricultura y actividades secundarias no agrarias no separables por sumar ambas menos del 2% de media.

Año 2015: Datos provisionales.

Año 2016: Datos estimados.

Al mismo tiempo, la disminución de casi 20.000 ha regadas se ha debido fundamentalmente a la misma razón. Los barbechos disminuyeron en 23.867 ha y los leñosos en 5.245 ha, mientras que la superficie de cultivos herbáceos en riego (básicamente hortícolas) subía de 51.920 ha a

61.119 ha. Esto demuestra la divergencia entre el panorama recesivo agrario en general frente a la intensificación y crecimiento regional del riego de hortícolas en particular. Este hecho es relevante para comprender la dinámica que sufre la huerta en torno al Mar Menor y sus consecuencias.

Tal y como se muestra en la Tabla 1, la producción agrícola supone casi un 69% de media de la producción agraria total mientras que la producción ganadera supera el 29%. A continuación se pasa a tratar por el mismo orden de importancia la producción agrícola y ganadera, en relación a las presiones e impactos sobre el Mar Menor.

Una vez establecida la relevancia de la agricultura en general y del regadío en particular en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia los datos relevantes se van a circunscribir a la zona de estudio, correspondiente a la Cuenca vertiente superficial y/o subterránea al Mar Menor dentro de la Región de Murcia, puesto que aquí se dan las actividades en la cuenca que provocan los efectos indeseables por vertido a través de alguna o varias de las vías de entradas en el ecosistema lagunar del Mar Menor.



Figura 1: Comarcas agrarias usadas para estadística agraria del listado de superficies de la CARM (González Ortiz, 1999)

Dentro del ámbito de estudio se diferencian dos comarcas agrarias (MMAMRM, 1997) para su listado de superficies:

- Río o Valle del Segura al norte que comprende dentro del ámbito de estudio solamente la mitad sur del municipio de Murcia.
- Campo de Cartagena al Sur que se extiende por Cartagena, Fuente Álamo de Murcia, Los Alcázares, La Unión, San Javier, San Pedro del Pinatar y Torre Pacheco.

La segunda comarca se ubica por lo tanto íntegramente dentro del ámbito de estudio, mientras que a la primera sólo pertenece la parte norte de la cuenca. Tangencialmente, ciertas zonas muy pequeñas de la Comarca de Suroeste y Valle de Guadalentín dentro de los

municipios de Mazarrón y Alhama de Murcia estarían incluidas en el ámbito de actuación del estudio.

La Comarca del Campo de Cartagena presenta uno de los regadíos más tecnificados y productivos del ámbito nacional, con una importante industria agroalimentaria asociada al mismo. Como datos, indicar que la contribución total al PIB de la agricultura y de la industria agroalimentaria asociada al mismo del Campo de Cartagena es de 1.015 millones de euros, generando un empleo directo de 41.500 personas (CR Campo Cartagena, 2017). Los cultivos predominantes por orden de importancia, son los hortícolas al aire libre (lechuga, melón, alcachofa y brécol), los cítricos (limonero, naranjo y mandarino) y los cultivos hortícolas de invernadero (pimiento). Los recursos hídricos disponibles para riego proceden en su mayor parte del Trasvase Tajo-Segura, aunque también se suministra cantidades menores de otras fuentes: superficial de la Cuenca, desalinizada, y reutilizada. Hay que destacar que esta zona está sometida a una gran irregularidad en la disponibilidad de sus dotaciones de agua, habiéndose alcanzado en tiempos pasados situaciones muy críticas, tal como viene sucediendo en las últimas campañas de riego.

Tabla 2: Superficie de cultivos herbáceos de la Comarca del Campo de Cartagena en 2017 (Consejería de Agricultura y Agua CARM, 2018)

CULTIVOS HERBÁCEOS (ha)	SECANO	REGADÍO	TOTAL
Cereales para grano	534	475	1009
Cultivos forrajeros	5	91	96
Cultivos industriales	0	104	104
Flores	0	52	52
Hortalizas	0	19.120	19120
Leguminosas para grano	7	0	7
Tubérculos consumo humano	0	3.371	3371
Total cultivos herbáceos	546	23.213	23.759

Tabla 3: Superficie de cultivos leñosos de la Comarca del Campo de Cartagena en 2017 (Consejería de Agricultura y Agua CARM, 2018)

CULTIVOS LEÑOSOS (ha)	SECANO	REGADÍO	TOTAL
Cítricos	0	8.139	8.139
Frutales no cítricos	4.349	1.081	5.430
Olivar	338	125	463
Otros cultivos leñosos	424	77	501
Viveros	0	89	89
Viñedo	21	37	58
Total cultivos leñosos	5132	9.548	14.680

En la Comarca del Campo de Cartagena según datos de la Consejería de Agricultura y Agua de la Comunidad (Consejería de Agricultura y Agua CARM, 2018) estaríamos hablando de 23.759 ha (Tabla 2) de cultivos herbáceos (62%) y de 14.680 ha (Tabla 3) de leñosos (38%) con una distribución de aprovechamientos de 5.678 ha en secano (15%) frente a 32.761 ha en regadío (85%). Mientras que en los herbáceos el regadío representa el 98%, en leñosos el riego sólo alcanza el 65%.

A estas superficies habría que sumar al menos las referentes a los cultivos de la Comarca de la Vega del Segura al sur del municipio de Murcia por lo que no se está considerando aquí de referencia la totalidad de la SAU de la cuenca vertiente.

1.1.1 Explotaciones agrarias

El portal estadístico de la Región de Murcia publica el número de explotaciones y la superficie agrícola útil que representan estas explotaciones con datos del INE de 2009 (Centro Regional de Estadística de Murcia, 2018). En los 7 municipios de la comarca de Campo de Cartagena considerados para la caracterización del medio socioeconómico: Los Alcázares, Torre-Pacheco, Cartagena, San Pedro del Pinatar, San Javier, Fuente Álamo de Murcia y La Unión) se alcanza el número de 3.341 explotaciones con un total de superficie agraria útil (SAU) de 50.612 ha (Centro Regional de Estadística de Murcia, 2018).

Tabla 4: Censo explotaciones agrarias por municipios (Centro Regional de Estadística de Murcia, 2018).

	Número de explotaciones				Superficie Agrícola Utilizada (SAU) (ha)			
	TOTAL	Propiedad	Arrendamiento	Aparcería u otros regímenes de tenencia	TOTAL	Propiedad	Arrendamiento	Aparcería u otros regímenes de tenencia
Alcázares (Los)	41	33	8	0	691	489	195	8
Cartagena	1.153	980	151	22	19.546	9.115	9.801	631
Fuente Álamo	855	759	80	16	14.371	8.642	5.459	271
San Javier	524	374	143	7	4.620	2.307	2.199	113
San Pedro del Pinatar	99	81	17	1	623	418	203	2
Torre-Pacheco	640	465	158	17	10.382	4.283	5.458	642
Unión (La)	29	24	3	2	379	212	147	20
Total	3.341	2.716	560	65	50.612	25.466	23.462	1.687

De dichas explotaciones (Tabla 4), el 88% son en propiedad aunque aglutinan sólo un 61% de la SAU. El arrendamiento con sólo el 10% de las explotaciones abarca en cambio un 36% de superficie agraria. Estos datos pueden ser relevantes a la hora de establecer medidas de gestión.

La parcela agrícola típica en la cuenca vertiente del Mar Menor es una parcela con una superficie media de 1,5 ha. Por lo general son parcelas arrendadas a grandes productores, que unifican las pequeñas parcelas en grandes superficies de cultivo, con sistema de riego localizado predominando los cultivos al aire libre. En los últimos años la superficie de terreno dedicada a cultivos forzados o bajo plástico está aumentando.

1.1.2 Superficies en cultivo

Puesto que la superficie de cultivo es la principal responsable de las fuentes agrarias de vertido, es necesario conocer la superficie dedicada a estos usos. Para ello se cuentan con diferentes fuentes que aportan datos alfanuméricos como la estadística agraria o georreferenciados como el SIGPAC.

Como área de estudio se ha escogido el perímetro de la masa subterránea del Campo de Cartagena. Las razones son la relevancia de los impactos de fuentes agrarias de contaminación difusa detectados sobre la masa de agua subterránea declarada vulnerable. En la gran mayoría de los estudios se considera como la masa más contaminada y la que emite hoy en día en

continuidad los principales contaminantes por su frente subsuperficial y subterráneo a la costa interior del Mar Menor (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017)

1.1.2.1 Evolución histórica usos del suelo: Cartografía forestal y mapa de cultivos

Existe diferente información cartográfica, elaborada por el Ministerio, que permite conocer la evolución de los usos del suelo en la zona durante los últimos 20 años. Entre esta información cartográfica se encuentra el Mapa Forestal e Inventario Forestal Nacional (IFN) (MAPAMA, 1997-2007) y el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos (MCA) (MAPAMA, 2009).

Además, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) elabora cartografía para los requerimientos europeos (CORINE y SIOSE) a diferente escala (1:100.000 y 1:25.000, respectivamente), pero con un período histórico inferior, de 8 años y un nivel de detalle en la identificación de usos del suelo inferior a los Mapas citados y elaborados por el Ministerio de Agricultura.

Para conocer la evolución de los cultivos en el Campo de Cartagena, se ha realizado un análisis de las superficies de uso agrícola en dos periodos de estudio diferentes, correspondientes a los años 1980-1990 (Figura 2) y 2000-2009 (Figura 3).

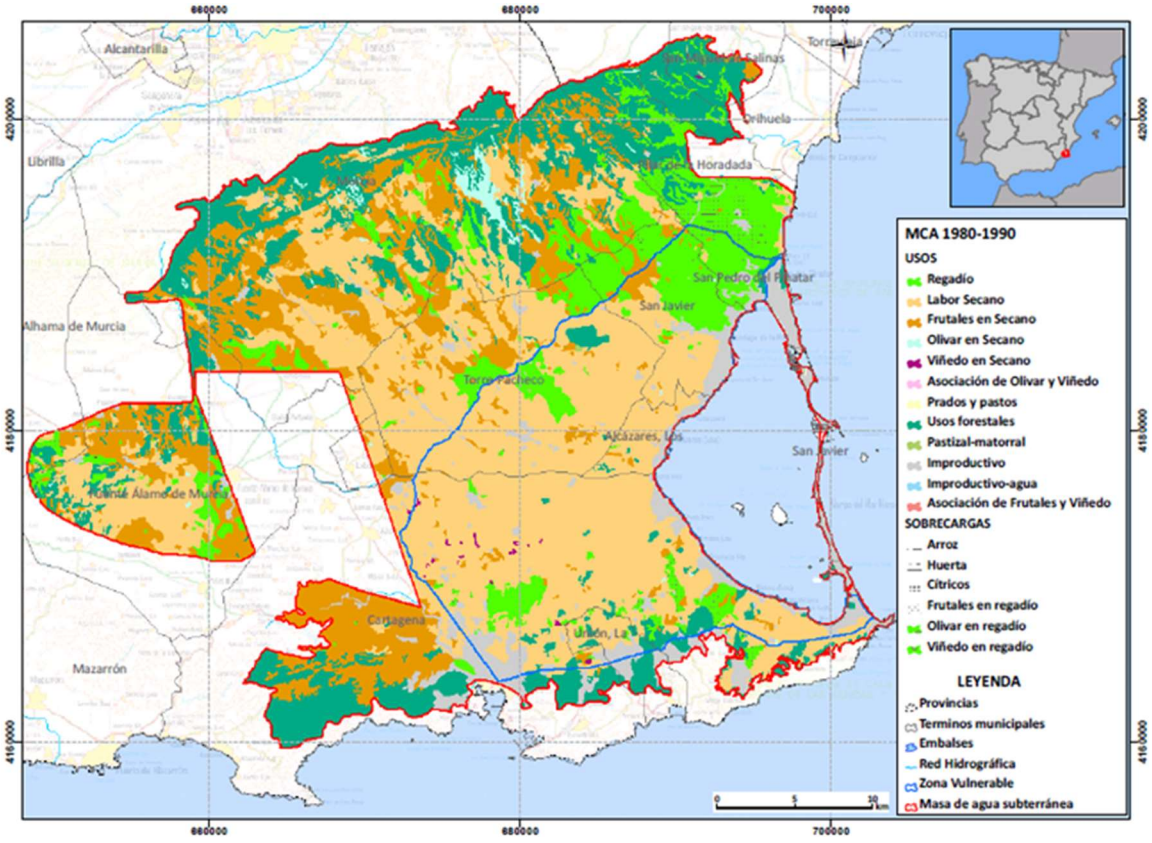


Figura 2: Usos del Suelo en la masa de agua subterránea Campo de Cartagena. Periodo 1980-1990 según el "Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de España" MCA (MAPAMA, 2009)

De los mapas anteriores se han extraído las tablas de superficies para los dos periodos estudiados, en las que se detallan porcentualmente la ocupación de los diferentes tipos de cultivo en relación con la superficie total de la proyección de la masa de agua en estudio Campo de Cartagena. Comparando ambas décadas se puede ver el notorio crecimiento de la superficie de regadío (verde) sobre la de secano (arena) en la zona media y baja de la cuenca.

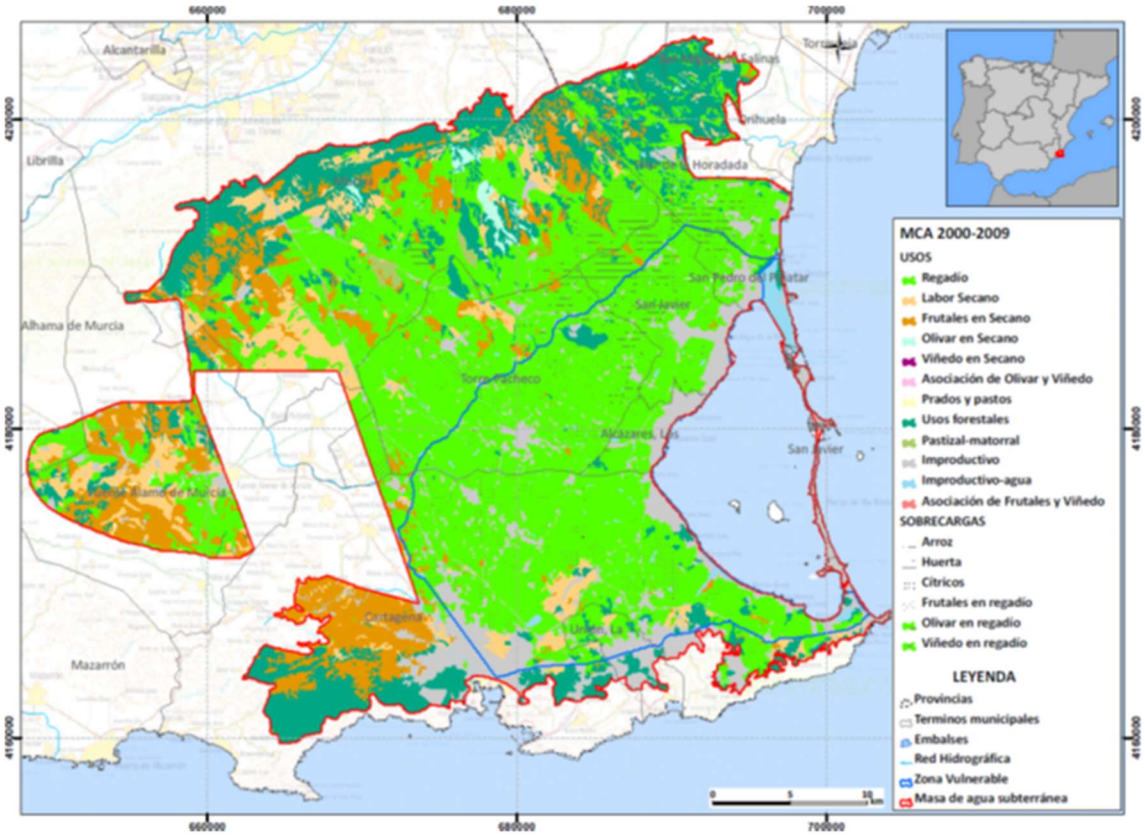


Figura 3: Usos del Suelo en la masa de agua subterránea Campo de Cartagena. Periodo 2000-2009 según el "Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de España" MCA (MAPAMA, 2009)

1.1.2.1.1 Periodo 1980-1990

Tal y como se observa en la Tabla 5, en este periodo predominaba con diferencia la superficie agrícola, que suponía un 73,16% del total de la masa de agua, siguiéndole como segundo uso predominante la superficie forestal arbolada y no arbolada, con un 19,92%. La superficie improductiva rondaba el 7%, localizándose principalmente alrededor del Mar Menor y en la ciudad de Cartagena.

Tabla 5: Superficie por usos de suelo y tipo de cultivo en la masa de agua subterránea Campo de Cartagena a partir de los datos del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos 1980-1990. (Elaboración propia)

		% superficie respecto al total de superficie de la masa de agua Campo de Cartagena		% superficie respecto al total de superficie por uso	
Uso del suelo	**Tipo de cultivo**	**% superficie por uso del suelo**	**% superficie por tipo de cultivo**	**% superficie regadío por cultivo**	**% superficie secano por cultivo**
Regadío	Cultivos herbáceos en regadío	12,81%	9,40%	73,38%	
	Huerta		0,26%	2,03%	
	Cítricos		2,09%	16,32%	
	Frutales		0,83%	6,48%	
	Viñedo		0,23%	1,80%	
Secano	Cultivos herbáceos en secano	60,35%			40,26%
	Frutales de secano				19,18%
	Olivar de secano				0,81%
	Viñedo de secano				0,10%
Pastizal	Pastizal	0,00	0,00		

		% superficie respecto al total de superficie de la masa de agua Campo de Cartagena		% superficie respecto al total de superficie por uso	
Uso del suelo	**Tipo de cultivo**	**% superficie por uso del suelo**	**% superficie por tipo de cultivo**	**% superficie regadío por cultivo**	**% superficie secano por cultivo**
Matorral	Matorral	14,62%	12,60%		
	Matorral asociado a coníferas		2,02%		
Pastizal-matorral	Pastizal asociado a 20-60% matorral	0,04%	0,04%		
Coníferas	Coníferas	5,26%	5,26%		
Improductivo	Improductivo	6,88%	6,88%		
TOTAL		**99,96%**	**99,96%**	**100%**	**100%**

El regadío, con una menor importancia en cuanto a superficie, representaba un 12,8% del total. Dentro del mismo, los cultivos herbáceos ocupaban un 73,4% de las superficies en regadío y los cítricos, principalmente naranjos y limoneros, un 16,3%.

Los frutales en secano predominantes en esta zona de estudio y para este periodo eran almendros y algarrobos, distribuidos principalmente por los términos municipales de Murcia, Fuente Álamo y por la zona oeste de Cartagena.

1.1.2.1.2 Periodo 2000-2009

Durante esta década la superficie agrícola llega a alcanzar un 70,39% (Tabla 6) del total sobre la masa de agua subterránea, manteniéndose en un nivel similar al periodo anterior. Sin embargo en este período se ha producido un notable incremento de la superficie regada, producto de las transformaciones en regadío ejecutadas para aprovechar los recursos hídricos recibidos a través del Acueducto Tajo-Segura (ATS), que han expandido la ocupación del regadío de hasta un 50,24% de la superficie total de la masa de agua.

Dentro de los cultivos en regadío son claramente mayoritarios los cultivos herbáceos, ocupando una superficie de un 35,62% del total de la masa de agua y representando casi un 71% del regadío. La alcachofa, el melón, la lechuga, la coliflor y el brécol son los cultivos predominantes en la mayoría de los municipios que componen este perímetro.

Los cítricos, naranjos, limoneros y mandarinos, también han aumentado su superficie dentro la masa de Campo de Cartagena, suponiendo casi un 10% dentro de la superficie de la masa y representando casi un 20% dentro del regadío.

Tabla 6: Superficie por usos de suelo y tipo de cultivo en la masa de agua subterránea Campo de Cartagena a partir de los datos del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos 2000-2009 (Elaboración propia)

		% superficie respecto al total de superficie de la masa de agua Campo de Cartagena		% superficie respecto al total de superficie por uso	
Uso del suelo	**Tipo de cultivo**	**% superficie por uso del suelo**	**% superficie por tipo de cultivo**	**% superficie regadío por cultivo**	**% superficie secano por cultivo**
Regadío	Cultivos herbáceos en regadío	50,24%	35,62%	70,90%	
	Huerta		2,55%	5,08%	
	Cítricos		9,89%	19,69%	
	Frutales		1,83%	3,64%	
	Olivar		0,26%	0,52%	
	Viñedo		0,09%	0,18%	
Secano	Cultivos herbáceos en secano	20,12%	7,18%		35,69%

		% superficie respecto al total de superficie de la masa de agua Campo de Cartagena		% superficie respecto al total de superficie por uso	
Uso del suelo	**Tipo de cultivo**	**% superficie por uso del suelo**	**% superficie por tipo de cultivo**	**% superficie regadío por cultivo**	**% superficie secano por cultivo**
	Frutales de secano		12,32%		61,23%
	Olivar de secano		0,62%		3,08%
	Viñedo de secano		0,00%		0,00%
Pastizal	Pastizal	0,02%	0,02%		
Matorral	Matorral	11,65%	9,79%		
	Matorral asociado a coníferas		1,86%		
Pastizal-matorral	Pastizal asociado a 20-60% matorral	0,30%	0,30%		
Coníferas	Coníferas	5,26%	5,26%		
Improductivo	Improductivo	12,40%	12,40%		
TOTAL	**TOTAL**	**99,99%**	**99,99%**	**100%**	**100%**

Los cultivos herbáceos en secano han sufrido un claro descenso de su superficie en este periodo, consecuencia obvia de la transformación habida. Su ocupación dentro de la masa de agua en este periodo se ha reducido a un 7,18%, sustituida no sólo por regadíos sino también por frutales de secano, como ocurre en el término de Fuente Álamo de Murcia. A pesar de esto, los frutales en secano también han disminuido su superficie con respecto al periodo anterior, efecto también de transformaciones en regadío o de expansiones urbanísticas (Cartagena), suponiendo para este periodo un 12,31% de la superficie. Los frutales predominantes siguen siendo principalmente los almendros y también los algarrobos, en los mismos términos municipales que en el periodo anterior, Murcia, Fuente Álamo de Murcia y zona oeste de Cartagena.

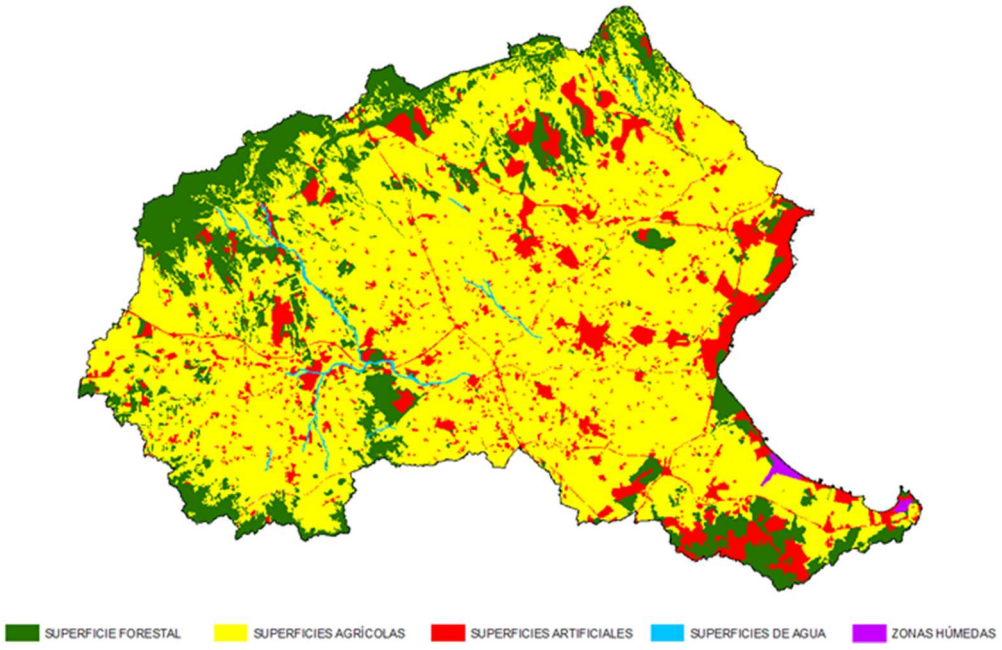


Figura 4: Tipos de superficie según MCA (2000-2009)

Es importante conocer la evolución en estos años de los usos forestales e improductivos, ya que afectan de forma significativa al comportamiento de los suelos, la erosión y escorrentía y por tanto, al transporte de contaminantes hacía las aguas subterráneas y superficiales.

Así, según los datos disponibles a nivel de la cuenca superficial del Mar Menor del cuarto Inventario Forestal Nacional (IFN4) la superficie forestal ocupaba 21.258,79 ha, lo que representa un 17,10%.

En el ámbito de la cuenca la superficie arbolada supone el 30% de la superficie forestal; el matorral supone el 55 % del uso forestal. En la siguiente Tabla 7 y la Figura 5 se recoge la distribución de la superficie forestal en el ámbito de la cuenca vertiente:

Tabla 7: Superficie forestal en el ámbito de la cuenca vertiente del Mar Menor según MFE

Usos Suelo	Sup. (ha)	Usos Suelo	Sup. (ha)	%	Usos Suelo	Sup. (ha)
SUPERFICIE FORESTAL	21.258,79	ARBOLADO FORESTAL (FccArb = 10%)	6.410,74	30,16%	Alineaciones	2,62
					Bosques	5.580,72
					Bosque de Galería	42,09
					Bosque de Plantación	499,67
					Bosquetes (<20 ha)	2,86
						8,03
						5,93
						121,04
					Mosaico de arbolado con forestal desarbolado	137,26
					Mosaico de superficie arbolada con superficie no forestal. Mosaico de arbolado con cultivo y/o prad*	10,52
		ARBOLADO TEMPORALMENTE SIN CUBIERTA (FccArb < 10%)	0,31	0,00%	Cortafuegos	0,31
		HERBAZAL	2.943,96	13,85%	Galería de herbáceas	6,94
					Herbazal-Pastizal	2.809,53
					Herbazal-Pastizal con arbolado disperso (5% = FccArb < 10%)	102,53
					Mosaico de pastizal con Cultivo y/o prado (FccHerbazal = 50%)	24,96
		MATORRAL	11.840,33	55,70%	Arbustedos	1.739,73
					Arbustedos	159,57
					Galerías arbustivas	45,21
					Matorral con arbolado disperso (5% = FccArb < 10%)	98,12
					Mosaico de matorral con cultivo y/o prado (FccMato = 50%)	323,66
					Mosaico de matorral y/o pastizal con suelo desnudo	405,57
					Pastizal-Matorral	8.472,54
					Superfie Forestal Residual (< 6ha)	595,93
		TESELAS CON ESCASA O NULA VEGETACIÓN	63,45	0,30%	Playas, dunas y arenales	39,53
					ROQUEDOS. Afloramientos rocosos	7,08
					Roturado no agrÝcola	16,84

Se ha analizado la evolución de la superficie forestal, durante el periodo 1999-2010 (IFN3 al IFN4). La diferente metodología y escala de trabajo llevada a cabo entre el tercer y cuarto Inventario Nacional Forestal hace que los siguientes análisis comparativos deban tomarse con cierta cautela.

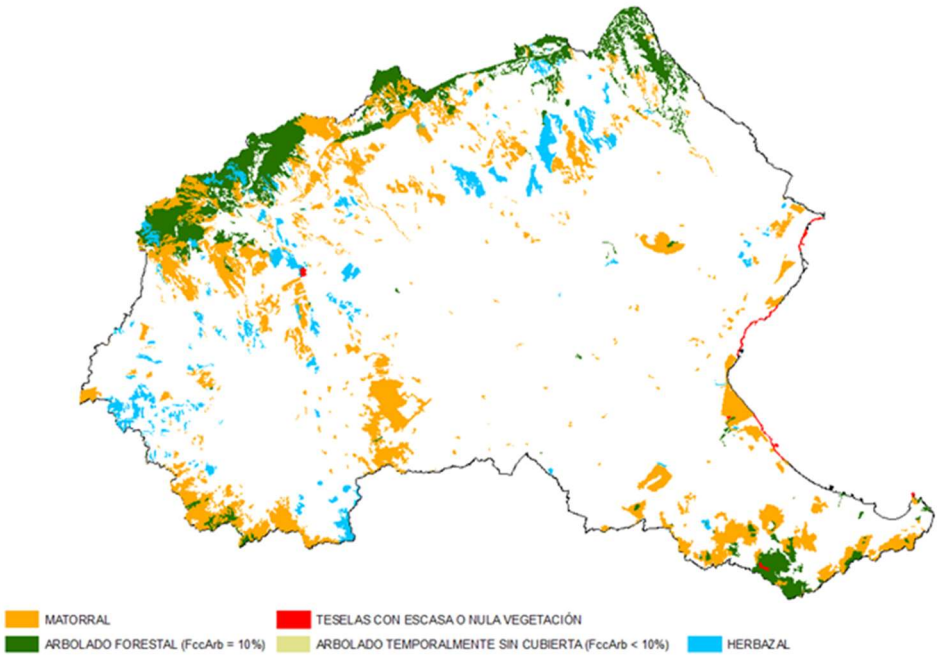


Figura 5: Superficie forestal en la cuenca vertiente del Mar Menor según MCA (2000-2009)

De acuerdo con la cartografía de los Mapas Forestales de España MFE50 y MFE25 correspondientes a los IFN3 e IFN4 (Figura 5) respectivamente, en el periodo comprendido entre 1999 y 2010 se produjo un incremento de la superficie artificial en el ámbito de la cuenca de más de 10.000 ha, lo que en términos porcentuales representa un incremento del 8,5% (Tabla 8). Gran parte de este incremento se produjo a costa de la superficie agrícola que se vio reducida en más de 13.000 ha. Otro de los cambios significativos a destacar durante este periodo fue el incremento de superficie forestal.

Tabla 8: Evolución de usos del suelo entre el IFN3 y el IFN4 en el ámbito de la Cuenca

Usos IFN	IFN3		IFN4		Variación	
	Sup (ha)	%	Sup (ha)	%	Sup (ha)	%
Forestal	18.813,00	15,13%	21.258,79	17,10%	2.445,79	1,96%
Agrícola	100.567,86	80,90%	87.409,26	70,31%	-13.158,60	-10,58%
Superficies de agua	269	0,22%	320,26	0,26%	51,26	0,04%
Humedal	146	0,12%	236,11	0,19%	90,11	0,07%
Superficies artificiales	4.523	3,64%	15.094,44	12,14%	10.571,44	8,50%
Total	124.318,86	100%	124.318,86	100%	-	-

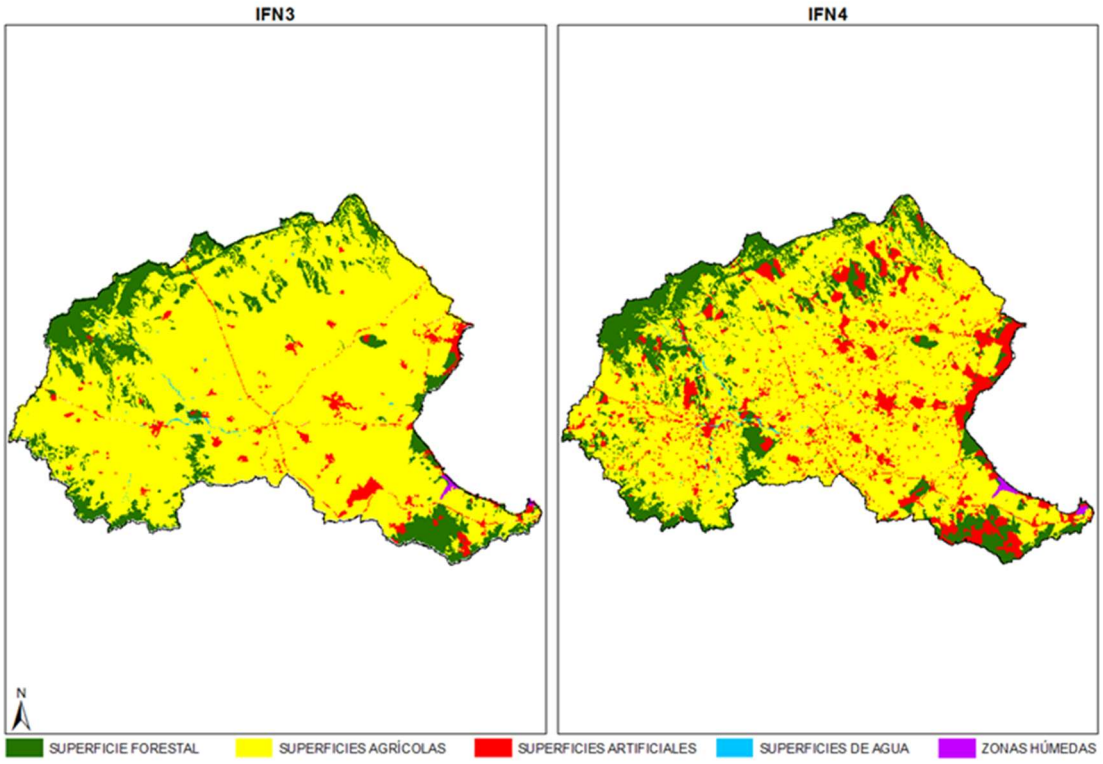


Figura 6: Evolución de los usos del suelo en el ámbito de la cuenca entre el periodo 1999 (IFN3)-2010 (IFN4)

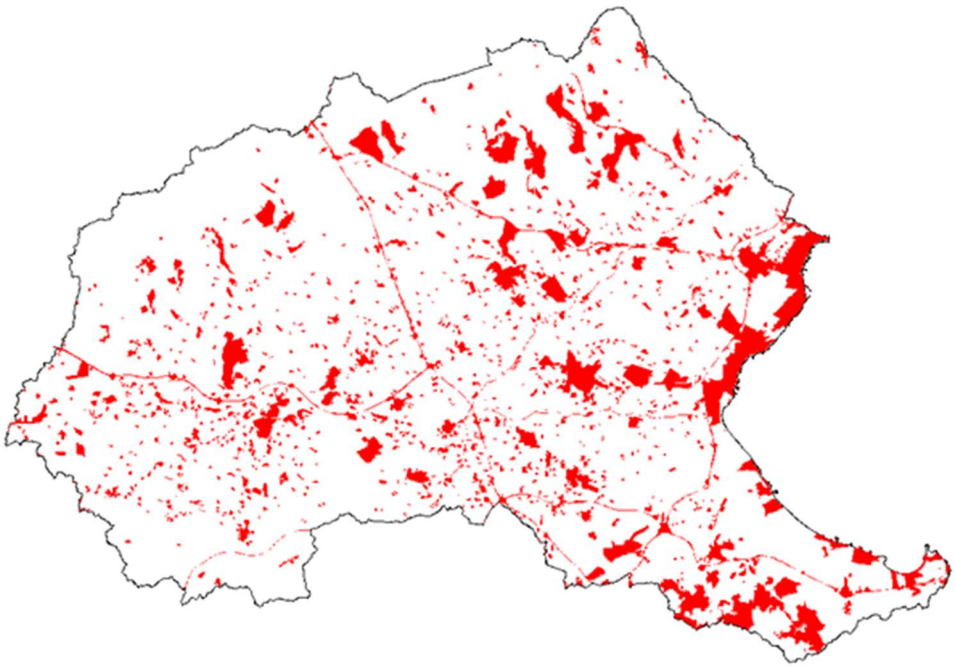


Figura 7: Superficies que pasan a improductivo (artificial) en el periodo 1999 (IFN3)-2010 (IFN4)

1.1.2.2 Evolución reciente de Usos agrícolas según el Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC)

El Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas, SIGPAC, permite identificar geográficamente las parcelas declaradas por los agricultores y ganaderos, en cualquier régimen de ayudas relacionado con la superficie cultivada o aprovechada por el ganado.

Concebido inicialmente con el propósito de facilitar a los agricultores la presentación de solicitudes de ayuda de la PAC, con soporte gráfico, así como para facilitar los controles administrativos y sobre el terreno, el SIGPAC se ha convertido en una herramienta de enorme utilidad para comprobar la evolución de los cultivos.

Los cambios en los usos del suelo se incluyen entre los principales factores implicados en el cambio global. La acción antrópica se ha intensificado en las últimas décadas especialmente en los usos agrícolas y urbanos. Por ello cuantificar y valorar los cambios y sus tendencias es de gran interés, especialmente en zonas agrícolas mediterráneas con una intensa dinámica de variación en los usos y aprovechamientos del territorio, marcada por el abandono de los secanos y el incremento de los regadíos, así como por la expansión del suelo destinado al aumento de las tierras destinadas al uso urbano, en especial en las zonas costeras como la ribera del Mar Menor.

De acuerdo con el SIGPAC 2016 la **superficie agrícola** en la cuenca vertiente del Mar Menor asciende a **78.008,50 ha** siendo el 37% cultivos leñosos (29.059 ha) y el 63% cultivos hortícolas (48.949 ha). Históricamente es destacable la pérdida de superficie de cultivos leñosos en favor de cultivos hortícolas como se ha constatado previamente en los datos oficiales regionales.

Tabla 9: Cambios en la distribución de las superficies de usos del suelo entre 2008 y 2016 basada en datos de SIGPAC entre 2008 y 2016 (Elaboración propia)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Superficie agrícola (ha)	79.733,0	79.725,8	78.624,4	78.055,9	76.862,0	76.929,9	76.892,6	77.309,1	78.008,5
Superficie hortícola (ha)	47.584,7	47.211,6	47.424,5	47.342,1	47.059,5	47.379,1	47.506,9	48.696,7	48.949,2
Superficie leñosos (ha)	32.148,3	32.514,2	31.199,9	30.713,8	29.802,5	29.550,8	29.385,7	28.612,4	29.059,3

En la Tabla 9 y la Figura 8 queda representada la evolución histórica de cultivos desde 2008 hasta 2016 según la fuente del SIGPAC. En ambos se muestra que la tendencia general en estos 9 años ha sido un descenso de superficie total de cultivo de un 2,2%.

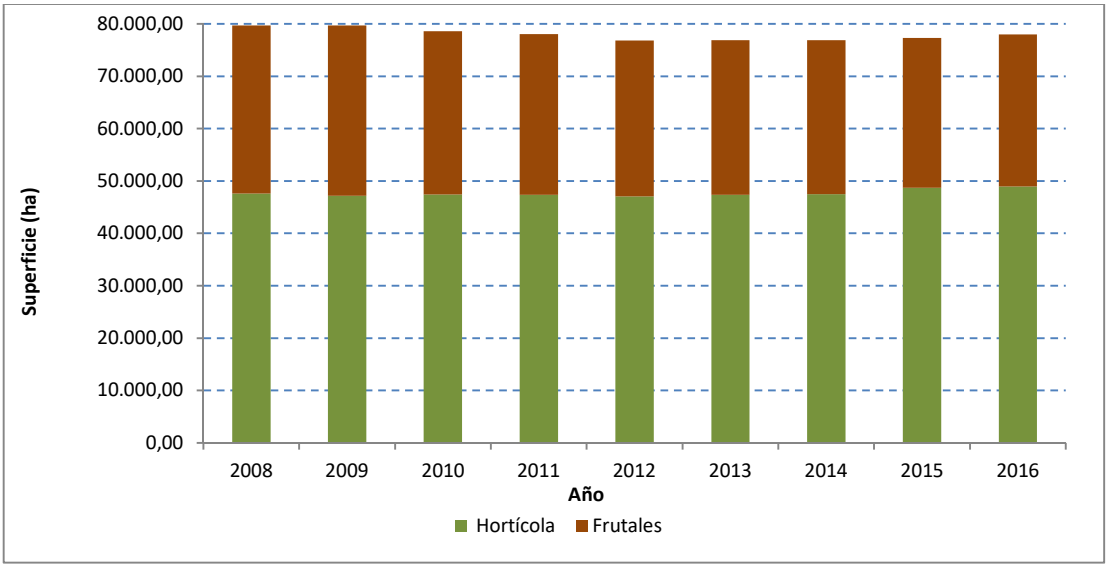


Figura 8: Cambios en la distribución de las superficies de usos del suelo del SIGPAC entre 2008 y 2016 (Elaboración propia).

La pérdida de 3.000 ha de cultivos leñosos se ha visto compensada en parte con la aparición de 1.400 ha de hortícolas. Este repunte se ha plasmado únicamente en los últimos 4 años. En porcentaje se observa un aumento de casi un 4% de superficie hortícola que ha compensado parcialmente el descenso de un 12% del área ocupada por los leñosos. Sin embargo, este cambio es muy significativo en cuanto al efecto diferente de ambos tipos de cultivo considerando los niveles de intensificación, rotación de cultivos, laboreo o aporte de agroquímicos.

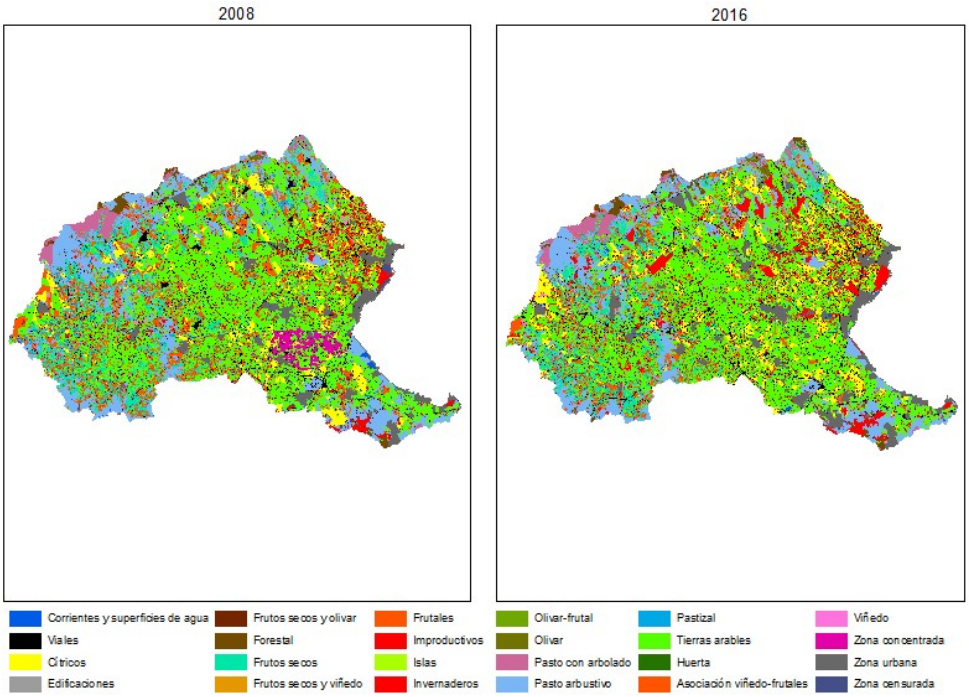


Figura 9: Evolución superficies de cultivos en el ámbito de la cuenca según SIGPAC 2008-2016 (Elaboración propia).

La diferente metodología y escala de trabajo llevada a cabo entre los años 2008 y 2016 hace que los siguientes análisis comparativos deban tomarse con una cierta cautela.

De acuerdo con la cartografía de las parcelas agrícolas en el periodo 2008-2016 se produjo un incremento de la superficie de cítricos en el ámbito de la cuenca de alrededor de 3.500 ha y de 1.000 en tierra arable. Otro de los cambios significativos en este periodo fue el incremento de superficies improductivas en 4.600 ha. Gran parte de estos aumentos se produjo en paralelo a costa de una disminución de la superficie de otros frutales no cítricos en 6.000 ha. Los pastos y pastizales disminuyeron en otras 3.450 ha. El incremento de invernaderos se ha calculado en algo más de 300 ha y el olivar en casi 200 ha.

Tabla 10: Evolución de usos del suelo por superficie (ha) entre 2008 y 2016 según Agrupación de usos del SIGPAC. (Elaboración propia).

Usos / Años	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
AG: Corrientes de agua	1.645,3	1.663,3	1.813,8	1.854,3	1.858,4	1.848,9	1.722,8	1.641,3	1.642,2
CA: Viales	4.552,8	4.549,8	4.919,5	4.654,0	4.907,2	4.921,2	4.941,6	5.022,9	5.022,0
CF: Cítricos-frutales	0,0	0,5	1,3	1,6	1,6	2,5	2,7	2,7	3,4
CI: Cítricos	7.085,8	9.026,4	9.633,9	9.667,9	9.799,3	9.956,0	10.310,6	10.268,6	10.580,9
CS: Cítricos-Frutales de Cáscara	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ED: Edificaciones	34,2	34,2	45,5	46,1	44,3	44,3	43,5	61,9	39,4
FF: Frutales-frutos secos	0,0	0,1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,2	0,2
FL : Frutos secos-olivar	13,4	14,6	15,6	15,8	17,7	21,8	27,6	28,5	28,7
FO: Forestal	1.058,6	1.132,4	1.133,5	1.130,8	1.186,0	1.338,3	1.338,4	1.352,5	1.343,9
FS: Frutos secos	7.953,8	8.011,5	8.120,2	8.086,1	7.729,9	7.653,3	7.618,6	7.246,7	7.552,2
FV: Frutos secos-viñedos	9,2	6,9	5,5	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
FY: Frutales	15.597,9	13.819,3	11.879,4	11.567,8	10.931,7	10.571,1	10.059,3	9.656,7	9.504,7
IM: Improductivos	5.344,0	5.360,7	7.273,0	7.472,4	8.920,9	9.028,9	9.183,5	9.988,3	9.999,7
IS	17,7	17,7	17,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
IV: Invernaderos	1.505,4	1.513,2	1.605,3	1.642,5	1.734,6	1.724,1	1.745,7	1.782,4	1.815,7
OC: Olivar-cítricos	0,0	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,8	0,8
OF: Olivar-frutales	1,6	1,6	2,3	2,6	2,5	2,9	3,2	3,6	3,4
OV: olivar	1.057,6	1.208,5	1.212,4	1.245,8	1.194,7	1.216,5	1.225,2	1.257,7	1.249,4
PA: Pasto con arbolado	2.570,0	2.596,9	2.614,7	2.619,6	2.582,6	2.510,0	2.511,6	2.483,2	2.475,5
PR: Pasto arbustivo	19.341,5	19.286,1	18.825,5	18.808,5	18.278,5	18.209,6	18.146,1	18.386,9	17.752,5
PS: Pastizal	1.885,8	1.884,6	1.795,7	1.776,2	1.752,3	1.552,7	1.526,7	0,0	25,6
TA: Tierra arable	46.060,3	45.679,4	45.764,3	45.637,9	45.263,2	45.600,4	45.711,2	46.859,4	47.082,6
TH: Huerta	19,0	19,0	54,9	61,7	61,7	54,6	50,0	54,9	50,9
VI: Viñedo	411,3	406,9	310,9	125,1	124,3	125,9	137,5	146,8	135,5
ZC: Zona Concentrada no incluida en la Ortofoto	1.941,9	1.828,0	1,2	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZU: Zona urbana	6.008,0	6.005,1	7.212,9	7.860,1	7.886,2	7.899,4	7.983,4	8.045,8	7.982,1
ZV: Zona Censurada	165,2	165,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,0	0,0
SN	38,8	86,8	58,0	39,2	39,5	34,8	27,9	26,9	27,4

Tabla 11: Principales usos con cambios sustanciales en el periodo 2008-2016 según datos del SIGPAC (Elaboración propia)

Usos / Años	Cambios en ha	Cambios en % del peso relativo
IM: Improductivos	4655,7	3,74%
CI: Cítricos	3495,1	2,81%
TA: Tierra arable	1022,3	0,82%
PR: Pasto arbustivo	-1589	-1,28%
PS: Pastizal	-1860,2	-1,50%
FY: Frutales	-6093,2	-4,90%

Otro dato destacable es el abandono de cultivos, que afecta principalmente a zonas semiáridas de la zona de estudio. Este abandono tiene unas consecuencias ecogeomorfológicas y ambientales importantes. De hecho, este asunto se ha intentado recoger en algunas de las medidas de la reciente Ley nº 1/2018, de 7 de febrero, (Consejo de Gobierno CARM, 2018) como el artículo 8 o el punto 1.15 de las medidas agronómicas del código de buenas prácticas agrarias de Murcia, ahora obligatorio en la zona.

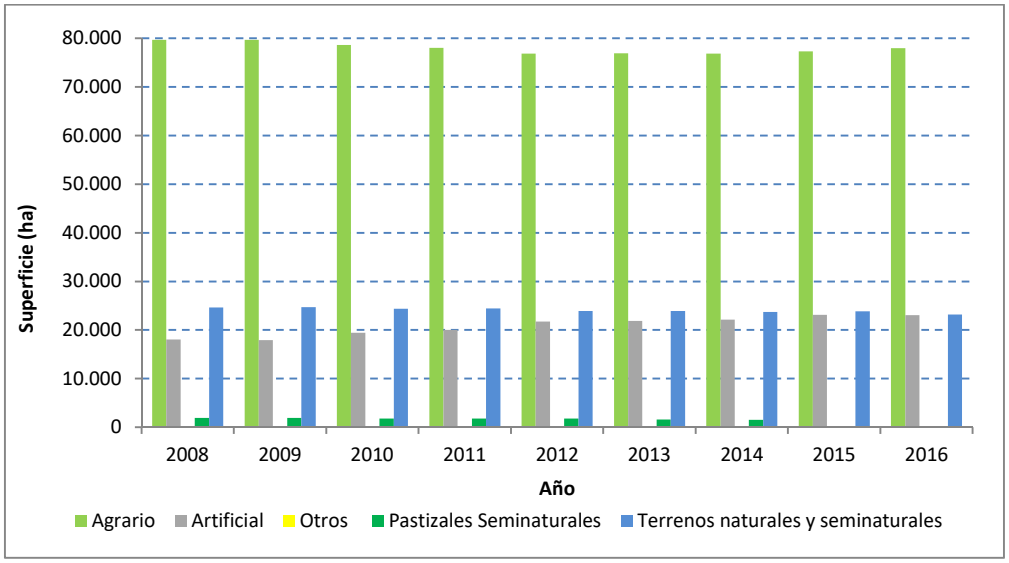


Figura 10: Evolución de superficies de cultivos (2008-2016) en el ámbito de la cuenca según SIGPAC (Elaboración propia)

En la Figura 11 se observa que el abandono de cultivo se produce principalmente en el oeste de la cuenca vertiente. Estos 3.362 recintos con cultivos abandonado suponen 1.800,12 ha, un 1,44% de la superficie de la cuenca vertiente.



Figura 11: Parcelas con cultivos abandonados según SIGPAC 2008-2016 (Elaboración propia).

Los cálculos de parcelas abandonadas se realizan a partir de los controles de campo realizados por la Consejería de Agua, Agricultura Ganadería y Pesca de la Región de Murcia para el control de ayudas, actualizando la información del SIGPAC 2016. Prácticamente **el 85% corresponde a tierra arable en secano**. Este dato también resulta relevante para evaluar la desaparición de superficies cultivadas respecto a su efecto global sobre la intensidad de la actividad agraria en la cabecera de la cuenca vertiente.

Tabla 12: Distribución de superficie abandonada por cultivo según SIGPAC 2008-2016 (Elaboración propia).

Usos / Años	Superficie total (ha)	Regadío (ha)	Secano (ha)
CF: Cítricos-frutales	0,06	0,06	0,00
CI: Cítricos	107,78	107,18	0,60
FS: Frutos secos	23,08	10,32	12,76
FY: Frutales	67,58	15,82	51,76
IV: Invernaderos	0,98	0,98	0,00
OC: Olivar-cítricos	0,29	0,00	0,29
OV: Olivar	3,30	0,28	3,02
TA: Tierra arable	1596,34	128,67	1467,66
TH: Huerta	0,03	0,03	0,00
VI: Viñedo	0,68	0,00	0,68
Total	1800,12	263,34	1536,77

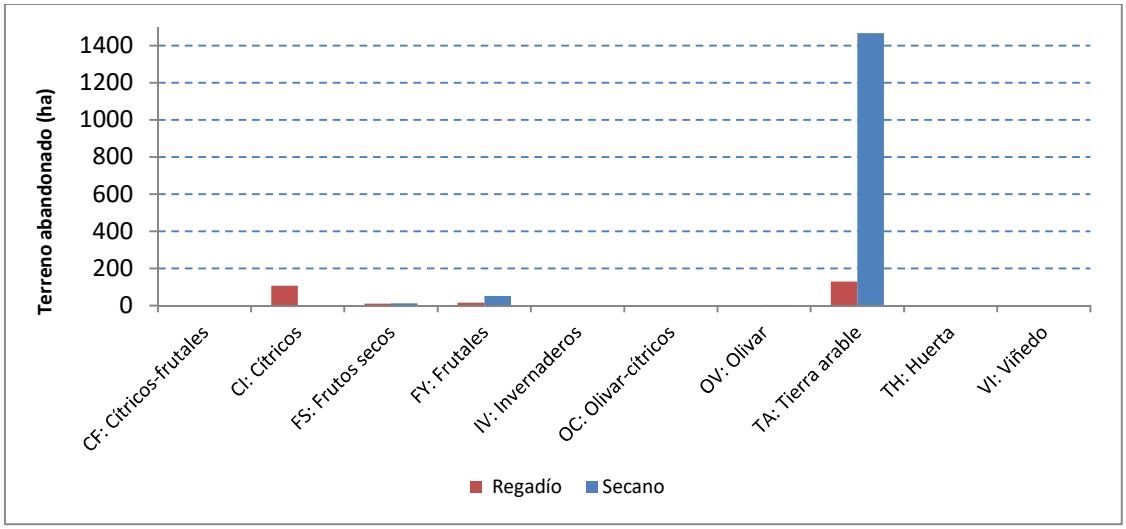


Figura 12: Distribución de superficie abandonada por cultivo (Elaboración propia).

El hecho que el abandono de superficies se produzca en tierras arables en secano en la cabecera de cuenca podría tener cierta relevancia en los fenómenos erosivos y la salida de contaminantes por las escorrentías torrenciales si no se realizan las restauraciones adecuadas a la conservación de suelos en un clima semiárido y de régimen torrencial.

1.1.3 Superficie en regadío

Tras comentar los datos referentes a la superficie agraria de la zona de estudio con los que se ha establecido la baja representatividad del secano, se pasa a calcular la superficie correspondiente a regadío dentro del perímetro de estudio.

Para ello se cuenta con fuentes cartográficas como el SIGPAC, el catastro y las Unidades de Demanda Agraria (UDAs) del Plan de la Demarcación Hidrográfica del Segura. La primera fuente ya ha sido analizada para obtener los datos referentes a los usos del suelo y desglosar de ellos los referentes a cultivos herbáceos y leñosos.

La Consejería de Agua., Agricultura y Medio Ambiente ha realizado un estudio del balance de Nitrógeno aportado al Mar Menor para el cual ha cuantificado la superficie bajo riego en la cuenca vertiente superficial al Mar Menor. Sus fuentes han sido las dos primeras citadas en el párrafo anterior.

De la tercera fuente procedente del Plan de la Demarcación Hidrológica del Segura PDHS 2015-2021 no sólo se pueden obtener datos referentes a superficies sino que además se asocian demandas agrarias de agua. Este dato es de gran relevancia para comprender el grado de intensificación que sufre la cuenca del Mar Menor para la producción agrícola bajo riego.

Como referencia, trabajos realizados con teledetección han mostrado que sólo entre 1988 y 2009 el regadío de la cuenca pasó de unas 25.150 hectáreas a unas 60.700 hectáreas (Carreño, 2015). La transformación a regadío se ha reactivado en los últimos años, estimándose la existencia de entre 15.000 y 20.000 hectáreas de regadío al margen de las cifras oficiales.

1.1.3.1 Antecedentes y aspectos generales del regadío en Murcia

Es necesario realizar una pequeña presentación preliminar del regadío pues en la Región Murciana y en el entorno de la cuenca vertiente del Mar Menor tiene una especial significación territorial, social y cultural.

Aunque el regadío en la región se remonta culturalmente a los primeros pobladores levantinos y a las civilizaciones que fueron ocupando el Mediterráneo (griegos, cartagineses, romanos) serán los árabes quienes dieron un verdadero impulso a las huertas en la región. Sin embargo, en el siglo XII aún no se superaban las 5000 ha (García & Olivares, La huerta de Murcia en los siglos XII y XIII, 1968). Tras siglos de recesión durante la reconquista, la llegada de los cítricos y la morera catapultó el uso agrario desde el siglo XVI hasta finales del XIX.

El auge de la consolidación y expansión de áreas regables vendría de la mano en primer lugar de fuentes subterráneas, con el aprovechamiento de pozos, y posteriormente de fuentes superficiales, con el Acueducto Tajo-Segura (ATS). Este proyecto (Morales, Rico, & Hernández, 2005) aunque surgió a principios del siglo XX no sería diseñado hasta 1933 cuando fue plasmado dentro del Plan Nacional de Obras Hidráulicas de la II República. Tras décadas sin llevarse a cabo ningún tipo de obra, se redactó el anteproyecto en 1966 (San Martín, 2011) y se inició la construcción durante el franquismo, pero no comenzaría a funcionar hasta la vuelta de la democracia.

Desde entonces, tras su puesta en marcha en 1979, se calcula que el ATS supone considerando todas sus actividades asociadas un aporte global de 2.364 M€ de PIB y más de 100.000 empleos según cálculos de la consultora Price Waterhouse Coopers de 2013 (Soto García, Martínez Álvarez, & Martín Górriz, 2014), lo que da una idea de su relevancia para la socioeconomía de la Región de Murcia.

Por otro lado, el volumen de agua consumido por el regadío en la CARM en 2015 fue de 544 hm^3, de los que 446 correspondieron al sistema de goteo, 85 a gravedad y 13 a aspersión (INE, 2015).

Los cuatro tipos de regadíos característicos en cuanto a origen del agua, que nos podemos encontrar en esta región (Alcón, 2007) son:

- Tradicionales, legalizaciones y ampliaciones de las Vegas del Segura
- Creados o redotados con aguas procedentes del Trasvase Tajo-Segura
- Los que se abastecen con aguas subterráneas.
- Los abastecidos con la reutilización o desalinización.

Dentro del ámbito del presente estudio se pueden encontrar regadíos de los cuatro tipos.

Los recursos hídricos de la Región de Murcia dependen de los disponibles en la Cuenca del Segura en cada momento, dado que el 99% de su superficie se encuentra ubicada en la misma. Pese a las limitaciones hídricas, el riego en la Cuenca del Segura es enormemente rentable, generando un margen neto calculado en 879 M€ anuales (Calatrava & Martínez-Granados, 2012).

A la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia le fueron transferidas las competencias agrarias desde 1985. Las principales actuaciones desde ese año se han centrado en la mejora de las infraestructuras asociadas, especialmente desde que en 1992 se realizó un estudio que resaltaba la carencia estructural de recursos hídricos. La respuesta fue la puesta en marcha de inversiones y proyectos de modernización del regadío (Soto García, Martínez Álvarez, & Martín Górriz, 2014), basada en cuatro pilares básicos:

- La mejora de infraestructuras
- La instalación de sistemas de telecontrol
- La innovación y desarrollo a través de los centros de investigación y universidades

- La formación y asesoramiento al agricultor.

1.1.3.2 Superficies de riego según SIGPAC

De acuerdo a los datos ofrecidos por el SIGPAC 2016 la superficie de regadío, con coeficiente de regadío superior al 1%, suma **47.440,40 ha** en la cuenca vertiente del Mar Menor (60% de la superficie agrícola total). La tierra arable representa un 70% de dicha superficie, los cítricos un 22%, los invernaderos un 4% y los frutos secos un 3%. Los otros 10 usos del SIGPAC completan el 2% restante.

Tabla 13: Superficie de regadío por cultivos basada en datos SIGPAC, 2016 (Elaboración propia).

COD	USO SIGPAC	Superficie Total (ha)	Superficie de regadío (ha)	% en regadío
CF: Cítricos-frutales	Cítricos-frutales	3,40	2,96	87,09%
CI: Cítricos	Cítricos	10.580,90	10.329,36	97,62%
FF: Frutales-frutos secos	Frutales-frutos secos	0,20	0,13	65,94%
FL : Frutos secos-olivar	Frutos secos-olivar	28,70	4,31	15,03%
FS: Frutos secos	Frutos secos	7.552,20	1.440,56	19,07%
FV: Frutos secos-viñedos	Frutos secos-viñedos	0,10	0,06	58,52%
FY: Frutales	Frutales	9.504,70	390,26	4,11%
IV: Invernaderos	Invernaderos	1.815,70	1.795,59	98,89%
OC: Olivar-cítricos	Olivar-cítricos	0,80	0,09	11,51%
OF: Olivar-frutales	Olivar-frutales	3,40	0,38	11,22%
OV: Olivar	Olivar	1.249,40	233,53	18,69%
TA: Tierra arable	Tierra Arable	47.082,60	33.110,23	70,32%
TH: Huerta	Huerta	50,90	41,50	81,54%
VI: Viñedo	Vid	135,50	91,44	67,48%
TOTAL		**78.008,5**	**47.440,40**	**61%**

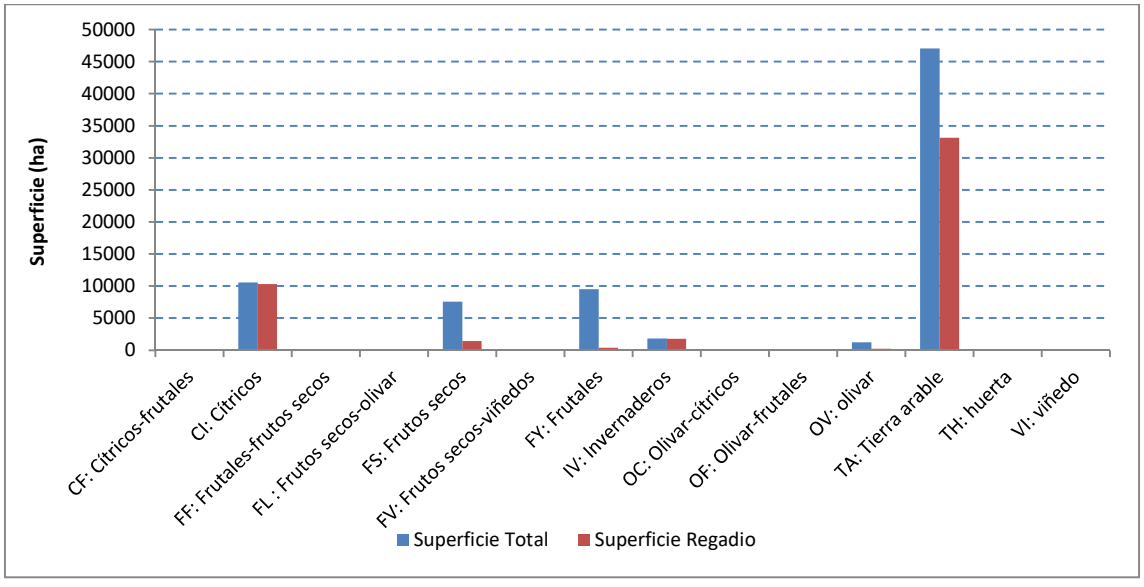


Figura 13: Superficies regadíos basada en datos SIGPAC 2016 (Elaboración propia).

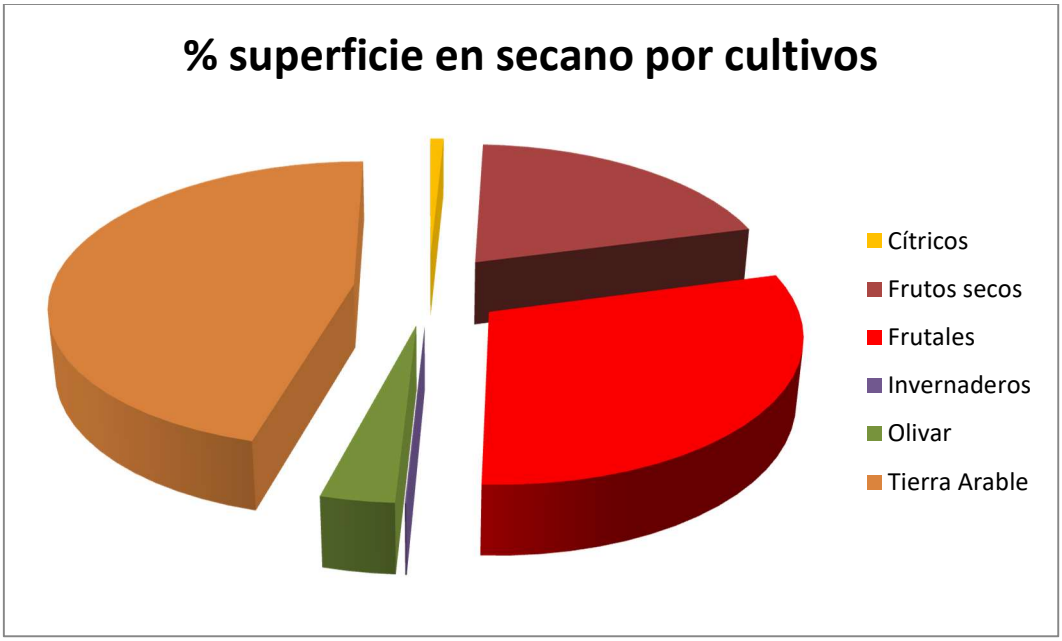


Figura 14: Porcentaje de superficie en secano por cultivos del SIGPAC, 2016 (Elaboración propia).

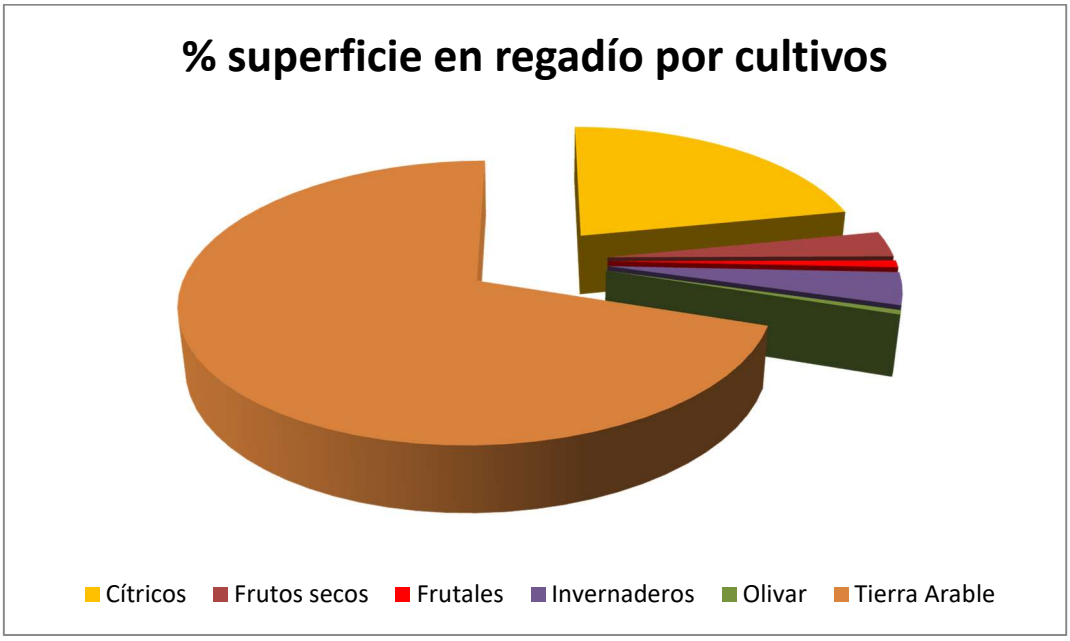


Figura 15: Porcentaje de superficie en riego por cultivos del SIGPAC, 2016 (Elaboración propia).

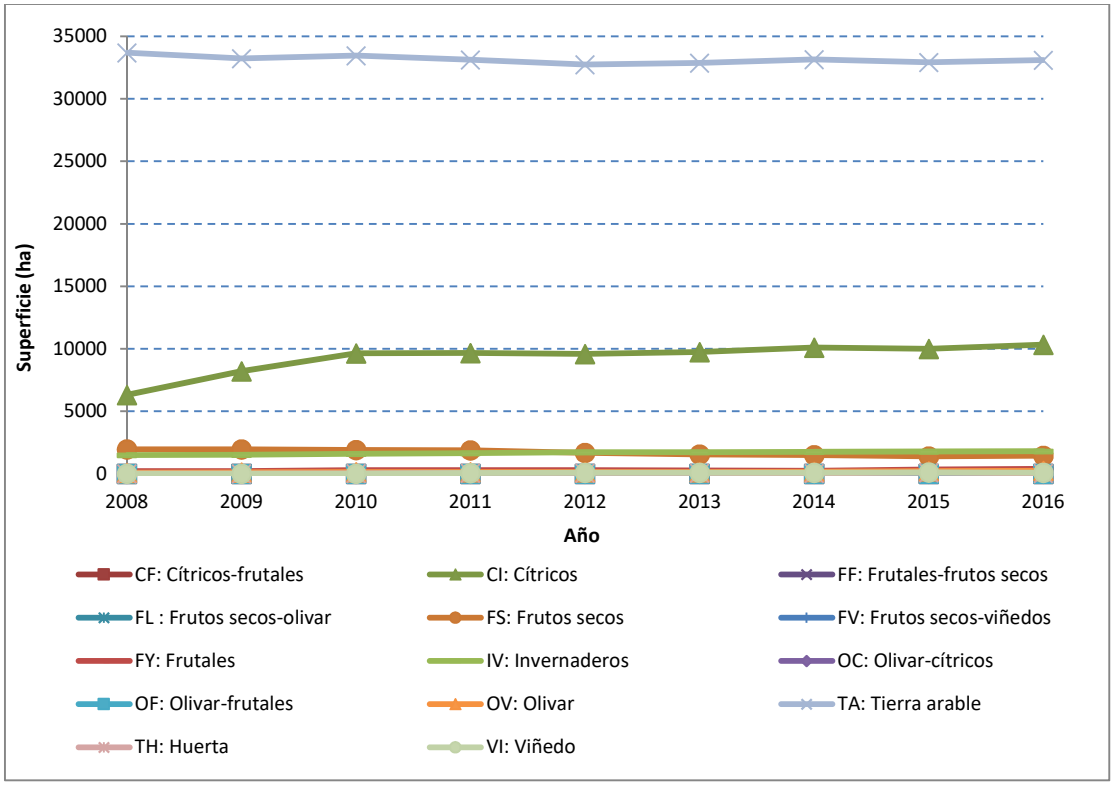


Figura 16: Evolución de superficies de cultivos en regadío basada en datos SIGPAC (Elaboración propia)

1.1.3.3 Superficies de riego según el SIGPAC y Catastro (CAAMA)

Durante el proceso de consultas previas del documento de alcance, la Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente ha enviado un informe elaborado por personal de Secretaría General y del IMIDA relativo a la cuantificación de las superficies cultivadas, regadas y su efecto en el aporte de nitrógeno al Mar Menor (Secretaríal General e IMIDA, 2017).

El ámbito de aplicación del informe es el definido por la Ley 1/2018, de 7 de febrero, de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor (DL) que aparece en la Figura 17. Este perímetro se ciñe a la cuenca de escorrentía superficial, pero no al de la cuenca subterránea del acuífero cuaternario de Campo de Cartagena.

La superficie total delimitada es de **121.555 ha** (según datos de catastro y SIGPAC, de abril de 2017), distribuidas en tres zonas (Figura 17):

- Zona 1 (verde) 9.159 ha (2017), 16.480 (2018). Franja costera del Mar Menor
- Zona 2 (azul) 31.488 ha (2017), 42.770 ha (2018). Zona media de la cuenca
- Zona 3 (amarilla): 80.908 ha (2017), 62.303 ha (2018). Zona alta de la cuenca.

A nivel de SIGPAC el número y representación gráfica de recintos agrarios se recoge en la Figura 3. La superficie total es de 76.531,96 ha, con una superficie media del recinto 1,03 ha.

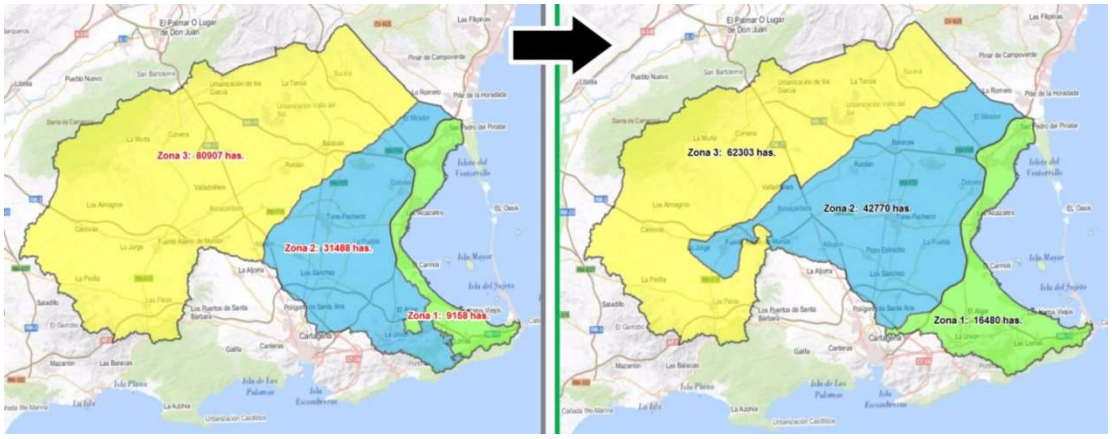


Figura 17: Zonificación del área de aplicación del DL 1/2017 (dcha.) y perímetro de la Ley 1/2018 (Pacto por el Mar Menor, 2018)

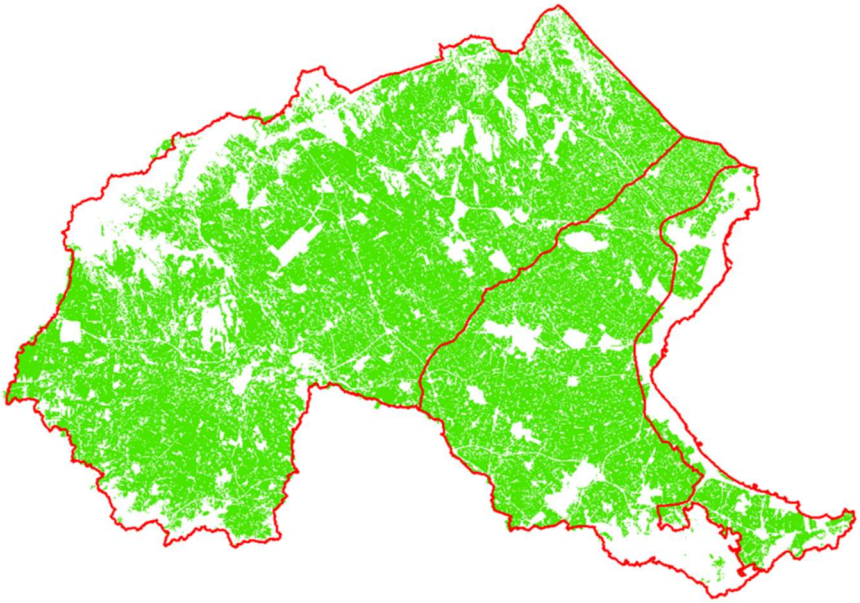


Figura 18: Recintos agrarios según Catastro y SIGPAC en el área de aplicación del Decreto-Ley nº 1/2017 (Secretaríal General e IMIDA, 2017)

Diferenciando las superficie agrícola ocupada por la mayor comunidad de regantes del Campo de Cartagena (CRCC) de 38.923,46 ha y el resto dentro del perímetro de la ley 1/2018 de **42.827 ha**, el total de superficie agraria, según SIGPAC es **81.751 ha** (Figura 18). Este dato es un 6% superior al dato inicial de **76.531,96 ha**, teniendo en cuenta que si el límite del DL afecta a una parte de una parcela SIGPAC, se asume la parcela completa como se puede observar en los bordes del perímetro de los mapas. Esta superficie supone que entre **un 67% y un 63% de la superficie** total de la cuenca está ocupada por cultivos.

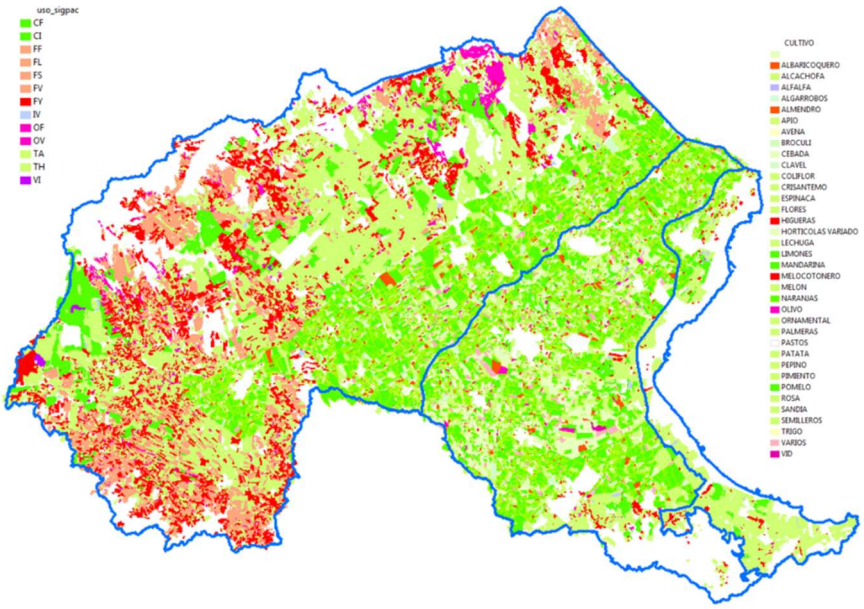


Figura 19: Usos SIGPAC fuera de la CRCC y usos definidos por la CRCC en el área de aplicación del Decreto-Ley nº 1/2017 (Secretaríal General e IMIDA, 2017)

Por otra parte, a nivel de Catastro, con fecha de actualización 15 abril de 2017, la superficie dentro del perímetro es de **52.867,22 ha de regadío** y **23.316,85 ha de secano**. La superficie de regadío no implica, necesariamente, que sea una superficie regada sino regable. Según SIGPAC la superficie de regadío, con coeficiente de regadío superior al 1% es **46.839 ha** (Figura 20).

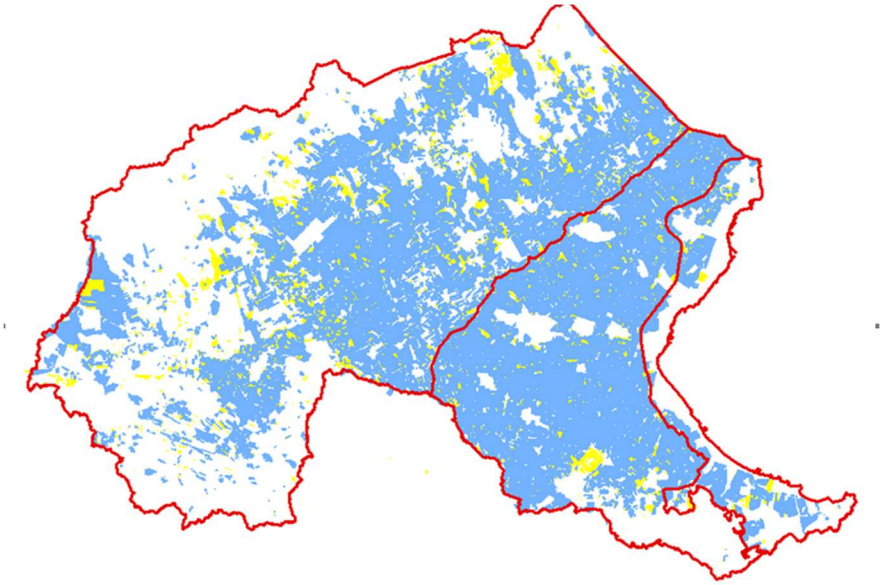


Figura 20: Representación gráfica de parcelas de regadío combinado Catastro y SIGPAC. El color azul representa superficies comunes y el amarillo parcelas Catastro no identificadas en SIGPAC (Secretaríal General e IMIDA, 2017)

Para la definición de la tipología de los cultivos, dicho informe se basa en los datos de Catastro, quedando las agrupaciones de la siguiente forma: cítricos, frutales (mayoritariamente almendros), invernaderos, tierra de labor, olivos, viñedo y uva de mesa. Las superficies potencialmente regables se reflejan en la Tabla 14 y las superficies de secano en la Tabla 15.

Tabla 14: Superficies (ha) y usos de regadío según Catastro, 2017

Cítricos (ha)	Frutales 1 (ha)	Invernaderos (ha)	Labro regadío (ha)	Olivos (ha)	Viñedo y uva de mesa (ha)	Totales (ha)
11133,02	4407,15	1706,84	34972,15	557,16	90,91	52867,22

1 Frutales: frutales de hueso, almendro, frutales de pepito y algarrobo

Tabla 15: Superficies (ha) y usos de secano (Catastro, 2017)

Frutales 1 (ha)	Labor secano (ha)	Olivos (ha)	Viñedo (ha)	Totales (ha)
12197,18	10527,09	569,97	22,63	23316,85

1 Frutales: frutales de hueso, almendro, frutales de pepito y algarrobo

La continuación de este trabajo, donde se realiza el balance de nitrógeno se describe más adelante en el apartado correspondiente a la fertilización y al aporte de contaminantes.

1.1.3.4 Superficies de riego según Unidades de Demanda Agraria (UDA)

Son numerosos los antecedentes recientes existentes en relación con la caracterización de los regadíos en la cuenca del Segura, a los efectos de la planificación hidrológica. Así, se disponía de un importante estudio previo sobre usos del agua que caracterizó las unidades de inventario agrícolas y las cartografió a escala 1:50.000 a partir de los datos del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos (MCA) del denominado actualmente Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, actualizados con teledetección y contrastes de campo. Posteriormente, se han producido contribuciones de gran interés como los trabajos aportados por el I.R.Y.D.A. sobre los Riegos de la Vega, los trabajos de detalle de los planes de ordenación de acuíferos sobreexplotados, los estudios regionales aportados por las Comunidades Autónomas, y, muy singularmente por el grado de detalle al que se llegó, los inventarios de aprovechamientos de aguas superficiales y subterráneas recientemente elaborados por la Confederación del Segura, en los que se identifican todos los aprovechamientos sobre fotografía aérea, y se referencian sus características básicas.

Aun cuando estos inventarios no se encuentran en la actualidad completamente terminados y requieren de una actualización y depuración permanente, su consideración, junto con la del resto de los trabajos mencionados, ha sido la base de partida para la realización de la caracterización de demandas agrarias del Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura (PHDS), de gran detalle y robustez técnica a los efectos de satisfacer el objetivo buscado.

A efectos administrativos y de control, la Confederación del Segura ha definido las Unidades de Demanda de Agraria. Así, reglamentariamente, los datos que definen una demanda hídrica son, conforme a lo dispuesto en el art. 74 del Reglamento de la Administración Pública del agua y de la planificación hidrológica (RAPAPH: Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica (RAPARH), en desarrollo de los títulos II y III de la Ley de Aguas):

- El volumen anual y su distribución estacional, con las condiciones de calidad exigibles
- El nivel de garantía
- El consumo bruto
- El volumen anual y la distribución estacional del retorno, y la previsión de su calidad previa a cualquier tratamiento.

Más de 73.000 ha del ámbito de estudio se encuentran dentro de una de las Unidades de Demanda Agraria (en adelante UDA, definidas en el PHDS (Real Decreto 1/2016, de 8 de enero,

BOE de 19 de enero de 2016), definidas como zonas homogéneas que comparten características comunes, ya sea su origen de recursos, sus condiciones administrativas, su tecnología de riego, su similitud hidrológica o por consideraciones estrictamente territoriales (Tabla 16).

Tabla 16: Unidades de Demanda Agraria en la cuenca vertiente del Mar Menor Campo de Cartagena (Elaboración propia).

COD. UDA	Nombre UDA	Demanda bruta (horizonte 2015/2021) (hm^3/año)	Demanda neta (horizonte 2015/2021) (hm^3/año)	Superficie bruta (ha)	Superficie neta (ha)*	Superficie dentro de Zona de Estudio		% de UDA dentro de Zona de Estudio	Origen principal/secundario del recurso
						Bruta (ha)	Neta* (ha)		
57	Resto Campo de Cartagena, regadío mixto de acuíferos, depuradas y desalinizada	87	73	34.176	16.582	31.770	15.415	92,96%	Aguas subterráneas/Reutilización directa aguas depuradas, recursos desalinizados
58	Regadíos redotados del ATS de la ZR Campo de Cartagena	132	107	33.079	19.259	30.502	17.759	92,21%	Acueducto Tajo Segura/Aguas subterráneas, reutilización directa aguas depuradas
75	Cota 120 Campo de Cartagena	39	33	11.421	7.230	10.826	6.853	94,79%	Aguas subterráneas/Reutilización directa aguas residuales, aguas superficiales, recursos desalinizados
TOTALES		**259**	**213**	**78.676**	**43.071**	**73.098**	**40.027**	**92,91%**	

* La superficie neta es la superficie regada en un año hidrológico en circunstancias ordinarias, con carácter de máximo, en virtud del título habilitante. Las dotaciones netas se corresponden con las necesidades de los cultivos y las dotaciones brutas en cauces y acuíferos se calcularán para que, una vez aplicados los coeficientes de eficiencia de la conducción, distribución y aplicación, se consigan esas dotaciones netas.

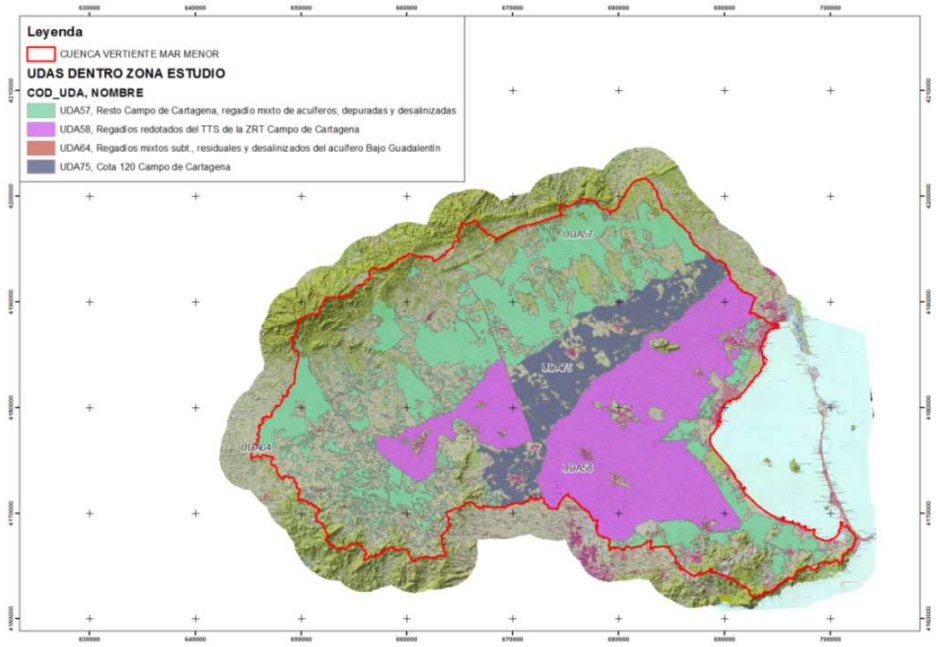


Figura 21: Unidades de Demanda Agraria en la cuenca vertiente Mar Menor basadas en datos del PHDS (Elaboración propia)

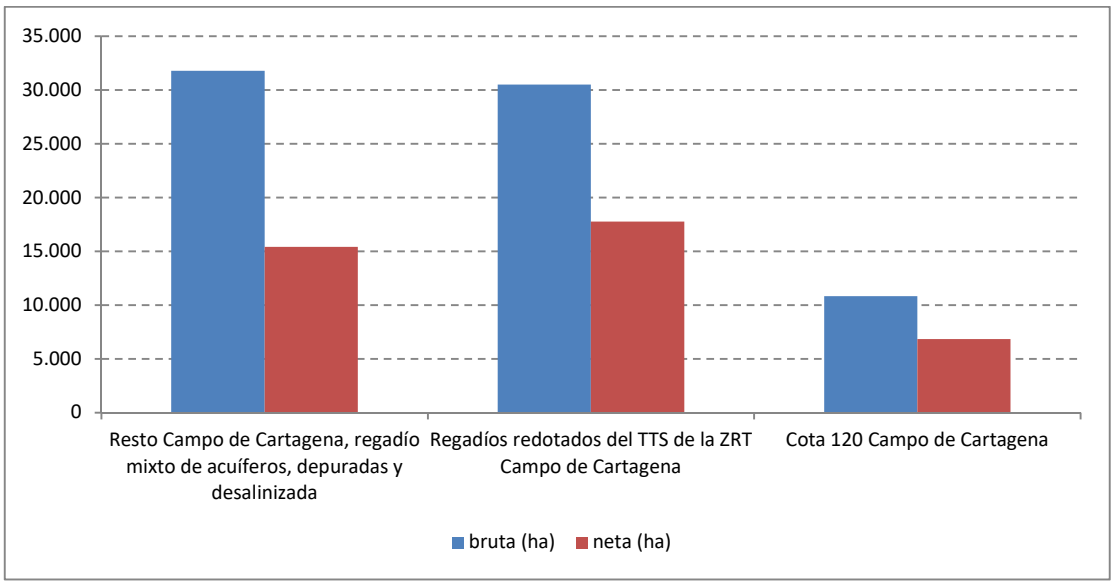


Figura 22: Unidades de Demanda Agraria por Superficie del PHDS (Elaboración propia)

Según datos de la CHS y en función de las Unidades de Demanda de Agraria definidas, en el año 2014 la superficie neta (máximo valor de superficie regada detectada mediante teledetección en los años 2011, 2012 y 2013) representa **40.027 ha (32%)** en la cuenca vertiente del Mar Menor. Así también, la superficie regable representaba unas 73.098 ha (59%), que es la superficie que podría ser regada si existiesen recursos hídricos suficientes.

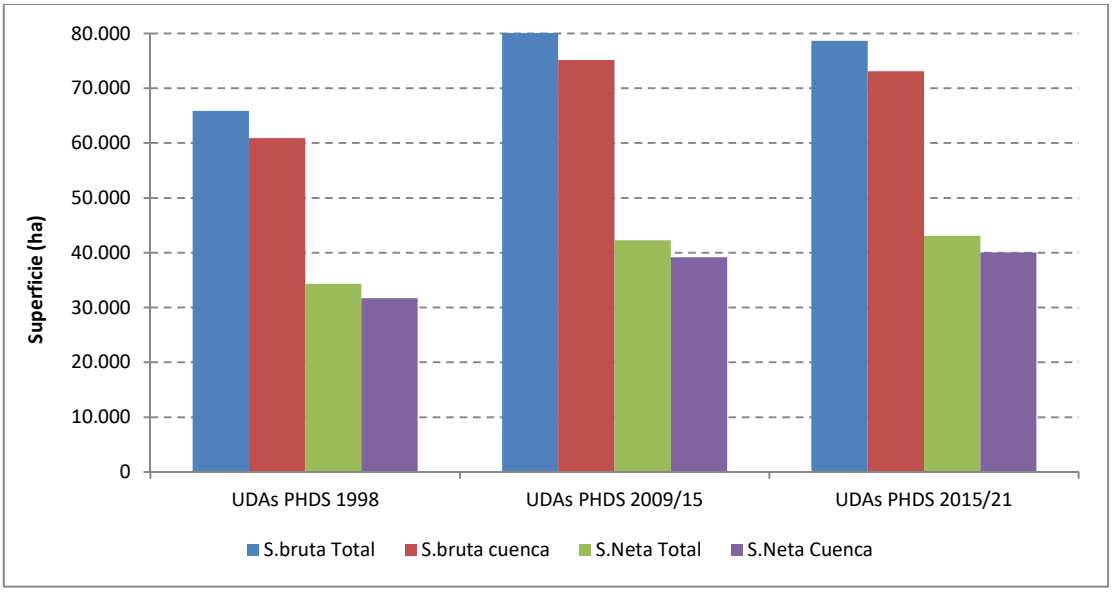


Figura 23: Evolución de superficies en UDAs en la cuenca vertiente del Mar Menor (Fuente: Elaboración propia basada en datos CHS).

1.1.3.5 Evolución de la superficie de regadío

En los epígrafes anteriores de este diagnóstico se han usado varias fuentes y métodos para concretar las superficies regadas con la mayor precisión posible de fuentes cartografiables y contrastables.

Tabla 17: Evolución superficie de riego en la cuenca vertiente del Mar Menor según las fuentes utilizadas en este documento.

Año	Superficie de riego (ha)	Origen dato	% respecto a 1998
1998	31.708	UDAs PHDS 1998 (2017)	100%
2008	43.764	SIGPAC	138%
2009	39.155	UDAs PHDS 2009/15 (CHS)	123%
2014	60.700	(Carreño, 2015)	191%
2015	40.027	UDAs PHDS 2015/21 (CHS)	126%
2016	47.440	SIGPAC	150%
2017	46.839	Catastro (CAAMA)	148%

La superficie de regadío de la cuenca vertiente del Mar Menor, si se realiza una combinación de las tres fuentes utilizadas (SIGPAC, Catastro y UDAs del PHDS), se ha incrementado en un porcentaje del 149 % desde 1998 hasta 2017. De hecho, la superficie bruta máxima obtenida ha sido de 52.867 ha según Catastro 2017 con lo que el incremento del regadío podría llegar a ser del 167%.

Aparte de los datos mostrados en este documento, según fuentes de la fiscalía la superficie regable en la zona podría ascender hasta 60.000 ha, lo cual supondría un crecimiento de prácticamente el 200% en el mismo periodo.

De hecho, trabajos realizados con teledetección han mostrado que sólo entre 1988 y 2009 el regadío de la cuenca pasó de unas 25.150 hectáreas a unas 60.700 hectáreas, un 241% de la superficie inicial (Carreño, 2015). La transformación a regadío se estima entre 15.000 y 20.000 hectáreas de regadío al margen de las cifras oficiales.

1.1.3.6 Comunidades de Regantes

El subsector hortofrutícola de regadío en el Campo de Cartagena está organizado principalmente en Comunidades de Regantes, entre las que destacan por su gran extensión de terreno dentro de la zona de estudio, la Comunidad de Regantes de Campo de Cartagena y la Comunidad de Regantes Arcosur Mar Menor.

Por definición una Comunidad de Regantes es "**una agrupación de todos los propietarios de una zona regable**, que se unen obligatoriamente por Ley, para la **administración autónoma y común de las aguas públicas**, sin ánimo de lucro. A esa zona concreta de tierra regable se le otorga una **concesión de agua** para regar, es **la superficie de tierra la beneficiaria de la concesión** y no el comunero propietario de la misma", el marco jurídico en el que se basan estas las comunidades de regantes es el Decreto Legislativo 1/2001 de 20 de julio, que aprobó el texto refundido de la Ley de Aguas.

Según datos de la Consejería de Agua, Agricultura Ganadería y Pesca de la Región de Murcia, entre los años 2009 y 2014, la superficie gestionada por Comunidades de Regantes es de **53.114,92 ha**, lo que representa el **43%** de la superficie de la cuenca vertiente del Mar Menor.

A continuación se listan las Comunidades de Regantes registradas en la cuenca vertiente del Mar Menor:

Tabla 18: Listado Comunidades de Regantes de la Cuenca Vertiente Mar Menor

CODCR_PNR	NOMBRE Comunidad de Regantes
0830391	CR Campo de Cartagena
0830322	CR Arcosur Mar Menor
0830289	CR La Ermita
0830648	CR Sociedad de Gestión de Aguas Virgen de los Dolores
0830030	CR Costera Norte de Carrascoy y Alhama de Murcia
0830610	CR Lo Poyo
0830675	CR La Purísima de Aljorra
0830182	CR El Molino de Gea y Truyols
0830644	CR Pozo del Tío Enrique
0830172	CR Casas Blancas SAT núm. 2041
0830282	CR El Caracolero
0830812	CR SAT Usuarios EDAR los Alcázares
0830661	CR Torre Molina de Gea y Truyols
0830611	CR Ceratonia y Prunus
0830213	CR Los Rocas
0830649	CR Usuarios de los Agustinos SAT núm. 1535
0830029	CR Carrascoy - Las Cañadas

Las comunidades de Regantes de la cuenca vertiente del Mar Menor se encuentran altamente tecnificadas y modernizadas, para así poder cumplir con las exigencias de calidad de los productos comercializados, así como por la necesidad de optimizar los recursos hídricos existentes y tan escasos en la zona del Campo de Cartagena. Con este fin, por ejemplo la **Comunidad de Regantes Campo de Cartagena** cuenta con una extensa infraestructura hidráulica controlada por el SCADA que consiste principalmente en: (a) la red de tuberías (1.033 km), (b) balsas de riego con una capacidad total de 2,5 hm^3; (c) siete estaciones de bombeo; (d) 1.310 válvulas hidráulicas, y (e) 1.351 contadores. El sistema de comunicaciones empleado cuenta con 4 repetidores y más de 1.000 RTUs (CR Campo de Cartagena, 2011).

En la cuenca vertiente del Mar Menor existen unas **4.000 balsas de riego**, número aproximado, ya que no existe ningún inventario de balsas en la Región. Sólo en la CRCC, por ejemplo, se registran más de 1.300 embalses, con una capacidad total superior a 21 hm^3 (CR Campo de Cartagena, 2011). Estas balsas suponen una lámina de agua de **1.487,82 ha**. Estimando una profundidad media de 4 m obtendríamos una capacidad estimada de embalsamiento de agua **59,51 hm^3**.

Estas Comunidades de Regantes han sufrido un intenso proceso de modernización mediante subvenciones e inversiones de las administraciones públicas así como por inversiones privadas.

Los diferentes planes de modernización de regadíos (Plan Nacional de Regadíos Horizonte 2008 PNR H2008 (MAPA, 2001), Plan de Choque de Modernización de Regadíos 2006-2008 (Ministerio de la Presidencia, 2006) han influido enormemente a través de los programas de actuaciones de modernización y mejora dentro de la región de Murcia en general y del Campo de Cartagena en particular.

El PNR H2008 (DG Desarrollo Rural, 2001) invirtió 132 millones de euros en la consolidación y mejora de 69.872 ha en la región de Murcia. Según el citado plan se esperaba disminuir la demanda por mejora en 49 hm^3 anuales al tiempo que se incrementaban los recursos adicionales en 72 con lo que la demanda agraria de agua H-2008 se establecía en 1.254 para toda la CARM.

Los proyectos previstos dentro del Plan de Choque de modernización de regadíos (Redacción CIMBRA, 2006) supusieron una inversión de 225,10 millones de euros afectando a una superficie de 43.952 hectáreas con un ahorro de agua de 38 hm^3 al año.

La administración regional por su parte ha invertido en modernización de regadíos 26.767.127,60€, en las Comunidades de Regantes del Campo de Cartagena.

La modernización ha consistido en:

- Construcción embalses de regulación
- Construcción y reparación de conducciones
- Instalación de bombeos
- Construcción de arquetas e hidrantes multiusuario
- Cabezales de riego
- Estaciones de filtrado
- Automatización

1.1.3.6.1 Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena (CRCC)

Actualmente la Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena (CRCC) comprende una superficie regable de 41.920 ha con 9.678 comuneros, extendiéndose por los términos municipales de Cartagena, Fuente Álamo, Los Alcázares, Murcia, San Javier, San Pedro del Pinatar y Torre Pacheco en la provincia de Murcia, e incluyendo también El Pilar de la Horadada en la provincia de Alicante (CR Campo de Cartagena, 2011).

Los recursos hídricos de la CRCC son los provenientes del trasvase Tajo-Segura (122 hm^3), cuenca del Segura (4,2 hm^3), EDARs (11,7 hm^3) y la desaladora del Mojón (2,2 hm^3), cuya agua procede del drenaje de la Zona Regable. Estas dotaciones junto con otros aprovechamientos secundarios (aguas subterráneas y reutilización de aguas urbanas), son insuficientes para cubrir la demanda potencial agrícola de agua en la zona regable. La diferencia entre la evapotranspiración potencial y la precipitación, referidas al mismo periodo, se traduce en un

déficit hídrico, que se evalúa entre 800 y 1.400 mm. Las necesidades reales se sitúan entre 180 y 200 hm^3.

La explotación tipo en el Campo de Cartagena se caracteriza por estar constituida con parcelas en régimen de arrendamiento con explotación intensiva y riego localizado.

Los cultivos predominantes en la zona regable, por orden de importancia, son los hortícolas (lechuga, melón, alcachofa y brécol), los cítricos (limonero, naranjo y mandarino) y los cultivos de invernadero (pimiento). Casi la totalidad de los cultivos emplean la técnica de riego localizado (96%).

En la actualidad se dedica una gran extensión de terreno a la lechuga; dado su ciclo corto, entre 45 y 90 días, por lo que suelen hacerse dos plantaciones consecutivas en la alternativa. Se planta a partir de septiembre, de modo escalonado, para mantener los mercados abastecidos. El brécol es otro de los cultivos incorporados en los últimos años, apto para la industrialización. Para realizar dos cosechas se planta a partir de septiembre para recolectar en diciembre y puede plantarse de nuevo en enero y recolectarse en marzo.

El melón, que sigue siendo un cultivo tradicional en la zona, se planta a partir de mediados de marzo, en acolchado de plástico y también en túnel y permanece su cultivo hasta el mes de julio. La alcachofa se trasplanta en verano, en julio-agosto, y se mantiene su cultivo durante dos temporadas, principalmente, e incluso tres. El haba suele sembrarse en agosto o septiembre, sobre el rastrojo de melón, hasta enero o febrero.

Entre los cultivos de invernadero, sin duda alguna es el pimiento el que ocupa la primacía. Se trasplanta el pimiento en noviembre-diciembre y se mantiene hasta junio, aproximadamente, recolectándose verde o rojo, según la demanda del mercado.

1.1.3.6.2 Comunidad de Regantes Arco Sur Mar Menor (CRASMM)

La Comunidad de Regantes Arco Sur Mar Menor (CRASMM) con un perímetro de 6.119,14 ha gestiona 4.255 ha de regadío. La Superficie de los terrenos Rústicos no incluidos en el área regable dentro del perímetro de la CRASMM asciende a 799,20 Hectáreas (Celdrán, 2017). La situación de estas tierras en cuanto a sus derechos de riego no es conocida

Tabla 19: Fuentes de agua de riego de la CRASMM (Celdrán, 2017).

PROCEDENCIA	VOLUMEN (m^3)	VOLUMEN REAL (m3)
Aguas residuales depuradas en la EDAR Mar Menor Sur	4.864.120	3.168.213
Aguas salobres procedentes de la red de drenajes del Campo de Cartagena	2.720.000	810.000 (Pendiente Concesión)
Aprovechamientos subterráneos dentro de la superficie regable de la C.R Arco Sur Mar Menor	6.290.743	Uso Privativo
Aguas procedentes de la rambla de Miranda y de aguas procedentes de la rambla de El Albujón	3.500.496	Pendiente concesión
Aguas procedentes de la Desaladora de Escombreras	2.000.000	2.000.000
TOTAL	**19.375.359**	**5.810.000**

Las alternativas de cultivo han evolucionado en la zona hacia la obtención de dos cosechas por año, predominando los siguientes ciclos:

- Dos cultivos de otoño invierno de Septiembre a Abril
    - Lechuga y repetición, ò
    - Lechuga y Apio de invierno.
- Un cultivo de otoño y otro de primavera temprano.

  - Lechuga y Patata temprana. ò
  - Apio de otoño y Patata temprana
- Un cultivo de otoño y otro de primavera-verano
  - Apio y Melón Temprano. ò
  - Lechuga y Melón Temprano.

La mayor parte de las recolecciones de cultivos se centran en los meses de Diciembre-Enero-Febrero.

El Brécol es un cultivo muy extendido en la Zona que por su relativa rusticidad se planta a lo largo de toda la Campaña Otoño-Invierno-Primavera, buscando mantener una producción uniforme a lo largo de ella. Los meses de junio, julio y agosto se destinan a la preparación de la tierra para la campaña venidera.

Aproximadamente el tiempo de ocupación de la tierra en cuanto a periodo consuntivo de recursos hídricos es de 6-7 meses con una dotación de agua de unos 3000 m^3/ha en invierno y unos 3.500 m^3/ha en Otoño y Primavera.

1.1.3.7 Superficie regada según tecnología de riego

En función del cultivo se puede concretar que la totalidad de la superficie de cultivos leñosos en regadío son regados mediante riego localizado mientras que en los cultivos hortícolas en los últimos años se ha producido un pequeño repunte del riego por aspersión, que no significa más del 5% de la superficie de hortícolas.

1.1.3.7.1 Riego localizado

El riego localizado en la cuenca vertiente del Mar Menor supone el **96% de la superficie de regadío**, estimando esta superficie en **45.500 ha**, según datos aportados por el IMIDA (IMIDA, 2013).

Esta tecnología de riego incrementa la eficacia en la aplicación del agua, permitiendo la fertirrigación así como una reducción de los costes de las labores en los diferentes cultivos.

El portal estadístico de la Región de Murcia publica las superficies destinadas a riego localizado en el año 2016. En la Tabla 20 quedan reflejadas las superficies con riego localizado por municipio incluido total o parcialmente en la cuenca vertiente del Mar Menor.

Tabla 20: Superficie (ha) destinada a riego localizado por municipios de la cuenca vertiente al Mar Menor en 2016 (Consejería de Agricultura y Agua CARM, 2018).

	Alcázares (Los)	Cartagena	Fuente Álamo	Murcia	San Javier	San Pedro del Pinatar	Torre-Pacheco	Unión (La)	Total Campo Cartagena (*)
CULTIVOS HERBÁCEOS	118	9.292	2.270	1.825	1.550	509	5.750	295	21609
Cereales para grano	0	10	0	0	4	0	0	0	14
Cultivos industriales	0	68	0	33	4	0	13	3	121
Flores	3	18	0	5	24	9	6	0	65
Hortalizas	109	5.738	2.228	1.763	1.434	498	5.448	240	17458
Tubérculos consumo humano	6	3.458	42	24	84	2	283	52	3951
Cítricos	167	2.638	939	9.505	1.122	223	2.048	19	16661

	Alcázares (Los)	Cartagena	Fuente Álamo	Murcia	San Javier	San Pedro del Pinatar	Torre-Pacheco	Unión (La)	Total Campo Cartagena (*)
Limonero	81	1.314	542	7.272	515	73	609	17	10423
Mandarino	60	567	277	648	165	61	662	0	2440
Naranjo	22	702	108	1.373	438	70	762	2	3477
Pomelo	0	51	12	177	4	17	15	0	276
Limero y otros cítricos	4	4	0	35	0	2	0	0	45
Almendro	0	327	393	172	2	3	150	1	1048
Melocotonero	0	8	0	264	48	4	2	0	326
Olivar	1	41	149	429	31	1	120	7	779
Viñedos	0	20	12	32	1	0	0	0	65
Otros productos	0	24	70	96	45	14	45	0	294

(*): Sumatorio de superficie de riego localizado en los municipios que se incluyen totalmente la cuenca vertiente del Mar Menor. (Superficies sin ajustar a la cuenca vertiente).

1.1.3.7.2 Cultivos forzados

En la actualidad la superficie de terrenos destinados a cultivos bajo plástico ocupa **7.000 ha** mientras que la superficie destinada a cultivos hidropónicos se puede estimar en **2.500 ha**, (IMIDA, 2013).

Sin embargo, las superficies de cultivos forzados en la cuenca vertiente del Mar Menor, según la Universitat d'Alacant, suponen **8.820 ha**.

Tabla 21: Superficies de cultivos forzados del campo de Cartagena-Mar Menor

Comarca Campo Cartagena Mar Meno	**Cultivos principales**	**Superficie (ha)**
Invernaderos	Pimiento, calabacín, pepino, tomates y flores	3.320
Mallas	Cítricos y otros frutales	300
Acolchados	Coliflor, bróculi, melón, sandía, alcachofa, lechuga, pimiento, cebolla, algodón, apio	5.200
Total Superficie forzados		**8.820**

El portal estadístico de la Región de Murcia por otra parte publica las superficies destinadas a invernaderos en el año 2016, en los municipios incluidos en el Campo de Cartagena. Esta superficie asciende a **1.679 hectáreas** distribuidas según la Tabla 22.

Tabla 22: Superficie destinada a invernaderos por municipios del Campo de Cartagena, 2016 (Consejería de Agricultura y Agua CARM, 2018).

	Alcázares (Los)	**Cartagena**	**Fuente: Álamo**	**Murcia**	**San Javier**	**S. Pedro del Pinatar**	**Torre-Pacheco**	**Unión (La)**	**Total Campo Cartagena (*)**
Flores	3	18	0	5	18	8	6	0	58
Hortalizas	23	175	79	66	445	139	611	3	1.541
Cítricos	0	4	0	0	0	0	0	0	4
Frutales no cítricos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Viñedos	0	0	4	0	1	0	0	0	5
Viveros	0	0	1	3	36	10	21	0	71
TOTAL	**26**	**197**	**84**	**74**	**500**	**157**	**638**	**3**	**1.679**

(*): Sumatorio de superficie de riego localizado en los municipios que se incluyen totalmente la cuenca vertiente del Mar Menor. (Superficies sin ajustar a la cuenca vertiente).

Tabla 23: Evolución de la superficie destinada a invernaderos (Consejería de Agricultura y Agua CARM, 2018).

Año	Superficie (ha)	% respecto a 2010
2010	2.898	100%
2011	2.674	92%
2012	2.508	87%
2013	3.068	106%
2014	3.042	105%
2015	2.818	97%
2016	3.119	108%

Durante los últimos 9 años, los invernaderos dentro de la cuenca vertiente han representado una extensión variable, pero con una ligera tendencia general al alza.

1.1.3.7.3 Rotaciones características y calendarios de explotación

Siguiendo las publicaciones realizadas por las principales comunidades de regantes de la cuenca vertiente del Mar Menor, CR Campo de Cartagena y CR ArcoSur, se determinan los principales cultivos destacando entre las hortícolas la lechuga, alcachofa y melón y en los cultivos leñosos los cítricos (fundamentalmente limoneros).

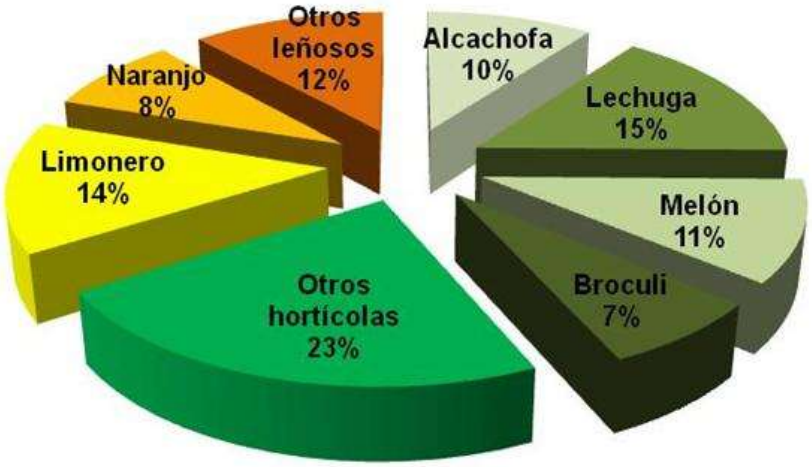


Figura 24: Distribución de cultivos en la CR del Campo de Cartagena (CR Campo de Cartagena, 2011).

Si se toma como fuente los cultivos principales según la Consejería de Agua y Agricultura para la Comarca de Campo de Cartagena (Consejería de Agricultura y Agua CARM, 2018), tanto la lista de cultivos como el orden de prelación es bastante coincidente con el de las CCRR en cuanto al peso de los principales cultivos por superficie.

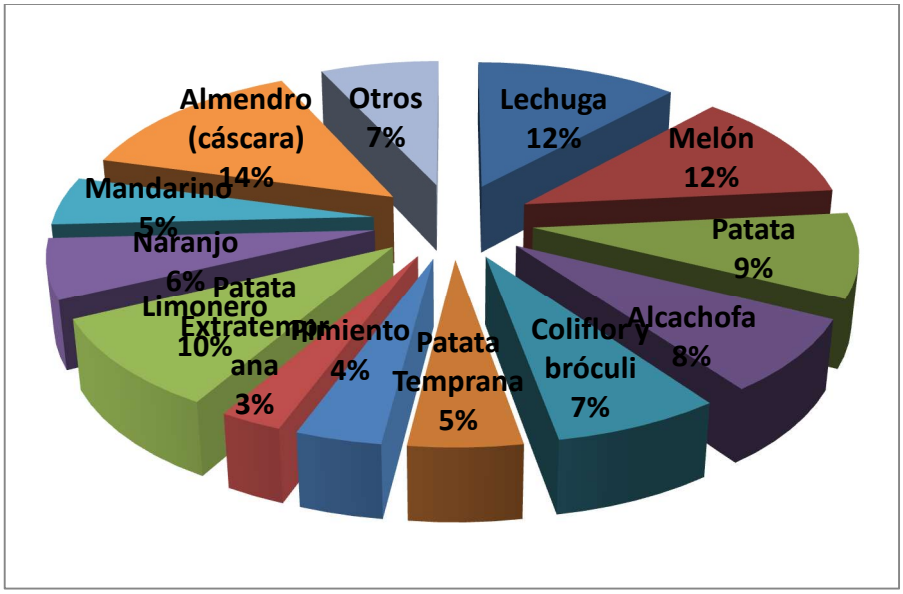


Figura 25: Distribución de cultivos por % de superficie en la Comarca del Campo de Cartagena (Consejería de Agricultura y Agua CARM, 2018).

En los últimos años se ha incrementado la presencia de ciertos cultivos hortícolas como lechugas, sandía y brécol, desplazando a cultivos hortícolas más tradicionales en la zona como tomate o melón, aunque éste último aún se mantiene entre los cultivos principales (11-12%).

Tabla 24: Calendario de cultivo tipo (Elaboración propia).

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Brécol												
Melón												
Lechuga												

1.1.4 Gestión del agua para usos agrarios

Una vez establecidas las superficies de riego, estas parcelas demandan una dotación de agua en función del cultivo y el sistema de riego correspondiente. La gestión de esa dotación es clave, no solo para obtener una producción agraria rentable, sino para el lavado de suelos y la transmisión por escorrentía o lixiviación de los contaminantes hacia el Mar Menor.

La explotación agraria en función de las concesiones autorizadas acumula el agua en balsas de regulación. Estas balsas son particulares o bien de la Comunidad de Regantes. En ellas se mezcla habitualmente el agua de diversas procedencias realizándose análisis de agua periódicos con la finalidad de conocer la calidad de ésta. Mediante esa combinación de fuentes y la menor exigencia relativa en la calidad, se obtienen mayores caudales que aún puedan ser aceptables químicamente para el cultivo.

El agua acumulada en las balsas pasa por contadores individuales, se bombea para dar presión y se procede a filtrar el agua antes de ser conducida a las diferentes parcelas de la explotación donde llega a los cabezales de riego, equipados a veces con un segundo filtro más fino y el dosificador de fertilizante.

Para constituirse una explotación agraria, como determina la normativa regional debe tener "la sostenibilidad medioambiental y la eficiencia de los recursos, necesarias para el desarrollo de las actividades de la explotación agrícola". En agricultura intensiva en regadío la explotación tipo debe contar con lo siguiente:

- Derecho de agua (subterránea, trasvase, desaladoras, depuradas).
- Posibilidad de acumular agua (balsa de riego).
    - Balsa propia.
    - Balsas de Comunidades de Riego.
- Contadores.
- Grupo de bombeo – elementos de filtrado.
- Conducciones a las diversas parcelas que componen la explotación.
- Cabezales de riego (arquetas, tomas en parcela…).

En el caso de realizar el riego a partir de una concesión de aguas subterráneas esta estructura de riego se complementa por una **desalobradora** que reduce la salinidad del agua de riego, siendo las salmueras de desecho uno de los principales problemas en el campo de Cartagena, ya que no todos los rechazos, con contenidos altamente salinos y cargados de nitratos, eran depurados adecuadamente. En el año 2016 la Confederación Hidrográfica del Segura procedió al sellado de estas desalobradoras. Según datos de la fiscalía (Denuncia de la Fiscalía Superior de la CARM, 2017) estas instalaciones superan el millar en la cuenca vertiente al Mar Menor.

1.1.4.1 Consumos de agua de riego cuenca vertiente Mar Menor

Como referencia, el **PHDS 2015-2021** otorga a la Zona Campo de Cartagena **4,2 hm³** procedentes del Segura por el Decreto de 25 de abril de 1953. Se le asignan **122 hm³** anuales procedentes del ATS, además de unos recursos máximos anuales de **2,2 hm³** procedentes de la desalobradora de Mojón. La comarca de CC cuenta con hasta **7 hm³** de la desalinizadora de Escombreras. Esto haría un máximo de **135,4 hm³ anuales**. Adicionalmente puede contar con **37 hm³/año** de la desalinizadora de Valdelentisco, este último volumen a repartir con Mazarrón y el valle del Guadalentín. Además de los recursos anteriores, se emplean en la satisfacción de la demanda de regadío, los siguientes recursos: subterráneos, procedentes de la reutilización de aguas urbanas e industriales depuradas y de drenaje de azarbes, que están reflejados en el Anejo 6 de la Memoria del Plan y con concesiones recogidas en el Registro de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Segura.

La cuantificación precisa de la explotación por bombeo en el Campo de Cartagena es sin duda una materia pendiente y no se dispone de evaluaciones recientes. En el estudio del IGME (IGME, 1991) se indicaba una explotación por bombeo total de 21 hm³/año de los que 2 hm³/año se producían en el Cuaternario, 6,3 hm³/año en el Plioceno y 12,3 hm³/año en el Messiniense. Estas cifras corresponden al año 1990 que fue relativamente húmedo y se han modificado sustancialmente. Según el PHCS 2015-2021 el bombeo es de **88,2 hm³**. Por otro lado, según otras fuentes (Jiménez-Martínez, y otros, 2016) el bombeo es de **104 hm³/año**, aunque incluye una parte del bombeo del acuífero Triásico de los Victorias. Las dos últimas referencias citadas corresponden a valores medios, y en los tres casos, las cifras son estimaciones, por lo que no se tiene una cuantificación de lecturas directas de contadores instaladas en captaciones (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017).

Sin embargo, estos datos no sirven para completar la demanda hídrica de toda la cuenca vertiente al Mar Menor al incluir las necesidades de superficies de riego más allá de la Zona y la CR de Campo de Cartagena que figura en el vigente PHDS.

1.1.4.1.1 Cálculo necesidades anuales de agua –aprovechamientos inscritos en el registro de agua de la CHS 2016

Como se ha visto en el apartado referente a las superficies en riego, hay 3 Unidades de Demanda Agraria dentro de la cuenca vertiente del Mar Menor (Tabla 25).

Tabla 25: Evolución de superficies y demandas en UDAs en la cuenca vertiente del Mar Menor (Fuente: Elaboración propia basada en datos CHS).

UDA		UDAs PHDS 1998		UDAs PHDS 2009/15		UDAs PHDS 2015/21	
57 58 75	Resto Campo de Cartagena, regadío mixto de acuíferos, depuradas y desalinizadas Regadíos redotados del ATS de la ZRT Campo de Cartagena Cota 120 Campo de Cartagena	TOTAL	DENTRO CUENCA	TOTAL	DENTRO CUENCA	TOTAL	DENTRO CUENCA
	Superficie Bruta (ha)	65.844	60.927	80.929	75.174	78.676	73.098
	Superficie Neta (ha)	34.328	31.708	42.253	39.155	43.071	40.027
	Demanda bruta (hm^3/año)*	223	206	271	251	259	240
	Demanda Neta (hm^3/año)	201	185	222	205	213	198

**El cálculo de la demanda bruta se determinará como el producto de la superficie neta, o superficie con derecho a riego, y la dotación bruta.*

Cabe destacar que la UDA 59 "Regadíos Ley 52/80 en ZRT Campo Cartagena" del anterior PHDS 2009/15 ha quedado incluida en las UDAs 57 y 58 del vigente PHDS del segundo ciclo 2015/21.

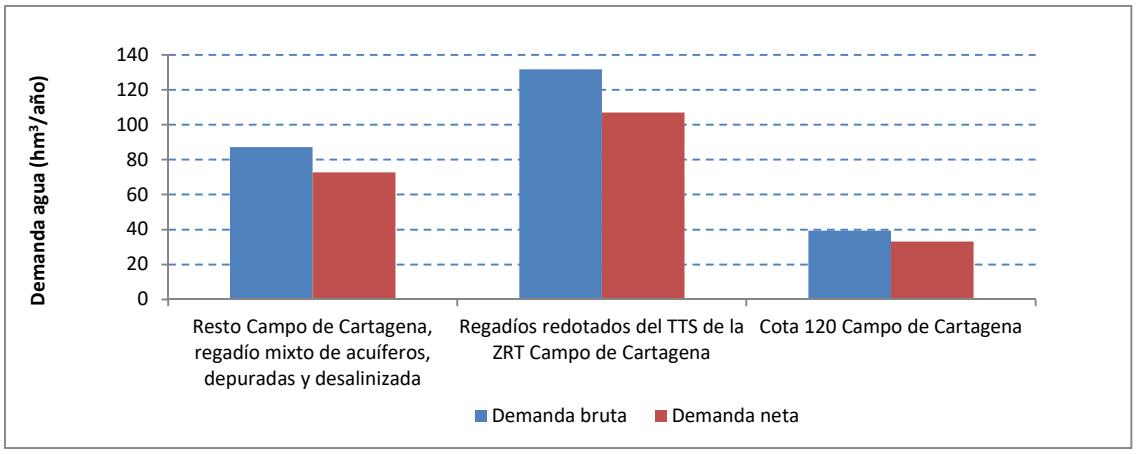


Figura 26: Unidades de Demanda Agraria Volumen del PHDS (Elaboración propia)

En los 3 últimos PHDS, dos de ellos desde la puesta en marcha de la Directiva Marco del Agua (DMA), la demanda bruta dentro del perímetro de estudio ha rondado una media de 212 hm^3 anuales. Aunque la puesta en marcha del segundo ciclo ha supuesto un descenso de las demandas respecto al primer ciclo de planificación (Figura 26) en las UDAs afectadas, aún no se ha recuperado la situación previa a 1998 (Figura 27).

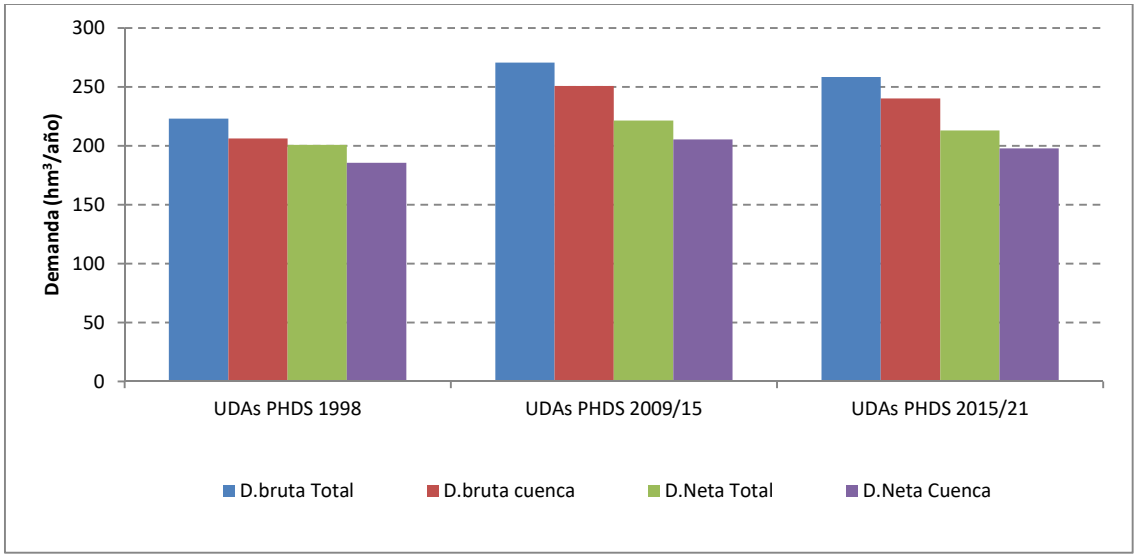


Figura 27: Evolución de demandas en UDAs en la cuenca vertiente del Mar Menor (Fuente: Elaboración Propia basada en datos CHS).

Los principales cultivos que generan esta demanda son los hortícolas, siendo los más representativos la lechuga, el brécol, el melón y la alcachofa, mientras que entre los cultivos leñosos los predominantes son los cítricos, limones y naranjas.

1.1.4.1.2 Cálculo necesidades anuales de agua –aprovechamientos inscritos en el registro de agua de la CHS 2016

En la cuenca vertiente del Mar Menor existen **623 inscripciones** en el registro de aguas de la comisaría de aguas de la Confederación Hidrográfica del Segura, suponiendo una superficie concesional de **83.600,12** hectáreas y un volumen máximo anual de **150,35** hectómetros cúbicos (Tabla 26).

Dentro de la superficie de regadío del Campo de Cartagena, hay que incluir también los recursos de aguas desaladas **(3,19 hm³),** que aunque no se encuentran inscritos en el Registro de Aguas, sí que se encuentran en uso y aplicación en el Campo de Cartagena.

Tabla 26: Superficies de riego según aprovechamientos de la CHS, 2014 (Elaboración propia)

Origen del agua	Nº inscripciones	Volumen máximo anual inscrito (hm³)	Aprovechamientos no inscritos	Volumen máximo anual NO Inscrito (hm³)
Depuradas	30	38,25	0	0
Desaladas	0	0	32	3,19
Subterráneas	590	98,20	0	0
Superficiales	2	0,14	0	0
CR Campo Cartagena (recurso mixto)	1	13,76	0	0
TOTAL	623	150,35	32	3,19

De ese modo, la cuenca vertiente del Mar Menor tiene una concesión máxima anual de agua de riego de **153,54 hm³** volumen máximo anual, siendo por origen 64%, subterráneas, 25%, depuradas, 9% de recurso mixtos , 2%, desaladas y menos del 0,1% superficiales según datos de la CHS.

Un factor importante a destacar en la zona del Campo de Cartagena es la **redotación** de las superficies de regadío, ya que debido a la escasez de recursos de cuenca se hace necesaria la redotación de zonas regables con otros recursos como **aguas desaladas o depuradas**. Este

hecho hace que **la superficie total de regadío de la zona del Campo de Cartagena no se corresponda con la suma de superficies de cada uno de los recursos recibidos**, ya que hay un importante factor de **solape por redotación** y que afecta a un **30% de la superficie** total bruta de regadío.

Respecto a los recursos de riego de la Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena, la concesión considera todos los recursos de riego que tiene asignados la Comunidad, es decir, aguas depuradas, trasvase, subterráneas y superficiales, por tanto se trata de **un recurso mixto de concesión de 13,76 hm³**.

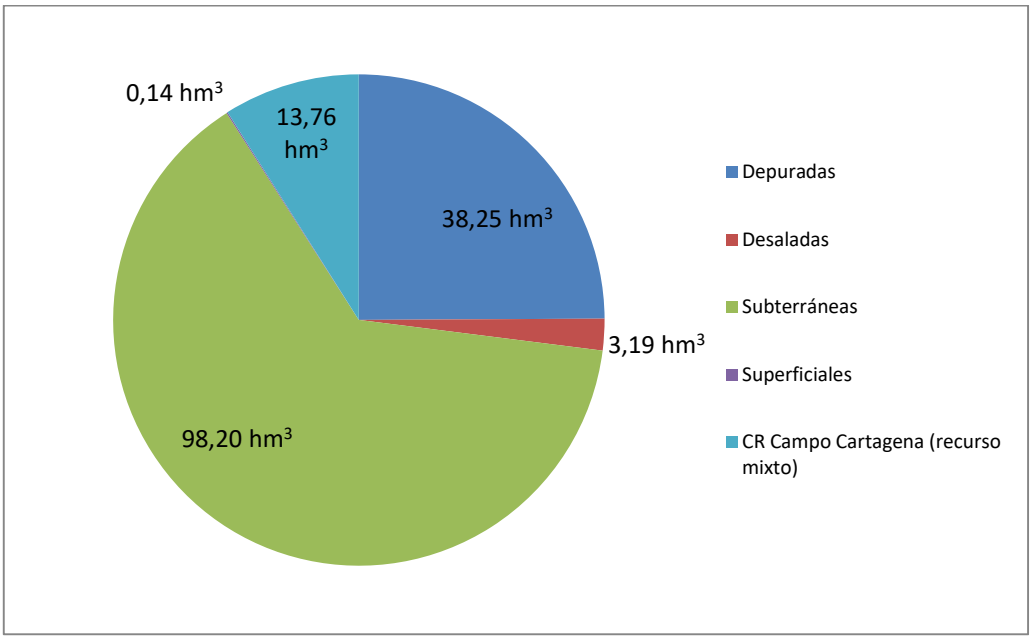


Figura 28: Volúmenes máximos concesionales según aprovechamientos de la CHS-2014 (Elaboración propia).

1.1.4.1.3 Cálculo teórico necesidades anuales de agua de riego en la cuenca vertiente (SIGPAC 2016)

La cuenca vertiente del Mar Menor representa aproximadamente el **85% del uso del agua** en la **Cuenca del Segura** según datos oficiales de la Región de Murcia (IMIDA, 2013), determinando una demanda hídrica de **277,43 hm³** para **48.604 ha** en regadío (Erena & Montesinos, 2007).

Tabla 27: Demanda hídrica (Erena & Montesinos, 2007).

CULTIVO	Dotación anual (m³/ha)	Superficie anual regada (ha)	Necesidades anuales brutas (hm³)
Cítricos	6.192	13.838	85,60
Uvas de Mesa	4016	215	0,86
Frutales	6.684	6.550	43,77
Hortícolas	5.000	24.983	125,00
Invernaderos	7.327	3.018	22,11
TOTAL		48.604	277,43

El rápido proceso de modernización provoca que un **98%** (Alcón, 2007) **de la superficie regada** en la cuenca vertiente del Mar Menor sea **riego localizado** manteniéndose la aspersión sólo en determinados cultivos hortícolas. Además existen más de **7.000 ha** de superficie protegida con

invernaderos de alta tecnología y se estiman en unas **2.500 ha** los cultivos sin suelo (**cultivos hidropónicos**).

Teniendo en cuenta los datos de cultivos existentes en la cuenca vertiente del Mar Menor obtenidos, en el punto sobre superficies de Cultivos (SIGPAC 2016) y las demandas hídricas dadas por la publicación de Erena & Montesinos, 2007 se puede estimar la demanda anual en el año 2016 en **255,60 hm³.**

Tabla 28: Demanda hídrica basada en datos de SIGPAC 2016 y Erena & Montesinos, 2007. (Elaboración propia.

CULTIVO	Dotación anual (m³/ha)	Superficie riego (ha)	Superficie abandonada (ha)	Necesidades anual brutas (hm³)
Cítricos	6.192	10.332,32	107,23	63,31
Uvas de Mesa	4.016	91,44	0,00	0,37
Frutales	6.684	2069,32	26,42	13,65
Tierra Arable (Hortícolas)	5.000	33.151,73	128,71	165,12
Invernaderos	7.327	1.795,59	0,98	13,15
TOTAL		**47.440,40**	**263,34**	**255,60**

1.1.4.1.4 Relación entre la demanda y la oferta hídrica

El cálculo estimado de las demandas de riego de la superficie actual implica que éstas son entre un 166% y un 181% superiores a la dotación concedida para riego dentro de la cuenca vertiente. Al mismo tiempo la demanda bruta del PHDS 2015-2021 sigue siendo un 139% superior a la dotación adjudicada que figura en el mismo Plan.

1.1.4.2 Calidad del agua de riego

Hasta el punto anterior se ha analizado únicamente la superficie cultivada puesta en riego y su correspondiente demanda hídrica. Tras tratar el tema de la cantidad del recurso se pasa a discutir la calidad del mismo.

1.1.4.2.1 Aguas superficiales: Trasvase Tajo-Segura

El agua del trasvase Tajo Segura es agua de calidad. Para evitar la pérdida de calidad por la mezcla con aguas desaladas se incorpora en la normativa (Art. 8.13) de funcionamiento del Sindicato Central de Regantes del Acueducto Tajo Segura (SCRATS) el siguiente párrafo: *"Salvo situaciones excepcionales, y siempre con la debida justificación técnica, en relación con la idoneidad del agua para su uso, se considera como referencia un nivel máximo admisible de concentración de boro de 0,3 mg/L en las aguas que circulen o se almacenen en el sistema general de conducción y regulación del post-trasvase Tajo-Segura. En ese mismo sentido, la incorporación de aguas desalinizadas al referido sistema general quedará condicionada al cumplimiento de este requisito"*.

La disponibilidad de agua de calidad del ATS permitía en los escasos años húmedos la disminución de las extracciones del acuífero, pero la puesta en riego de las parcelas inducía también el lixiviado de nutrientes consiguiente con las consecuencias negativas en la calidad del acuífero cuaternario.

1.1.4.2.2 Aguas subterráneas

El incremento del estrés general del recurso hídrico del sistema agrícola implantado, inducido por el hombre por la sobreexplotación de acuíferos, disminución de las reservas en las balsas y la reducción y alteración bioquímica y estructural del suelo, ha traído consigo un empeoramiento de la calidad de las aguas superficiales y fundamentalmente de las

subterráneas (Ver SISTEMA HÍDRICO (SUBTERRÁNEO Y SUPERFICIAL) - MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DE CONTAMINANTES AL MAR MENOR).

El valor medio de la conductividad eléctrica de las aguas subterráneas en la zona del litoral alcanza los **3,97 dS/m** existiendo un riesgo grave de salinización al ser empleadas como agua de riego, (Alcón, 2007). Este problema de salinidad se acentúa en años secos por la comentada reducción de agua con origen en el trasvase y el consecuente aumento de los bombeos de aguas subterráneas. La salinidad del agua incrementa el estrés hídrico en las plantas de los cultivos, aunque hay algunos más tolerantes y capaces de absorberla (Tabla 29).

La salinidad influye claramente en el rendimiento de los cultivos. El Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) define la tolerancia a la salinidad de los diferentes cultivos como la capacidad que tiene el cultivo para soportar la salinidad del suelo sin experimentar efectos perjudiciales en su desarrollo y/o en la producción.

Tabla 29: Tolerancia a la salinidad de cultivos presentes en la zona (IVIA)

Cultivo	Tolerancia (dS/m)	Cultivo	Tolerancia (dS/m)
Alcachofa	6,1	Coliflor	1,8
Tomate	2	Col Brécol	2,8
Sandía	0,9	Berenjena	1,1
Pimiento	2	Limonero	1,25
Patata	1,7	Naranjo	1,7
Melón	1,7	Mandarino	1,7
Lechuga	1,25		

Como conclusión para emplear el agua subterránea sin reducir la producción de forma considerable se tienen pocas opciones (de Paz, 2010).

- Cambio a riego por goteo, o aumentar la frecuencia de riego
- Aplicar una dosis extra de agua que laven las sales de la zona radicular.
- Usar aguas de buena calidad para realizar los lavados del suelo.
- Nivelar adecuadamente el suelo para mejorar la uniformidad de distribución del agua de riego (en riegos por gravedad).
- Mejorar el drenaje del suelorealización de subsolados.
- En caso de intrusión salina y/o niveles freáticos elevados, establecer una red de drenajes y mantener en buen estado las existentes (zanjas, drenes etc.)
- Utilizar cultivos, variedades y/o portainjertos más tolerantes a la salinidad.
- Mención aparte merece la concentración de nitratos que tiene ya la masa de agua subterránea que dependiendo su localización en la cuenca puede variar de 50 a 300 mg/L. Esto hace que el riego con estas fuentes ya sea directamente una fertirrigación, aunque la presencia de nutrientes y la consiguiente carga orgánica en el agua pueda generar problemas de obstrucción en los goteros.

1.1.4.2.3 Aguas desalinizadas y desalobradas

El uso del agua desalada es muy interesante para la agricultura por poder mezclarse con aguas de otra procedencia con una elevada conductividad eléctrica (aguas subterráneas) y de esa forma reducir la salinidad de estas últimas por dilución. El principal inconveniente de las aguas

desaladas es el coste del agua por el consumo energético y en aditivos y filtros y la gestión de los productos de desecho (salmueras).

Hasta la fecha no se han encontrado impactos de ningún tipo en cultivos en suelos. Únicamente se pueden reseñar ciertas carencias o desequilibrios nutricionales, incremento de la presencia de boro (consecuencia habitual de la desalación) y alteraciones de la estructura edáfica, pero sin excesiva importancia aún para el alcance de este trabajo.

Quedan por estudiar los posibles impactos a largo plazo, evaluando el efecto de la aplicación prolongada del riego con agua desalada en el sistema Suelo-Planta-Agua.

El efecto de las salmueras se ha constatado especialmente en la zona baja de la rambla del Albujón donde confluyen vertidos de salmueroductos y el freático llega a superficie.

1.1.4.2.4 Recuperadas (EDARs)

La calidad del agua depurada cumple con los requisitos legales por lo que es apta para el riego, aunque cabe destacar la elevada salinidad del efluente de alguna de las EDARs según la Tabla 30.

Tabla 30: Datos de efluentes de EDAR en la zona según la Entidad Regional de Saneamiento y depuración de la Región de Murcia (ESAMUR, 2017).

	e-q	Volumen tratado	DBO5 Efluente	DQO Efluente	SS Efluente	NT Efluente	PT Efluente	Conductividad Efluente	PH Efluente	Observaciones
		m^3/año	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	dS/m	ud pH	
Cabezo Beaza	135.381	7.973.833	9	50	10	48	2	2,083	7,60	Destino total a riego. No vertido
Mar Menor Sur	53.845	3.588.609	3	27	5	13	4	9,063	7,63	Destino total a riego. Vertido al Mar
S. Pedro del Pinatar	16.175	2.576.978	2	24	2	6	4	4,568	7,84	Destino total a riego. Vertido al Mar
San Javier	19.146	2.412.892	3	29	4	8	3	7,157	7,85	Destino total a riego. Vertido al Mar
Los Alcázares	22.534	2.039.189	2	25	3	5	1	5,292	7,55	Destino total a riego. No vertido
Torrepacheco	22.297	1.222.838	2	24	3	7	1	1,705	7,86	Destino total a riego. No vertido
La Unión	16.793	575.759	4	35	9	5	3	1,333	7,84	Destino total a riego. No vertido
Fuente Álamo	8.009	542.850	3	28	5	6	5	2,240	7,87	Destino total a riego. No vertido
Roldán, Lo Ferro V Balsicas	9.181	485.052	3	29	5	9	3	1,483	7,86	Destino total a riego. No vertido
La Aljorra	7.200	328.071	3	24	4	7	4	1,205	7,91	Destino total a riego. No vertido

	e-q	Volumen tratado	DBO5 Efluente	DQO Efluente	SS Efluente	NT Efluente	PT Efluente	Conductividad Efluente	PH Efluente	Observaciones
		m³/año	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	dS/m	ud pH	
Sucina	3.107	118.993	3	23	4	7	3	1,648	7,63	Destino total a riego. No vertido
Corvera	2.378	113.945	3	21	4	5	6	1,321	7,88	Destino total a riego. No vertido
Urbanización Mar Menor	791	103.532	2	26	4	28	4	4,835	7,80	Destino total a riego. No vertido
El Valle	796	48.941	3	16	4	21	4	1,356	7,97	Destino total a riego. No vertido
Mossa Trajectum	117	40.876	3	16	10	22	4	1,301	7,52	Destino total a riego. No vertido
Finca El Escobar	186	38.962	3	16	3	9	3	2,679	8,32	Destino total a riego. No vertido
Portman	922	37.793	4	25	8	11	4	1,415	7,78	Vertido al Mar
Los Martínez del Puerto	589	30.512	3	23	13	15	4	1,566	7,78	Destino total a riego. No vertido
Los Cañares tercia Real	186	25.762	3	16	3	12	4	2,070	7,92	
Baños V Mendigo	254	13.629	3	21	8	6	4	2,601	8,01	Destino total a riego. No vertido
Cabezo de la Plata	387	13.097	3	18	10	9	5	2,079	7,98	
Casas Blancas	168	7.956	3	18	7	5	7	1,576	7,79	Destino total a riego. No vertido
La Murta	136	7.472	4	24	6	5	6	1,459	7,71	

Se ha de tener en cuenta que los efluentes de depuradoras han de cumplir las condiciones que figuran en el Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. El Anexo I del RD fija los valores máximos admisibles de los parámetros en función de los usos a los que está destinada el agua regenerada distinguiendo cinco grandes tipos de usos: urbano, agrícola, industrial, recreativo y ambiental. Establece además la frecuencia y método de análisis de los parámetros. Para valorar el cumplimiento de los requerimientos de calidad establece los criterios de conformidad y las medidas de gestión frente a incumplimientos (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010).

Tabla 31: Tipos de calidad según los límites bacteriológicos del RD de reutilización (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010)

USOS AGRARIOS	Tipo de calidad	E. coli (UFC/100 ml)	Nematodos	Legionella spp
Riego agrícola sin restricciones (2.1)	B	<100-200	< 1 huevo/10L	No se fija límite
Riego de productos agrícolas que no se consumen frescos	C	<1.000	< 1 huevo/10L	No se fija límite
Riego de pastos de animales productores	C	<1.000	< 1 huevo/10L	No se fija límite
Riego de cultivos leñosos, viveros y cultivos industriales (2.3)	D	<10.000	< 1 huevo/10L	<100

1.1.5 Insumo de agroquímicos y abonos orgánicos

1.1.5.1 Fertilización

La fertilización en explotaciones intensivas en la cuenca vertiente del Mar Menor se realiza fundamentalmente por fertirrigación diaria. Las obligaciones de agricultores y ganaderos vienen claramente expuestos en el Código de Buenas Agrarias (CBPA) como se expone en las publicaciones de la Dirección General de Industria Agroalimentaria y Capacitación Agraria de la Región de Murcia para los usuarios dentro de la Zona Vulnerable (Fernández Carrillo & Soria Alfonso, 2012).

Los datos de cumplimiento del código de buenas prácticas agrarias vienen reflejados en el informe de la Dirección General de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura de la Región de Murcia donde se fija un cumplimiento **próximo al 90% de las explotaciones contratadas.** Sin embargo, y de acuerdo a lo expuesto por **la, fiscalía y los datos referentes al contenido de nitratos del acuífero Cuaternario**, existe la duda razonable sobre el cumplimiento de las dosis de abonado determinadas en el CBPA en explotaciones agropecuarias. Los **estudios consultados** nos lleva a pensar que se sigue aportando un exceso de abono al terreno estimándose en un excedente de nitrógeno de diversas fuentes de más **40 Kg N/ha**.

A continuación se realiza una estimación o cálculo teórico del balance de nitrógeno para el Campo de Cartagena.

1.1.5.1.1 Entrada de Nitrógeno al Mar Menor

Durante el periodo de dominancia del cultivo de secano hasta los años 70 del siglo pasado, el nitrógeno, que entraba principalmente por escorrentía en invierno, era el nutriente limitante tanto para la producción primaria bentónica (Terrados & Ros, 1991) como planctónica en la laguna, mientras que el fósforo penetraba directamente de las filtraciones de las aguas urbanas principalmente en verano y en la mayoría de los casos sin tratamiento de ningún tipo (Álvarez-Rogel, Jiménez-Cárceles, FJ, & Nicolás, 2006).

Hasta finales de la década de 1980, las concentraciones de nitrato eran bajas y se mantenían siempre por debajo de 1 µmol NO_3^-/l, contrastando con los valores más altos de fosfatos.

A finales de la década de 1990 las concentraciones de nitrato eran 10 veces más altas, especialmente durante la primavera y el verano, entrando principalmente a través de la rambla del Albujón y debido a la elevación de los niveles freáticos. Las mayores concentraciones de nitrato se localizan ahora principalmente en la costa oeste de la laguna, próximas a la desembocadura de las principales ramblas (llegando hasta 83,24 µmol NO_3^-/l en noviembre y enero), mientras que las concentraciones más bajas se observan en la costa

interna de La Manga y en la zona de influencia del canal de El Estacio (Pérez Ruzafa, y otros, 2002) confirmando que las entradas de nitrato proceden de la actividad agrícola.

Además la necesidad de desalobrar el agua de acuífero para su utilización en agricultura genera residuos de salmuera con altos niveles de nitratos (Martínez Fernández & Esteve Selma, 2003); (Velasco, y otros, 2006).

Las aportaciones netas específicas por hectárea de regadío, considerando la superficie de regadío en la cuenca del Mar Menor en el periodo 2000-2005, se sitúan en un promedio interanual en torno a los 18 kg N ha-1 año-1, con fluctuaciones entre los 13 y los 29 kg N por ha y año. Estos valores de exportación neta desde usos agrarios son también similares a los encontrados en otros casos de estudio de cuencas con agricultura intensiva (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017)

La Consejería de Agricultura y Agua editó el artículo "Fertirrigación en la zona vulnerable del campo de Cartagena" en el año 2006 (Pato, Condés, Noguera, Vicente FE, & Soria, 2006) en el número 22 de su serie de Publicaciones de Innovación Tecnológica. En este texto se determinaban las superficies de cultivos hortícolas y cítricos en la zona vulnerable a la contaminación procedente de fuentes agrarias en el Campo de Cartagena.

Con las superficies de cultivo de 2003 y atendiendo a la Orden de 22 de diciembre de 2003 y el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia, de obligado cumplimiento con la publicación de la Ley 1/2018, se determina un aporte anual de nitratos, que varía en función de la dosis de abonado entre **4.761 y 6.164 toneladas** de nitrógeno, esto suponen entre **181 y 234 Kg N/ha y año**, tal y como se indica en la Tabla 32.

Tabla 32: Aporte de Nitrógeno según la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería y Pesca (Pato, Condés, Noguera, Vicente FE, & Soria, 2006).

			Dosis de nitrógeno recomendado (riego localizado)				Aporte de Nitrógeno en residuos	
Grupo	**Cultivo**	**Superficie (ha)**	**Nmin (Kg/ha)**	**Nmax (Kg/ha)**	**Kg Nmin TOTAL**	**Kg Nmax TOTAL**	**min (Kg/ha)**	**max (Kg/ha)**
Hortalizas	Lechuga	4.632	60	135	277.920	625.320	69.480	138.960
	Alcachofa	2.855	200	240	571.000	685.200	228.400	428.250
	Melón	2.725	175	225	476.875	613.125	81.750	109.000
	Bróculi	2.066	225	275	464.850	568.150	309.900	475.180
	Pimiento	1.633	150	390	244.950	636.870	179.630	261.280
	Coliflor	805	300	350	241.500	281.750	96.600	120.750
	Apio	669	280	315	187.320	210.735	40.140	60.210
	Escarola	493	120 (*)	140 (*)	59.160	69.020	7.395	14.790
	Sandía	272	150	225	40.800	61.200	20.070	26.760
	Invernaderos	1.815,7 (*)	285	390	517.475	708.123	199.727	290.512
	Otros							
Cítricos	Limonero	4.896	200	240	1.679.400	2.015.280		
	Naranjo	2.357						
	Mandarino	1.102						
	Pomelo	42						
TOTAL					**4.761.250**	**6.164.503**	**1.233.092**	**1.925.692**
N (Kg/ha)					**181**	**234**	**47**	**73**

(*) Datos calculados a partir de la extrapolación de los datos publicados por la Consejería de Agricultura y Agua en el año 2006 en el artículo "Fertirrigación en la zona vulnerable del campo de Cartagena" y atendiendo a la Orden de 22 de diciembre de 2003 y el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia y con superficies de la zona de estudio.

1.1.5.1.2 Extracciones de Nitrógeno

A partir de las mismas superficies de cultivos en riego que en la Tabla 32 (año 2003) se calcula la absorción del cultivo para poder calcular el remanente que queda en el terreno regado.

De la "Guía práctica de fertilización en España" (Varios Autores, 2010) se toman los datos de extracción del nitrógeno del suelo en función del cultivo así como el Nitrógeno aportado al suelo como resto de cosecha. Los resultados de esta extrapolación quedan reflejados en la Tabla 33.

Tabla 33: Absorción Nitrógeno por cultivo según la Guía práctica de fertilización en España (Elaboración propia).

		FUENTE: CARM	Fuente: MAPAMA (Varios Autores, 2010)			
Grupo	**Cultivo**	**Superficie (ha)**	**Absorción de N min por superficie (Kg/Ha)**	**Absorción de N máx. por superficie (Kg/Ha)**	**Aporte de N por residuos min (Kg/ha)**	**Aporte de N por residuos max (Kg/ha)**
Hortalizas	Lechuga	4.632	80	100	15	30
	Alcachofa	2.855	190	260	80	150
	Melón	2.725	110	140	30	40
	Bróculi	2.066	200	310	150	230
	Pimiento	1.633	180	270	110	160
	Coliflor	805	220	250	120	150
	Apio	669	200	290	60	90
	Escarola	493	80	100	15	30
	Sandía	272	110	130	30	40
	Invernaderos	1.815,7 (*)	180	270	110	160
	Otros	0				
Cítricos	Limonero	4.896	240(*)	240(*)		
	Naranjo	2.357				
	Mandarino	1.102				
	Pomelo	42				

(*) Datos calculados a partir de la extrapolación de los datos publicados por la Consejería de Agricultura y Agua en el año 2006 en el artículo "Fertirrigación en la zona vulnerable del campo de Cartagena" y atendiendo a la Orden de 22 de diciembre de 2003 y el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia y con superficies de la zona de estudio.

1.1.5.1.3 Balance de Nitrógeno

Extrapolando estos datos y calculando un balance de nitrógeno medio entre la absorción máxima y mínima de nitrógeno y el aporte de residuos máximo y mínimo en riego localizado obtenemos un exceso en la aportación de nitrógeno que oscila entre **10 y 70 Kg/ha** (Tabla 34).

Tabla 34: Balance de nitrógeno por cultivo (Elaboración propia).

Grupo	**Cultivo**	**Superficie (ha)**	**Balance medio Kg N Total**	**Balance medio con inclusión residuos Kg N Total**
Hortalizas	Lechuga	4.632	34.740	138.960
	Alcachofa	2.855	-14.275	314.050
	Melón	2.725	204.375	299.750
	Bróculi	2.066	-10.330	382.210
	Pimiento	1.633	-81.650	138.805
	Coliflor	805	72.450	181.125
	Apio	669	35.123	85.298
	Escarola	493	19.720	30.813

Grupo	Cultivo	Superficie (ha)	Balance medio Kg N Total	Balance medio con inclusión residuos Kg N Total
	Sandía	272	-29.280	-5.865
	Invernaderos	1.815,70 (*)	204.266	449.386
	Otros	0	0	0
Cítricos	Limonero	4.896	-167.940	-167.940
	Naranjo	2.357		
	Mandarino	1.102		
	Pomelo	42		
	TOTAL		267.199	1.846.591
	Kg/ha		10	70

La evolución del balance de nitrógeno queda reflejada en la Tabla 35 según el "Informe de seguimiento de la directiva 91/676 contaminación del agua por nitratos utilizados en la agricultura. Cuatrienio 2012-2015".

Tabla 35: Evolución del balance de nitrógeno 2000-2008 basado en el Informe de Seguimiento de la Directiva 91/676, cuatrienio 2012-2015 (Elaboración propia).

Toneladas	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Entradas N (t)	71.352,7	65.836,5	62.076,8	70.573,0	67.344,5	61.519,3	63.959,80	66.406,0	57.966,9
Salidas nitrógeno (t)	36.090,3	36.859,0	37.808,9	40.099,4	37.365,9	36.900,6	38.280,9	36.033,4	35.529,0
Excedente Neto N (t)	35.262,4	28.977,5	24.267,9	30.473,6	29.978,6	24.618,7	25.678,9	30.372,6	22.437,9
Excedente Neto (Kg/ha)	44,8	37,1	31,4	35,7	35,2	27,3	29,8	35,3	29,9

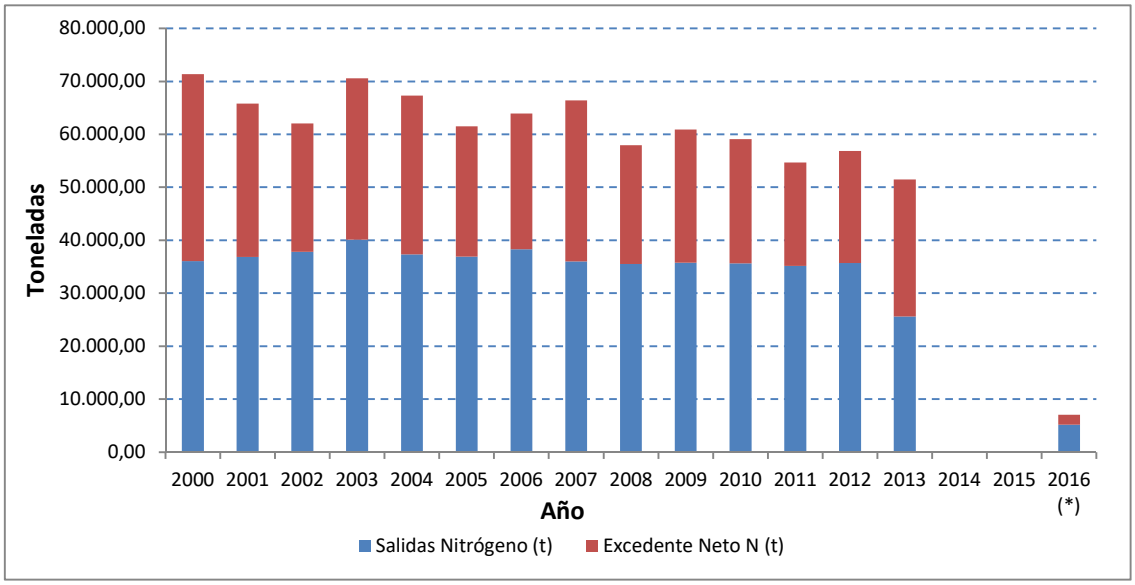


Figura 29: Evolución balance de nitrógeno basada en el Informe de Seguimiento de la directiva 91/676, cuatrienio 2012-2015 (Elaboración propia).

Resulta llamativo que pese a la aparente divergencia de toneladas del año 2016 (Figura 29) cuando se calcula el excedente neto por unidad de superficie es incluso superior al dato de 2013 (Tabla 36). Esto se debe a un cambio radical en la metodología de cálculo.

Tabla 36 Evolución balance de nitrógeno 2009-2016, basada en el Informe de Seguimiento de la Directiva 91/676, cuatrienio 2012-2015 (Elaboración propia).

Toneladas	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Entradas N (t)	60.896,3	59.094,6	54.711,2	56.887,9	51.508,6			7.042,3 (*)
Salidas nitrógeno (t)	35.764,9	35.644,7	35.142,4	35.698,0	25.597,4			5.195,7 (*)
Excedente Neto N (t)	25.131,4	23.449,9	19.568,8	21.189,9	25.911,2			1.846,6 (*)
Excedente Neto (Kg/ha)	33,5	35,4	30,2	26,8	38,0			40,0 (*)

El problema ambiental del Nitrógeno en forma nítrica deriva de su solubilidad por lo que rápidamente pasa al agua de escorrentía o lavado, y se termina almacenando en el acuífero para finalizar en el Mar Menor, donde se pueden producir procesos físicos y biológicos aerobios de sedimentación, asimilación y emisión a la atmósfera.

1.1.5.2 Fertilizantes orgánicos

1.1.5.2.1 Lodos de depuradora

La importancia creciente de la producción de lodos procedentes de depuración, unido a la composición de los mismos, aunque variable, los convierte en una fuente de materia orgánica y de elementos fertilizantes para su utilización agronómica.

Dada la relevancia del sector agrario en la Región de Murcia y unida a la escasez de materia orgánica que contienen estos suelos el aprovechamiento de los lodos procedentes de depuración cobran un papel relevante por su aporte como enmienda orgánica y poder fertilizante. La totalidad del lodo de depuradora producido en la Región ha sido destinado a suelos agrícolas, bien sea aplicado directamente, o mediante compostaje previo a la aplicación. En el año 2015, la producción de lodos de EDAR controladas y gestionadas por la Entidad de Saneamiento y Depuración de la Región de Murcia superó las **138 toneladas** de materia húmeda. (ESAMUR, 2017), de las cuales 85 toneladas se usaron de forma directa en la agricultura.

Uno de los objetivos del II Plan de Saneamiento y Depuración de la Región de Murcia 2015-2025 es “maximizar su utilización en agricultura, contribuyendo a mejorar el déficit de contenido natural de materia orgánica en los suelos de la Región de Murcia”.

1.1.5.2.2 Aplicación de deyecciones ganaderas en la agricultura

Las dosis de aplicación de purín dependerán del tipo de sistema productivo::

- Regadío con dosis máximas de 50 t/ha. Dentro de la misma se aportarán 170 UFN (nidades Fertilizantes de Nitrógeno) , 170 UFP (Unidades Fertilizantes de Fósforo) y 100 UFK (Unidades Fertilizantes de Potasio) .
- Secano con una dosis de 30 t/ha, aportando respectivamente una relación de 46,5 UFN, 102 UFP y 60 UFK.

El periodo de aplicación recomendado es de mayo a septiembre, evitando los periodos de lluvias.

Teniendo en cuenta que la densidad media de los purines es de 1010 Kg/m^3 las dosis máximas suponen **49,5 m^3/ha** y **29,7 m^3/ha** para regadío y secano respectivamente.

1.1.5.2.3 Producción de deyecciones ganaderas en la Cuenca Vertiente

A continuación se describe la estimación o cálculo teórico de aporte de nitrógeno procedente de la cabaña ganadera para el Campo de Cartagena.

Teniendo en cuenta los datos de censo (REGA 2016) enviados por la CARM en el informe "Actividad ganadera en las zonas incluidas en el ambito de aplicación del decreto-ley nº 1/2017, de 4 de abril, de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor" , y considerando los kg de N excretado por plaza de animal y año en función de la especie indicados en la Ley 1/2018, de 7 de febrero, de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor, se obtiene el valor del N excretado por el sector ganadero en la zona de estudio.

Tabla 37: Producción de N excretado por la ganadería en 2016 en la Cuenca vertiente del Mar Menor (Elaboración propia).

Actividad Ganadera	CENSO REGA 2016	POR ESPECIE Kg N /año
Porcino	786.484	5.867.505
Bovino	9.812	640.135
Gallinas puesta,pollos y pavos	1.031.150	804.297
Ovino y Caprino	125.846	912.384
Equino	929	42.641
Conejo	19.489	50.866
	TOTAL	**8.317.827**

Esto supone un aporte anual aproximado de 107 kg de nitrógeno por hectárea (siempre que el destino de la totalidad de las deyecciones ganaderas fuese a la agricultura de la zona con unas 78.008 ha de SAU del Campo de Cartagena según SIGPAC 2016 de la Tabla 6. Cabe señalar que en zonas de alta producción de deyecciones ganaderas la superficie agrícola no podrá abarcar toda la cantidad producida, además el transporte de estas deyecciones a otras zonas para su uso como fetilizante orgánico se hace inviable por el elevado coste que conlleva.

Según los datos de la tabla anterior cabe resaltar que 70,5% del N excretado en la cuenca vertiente procede del sector porcino, por lo que la mayor parte de la fertilización orgánica en la zona se realizará con los purines de este sector. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra el desglose de la producción de nitrógeno con más detalle por categorías:

Tabla 38: Producción de N excretado en porcino 2016 en la Cuenca vertiente del Mar Menor (Elaboración propia).

PORCINO	CENSO REGA 2016	kg N excretado/ año
CERDAS	124.122	1.896.584
VERRACOS	448	7.137
CEBO	508.686	3.687.974
LECHONES	153.228	275.810

TOTAL	**786.484**	**5.867.505**

Existen algunas divergencias en los kg de excreta de nitrógeno del sector porcino según la fuente de los datos del cálculo, Esto se muestra en la siguiente tabla comparativa donde, en primer lugar se han utilizado los datos procedente de las "Bases zootécnicas para el cálculo del balance alimentario de nitrógeno y de fosforo. MAPAMA 2017" y en segundo lugar los datos de excreta incluidos en el "Real Decreto 324/2000, de 3 de marzo, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas".

Tabla 39: Tabla comparativa de kg N/plza y año en la cuenca vertitente, utilizando diferentes fuentes (Elaboración propia)

Categorías del censo 2016	Censo REGA 2016	EXCRETA kg N/plaza y año. BASES ZOOTECNICAS 2015	kg N año	EXCRETA kg N/plaza y año. RD 324/2000 - LEY 1/2018 MURCIA	Kg N año
cerdas	124.122	21,42	2.659.000	15,28	1.897.000
verracos	448	17,48	8.000	15,93	7.000
cebo	508.686	10,86	5.524.000	7,2	3.663.000
lechones	153.228	3,45	529.000	1,8	276.000
TOTAL	**786.484**		**8.719.000**		**5.842.000**

Tal y como muestra la tabla los datos obtenidos con el Real Decreto 324/2000 son bastante similares a los que se calcularon con la Ley 1/2018 (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), sin embargo su valor es mayor si se toman los datos de las Bases Zootécnicas para el cálculo del balance alimentario de nitrógeno y de fosforo. MAPAMA 2017.

Por lo tanto se puede estimar que se producen entre 6 y casi 9 millones de toneladas de nitrógeno procendentes de los purines del sector porcino dentro de la Cuenca vertiente del Mar Menor.

Para el resto de los cálculos necesarios se utilizarán los datos ontenidos por lo que marca la Ley 1/2018 de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor.

1.1.5.3 Zona vulnerable a la contaminación por nitratos

La Directiva 91/676/CEE, de 12 de diciembre, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos de origen agrario, traspuesta al ordenamiento jurídico español en el Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, impone a los Estados miembros la designación de zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario, la elaboración de un Código de Buenas Prácticas Agrarias (CBPA) y la confección de programas de actuación (Orden 3 de diciembre de 2003).

Esta Directiva Europea exige que se declaren como zonas vulnerables aquellas masas de agua cuya concentración en nitratos superen los **50 mg/L** y posteriormente en estas zonas, se establezcan Programas de Actuación que obliguen a los agricultores a controlar y racionalizar

el abonado de sus cultivos, en cuanto a dosis, tipo y época de aplicación de los fertilizantes, minimizando así el riesgo de contaminación difusa por nitratos en las aguas. De igual forma se establecen prácticas obligatorias para el manejo de estiércoles en las explotaciones ganaderas, con el fin de reducir la contaminación por lixiviación de estos residuos.

La zona vulnerable que afecta a la masa de agua subterránea (MASub) del Campo de Cartagena es la declarada por la **Orden de 20 de diciembre de 2001**, Orden por la que se designan las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Fue publicada en el BORM el 31 de diciembre de ese mismo año, con la denominación de "Zona regable oriental del Trasvase Tajo-Segura y el sector litoral del Mar Menor".

El Campo de Cartagena se encuentra catalogado dentro de la Orden de 16 de junio de 2016, de la Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente que establece los programas de actuación sobre las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario en la Región de Murcia.

Posteriormente, en febrero de 2018 se ha publicado un nuevo código de buenas prácticas de la Región de Murcia como anexo a la Ley 1/2018, de 7 de febrero, de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor.

Puesto que el seguimiento es fundamental para velar por el cumplimiento de las medidas, el Ministerio posee una red de calidad que permite evaluar la situación de sus masas de agua subterráneas y superficiales, en cuanto a la contaminación de nitratos se refiere, e informar, cada 4 años, a la Comisión Europea sobre la evolución de dicha contaminación en las zonas declaradas como vulnerables.

1.1.5.4 Caracterización de fuentes de vertido

En el estudio "Caracterización de las fuentes de contaminación de aguas subterráneas mediante técnicas multisotópicas" (Tragsatec, 2015), se pretendía analizar en 10 zonas vulnerables la evolución de la contaminación por nitratos y su origen, así como el grado de cumplimiento de los Programas de Actuación establecidos. El incremento de los niveles de la contaminación por nitratos en la zona del Campo de Cartagena que se venía observando durante los años 2001 a 2010, fue determinante para la selección de la misma.

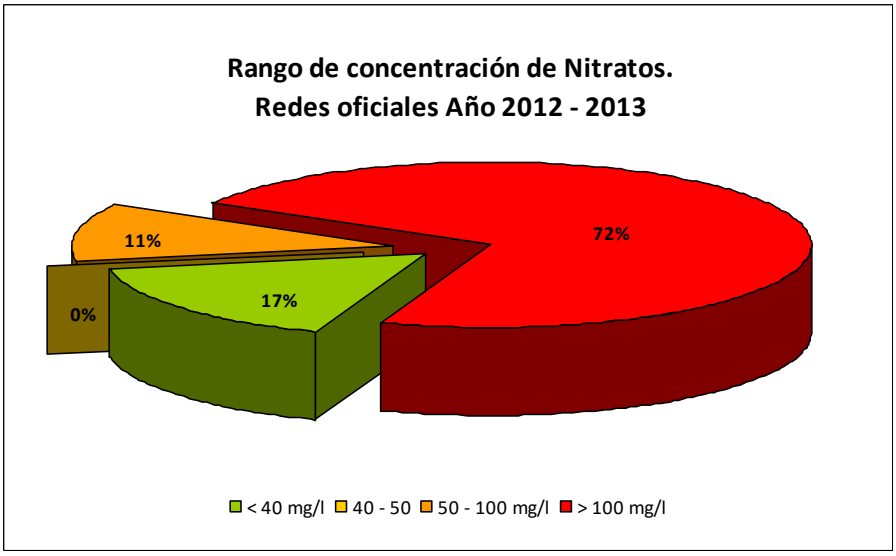


Figura 30: Rangos de concentración de nitratos en puntos de la Red de Calidad (2012-2013)

Los resultados obtenidos dentro de este estudio a partir de las redes oficiales de calidad reflejan una concentración media de nitratos muy elevada, que supera los 100 mg/L en un porcentaje muy alto de los puntos muestreados en dicha red y con valores que exceden puntualmente los 300 mg/L, en el eje de la depuradora de Cartagena al Algar, en el límite sur del acuífero.

Gran parte de la zona vulnerable que se sitúa dentro de la masa de agua subterránea del Campo de Cartagena presenta una importante contaminación por nitratos. Además existe una clara tendencia de aumento del nitrato hacia la línea de costa donde los valores son más altos, coincidiendo con la dirección del flujo. De hecho, la isolínea de 200 mg/L abarcaba las zonas urbanas litorales.

Con la caracterización agronómica se observó que los cambios en la superficie y tipos de cultivos durante los últimos 20 años habían sido muy importantes en esta zona, habiéndose producido un incremento de más de un **49% de cultivos en regadío en detrimento de los cultivos de secano**. La concentración de nitratos en estas aguas subterráneas ha ido aumentando en los últimos años, asociado al incremento de la superficie de cultivos en regadío.

Aunque era evidente que la intensificación de cultivos, principalmente **hortícolas**, con necesidades importantes de fertilización produciría un efecto negativo en las aguas subterráneas, la puesta en marcha de los programas de acción debería haber amortiguado este impacto.

Sin embargo, la concentración de nitratos iba en aumento y se desconocía la influencia de cada una de las diferentes fuentes en los valores de esta contaminación, así como el **período temporal causa-efecto** necesario para que los nitratos procedentes de la actividad agraria produjeran un aumento de esta contaminación en las aguas.

Es importante señalar que, otra de las principales fuentes de contaminación por nitratos es la **actividad urbanística** y la falta de adecuación de las **infraestructuras de saneamiento** al incremento de la población, especialmente si esta población es estacional, como ocurre en la zona costera del Mar Menor.

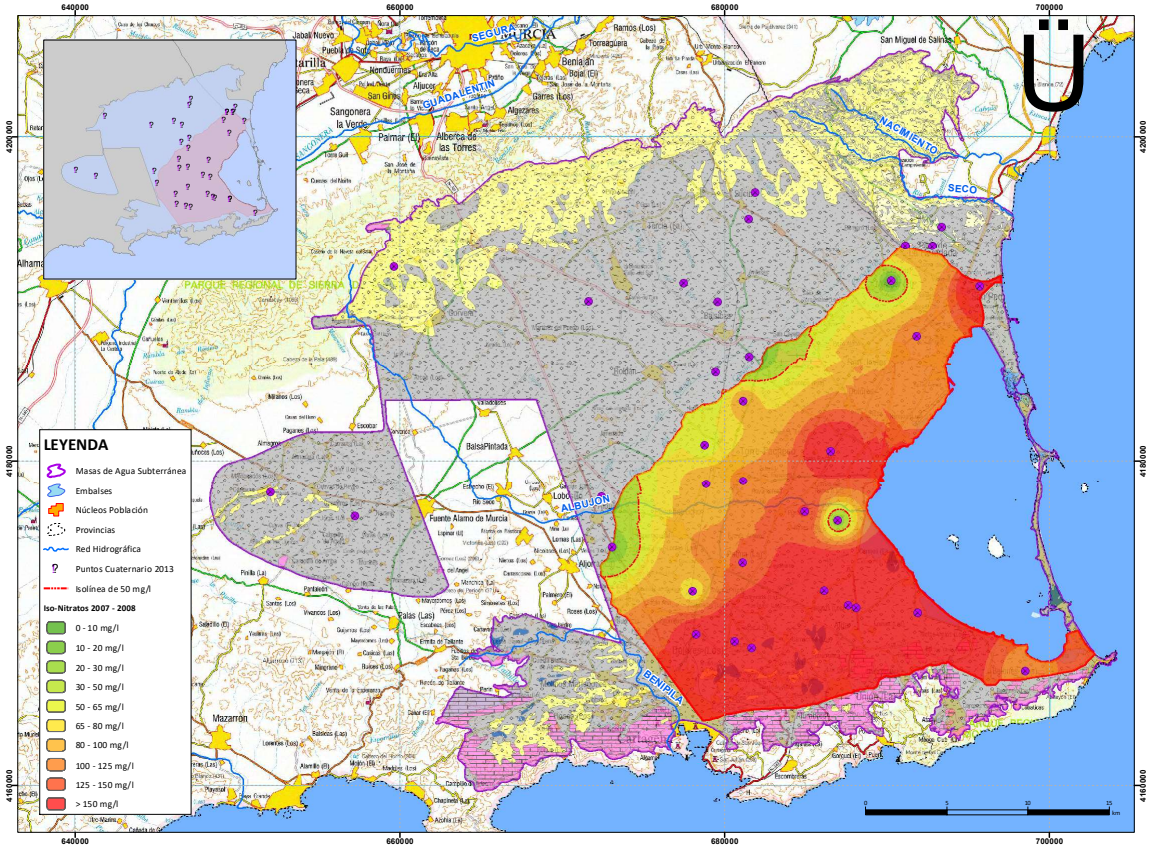


Figura 31: Concentración de nitratos en puntos de la red de calidad. Promedio nitratos años 2007-2008.

Este incremento de la actividad turística y desarrollo urbanístico en la zona no sólo puede afectar de forma directa a esta contaminación, también puede modificar los elementos del paisaje o la distribución de los cultivos presentes en la zona hasta ese momento. Así ha ocurrido en el Campo de Cartagena, donde los cultivos de frutales o cítricos han sido desplazados hacía el interior, quedando las zonas más próximas a la costa ocupadas por **cultivos hortícolas o urbanizaciones**. La posible contaminación de origen urbano, junto con el aumento de la superficie agrícola y la nueva distribución de los cultivos, ha favorecido el transporte de los nitratos al Mar Menor.

Además, las superficies del interior que han sido ocupadas ahora por cítricos y frutales estaban cubiertas de matorral. La reducción de esta **superficie forestal no arbolada** favorece la pérdida de suelo y la erosión cuando se hallan en pendiente en la cabecera (Figura 11), dando así lugar a un mayor arrastre de contaminantes por escorrentía.

Por ello, uno de los objetivos de este estudio era confirmar las principales fuentes de contaminación por nitratos y su nivel de contribución al problema, para así determinar si las medidas establecidas en el Programa de Actuación eran adecuadas o debían ser más restrictivas, así como definir si existen otros sectores que influyen de forma importante en esta contaminación.

Paralelamente, se debía analizar el grado del cumplimiento por parte de los agricultores y ganaderos de las medidas ya establecidas en los Programas de Actuación y el control que la Administración realiza sobre ellos.

Las encuestas realizadas en el año 2015 dentro de los trabajos de *"Caracterización de las fuentes de contaminación de aguas subterráneas mediante técnicas multisotópicas"*, para comprobar la adaptación de los agricultores de la zona al Programa de Actuación reflejan que por lo general en la gestión de purines se realiza una **aplicación agrícola de las deyecciones** procedentes de las explotaciones **ganaderas**. También se deduce que las prácticas de fertilización destacan por el uso de **abonos minerales y orgánicos** para un mismo cultivo, sobre todo en los cultivos **hortícolas, frutales y cítricos**, no sucediendo lo mismo para los cultivos herbáceos en **secano** donde, siempre según las encuestas realizadas, es frecuente emplear sólo **abonado orgánico o incluso no fertilizar**. Se ha constatado también que la fertilización mineral se realiza habitualmente mediante **fertirrigación**.

En los resultados de este trabajo se observa el **incumplimiento generalizado** del Programa de Actuación por parte de los agricultores de la zona, sobre todo en lo referente al tipo de **abono mineral empleado** (empleo de abonos ureicos que no están permitidos), así como en el **exceso de las dosis** empleadas respecto a los límites establecidos.

El estudio isotópico realizado en las aguas subterráneas de la zona vulnerable del Campo de Cartagena ha permitido identificar el origen del nitrato en la mayoría de las muestras estudiadas. El aporte principal del nitrato tendría un origen ligado a los **fertilizantes químicos**, en concreto a la nitrificación **de fertilizantes amoniacales**, aunque en cuatro de las muestras se ha detectado influencia de residuos ganaderos y/o aguas residuales.

Observando la extensión e intensidad del regadío de la zona vulnerable, la distribución de la contaminación por nitratos, y los resultados obtenidos en el estudio hidroquímico e isotópico, se pudo concluir que el **principal origen de la contaminación está relacionado con la agricultura**, concretamente en la aplicación de **fertilizantes inorgánicos** en los cultivos aunque existe cierta influencia, más localizada, de residuos **ganaderos y/o aguas residuales** como demuestran los resultados isotópicos de algunas muestras.

Según datos históricos (García-Pintado, Martínez-Mena, Barberá, Albadalejo, & Castillo, 2006), el 50% del nitrógeno inorgánico disuelto del vertido al Mar Menor proviene de fuentes agrícolas, mientras que el 70% del P total y el 91% del carbono orgánico provienen de fuentes puntuales urbanas.

En cuanto a la distribución espacial de la contaminación por nitratos, los acuíferos más superficiales presentan cierta conexión hidráulica (natural o antrópica) por lo que las conclusiones al respecto se realizan conjuntamente. Dicha **contaminación es creciente** desde el límite occidental de la zona vulnerable (canal del Trasvase Tajo-Segura) **hacia el Mar Menor**, siguiendo el flujo de agua subterránea.

Debido a la interconexión entre acuíferos, la contaminación por nitratos se ha extendido a los **acuíferos inferiores** (Plioceno, Andaluciense), tanto de forma **natural** en los puntos de conexión hidráulica como debido a la **inadecuada construcción de sondeos** de explotación en toda la Región.

1.1.5.5 Tratamientos fitosanitarios

Además de los aportes de fertilizantes existe otro aporte fundamental en las labores agrarias y es el de los fitosanitarios. Su consumo es directamente proporcional al nivel de intensidad de la producción agraria. Su efecto no está relacionado con la eutrofización pero sí con la toxicidad ambiental y bioacumulación que pueden dar lugar a impactos graves en el ecosistema del Mar Menor.

El Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, en su art 3 apartado j), nos remite al Reglamento (CE) nº 1107/2009, para establecer la definición de productos fitosanitarios. Se

consideran tales aquellos productos, en la forma en que se suministren al usuario, que contengan o estén compuestos de sustancias activas y estén destinados a proteger los vegetales o productos vegetales contra organismos nocivos o evitar la acción de estos (plagas y enfermedades), evitar la acción de plagas, mejorar la conservación de los productos vegetales, destruir los vegetales indeseables o partes de estos (herbicidas e influir en el proceso vital de los mismos de forma distinta a como actúan los nutrientes (fitorreguladores).

En la Región de Murcia mediante el Decreto nº 208/2014 de 3 de octubre, se establecen las medidas para el uso de productos fitosanitarios, en las materias de acreditación de la condición de asesor, de formación para la capacitación exigida para actuar como usuario profesional o vendedor, el seguimiento de aplicaciones aéreas de productos fitosanitarios y la gestión del Registro Oficial de Productores y Operadores.

Las buenas prácticas agrícolas en la aplicación de fitosanitarios establecen unos criterios para una actuación responsable para la utilización de estos productos, en ellas se recomienda utilizar un producto apropiado, preferentemente de baja toxicidad y que respete a los enemigos naturales de las plagas. Utilizar solamente los productos autorizados y siguiendo las especificaciones del fabricante (dosis recomendada en etiqueta).

El almacenamiento de los productos ha de realizarse en un local apropiado y cerrado con llave (en los últimos años el Campo de Cartagena ha sufrido robos en los locales de almacenamiento con la consecuencia de la desaparición de productos fitosanitarios).

Elegir el momento adecuado para realizar el tratamiento, evitando los periodos de tiempo en los que se pueda perjudicar a los enemigos naturales de las plagas, o insectos beneficiosos como las abejas (horas centrales del día). No realizar aplicaciones en días lluviosos en los que se podría producir arrastre de los productos, así como evitar realizar tratamientos en las proximidades de los cursos de agua, balsas y acequias.

Del mismo modo que se ha comprobado que existe una desproporcionada entrada de nitratos y fosfatos de fuentes agrarias y que se han visto incrementadas por otras fuentes urbanas, es muy probable que exista cierta analogía con los Contaminantes Orgánicos Emergentes. Tanto agroquímicos de uso intensivo en agricultura y ganadería (Pérez Ruzafa, y otros, 2000) como antibióticos de aguas urbanas indebidamente tratadas pueden estar llegando hasta el Mar Menor a través de los mismos mecanismos que el nitrógeno y el fósforo.

Se han detectado 70 contaminantes de distinta naturaleza con gran variabilidad diaria y estacional en la rambla del Albujón (Moreno González, Rodríguez Mozaz, Gros, Pérez Casanovas, & León, 2014) incluyendo entre otros pesticidas organofosforados, organoclorados, triazinas, bifenilos policlorados o hidrocarburos aromáticos policíclicos. La variación es estacional: predominan en verano los insecticidas (9,2 kg/año) y en invierno los herbicidas (7,4 kg/año). En estos aportes son muy relevantes las avenidas torrenciales. Trabajos posteriores de los mismos autores (Moreno González & León, 2017) sobre los sedimentos del Mar Menor han estimado el aporte de pesticidas de uso corriente (PUC) tanto en fase disuelta como en suspensión en 39 kg en dos episodios de avenidas de los que 10 kg corresponden a organofosforados y 5,5 a triazinas. Las concentraciones medias de PUC en los sedimentos del MM se encuentran habitualmente por debajo de 20 ng/g.

No obstante no se tienen aún datos suficientes sobre este aspecto para poder tratarlo al mismo nivel que las fuentes de eutrofización.

1.1.6 Generación y manejo in situ de residuos agrícolas

Tras analizar los aspectos relacionados con los aportes agrarios (y sus excedentes accidentales) en forma de riego o de agroquímicos se van a tratar los excedentes procedentes de las actividades agrícolas en parcela, puesto que también pueden ser un foco de contaminación que acabe en el Mar Menor. De hecho, los programas de actuación sobre las zonas vulnerables también contemplan medidas de gestión para estos elementos.

1.1.6.1 Residuos orgánicos

La Orden de 3 de marzo de 2009, de la Consejería de Agricultura y Agua, por la que se establece el Programa de Actuación sobre la Zona Vulnerable correspondiente a los Acuíferos Cuaternario y Plioceno en el área definida por Zona Regable Oriental del Trasvase Tajo-Segura y el Sector Litoral del Mar Menor determina la prohibición de quemas de rastrojos o restos de cosecha, salvo en los casos en los que se disponga de la correspondiente autorización por el órgano competente de la Comunidad Autónoma, en cuyo caso se deberán tomar las medidas de seguridad que garanticen la prevención de incendios y la contaminación a zonas habitadas o transitadas por vehículos públicos o privados.

La práctica habitual es la incorporación al terreno de los restos de cosecha de forma que se incremente la materia orgánica del suelo.

En el caso de resto de poda de cultivos leñosos la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería y Pesca promueve mediante subvención la medida 10.1.4. “Trituración de la biomasa residual procedente de podas agrícolas”. El sistema tradicional empleado de la destrucción de estosrestos en los últimos años, ha sido la quema. Este método de gestión del residuo es muy negativo por los riesgos que presenta dandor lugar a incendios forestales y puede ser fuente de emisión de CO_2.

El aprovechamiento de la biomasa procedente de podas agrícolas, mediante la trituración y distribución de la viruta resultante sobre el terreno, es un método más adecuado ya que, además de evitar los riesgos citados, contribuye a mejorar el contenido del suelo en materia orgánica y, por lo tanto, mejora su fertilidad y su capacidad como sumidero de CO_2.

El beneficiario de esta medida deberá cumplir el compromiso de triturar e incorporar al terreno todos los residuos procedentes de las podas de los cultivos leñosos.

También está la medida (acción ambiental) similar para los fruticultores socios de las Organizaciones de Productores de Fruta y Hortalizas (OPFH), subvencionada por la PAC a través los programas operativos de cada cooperativa o sociedad reconocida como OPFH.

1.1.6.2 Residuos inorgánicos

Los residuos generados en las explotaciones agrícolas suponen el 10% de la producción (Dupuis, 2012). Por norma general estos residuos son retirados de los campos de cultivo aunque existen problemas evidentes con la retirada de los plásticos procedentes de los acolchados e invernaderos.

Los residuos generados más comunes son los residuos fitosanitarios, plaguicidas, insecticidas, herbicidas y nematicidas (productos y envases) y plásticos agrarios (láminas, mallas, hilo, rafia y envases). La inadecuada gestión de los restos de agroquímicos y envases genera lixiviados de los productos que aún contienen que se incorporan directamente al suelo o a las masas de agua e indirectamente a estas últimas. De este modo, la adecuación de las dosis aplicadas pierde su sentido si al mismo tiempo existen flujos de contaminación descontrolados.

En cuanto a los plásticos no degradables contaminan el suelo, se mezclan con los restos de cosecha con lo que se dificulta su incorporación al suelo, en el que modifican negativamente procesos hídricos, lumínicos, biológicos y fisiológicos, o dificultan su compostaje.

Existes dos medidas similares a las de restos de poda para los socios de las OPFH, compensado a los horticultores los sobrecostes en plásticos biodegradables de acolchado, hilo y rafia.

1.1.7 Vertido e incorporación al medio de contaminantes de origen agrícola

Una vez que se han establecido las características de la producción agraria y de las posibles emisiones de fuentes de eutrofización (N, P y K) se van a describir los medios por los que estos contaminantes se incorporan desde las parcelas al Mar Menor. Esta información es relevante para poder establecer con posterioridad actuaciones que incidan no sólo sobre el control de las cantidades aplicadas sino en la localización de los análisis relevantes respecto a los aportes y de los focos donde es más eficaz aplicar medidas de tratamiento.

La degradación física, química y biológica de los suelos de la cuenca ((Martínez Sánchez & Pérez Sirvent, 2005), (Martínez Sánchez & Pérez Sirvent, 2009); (Mantilla Orduz, 2010)) está contribuyendo a la erosión hídrica de los horizontes superficiales, arrastrando a la laguna sedimentos, nutrientes, plaguicidas, arsénico y metales pesados. Estos materiales (solubles y particulados) proceden mayoritariamente de suelos con escasa vegetación, cultivos intensivos, compactados y poco permeables. Entre las prácticas agrarias que pueden favorecer la erosión figuran los grandes movimientos de tierra, la conversión de secanos a regadíos intensivos, prácticas de cultivo inadecuadas como el arado perpendicular a la pendiente facilitando las escorrentías hacia el Mar Menor, la compactación superficial y subsuperficial (suela de labor), la modificación o eliminación de ramblas y ramblizos, la eliminación de los bancales y de las franjas vegetales de contención de sedimentos, así como las insuficientes actuaciones de recuperación de antiguos cauces de ramblas y de la vegetación natural en la cuenca y los propios cauces (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017).

1.1.7.1 Drenaje

Los sistemas de drenaje agrícola están compuestos por una red de canales o tuberías que conducen los excesos de agua, ya sean superficiales o subterráneos, fuera de las parcelas y los conducen hacia la red hidrológica natural del territorio.

Las aguas de drenaje de la Zona Regable del Campo de Cartagena son recogidas en las ramblas y por las infraestructuras de drenaje para ser conducidas finalmente a la desalobradora del Mojón. El Informe promovido por la Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena y realizado por la Universidad Politécnica de Cartagena (Martínez Álvarez, 2015) identificó dentro de la red 3 tipos de tramos según su función:

- 472 tramos de drenaje cuya función es eminentemente agrícola y no están relacionados con el sistema de drenaje natural existente en la zona.
- 298 tramos de drenaje que se superponen con la red de drenaje natural existente en la zona, pero que drenan escorrentías generadas en su totalidad o mayoritariamente dentro de la CRCC, por lo que se puede considerar que su función de drenaje agrícola es al menos tan relevante como la hidrológica.
- 189 tramos de drenaje que se superponen con la red de drenaje natural existente en la zona y que drenan escorrentías generadas principalmente fuera de la CRCC. Su función principal es permitir el tránsito de las escorrentías naturales que alcanzan el perímetro de la CRCC y servir de puntos de vertido o desagüe de los drenajes propiamente

agrícolas. Generalmente son ramblas y ramblizos de cierta entidad, con toponimia propia y con una función eminentemente hidrológica

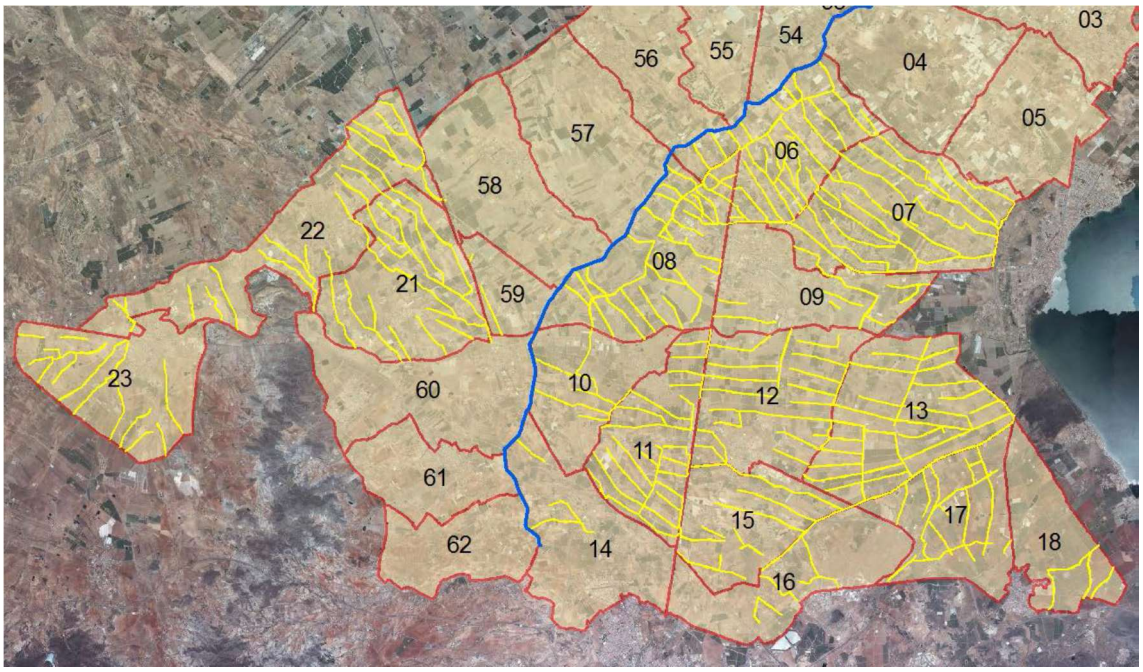


Figura 32: Imagen de la red de drenaje de la CRCC, obtenida a partir de la digitalización de las parcelas clasificadas como drenaje por Catastro (Martínez Álvarez, 2015)

Como conclusiones el informe determinaba:

- El estado de conservación de la gran mayoría de los tramos de drenaje es precario. Este problema afecta especialmente a los tramos de drenaje con funcionalidad agrícola.
- Parte de los tramos de drenaje no desarrollan una función hidrológica al ser tapados por los usuarios, perdiendo la conectividad y funcionalidad en la red de drenaje.
- La principal funcionalidad es el drenaje de escorrentías superficiales vinculadas a precipitaciones intensas
- Las obras de paso del sistema de drenaje presentan una capacidad hidráulica insuficiente.
- De estas condiciones de baja pendiente e insuficiencia de la red de desagües naturales y de los canales de drenaje agrícola en la práctica totalidad de la CRCC se derivan cuatro importantes conclusiones en relación a las medidas propuestas en el Decreto-Ley n.º 1/2017 y en las enmiendas de los Grupos Parlamentarios en la actualización del trabajo previo (Martínez Álvarez, 2017):
    - La orientación de cultivos y laboreo según las curvas de nivel no es adecuada para el correcto drenaje de la CRCC, que requiere de pendientes entre el 0,1% y el 0,5% para conducir, sin causar erosión y arrastre, las escorrentía superficiales producidas por las lluvias hasta los canales de drenaje.
    - La orientación de cultivos y laboreo según las curvas de nivel apenas influye en la generación de escorrentías superficiales en la CRCC.

- La implementación de estructuras vegetales de barrera destinadas a la retención y regulación de agua difícilmente podrán realizar estas funciones en un terreno prácticamente llano.
- Resulta fundamental rehabilitar y potenciar los sistemas de drenaje natural y agrícola en la CRCC, cuya capacidad y mantenimiento debe ser suficiente para evitar inundaciones y minimizar daños y arrastres por lluvias extraordinarias

1.1.7.2 Retornos de riego

- En el estudio de IGME (IGME, 1991), la alimentación por excedentes de regadío fue estimada en **23 hm³/año**, considerando un 20% de infiltración del riego de 23.900 ha con 115 hm³/año.
- Las cifras oficiales que figuran en el vigente Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015) son 76,2 hm³/año de infiltración por lluvia y **18,2 hm³/año** de retornos procedentes de riego, lo que hace un total de recursos de 94,4 hm³
- En otro artículo de revisión de impactos y medidas (Jiménez-Martínez, y otros, 2016), se proporciona el balance estimativo del sistema para el periodo 2000-2011 con un enfoque diferente para evaluar las entradas al acuífero Cuaternario al considerar áreas regadas (37.600 ha). En concreto, la recarga al acuífero Cuaternario se cifra en 112 hm³/año de los que 66 hm³/año se producen en el área regable.
- Los retornos de riego de las 3 UDAS ubicadas en el Campo de Cartagena están cuantificados en el Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura en **17,61 hm³/año** (Tabla 40).

Tabla 40: UDAS presentes en el acuífero Campo de Cartagena, sus coeficientes de retorno estimados y volúmenes de retorno. Horizontes 2015 y 2021 según el PHDS 2015/21.

UDA	DENOMINACIÓN	Demanda Bruta (hm³/año)	Dotación Media Bruta (m³/ha/año)	Coeficiente Retorno	Volumen Retorno (hm³/año)
57	Resto Campo de Cartagena, regadío mixto de acuíferos, depuradas y desalinizadas	87,25	5.262	0,043	3,7
58	Regadíos redotados del TTS de la ZRT Campo de Cartagena	131,80	6.843	0,092	12,15
75	Cota 120 Campo de Cartagena	39,45	5.456	0,045	1,76
	TOTAL RETORNOS				**17,61**

- Respecto a la calidad de los retornos de agua de riego no existe información oficial contrastada al respecto.
- No obstante en el informe de la Comunidad de Regantes "Arco sur Mar Menor" para la elaboración del proyecto "Análisis de Soluciones para el Objetivo de Vertido Cero al Mar Menor solicitado por la Secretaria de estado de Medio Ambiente de la Dirección General del Agua (Celdrán, 2017) la Comunidad de Regantes de Arco Sur admite que cuenta con un aprovechamiento de **2,72 hm³** de aguas salobres procedentes de la red de drenaje del Campo de Cartagena. Estas aguas según el informe de la propia Comunidad de Regantes son salobres y cargadas de nutrientes como queda reflejado en el Anexo 5 del Estudio Hidrogeológico del citado informe (Tabla 41). Posiblemente sean rechazos de desalobradoras ilegales.

Tabla 41: Resumen de los análisis realizados en 31 sondeos (CHS) según el PHDS 2015/21.

Número de SONDEOS	Profundidad agua (m)	Profundidad (m)	Conductividad Superficie (mS/cm)	Conductividad Fondo (mS/cm)
31	3,95	13,06	4,94	10,81

- La reutilización de los retornos de riego para su nuevo uso tienen la ventaja de mejorar la eficiencia del recurso al incrementar al máximo su uso pero también puede realimentar el sistema con aguas ya cargadas de excedentes de agroquímicos que vuelven a pasar por el terreno regado y corren el riesgo de infiltrarse en el terreno hacia el acuífero sin llegar a ser recogidas por el sistema de drenaje.

1.1.7.3 Desalobración

La Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Segura no tiene ninguna desalobradora de aguas autorizada por lo que no cuenta con información oficial sobre localizaciones, volumen tratado o vertidos. No obstante, la propia Confederación Hidrográfica del Segura tiene localizadas por otro lado **136 desalobradoras**, las cuales están precintadas y controladas (Figura 33), pero puede haber desalobradoras "ilegales", obviamente de estas últimas no hay información.

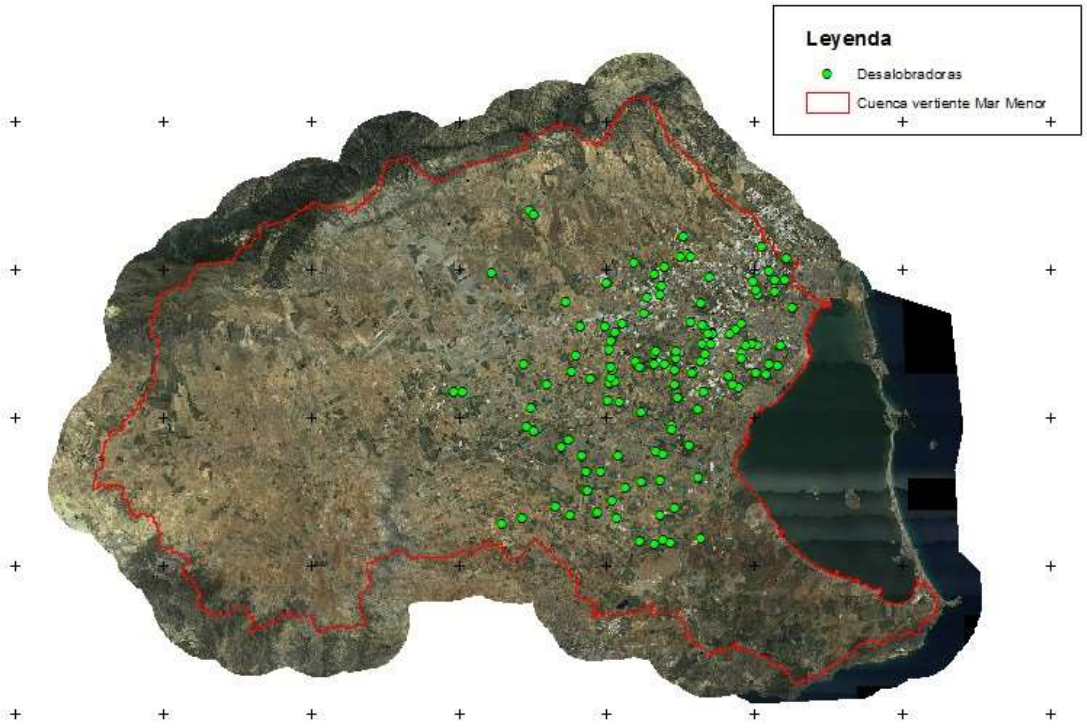


Figura 33: Desalobradoras precintadas por la CHS (Elaboración propia).

La salinidad del suelo se ha visto incrementada por el empleo de aguas subterráneas con altos contenidos en sales. Para reducir estas concentraciones en el agua de riego se realizaba la desalobración a título particular. Las desalobradoras particulares alcanzan el millar, llegan a una conductividad del orden de 23.000 µS/cm, medida en salmueras circulantes por el exterior de salmueroductos (Denuncia de la Fiscalía Superior de la CARM, 2017) y carecían de cualquier tipo de permiso. Se calcula que estas desalobradoras generan un 25-30% de volumen de rechazo. Estas salmueras contienen además altas concentraciones de nitratos.

Según datos de la fiscalía se realizaron desde finales de 2012 visitas a más de 450 puntos, por parte los Agentes Medioambientales y Guardería Fluvial, para verificar la existencia de pozos vinculados o no a pequeñas desalobradoras. Se inspeccionaron 191 desaladoras, de las que se constató que estaban funcionando 19; 450 pozos inspeccionados de los que 372 (82 %) no tienen derecho, de los cuales 172 han solicitado regularización. La CHS ha practicado 59 precintos desde 2015 hasta el junio de 2016.

Derivado de lo anterior, la CHS ha incoado en los años 2015 y 2016 al menos 18 expedientes sancionadores a agricultores que fueron denunciados por tener pozos y desalobradoras, y que han incumplido la orden de clausura y cierre de las citadas instalaciones.

Por otra parte, la red de recogida de las desalobradoras y retornos estaban contempladas en la Ley 11/2005, de 22 de junio, por la que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional. En ella se regula la actuación denominada "Ampliación de la Estación Desaladora de Aguas Salobres -EDAS- de El Mojón y sus colectores" que se incluye en el Anexo III, "Nuevas actuaciones de interés general"; y en el Anexo IV, "Actuaciones prioritarias y urgentes en las cuencas mediterráneas", del vigente Plan Hidrológico Nacional. Las obras integrantes del "Proyecto de desagües que completan la red de la zona regable del Campo de Cartagena consistían en varias redes de recogida del drenaje de los retornos agrícolas, evacuación de las aguas freáticas y recogida de posibles retornos de rechazo de plantas desalobradoras, conducciones unas a canal abierto y otras que discurren enterradas en parte por cauces públicos (ramblas del Albujón y Miranda principalmente) y en otra parte por los propios canales de drenaje de la zona regable, en una longitud aproximada de 60 kilómetros lineales. Casi todos los ramales de esa red confluían en la desembocadura de la rambla del Albujón. Igualmente se ejecutó una impulsión junto a la desembocadura de la rambla del Albujón (margen izquierda) para conducir las aguas recogidas a la desalobradora del Mojón en San Pedro del Pinatar (también integrada en la citada actuación). Nada de esto ha funcionado ni se ha mantenido (Denuncia de la Fiscalía Superior de la CARM, 2017).

En el año 2016 con el objetivo de vertido cero al Mar Menor se procede al sellado del salmueroducto existente (Buitrago, La CHS destripa el Campo de Cartagena, 2017) y las desalobradoras particulares. Esta actuación ha reducido la contaminación por salmuera de manera superficial..

Por otro lado, el CSIC-CEBAS realizó un estudio entre los meses de marzo de 2017 y agosto de este mismo año denominado ***"Identificación de posibles vertidos de desalobradoras en la cuenca vertiente al Mar Menor"*** (CEBAS-CSIC, 2017) en el que se pretende la identificación de caudales o surgencias como posibles vertidos de desalobradora. El trabajo se ha basado en los criterios de: conductividad, artificialidad del caudal, afloramiento de aguas en puntos donde no ha ocurrido históricamente y afloramientos de aguas no asociados a ninguna característica geomorfológica singular.

En general las aguas procedentes de drenajes agrícolas o descargas del acuífero cuaternario muestran conductividades de **5-9 mS cm^{-1}.** Las identificadas como posibles vertidos de desalobradoras oscilan entre **16 y 26 mS cm^{-1}**. Atendiendo a estos criterios se han identificado vertidos de salmueras, procedentes de desalobradoras en las ramblas del Albujón, Miranda y de la Señora.

Según este estudio del CEBAS-CSIC, la entrada de los aportes de las desalobradoras supondría un 10% solamente de los aportes superficiales totales al Mar Menor que sumarían 11 hm3 anuales. A esto habría que añadir las entradas a través de las aguas subterráneas por lixiviación o vertido en pozos de las salmueras. De hecho, se han encontrado cuatro puntos donde la salmuera se inyecta directamente en el suelo.

1.2 GANADERÍA

1.2.1 Evolución histórica de la ganadería en la Región de Murcia

El sector ganadero tiene un papel muy importante dentro de la economía de la Región de Murcia y un peso destacado en el conjunto de España. Resaltando el porcino por encima del resto de las especies censadas. Según datos de la Subdirección General de Estadística del MAPAMA (2016), la Región de Murcia supone el 6,4% de la producción total del porcino nacional, encontrándose dentro de las 5 provincias con mayor censo. En segundo orden de importancia encontramos el Caprino con un 6,7% de la producción nacional, seguido del ovino que representa el 3,8% y por último el bovino con 1,2%.

En su inicio, la ganadería que mejor se adaptaba a la climatología de la región era la caprina y la ovina ya que los pastos eran escasos y pobres, debido a las largas sequías que caracterizan este territorio. Esto ocasionaba que el resto de especies ganaderas se incluyesen como ganadería doméstica, para completar la economía familiar.

Este tipo de aprovechamiento extensivo ha tenido una evolución variable hasta la actualidad, ligado directamente por las transformaciones sucesivas que han convertido estos espacios de secano en zonas de regadío altamente tecnificado. Además al igual que en otras regiones de España desde los años setenta la Región de Murcia ha sufrido un evolución en su estructura ganadera, de una ganadería doméstica y de autoconsumo hacia la intensificación de la actividad por la búsqueda de una mayor productividad que ha venido marcada por la aparición de las grandes industrias cárnicas integradoras y las nuevas demandas del mercado. La evolución de las explotaciones y el número de cabezas de ganado incluidas en los censos manifiestan en todas las especies un mayor número de cabezas por explotación.

La intensificación de las explotaciones ha venido acompañada de muchas mejoras sanitarias, así como la introducción de razas comerciales importadas de crecimiento rápido para conseguir un ganado más rentable. Este hecho ha producido un desplazamiento de las razas autóctonas en la mayoría de las estirpes, como se puede apreciar en los siguientes casos:

- En el caso del bovino la introducción de las razas frisona y charolaise con aptitud lechera y de carne respectivamente, frente a la raza murciano-levantina con un censo muy reducido en la actualidad.
- Lo mismo ha ocurrido en el caso del porcino, donde las razas comerciales como Landrace y Large White han desplazado a la raza autóctona Chato murciano.
- En la industria avícola ninguna raza autóctona puede hacer frente a la producción de las estirpes de crecimiento rápido tanto de carne como de huevos.
- Sólo en el caso de la cabra murciano-granadina la tendencia es opuesta; esta raza autóctona se ha impuesto a las comerciales, ya que produce un 40% más de leche al día.

Algunas de las razas autóctonas se encuentran en peligro de extinción, por ello dentro del Programa de Desarrollo Rural de la Región de Murcia se ha creado una medida de ayuda (10.1.8 Mantenimiento de razas autóctonas en peligro de extinción) para proteger las siguientes razas:

- Vacuno: Raza Murciano-Levantina.
- Ovino: Raza Montesina.
- Caprino: Raza Blanca Celtibérica

- Porcino: Raza Chato Murciano
- Aviar: Raza Gallina Murciana.

En la Región de Murcia se ubican grandes empresas cárnicas referentes a nivel europeo que gracias a las grandes inversiones realizadas en I+D+I a lo largo de los últimos años les ha permitido incrementar la capacidad productiva y la oferta de productos. Estas empresas están altamente tecnificadas y tienen programas propios de gestión de residuos.

Esta evolución de la ganadería se puede apreciar a partir de los datos obtenidos en el portal estadístico de la Región de Murcia (Centro Regional de Estadística de Murcia, 2018), en el que se publica el número de explotaciones ganaderas así como la evolución de estas en toda la Región de Murcia desde 1962 hasta la actualidad, según los distintos Censos Agrarios, como refleja las Tabla 42 y Tabla 43.

Tabla 42: Evolución del número de explotaciones y cabezas ganaderas de la Región de Murcia 1962, 1972 y 1989 (Centro Regional de Estadística de Murcia, 2018).

	1962		1972		1989	
	Nº de Explot.	Nº de Cabezas	Nº de Explot.	Nº de Cabezas	Nº de Explot.	Nº de Cabezas
BOVINO	4.794	15.437	2.306	29.884	640	20.150
OVINO	10.973	137.492	10.196	448.380	3.401	405.709
CAPRINO	21.406	69.299	11.201	103.897	3.986	81.029
PORCINO	36.667	148.112	19.103	638.393	3.879	694.019
EQUINO	39.519	45.964	8.307	9.922	540	1.192
AVES DE CORRAL	95.624	910.057	21.770	1.129.452	4.887	1.862.000
CONEJAS MADRES	26.054	176.935	17.166	431.686	2.835	23.460
COLMENAS	1.666	7.792			176	15.093
TOTAL	**236.703**	**1.511.088**	**90.049**	**2.791.614**	**20.344**	**3.102.652**

Tabla 43: Evolución del número de explotaciones y cabezas ganaderas de la Región de Murcia 1999, 2009 y 2016 (Centro Regional de Estadística de Murcia, 2018).

	1999		2009		2016	
	Nº de Explot.	Nº de Cabezas	Nº de Explot.	Nº de Cabezas	Nº de Explot.	Nº de Cabezas
BOVINO	363	58.744	281	57.339	171	27.659
OVINO	2.029	572.161	1.093	482.640	880	376.094
CAPRINO	2.041	135.444	1.320	150.715	962	119.940
PORCINO	1.641	1.570.301	955	1.635.122	475	851.697
EQUINO			451	2.740	240	2.502
AVES DE CORRAL	1.224	2.812.344	790	4.629.112	484	2.752.000
CONEJAS MADRES			320	20.945	152	11.008
COLMENAS			99	16.839	108	16.990
TOTAL	**7.298**	**5.148.994**	**5.309**	**6.995.452**	**3.472**	**4.157.890**

En general se puede observar la tendencia a la intensificación de las explotaciones puesto que con el paso de las décadas el número de explotaciones existentes han disminuido, quedando en 2016 aproximadamente un 1% de las existentes en 1962 mientras que el número de cabezas aumento en más del 250% (destacando el porcino que ha aumentado casi un 600%).

Dentro de las diferentes cabañas ganaderas destacan la avícola con un crecimiento exponencial hasta las 2,7 millones de cabezas y el porcino que se ha llegado a multiplicar casi 6 veces entre 1962 y 2016.

La cabaña de porcino en el periodo 2009-2016 en la Región de Murcia, se ha incrementado en un 6,6%.

Tabla 44: Evolución de las cabezas de ganado porcino en la Región de Murcia según la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería y Pesca (Centro Regional de Estadística de Murcia, 2018)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015(*)	2016(*)
PORCINO	1.739.550	1.749.885	1.791.188	1.949.255	1.789.237	1.762.927	1.744.862	1.862.519
Lechones de hasta 20 Kg. de peso vivo	330.960	352.436	347.701	422.787	319.883	430.440	289.869	286.473
Cerdos de 20 a 49 Kg. de peso vivo	352.505	424.691	368.976	344.831	443.457	456.314	555.863	442.050
Cerdos en cebo de 50 o más Kg.de peso vivo	897.937	805.737	906.724	1.017.612	884.883	742.675	763.367	1.002.188
De 50 a 79 Kg. de peso vivo	415.306	388.597	380.368	580.790	453.372	417.387	317.445	534.976
De 80 a 109 Kg. de peso vivo	435.908	379.733	496.074	400.491	377.013	295.065	394.280	379.418
De 110 o más Kg. de peso vivo	46.723	37.408	30.282	36.331	54.498	30.223	51.642	87.794
Reproductores de 50 o más Kg. de peso vivo	158.147	167.021	167.787	164.025	141.014	133.498	135.763	131.807
Verracos	1.524	2.153	2.198	2.119	1.571	1.756	1.677	1.512
Hembras reproductoras:	156.623	164.868	165.589	161.906	139.443	131.742	134.086	130.296
Nunca han parido	18.294	17.548	20.229	21.044	18.577	19.634	17.600	20.939
No cubiertas	9.886	9.718	10.153	10.343	11.647	10.202	7.983	10.123
Cubiertas 1ª vez	8.408	7.830	10.076	10.701	6.930	9.432	9.617	10.816
Que ya han parido	138.329	147.319	145.360	140.862	120.866	112.108	116.486	109.357
Cubiertas	105.689	122.572	121.870	109.416	94.579	82.092	90.240	83.632
No cubiertas	32.640	24.747	23.490	31.446	26.287	30.016	26.246	25.725

(*) Datos provisionales. Sujetos a modificaciones

Las aves y los cerdos fueron los primeros que aparecieron en granjas con una explotación cada vez más intensiva. Estas granjas comienzan a ubicarse cercanas a los núcleos de población para abastecer a los mercados y abaratar los costes. La distribución de la ganadería regional muestra como se ha ido concentrando en algunos términos municipales, como Fuente Álamo en el Campo de Cartagena, segundo municipio de la CARM en concentración ganadera.

En la actualidad, la ganadería murciana constituye un referente en el ámbito europeo en I + D, además de aportar una cuarta parte de la producción final agraria regional. La Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia estima que el valor de la producción animal asciende a 426 millones de euros, lo que supone el 3% del total nacional.

1.2.2 Ganadería ecológica

La producción de ganadería en ecológico no está muy desarrollada en la Región de Murcia. En la actualidad, la Región de Murcia cuenta con 5 explotaciones ganaderas de cría ecológica, tres de ganado ovino, cuatro de caprino y cuatro avícolas, el resto son pequeñas explotaciones, sin fines comerciales (Tabla 45).

El consumo de productos ganaderos ecológicos en la Región es prácticamente inexistente, existen muy pocos puntos de venta y la mayor parte de la producción se destina a la comercialización en mercados exteriores en los que existe una cultura de consumo de este tipo de productos muy desarrollada, son países del centro y norte de Europa y Reino Unido.

Tabla 45: Censo de ganadería ecológica en la Región de Murcia (Fuente: CAERM 2018)

	Aptitud	Explot.	Censo
OVINO	Carne	1	830
CAPRINO	Carne		
	Leche	2	2320
AVES	Carne		
	Huevos	1	290
COLMENAS		1	250
TOTAL		**5**	**3.690**

Es previsible que el consumo regional se incremente, al igual que ha ocurrido en otras Comunidades Autónomas, a medida que la información a los consumidores y la distribución de estos productos dentro del mercado local se realice de forma más eficiente.

1.2.3 Dimensión y tipología de la cabaña ganadera de la Cuenca Vertiente del Mar Menor

En el campo de Cartagena se pueden diferenciar por su relevancia dos tipos de ganadería.

- Ganadería **semiextensiva**, principalmente de ovino y caprino, que no parece que ocasione ningún problema significativo en el Campo de Cartagena. Los rumiantes se encuentran repartidos prácticamente por todos los municipios que conforman la masa de agua, aunque se concentran sobre todo en 4 términos: Fuente Álamo, Torre-Pacheco, Cartagena y San Javier. Aquí también podemos incluir el ganado bovino ubicado principalmente en los municipios de Cartagena (destacando la pedanía de Lentiscar), Fuente Álamo, la pedanía de Los Martinez del Puerto (Murcia) y Torre Pacheco.
- Ganadería **intensiva**: son las explotaciones de porcino y aves. La producción de este tipo de ganadería se concentra fundamentalmente en Fuente Álamo. En el caso de las explotaciones de porcino el principal problema es la gestión de los purines.

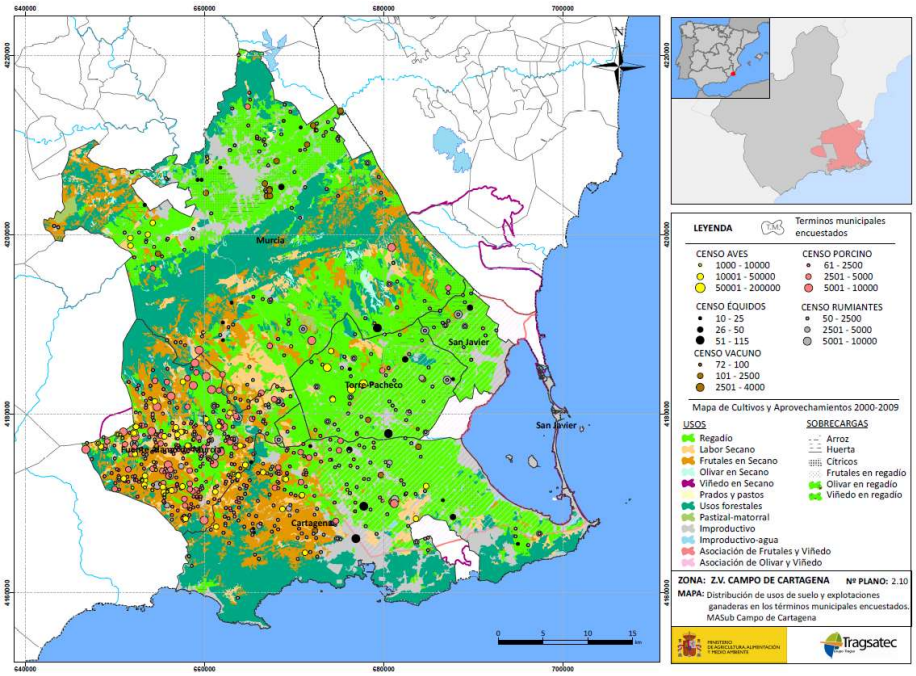


Figura 34: Distribución de explotaciones ganaderas.

Considerando las 3 zonas en las que se divide la cuenca vertiente según el ámbito territorial de la "Ley N.º1/2018 de 7 de febrero, de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor", se puede decir que en la Zona 1 la actividad ganadera es testimonial (DG de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura, 2017). En la Zona 2 se ubican principalmente explotaciones semiextensivas de ovino-caprino que aprovecha mediante el pastoreo los restos de cosecha a la vez que supone un efecto beneficioso al favorecer la diversidad vegetal al garantizar la dispersión de propágulos y controlar la carga de masa vegetal. En esta zona se encuentran parte de las explotaciones intensivas de porcino.

La actividad ganadera en la cuenca del Mar Menor se desarrolla fundamentalmente en la Zona 3, la zona más alejada del Mar Menor. En ella destacan junto a las explotaciones semiextensivas de ovino y caprino las explotaciones intensivas principalmente de porcino seguidas de las avícolas cuya incidencia directa sobre el suelo suele ser mínima al ser explotaciones con animales estabulados con poco uso de suelo. La afección suele ser de forma indirecta ya que su influencia dependerá de la adecuada gestión de los estiércoles y de purines que generan.

En la Tabla 46 se pueden ver el número de explotaciones ganaderas presentes en la Cuenca Vertiente del Mar Menor y el censo total de cada tipología

Tabla 46: Distribución total de explotaciones ganaderas por especies en la Cuenca Vertiente (Elaboración propia según datos DG de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura, 2017)

TIPO	EXPLOTACIONES	CENSO
PORCINO	446	786.484
BOVINO	43	9.812
OVINO-CAPRINO	178	125.846
AVES DE CORRAL	61	1.031.150
ÉQUIDOS	216	929
CUNÍCOLA	12	19.489
TOTAL	**956**	**1.973.710**

Como refleja la Tabla 47 en la Cuenca Vertiente destaca la producción de porcino con un gran número de explotaciones. Respecto al número de cabezas de ganado, la avícola es la mayor en la zona, esto se debe a que en esta especie las explotaciones pueden albergar un gran número de animales por su peso y tamaño inferiores, con una cabaña media por explotación superior a las 15.000 cabezas, como se puede apreciar más adelante donde se muestra la distribución por municipios en cada grupo de ganado.

Tabla 47: Distribución total de explotaciones ganaderas por municipios en la Cuenca Vertiente (Elaboración propia según datos DG de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura, 2017)

		TOTALES	
MUNICIPIO	PEDANÍA	Nº Explot.	Cabezas
LOS ALCÁZARES		8	1.495
SAN JAVIER		44	12.864
SAN PEDRO		17	961
TORRE PACHECO		119	303.374
FUENTE ÁLAMO		536	1.386.514
CARTAGENA	ALBUJÓN	22	10.512
	ALGAR	12	1.374
	CAMPO NUBLA	28	64.436
	LENTISCAR	16	71.480

		TOTALES	
MUNICIPIO	**PEDANÍA**	**Nº Explot.**	**Cabezas**
	PALMA (LA)	20	7.606
	POZO ESTRECHO	28	41.797
	RINCÓN DE SAN GINÉS	9	2.017
MURCIA	BAÑOS Y MENDIGO	10	2.567
	CARRASCOY	1	0
	CORVERA	20	15.607
	GEA Y TRUYOLS	10	0
	JERÓNIMO Y AVILESES	10	496
	LOBOSILLO	6	2.911
	MARTINEZ DEL PUERTO (LOS)	12	19.711
	SUCINA	15	14.813
	VALLADOLISES	13	13.175
	TOTAL	**956**	**1.973.710**

En la Tabla 47 se puede ver el total de la distribución de la ganadería en la zona por términos municipales, caben destacar dos municipios que abarcan casi la totalidad de la producción. Estos municipios son, en primer lugar, Fuente Álamo con el 70% del censo total de la Cuenca Vertiente y el 56% de las explotaciones de ganado. Seguido de Torre Pacheco con el 15% del censo total y el 12,5% de las explotaciones. El resto de la producción se distribuye por los demás municipios de forma heterogénea.

La descripción de producción de cada especie ganadera, el desglose del número de explotaciones ubicadas en los TTMM incluidos en la cuenca vertiente del Mar Menor, y su censo se indican a continuación (DG de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura, 2017). Los municipios o pedanías sin explotaciones han sido eliminados de las tablas. En algunos casos se observa que hay explotaciones sin censo, por lo que el número medio de cabezas puede estar minusvalorado o son cierres temporales. Se ha calculado la media del nº de cabezas por explotación para indicar la intensificación media de las explotaciones.

1.2.3.1 Equino

Pese al número importante de explotaciones equinas (Tabla 48) en la zona, la densidad de cabezas muestra el poco peso relativo que tiene en la cuenca. En general las explotaciones están bastante repartidas por toda la zona siendo Torre Pacheco el municipio con mayor concentración de explotaciones, con el 39% de la cabaña total.

Tabla 48: Distribución explotaciones de equino por municipio (DG de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura, 2017).

MUNICIPIO	PEDANÍA	EXPLOTACIONES	CENSO	D. MEDIA (cab/expl)
LOS ALCÁZARES		5	15	3
SAN JAVIER		28	125	4,5
SAN PEDRO		13	36	2,8
TORRE PACHECO		57	365	6,4
FUENTE ÁLAMO		22	66	3
CARTAGENA	ALBUJÓN	12	23	1,9
	ALGAR	7	114	16,3
	CAMPO NUBLA	1	0	0
	LENTISCAR	1	0	0
	PALMA (LA)	10	43	4,3
	POZO ESTRECHO	8	7	0,9
	RINCÓN DE SAN GINÉS	5	0	0
MURCIA	BAÑOS Y MENDIGO	5	6	1,2

MUNICIPIO	PEDANÍA	EXPLOTACIONES	CENSO	D. MEDIA (cab/expl)
	CORVERA	8	25	3,1
	GEA Y TRUYOLS	10	0	0
	JERÓNIMO Y AVILESES	7	67	9,6
	LOBOSILLO	4	3	0,8
	MARTINEZ DEL PUERTO (LOS)	2	9	4,5
	SUCINA	8	24	3
	VALLADOLISES	3	1	0,3
TOTAL		**216**	**929**	**4,3**

El ganado equino fue tradicionalmente empleado como fuerza de trabajo en las explotaciones agrarias de mayor superficie, de ahí su rápido descenso con la mecanización del campo. En la actualidad, tiene escaso peso en la ganadería de la Cuenca Vertiente, apenas el 0,05% del total de las cabezas de ganado de la zona. Se utilizan, básicamente, para el recreo, participación en actos festivos y de carácter etnológico.

1.2.3.2 Cunícola

El número de explotaciones cunícolas no supera la docena y sólo se encuentran en 6 de los núcleos de población. Además solo el censo de Fuente Álamo representa ya el 75% de los conejos criados dentro de la cuenca vertiente (Tabla 49).

Tabla 49: Distribución explotaciones cunícolas por municipio (DG de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura, 2017)

MUNICIPIO	PEDANÍA	EXPLOTACIONES	CENSO	D. MEDIA (cab/expl)
TORRE PACHECO		2	2.820	1.410,00
FUENTE ÁLAMO		5	14.692	2.938,40
CARTAGENA	ALBUJÓN	1	7	7
	LENTISCAR	1	1.970	1.970,00
MURCIA	CARRASCOY	1	0	0
	CORVERA	1	0	0
	SUCINA	1	0	0
	TOTAL	**12**	**19.489**	**1.624,10**

La producción cunícola es una de las últimas que se ha intensificado, tras los elevados niveles de eficiencia conseguidos en la avicultura, producción porcina, cebo de terneros y corderos.

El verdadero peso de la cabaña cunícola regional se sitúa en las grandes explotaciones, esta son las que han alcanzado tal grado de mejora sanitaria, genética y de nutrición que constituyen el auténtico presente y futuro del sector cunícola en la Región (Espejo, 1995a).

1.2.3.3 Bovino

Las explotaciones dedicadas al ganado vacuno suman 43. Entre Torre Pacheco, **Fuente Álamo** y las pedanías de Lentiscar y Los Martínez del Puerto suponen el 90% del censo de ganado bovino (Tabla 50).

Tabla 50: Distribución explotaciones bovinas por municipio (DG de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura, 2017).

MUNICIPIO	PEDANÍA	EXPLOTACIONES	CENSO	D. MEDIA (cab/Expl)
LOS ALCÁZARES		1	1	1
SAN JAVIER		4	7	1,8

MUNICIPIO	PEDANÍA	EXPLOTACIONES	CENSO	D. MEDIA (cab/Expl)
SAN PEDRO		3	102	34
TORRE PACHECO		9	1.478	164,2
FUENTE ÁLAMO		7	2.037	291
CARTAGENA	ALBUJÓN	2	81	40,5
	LENTISCAR	7	3.878	554
	PALMA (LA)	2	622	311
	POZO ESTRECHO	3	64	21,3
	RINCÓN DE SAN GINÉS	1	0	0
MURCIA	JERÓNIMO Y AVILESES	2	29	14,5
	MARTINEZ DEL PUERTO (LOS)	1	1.513	1513
	VALLADOLISES	1	0	0
TOTAL		**43**	**9.812**	**228,2**

El desarrollo urbano y el consiguiente aumento de la demanda de leche y carne de vacuno, hicieron que la vaca murciana pasara progresivamente a un segundo lugar, hasta que desaparece prácticamente en las explotaciones ganaderas. A comienzos de los años setenta se produce una importación de nuevas razas de producción lechera, primero la raza parda alpina y después frisona. En cuanto al vacuno de carne, se implantan en la Región grandes granjas de cebo dedicadas a la recría de terneros procedentes de otras provincias y con animales de razas extranjeras adaptadas a la producción de carne.

La mayoría del bovino que se produce en la Cuenca del Mar Menor es de aptitud cárnica.

1.2.3.4 Avícola

La industria de la producción avícola (Tabla 51) también afecta solo a 6 poblaciones aunque una vez más es en Fuente Álamo donde se concentra el 79% de las granjas y el 70% del censo.

Tabla 51: Distribución explotaciones avícolas por municipio (DG de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura, 2017)

MUNICIPIO	PEDANÍA	EXPLOTACIONES	CENSO	D. MEDIA (cab/expl)
TORRE PACHECO		7	256.200	36600
FUENTE ÁLAMO		48	718.650	14971,9
CARTAGENA	ALBUJÓN	1	0	0
	CAMPO NUBLA	3	39.300	13100
	LENTISCAR	1	17.000	17000
	PALMA (LA)	1	0	0
TOTAL		**61**	**1.031.150**	**16.904,10**

En este sector se han producido importantes transformaciones tanto cualitativas como cuantitativas. Ha desaparecido la especie autóctona, la gallina murciana, presente hasta los años setenta, y se han introducido razas importadas de aptitud cárnica. Se trata de animales con unos rendimientos elevadísimos, conseguidos mediante un esmerado manejo, unos rígidos programas higiénicos y una alimentación basada en el uso de piensos equilibrados de máxima calidad (Espejo, 1995b).

1.2.3.5 Ovino-caprino

Si se analizan los datos municipales de la Tabla 52, podemos ver que en sólo 2 de los 7 municipios, Torre Pacheco y Fuente Álamo, se concentra el 63% de las explotaciones y el 72% de la cabaña ovino-caprina. Para la cuenca vertiente se alcanza un censo de prácticamente 126.000 cabezas.

Tabla 52: Distribución explotaciones ovino-caprinas por municipio (DG de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura, 2017).

MUNICIPIO	PEDANÍA	EXPLOTACIONES	CENSO	D. MEDIA (cab/Expl)
LOS ALCÁZARES		2	1.479	739,5
SAN JAVIER		11	12.615	1146,8
SAN PEDRO		1	823	823
TORRE PACHECO		32	28.619	894,3
FUENTE ÁLAMO		80	61.462	768,3
CARTAGENA	ALGAR	3	1.232	410,7
	CAMPO NUBLA	10	1.879	187,9
	LENTISCAR	2	336	168
	PALMA (LA)	4	1.477	369,3
	POZO ESTRECHO	8	2.618	327,3
	RINCÓN DE SAN GINÉS	3	2.017	672,3
MURCIA	BAÑOS Y MENDIGO	2	758	379
	CORVERA	8	2.582	322,8
	MARTINEZ DEL PUERTO (LOS)	4	4.214	1053,5
	SUCINA	4	2.458	614,5
	VALLADOLISES	4	1.277	319,3
TOTAL		**178**	**125.846**	**707**

Al igual que el bovino prevalece la aptitud cárnica frente a la lechera en la cuenca vertiente.

1.2.3.6 Porcino

El ganado porcino, tanto en número de explotaciones como en censo, se concentra mayoritariamente en el término municipal de Fuente Álamo, en la zona noroccidental de Cartagena y suroccidental de Torre-Pacheco.

Toda la zona de estudio suma **446 explotaciones** con **786.864 cabezas** según el censo por municipios (Tabla 53). Sólo Fuente Álamo concentra ya el 84% de las explotaciones y el 75% de las cabezas porcinas de la cuenca. Destaca la alta densidad de cabezas por explotación en Lentiscar (12.074 cabezas/explotación) y Sucina (6.166).

Este nivel de concentración es muy relevante no sólo para localizar los focos de vertido sino también para la futura gestión de los purines de porcino puesto que el coste de transporte es muy importante para poder revalorizar las deyecciones.

Tabla 53: Explotaciones y Cabezas de ganado porcino en los TTMM de la cuenca vertiente al Mar Menor (DG de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura, 2017)

MUNICIPIO	PEDANÍA	Nº Explot.	Cerdas	Verracos	Cebo	Lechones	Total Cabezas	Densidad (cab/Expl)
SAN JAVIER		1	16	1	50	50	117	117
TORRE PACHECO		12	162	4	13.466	260	13.892	1.158
FUENTE ÁLAMO		374	101.499	323	415.670	72.115	589.607	1.576
CARTAGENA	ALBUJÓN	6	442	4	9.331	624	10.401	1.734
	ALGAR	2	1	1	0	26	28	14
	CAMPO NUBLA	14	4.892	15	14.750	3.600	23.257	1.661
	LENTISCAR	4	6.013	23	1.550	40.710	48.296	12.074
	PALMA (LA)	3	520	4	2.550	2.390	5.464	1.821
	POZO ESTRECHO	9	7.067	55	8.283	23.703	39.108	4.345
MURCIA	BAÑOS Y MENDIGO	3	100	3	1.400	300	1.803	601

MUNICIPIO	PEDANÍA	Nº Explot.	Cerdas	Verracos	Cebo	Lechones	Total Cabezas	Densidad (cab/Expl)
	CORVERA	3	0	0	13.000	0	13.000	4.333
	JERÓNIMO Y AVILESES	1	400	0	0	0	400	400
	LOBOSILLO	2	0	0	2.908	0	2.908	1.454
	MARTINEZ DEL PUERTO (LOS)	5	1.960	15	7.450	4.550	13.975	2.795
	SUCINA	2	1.050	0	11.281	0	12.331	6.166
	VALLADOLISES	5	0	0	6.997	4.900	11.897	2.379
TOTAL		**446**	**124.122**	**448**	**508.686**	**153.228**	**786.484**	**1.763**

Las actividades agropecuarias son consumidores de recursos hídricos y agrarios pero sobre todo son relevantes para el estudio por la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas que pueden provocar a través de las deyecciones.

El consumo de agua de bebida de la cabaña ganadera en el Campo de Cartagena varía en función de diferentes factores como el clima (temperatura y humedad), el tipo de dieta, el estado fisiológico, etc. Con el censo ganadero del REGA 2016 se ha estimado que el consumo ganadero anual aproximado se sitúa entre 3,3 y 4,3 hm^3.

El agua de limpieza de las instalaciones se puede situar entre un 15-20% del agua de bebida.

1.2.4 Presión de la carga ganadera en la Cuenca Vertiente.

Para determinar en qué municipios puede existir una excesiva concentración de cabezas de ganado se ha realizado el cálculo de la carga ganadera de cada municipio. Para ello se ha tenido en cuenta las pautas que a continuación se indican:

- Censo ganadero y especie.
- Zona de mayor concentración de explotaciones ganaderas.
- Sistema de producción (extensivo, semi-extensivo o intensivo).
- Sistema de eliminación de las deyecciones.
- Superficie agrícola cercana estimada para verter las deyecciones. (Según datos agrarios SIGPAC).

El índice de carga ganadera (ICG) es el cociente resultante de dividir el nitrógeno total en las deyecciones producidas por el ganado en régimen intensivo o semiintensivo de las explotaciones ganaderas de un municipio y de los municipios adyacentes, entre el nitrógeno de deyecciones ganaderas admisible en las tierras fertilizables de los mismos municipios

Según los cálculos realizados existe sobrecarga ganadera en el municipio de Fuente Álamo. En este municipio se encuentran explotaciones de diferentes tipos de ganado, siendo el de mayor influencia el ganado porcino. Existen en el término aproximadamente unas **23.258 ha** que pueden ser abonadas entre tierras de labor y pastos, mientras que los kg N/ año producidos por las diversas explotaciones del municipio son más de 5.500 t de las que más 4.600 t pertenecen exclusivamente al sector porcino. El índice de carga ganadera se sitúa cercano a 1,4 un dato bastante elevado. Esto indica que los kg N/ año producidos por las deyecciones ganaderas en este municipio exceden de los necesarios para fertilizar las tierras de cultivo y pastos en un año. Se está considerando además, que todas las tierras del municipio se cultivan, algo bastante improbable ya algunas de ellas quedarán en barbecho lo que aumentará más el ICG.

1.2.5 Sistemas de almacenamiento de deyecciones ganaderas

La ganadería intensiva ha traído consigo, un acúmulo de excretas de animales cuya utilización crea un problema, no por su calidad, sino por su cantidad. En el caso de la Cuenca Vertiente del Campo de Cartagena el principal problema se genera por las deyecciones procedentes del sector porcino, es decir los purines, tanto por el volumen que se produce como por las características físico-químicas que hacen que su manejo y tratamiento sea más complicado.

Las deyecciones resultantes de la actividad ganadera representan un peligro potencial para el medio ambiente, con problemas vinculados a la emisión de gases a la atmósfera, la contaminación de las aguas y el exceso de nitrógeno y de fósforo asimilable en las superficies agrícolas (Llona & Faz, 2006).

El primer paso, en el manejo adecuado de este tipo de deyecciones es dotar a las explotaciones de un sistema de almacenamiento correcto que cumpla con las condiciones necesarias para protección del medio ambiente.

Según lo dispuesto en la Ley 1/2018 (Anexo V Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia), todas las explotaciones ganaderas de carácter intensivo, a excepción de las de la especie ovina y caprina según lo referido en el decreto 121/2012, de 28 de septiembre, por el que se establece la ordenación de estas explotaciones, dispondrán de tanques o balsas impermeabilizadas, natural o artificialmente, para los purines en el caso de los cerdos, o para el almacenamiento de estiércol, con capacidad mínima suficiente para almacenar la producción.

En el caso del almacenamiento para purines, estas balsas según el Real Decreto 324/2000, de 3 de marzo, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas, en su Artículo 5 cita que en las condiciones mínimas de funcionamiento de las explotaciones, deben disponer de balsas de estiércol cercadas e impermeabilizadas, natural o artificialmente, que eviten el riesgo de filtración y contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, asegurando que se impidan pérdidas por rebosamiento o por inestabilidad geotécnica, con la dimensión precisa para poder almacenar la producción de al menos tres meses yque permita la gestión adecuada de los mismos.

Estos dos aspectos, tanto el correcto dimensionamiento de los sistemas de almacenamiento como la impermeabilización absoluta, son imprescindibles para realizar un buen manejo de las deyecciones ganaderas.

El riesgo al que se enfrentan estas instalaciones de almacenaje en un área de clima semiárido es el de la torrencialidad por la aparición de fenómenos repentinos y concentrados de precipitación. La impermeabilización ineficiente de estas balsas provoca infiltraciones no controladas del purín al terreno, ocasionando la contaminación directa del acuífero y el arrastre por escorrentías en episodios de lluvias hacia las ramblas y cauces de drenaje natural cuyo vertido final es el Mar Menor.

En la actualidad parte de este excedente queda acumulado en las balsas de las explotaciones hasta su infiltración en el terreno y su evaporación.

Para conocer la situación actual de las balsas de purines, mediante fotointerpretación se han estimado un total de **499 balsas** en la Cuenca Vertiente del Mar Menor que ocupan una superficie total aproximada de **160 ha**. De forma aleatoria, se han seleccionado un 10% del total en la zona del estudio para visitarlas in situ. En la Figura 35 se muestra la distribución de estas balsas.

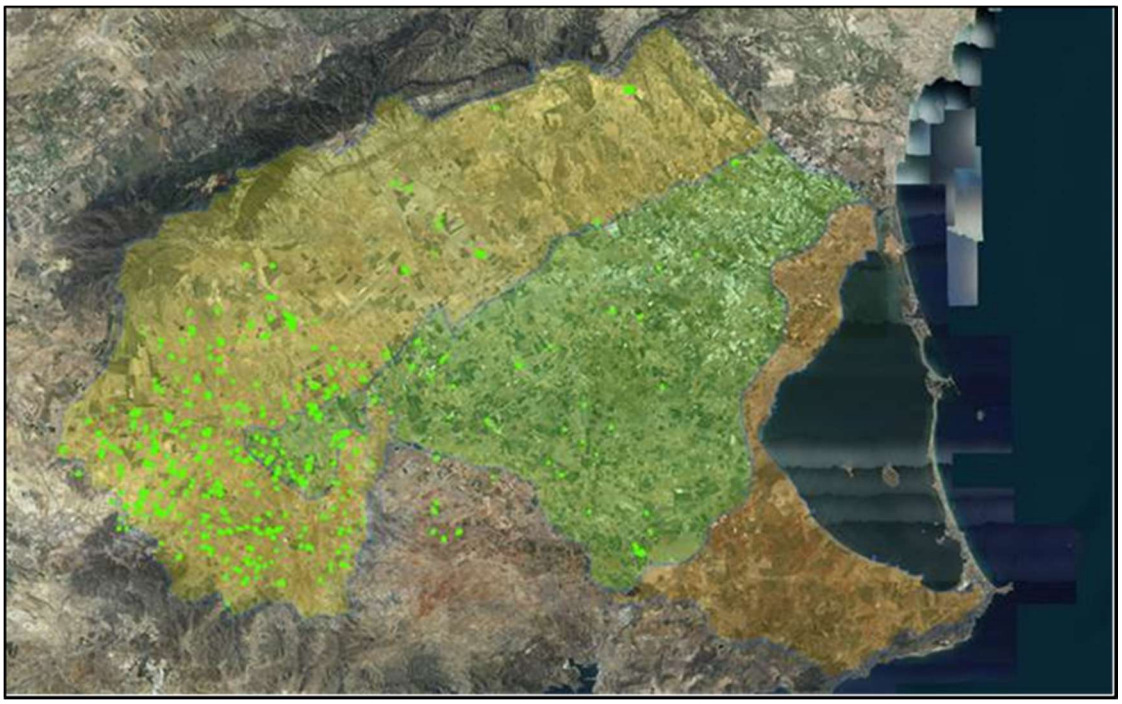


Figura 35: Distribución de balsas de purines en la Cuenca Vertiente del Mar Menor (Elaboración propia mediante fotointerpretación)

Un equipo técnico se desplazó al terreno para identificar la ubicación y características de las balsas seleccionadas. Se pudo comprobar, en función del porcentaje visitado, que más del 90% no cumplen las normas estipuladas de construcción (principalmente en lo concerniente a la impermeabilización), lo que origina un gran riesgo de infiltración, lixiviación y escorrentía. Al mismo tiempo, la deficiencia en el cálculo del volumen necesario de almacenamiento provoca que un alto porcentaje de ellas presenten perdidas por rebosamiento. A continuación se muestran una selección de fotografías dónde se pueden apreciar estos detalles:



Figura 36: Desbordamiento del purín por un lateral de la balsa. Impermeabilización natural



Figura 37: Desbordamiento del purín en balsa plastificada



Figura 38: Alrededores de una balsa cuyo purín se ha desbordado



Figura 39: Restos de la parte sólida del purín vertido en la inmediación de la explotación

Una vez realizadas las visitas y con toda la documentación gráfica obtenida, podemos resumir la situación actual en dos aspectos importantes:

- Las balsas realizadas en terreno con una impermeabilización natural no se han compactado de forma adecuada conforme a la ley para impedir la infiltración de los purines, y con el paso del tiempo sólo permanece la parte sólida.
- En las balsas que se han impermeabilizado de manera artificial, al no existir una retirada efectiva de ese purín, se producen desbordamientos.

1.2.6 Contaminación difusa por la deficiencia de impermeabilización en los sistemas de almacenamiento

Los datos expuestos anteriormente respaldan la teoría que parte de estos residuos pueden infiltrarse en el terreno, lo que produce una contaminación de las aguas superficiales y subterráneas que afectan directamente al estado del Mar Menor.

Por ello y dada la importancia de los datos obtenidos, es necesario el cálculo del volumen de purín que alcanza al acuífero Cuaternario por infiltración. Basándose en los retornos de riego establecidos en la Instrucción de Planificación Hidrológica vigente se calculará el volumen de purines que pasan al acuífero por infiltración.

Además el tipo de suelos en la zona favorecen la infiltración, ya que según el mapa de permeabilidad del suelo de Murcia, la comarca del Campo de Cartagena y fundamentalmente la zona donde se encuentran ubicadas la mayoría de las balsas de purines, tiene una permeabilidad alta como se puede observar a continuación.

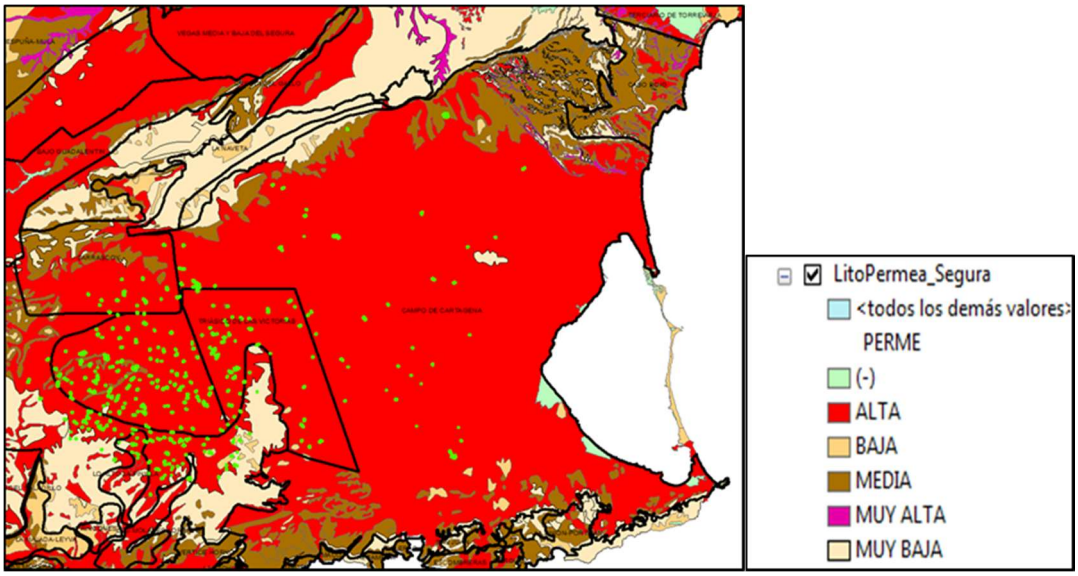


Figura 40: Permeabilidad de los suelos en la Cuenca Vertiente del Campo de Cartagena (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015)

La Figura 40 muestra en color verde las balsas de purines, estas se concentran principalmente en la zona de Fuente Álamo, donde se ubican la mayor parte de las explotaciones de porcino. En referencia a la permeabilidad de los suelos en esta zona casi todos ellos presentan alta permeabilidad (suelos de color rojo) o media en el menor de los casos (suelos de color marrón).

Los suelos con alta permeabilidad están compuestos de arenas, areniscas y calizas con Toucasias y orbitolinas, mientras que los de permeabilidad media se componen de margas, calizas, calizas bioclásticas y/o arenosas y areniscas.

Para conocer la infiltración que se produce en las balsas se van a utilizar los datos de infiltración de los retornos de riego de las UDAS que se hallan situadas en la zona o comarca. A continuación se observa su ubicación la Figura 41.

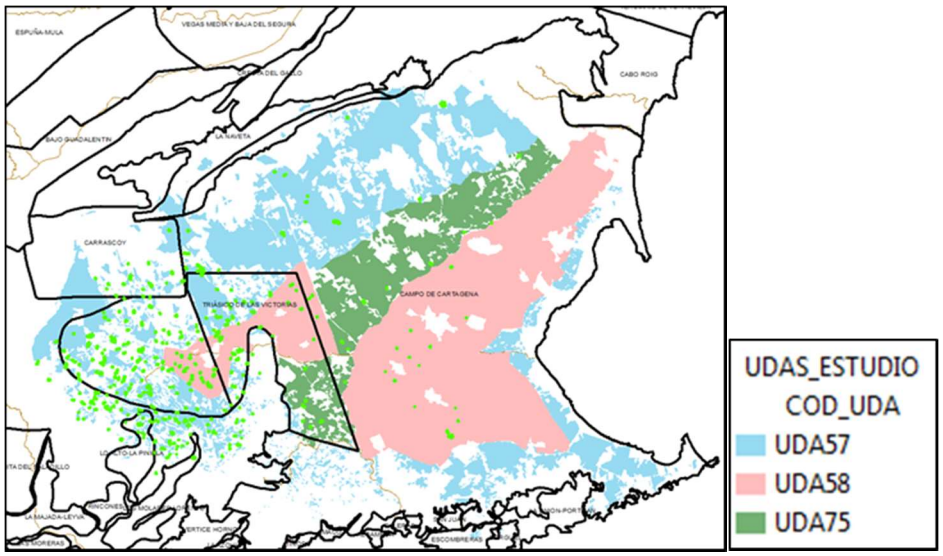


Figura 41: UDAs en la Cuenca Vertiente del Campo de Cartagena. Fuente (Elaboración propia, datos UDAS (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015))

El retorno de riego es un concepto de compleja cuantificación. Los coeficientes de retorno se han considerado de acuerdo a lo establecido en la Instrucción de Planificación Hidrológica vigente (Orden ARM/2656/2008 de 10 de septiembre).

Para conocer la infiltración aproximada de las balsas se tiene en cuenta las UDAS presentes en el acuífero Campo de Cartagena y sus coeficientes de retorno estimados (PHDS datos para los horizontes 2015 y 2021). Con el volumen total aproximado de purines que contienen las balsas en cada UDA y aplicando el coeficiente de retorno de cada UDA se estimará la infiltración total del purin. Según los datos de campo obtenidos en las visitas, se estima una profundidad media de las balsas de 1,3 m.

Realizando los cálculos oportunos, se obtiene que el valor estimado de purines del sector porcino que podrían pasar al acuífero es de 254.574 Kg de N. Dependiendo de la forma de almacenamiento, de la época del año y de las condiciones de aplicación, se puede perder aproximadamente un 40% del nitrógeno que contiene el purín por la transformación en gas amoniaco, o por lavado de los nitratos en las épocas de otoño e invierno.

Según lo descrito en el párrafo anterior se estima que pasarán al acuífero realmente cerca de 152.744 kg de N/año, solamente del sector porcino, siempre y cuando no se llenen más de una vez al año las balsas. Resumiendo podemos estimar que aproximadamente 153 toneladas de nitrógeno se infiltrará al acuífero y 101 toneladas de nitrógeno pasaran a la atmosfera en forma de amoniaco.

Para estimar a nivel global la influencia del sector porcino sobre la contaminación del acuífero cuaternario en comparación con la agricultura, se parte de datos del IGME en colaboración con la CARM, en cuyos ensayos en lisímetros con cultivo de lechuga y distintos patrones de abonado, y los lixiviados han presentado valores entre 50 y 660 mg/l de nitrato, con un valor

medio de 244 mg/L. "Los datos preliminares indican que suponiendo que esta experiencia a escala reducida fuese extrapolable al resto de cultivos hortícolas, el aporte mínimo de nitrógeno en forma de nitrato al acuífero sería de 3.300 toneladas/año o 745,8 toneladas de nitrógeno/año. Realizando los cálculos se estima que el sector porcino en la cuenca vertiente del Campo de Cartagena aportan aproximadamente un 17% del nitrógeno que pasa al acuífero por infiltración y el resto es debido en su mayor parte a la agricultura, resto de ganadería y otras actividades.

1.2.7 Generación y manejo de deyecciones ganaderas

Diversos estudios realizados en países de nuestro entorno, coinciden en afirmar que el método más efectivo y económico de afrontar el problema de la acumulación de los desechos procedentes de animales, es a través de su esparcimiento o aplicación en el suelo agrícola; sin embargo, es aconsejable la prudencia en su uso, con objeto de evitar posibles deterioros del suelo por su abuso y en los cultivos por su utilización descontrolada, además de resultar molestos a la sociedad por el mal olor que causan.

Se dispone de los datos de excreta unitaria provincial del BNPAE de 2015, a partir de los cuales se obtiene la excreta a nivel de los municipios afectados. En términos de excreta en el año 2015, el municipio de Fuente Álamo ostenta la primera posición de la producción, seguido del municipio de Murcia. Mientras que en 2016, Fuente Álamo de Murcia se mantiene en cabeza y ocupa la segunda posición Torre Pacheco.

Debido a la alta densidad de explotaciones ganaderas fundamentalmente en los dos términos municipales citados anteriormente, el aprovechamiento de la totalidad de las deyecciones para la agricultura no es factible, produciéndose un excedente para el que actualmente no existe un tratamiento y/o eliminación efectiva.

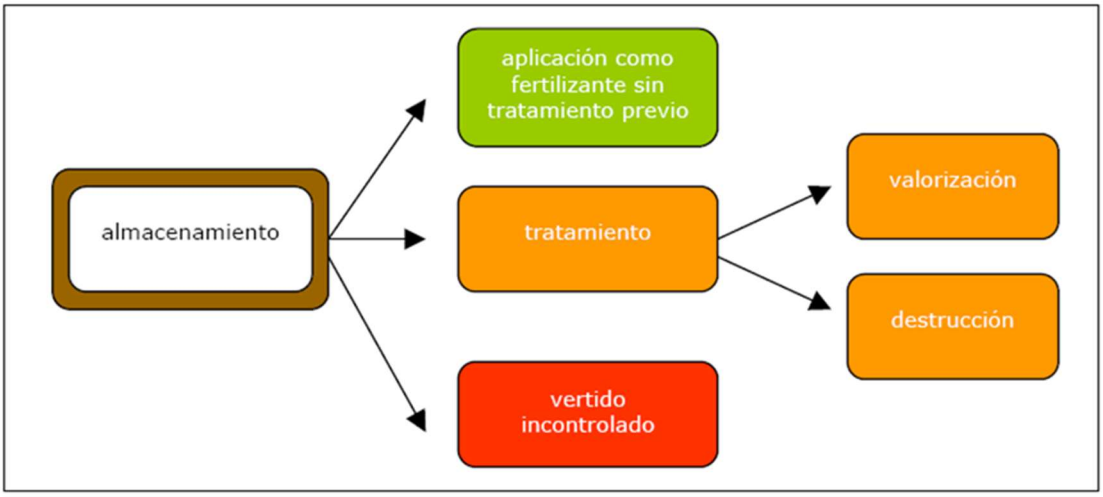


Figura 42: Etapas de la gestión de las deyecciones ganaderas (Dupuis, 2012)

El total de kg/N producidos anualmente del sector porcino se estima entre 5,5 y 8,5 millones, esta cantidad es orientativa, debido a diferentes factores. Teniendo en cuenta se producen en los dos términos municipales citados con anterioridad y que la cantidad máxima de aporte de fertilizante orgánico anual está limitado a 170 kg/ha (en zona vulnerable), no es posible la aplicación de todas las deyecciones ganaderas en la superficie agraria de ambos municipios. Por otro lado y haciendo el cálculo con los datos extraídos del Balance de Nitrógeno en la Agricultura Española. 2015 (MAPAMA) en la región de Murcia, el resultado de calcular la diferencia entre las entradas y salidas de nitrógeno en las superficies de cultivos (herbáceos y

Leñosos) y en las zonas de pastoreo se obtiene un balance excedentario de más de 45 Kg/ha, siendo la fertilización mineral la responsable del 53,9% de la aportación de N al suelo agrícola. En lo que se refiere al abonado orgánico, que comprende tanto el estiércol como los purines, suponen un 17,8% del aporte total. La deposición atmosférica es el 15,7% y de esta fracción, sabemos que buena parte corresponde al N volatilizado durante el manejo de la excreta ganadera, desde el establo, pasando por el almacenamiento, hasta la aplicación en campo.

Según el Balance de Nitrógeno de la Agricultura Española 2015, la Región de Murcia tiene un porcentaje de volatilización medio de estiércol del 40,24%.

En resumen, tras el estudio de censos, volumen de deyecciones, superficie agrícola y balance de N en la Cuenca vertiente del Campo de Cartagena se concluyen los siguientes puntos:

- Existe una gran concentración de cabezas de ganado en los municipios de Fuente Álamo y Torre Pacheco, principalmente debido al sector porcino.
- La mayor parte o la totalidad de las deyecciones de ovino y caprino se aplican en terrenos agrícolas. Esto no ocurre en el sector porcino, que como se comprobó en las visitas los purines se acumulan en las balsas y debido a su deficiencia en la impermeabilización producen la **contaminación por N y P**, tanto de las aguas subterráneas como superficiales que llegarán finalmente a la laguna del Mar Menor.
- La excreta total aproximada actual de N en los municipios de la zona se estima entre los **8,5 y 10,5 millones kg N**, siendo Fuente Álamo el término municipal con mayor excreta seguido de Torre Pacheco.
- El balance de N a nivel regional resulta excedentario, con un valor de **más de 45 kg N/ha**, por encima de la media nacional, que es de 24 kg N/ha.
- Para un buen aprovechamiento agrícola de los purines, es esencial conocer la riqueza de los mismos (a través de analíticas periódicas), es decir, su caracterización química. Y los purines de cerdo se caracterizan por presentar una enorme variabilidad (tanto en el contenido de elementos químicos como desde el punto de vista físico).

El Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) establece un modelo de gestión de purines que se muestra en la Figura 43.

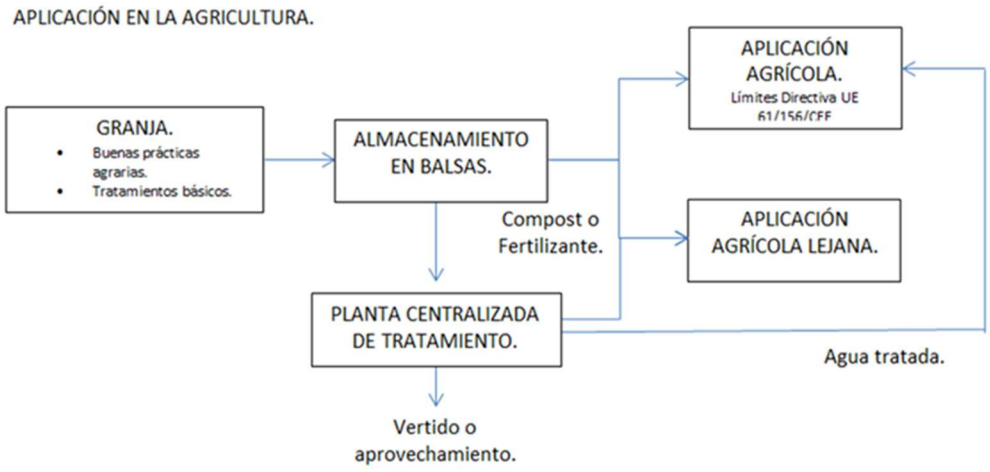


Figura 43: Esquema de aplicación purines en la agricultura (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, INIA).

Además según se observa en la Figura 44, los purines pueden ser también aprovechados para la generación de energía.

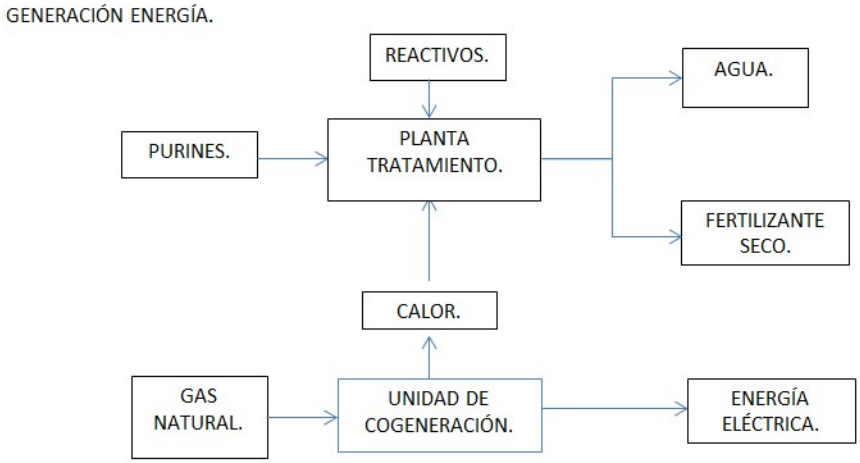


Figura 44: Esquema de generación energía con purines (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, INIA).

En Alhama de Murcia está instalada una planta de tratamiento de purines de la Asociación para el Desimpacto Ambiental de los Purines (ADAP). La planta se inauguró en 2007. Tiene una capacidad de tratamiento de 105.000 m³ anuales de purín de cerdo y utiliza en el proceso el calor y la energía eléctrica producidos por una central de cogeneración de 15 MW de potencia (Espejo Marín & García Martín, 2010). Además, el proceso de tratamiento permite la obtención anual de unas 2.700 toneladas de abono y de 80.000 m³ de agua limpia apta para el riego de los cultivos de la zona (Infoenviro, 2008).

En Lorca actualmente existe otra planta de características similares que tiene capacidad para tratar entre 70.000 y 90.000 t de purín anualmente.

El factor limitante para el uso de estas plantas en la zona de estudio es el coste de trasporte que encarece mucho el proceso. Hay que tener en cuenta que la mayoría de las explotaciones de la zona de estudio están ubicadas en el término municipal de Fuente Álamo a más de 50 km de distancia con Lorca y aproximadamente 25 km de Alhama de Murcia.

1.2.8 Generación y manejo de otros residuos

1.2.8.1 Residuos inorgánicos

Los residuos inorgánicos más habituales que podemos encontrar en explotaciones ganaderas son:

- Normales: cartones y plásticos.
- Especiales: material de curas y restos de productos de tratamientos veterinarios, envases de pesticidas, raticidas e insecticidas y desinfectantes.
- Otros: restos de maquinaria de la explotación agropecuaria, restos de materiales aislantes y de construcción, grasas minerales, lubricantes, etc.

Los residuos inorgánicos generados en explotaciones ganaderas son tratados habitualmente como residuos domésticos, únicamente tienen un especial tratamiento los residuos veterinarios que deben ser retirados por gestores autorizados.

1.2.8.2 Otros residuos orgánicos (Cadáveres animales)

Los ganaderos tienen la obligación de comunicar a las autoridades competentes sobre los animales muertos en las explotaciones para ser recogidos por los gestores autorizados y su transporte a incineración. Este movimiento debe quedar reflejado en el libro de explotación.

Excepto por consideraciones sanitarias, estos desechos no pueden ser considerados como fuentes relevantes de focos contaminantes, y menos a la hora de afrontar el problema de la eutrofización en el Mar Menor.

1.3 SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN

1.3.1 Herramientas estratégicas

Las principales herramientas estratégicas de planificación de que dispone la Región de Murcia para el control de la contaminación producida por las aguas residuales generadas en su entorno se concretan en el Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura 2015/21 y en el II Plan de saneamiento y depuración de la Región de Murcia 2015-2015. Este último documento recoge dentro de sus objetivos básicos y destacados en primer lugar

- I.- Contribuir a la mejora cualitativa del estado de las masas de agua, en especial del Mar Menor y las aguas costeras del Mediterráneo.

Del mismo modo quedan resaltados entre los objetivos, el aumento de la disponibilidad de agua tratada para otros usos (reutilización) y alcanzar el máximo porcentaje de la población de aglomeraciones urbanas conectada a sistemas de depuración.

Para el cumplimiento de los objetivos anteriormente mencionados el II Plan de saneamiento y depuración establece los denominados Programas de actuación:

- Programa de infraestructuras de conducción de aguas residuales. Sistema de colectores.
- Programa de infraestructuras de depuración de aguas residuales.
- Programa de reducción de nutrientes en zonas sensibles y vulnerables.
- Programa de reutilización y regeneración de aguas depuradas.
- Programa de tratamiento y gestión de lodos de depuradora.
- Programa de gestión de aguas de tormenta
- Programa de eliminación de aguas parásitas.

La problemática asociada a las aguas residuales y sus efectos sobre el estado del Mar Menor quedan perfectamente reflejadas en los objetivos y programas desarrollados en los documentos estratégicos anteriormente mencionados por lo que para enfocar sus posibles afecciones se seguirán sus planteamientos y distintas actuaciones previstas.

1.3.2 Sistema de colectores

El sistema de saneamiento del Campo de Cartagena se caracteriza principalmente por ser de tipo unitario, donde se recolectan de forma común los vertidos de aguas residuales con los pluviales y por su estado de conservación que, sin ser preocupante, sí que en algunas zonas en particular presenta un estado de conservación significativamente mejorable. Estas características quedan refrendadas por la Encuesta de Infraestructura y Equipamiento locales de 2008- 2016. Este documento muestra que de acuerdo a la zonificación del territorio de la Región de Murcia para la Gestión de las aguas residuales urbanas, en la Zona 11.- Mar Menor el 98,7% de la red es de este tipo unitario presentando buen estado en el 70% de la red, mientras que un 14,2% se encuentra deteriorada o en mal estado. En este aspecto es de destacar el estado de conservación de los sistemas de saneamiento de los municipios de San Javier y San Pedro del Pinatar donde al menos el 50% de su red de saneamiento se encuentra en estado regular a deficiente.

Tabla 54: Red de saneamiento por TTMM. Elaboración a partir de los datos procedentes de la Encuesta de Infraestructuras y Equipamiento locales 2008-2016.

Parámetro	Tipo	Los Alcazares	Torre Pacheco	San Javier	San Pedro del Pinatar	Fte. Álamo	Total
Estado	Bueno	94979	173706	107554	53620	144986	574028
	Regular	5790	10181	108179	1183	4485	129818
	Malo	0	38305	24371	53072	0	115748
Materiales	FC	8409	0	3854	2107	0	14370
	Poliéster con fibra de vidrio	0	0	1336	0	0	1336
	Fundición	0	0	515	0	0	515
	Hormigón	60743	172898	202746	57322	119318	613027
	PE	2891	14083	16111	1432	141	34658
	PVC	28726	35211	15542	47014	30012	156505
Longitud total		100769	222192	240104	107875	149471	820411

Del mismo modo, se han detectado redes de colectores con insuficiente capacidad para conducir la totalidad de los vertidos hacia las instalaciones de tratamiento.

Para solventar en la medida de lo posible estas deficiencias en el ámbito particular de la zona 11.- Mar Menor, son de destacar las medidas recogidas en el Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura 2015/21 que se recogen en Tabla 55 que se incorpora a continuación:

Tabla 55: Medidas recogidas en el Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura 2015/21 (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015)

Descripción Medida Mar Menor	Medida en el PHDHS	Horizonte
Colector interceptor de aguas pluviales en la población para la conducción de las aguas a la EDAR en el término municipal de Fuente-Álamo.	Medida 1142 PHDHS 15/89	2022-2027
Mejora de la red de saneamiento a varios caseríos de La Grajuela en San Javier.	Medida 1164 PHDHS 15/98	2016-2021
Mejora de la red de saneamiento en los polígonos L y Pd de la Manga del Mar Menor. T.M. de San Javier.	Medida 1165 PHDHS 15/99	2016-2021
Colector Los Camachos para la conducción de las aguas a la EDAR.	Medida 1166 PHDHS 15/100	2016-2021
Nuevos colectores generales de Los Beatos a la EDAR en T.M. Cartagena.	Medida 1221 PHDHS 15/103	2022-2027
Conexión red de saneamiento de Valladolises con la EDAR Fuente Álamo.	Medida 1235 PHDHS 15/111	2022-2027
Nuevo colector de saneamiento de Los Meroños a la EDAR de Torre Pacheco.	Medida 1259 PHDHS 15/121	2022-2027
Nueva impulsión de saneamiento de las poblaciones de Los Sáez-Mirador a la EDAR de San Javier.	Medida 1355 PHDHS 15/124	2016-2021
Saneamiento de los núcleos de población del Valle del Sol en Gea y Truyols, Murcia	Medida 1576 PHDHS 15/199	Posterior 2027
Construcción de nuevo colector desde EDAR Cabezo Beaza a la rambla del Hondón que desemboca en el Mar Mediterráneo para evitar que en los momentos en que no se utilicen las aguas regeneradas lleguen al Mar Menor.	Medida 1578 PHDHS 15/201	Posterior 2027

1.3.3 Sistemas de depuración en el Campo de Cartagena

Dentro de este apartado, tal y como refleja nuevamente el II Plan de saneamiento, los principales efectos negativos directamente relacionados con el estado del Mar Menor vienen definidos por los siguientes aspectos:

- EDARs que se encuentran próximas a alcanzar o superar los valores de diseño y que por lo tanto pueden dar lugar a rendimientos inferiores a los solicitados en cuanto a los parámetros de calidad de sus efluentes. Este problema se puede originar tanto por incrementos de caudal y carga por encima de los esperados como por alcance de los límites de vida útil de la infraestructura.
- Pequeñas aglomeraciones urbanas sin sistemas de tratamiento de aguas residuales o con sistemas claramente ineficientes.
- Medidas que impliquen el "vertido 0" de aguas residuales tratadas al entorno del Mar Menor en cualquiera de sus vertientes:
    - Incorporación y/o mejora de tratamientos terciarios para mejorar la calidad del efluente y por tanto fomentar la reutilización del efluente.
    - Utilización de emisarios submarinos existentes o de nueva construcción.
    - Control de aguas parásitas que imposibilitan la reutilización de aguas residuales tratadas y regeneradas por carecer de calidad suficiente para su reutilización para riego u otros usos (Alta conductividad).

De acuerdo a los datos obtenidos de ESAMUR en diciembre 2015 el 99,1% del agua residual generada en la Región de Murcia dispone de sistema de saneamiento y depuración adecuado con un total de 2.105.762 habitantes equivalentes servidos, quedando tan solo un 0,9% sin saneamiento correspondiente a 12.835 habitantes equivalentes localizados de forma muy dispersa, dando lugar a 92 aglomeraciones urbanas sin tratamiento.

En la actualidad se encuentran en vías de ejecución al menos 22 estaciones depuradoras dirigidas a pequeños núcleos de población, dando lugar a una población servida de más de 3.000 habitantes. En este caso en particular tan solo una instalación se dirigirá al ámbito de estudio, la correspondiente a El Espinar.

Respecto al estado de los sistemas de depuración existentes en el ámbito del estudio, se ha utilizado la información presente en la web de ESAMUR (Entidad de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de la Región de Murcia, www.esamur.com) y nuevamente en el "II Plan de Saneamiento y Depuración de la Región de Murcia 2015-2025" para preparar la Tabla 56 con las estaciones de depuración presentes en el ámbito de actuación.

De acuerdo a los datos obtenidos de ESAMUR en el año 2016, todas las instalaciones se encuentran muy por debajo de la capacidad de diseño (hidráulica) para la que fueron concebidas a excepción de la EDAR de Corvera (Murcia) que se encuentra levemente por encima de la misma. Estos hechos, incluso en el caso particular de Corvera, se ratifican con los datos de los rendimientos obtenidos de forma general en cuanto a calidad de las aguas efluentes en cuanto a DBO5, DQO y SST, muy por debajo de los límites establecidos en la reglamentación al caso.

En todo caso es de destacar la antigüedad de las distintas instalaciones del área de estudio. La edad media de las mismas es de 14-15 años sobresaliendo los casos de Corvera, coincidiendo con su leve sobreexplotación (hidráulica), Los Martínez, Mar Menor y Portmán, con más de 20 años de antigüedad. El caso de Portmán queda recogido en el II Plan de Saneamiento, estando prevista una nueva EDAR de 3.000 m3/día englobada dentro del programa de ampliación/mejora de EDAR por incremento de caudal o carga. Del mismo modo se recoge la rehabilitación/remodelación de la EDAR de Mar Menor.

Tabla 56: Datos principales de las EDAR presentes en el ámbito de actuación

NOMBRE	USO DEL AGUA	CAUCE RECEPTOR	Municipio	Vol. Tratado 2016 (m3/año)	Vol. Diseño (m3/año)	% V.Trat/V.Dis.	Capacidad Diseño (m3/día)	Año Const.	Población servida	Población eq.	Tipo de tratamiento
Baños y Mendigo (Murcia)	Riego	Riego	Murcia	13.629	173.375	7,86%	475	2000	235	254	FANGOS ACTIVOS - AIR. PROLONGADA
Cabezo Beaza (Cartagena)	Riego	Rambla del Hondón	Cartagena	7.673.833	12.775.000	60,07%	35.000	2001	176.705	135.381	FANGOS ACTIVOS - CONVENCIONAL + DESINFECCIÓN U.V.+ LAGUNAS MADURACIÓN
Cabezo de la Plata	Riego	Rambla de los Ramos	Murcia	13.097	44.165	29,65%	121	2000	109	387	FANGOS ACTIVOS - AIR. PROLONGADA
Casas Blancas	Riego	Infiltración en terreno	Murcia	7.965	44.165	18,03%	121	2008	64	168	FANGOS ACTIVOS - AIR. PROLONGADA
Corvera (Murcia)	Riego	Infiltración en terreno	Murcia	113.945	109.500	104,06%	300	1997	2.234	2.378	FANGOS ACTIVOS - AIR. PROLONGADA
EDAR Sucina (nueva)	Riego	Infiltración en terreno	Murcia	118.993	1.825.000	6,52%	5.000	2012	1.977	3.107	FANGOS ACTIVOS - AIR. PROLONGADA + COAGULACIÓN + FLOCULACIÓN + FILTRO ARENA + CERRADOS + DESINFECCIÓN U.V.
El Valle (Murcia)	Riego	----------	Murcia	48.941	511.000	9,58%	1.400	2008	92	796	FANGOS ACTIVOS - MBR + DESINFECCIÓN U.V.
Finca El Escobar (Murcia)	Riego	Infiltración en terreno	Murcia	38.962	365.000	10,67%	1.000	2008	117	186	FANGOS ACTIVOS - AIR. PROLONGADA + COAGULACIÓN + FLOCULACIÓN + FILTRO ARENA +DESINFECCIÓN U.V.
Fuente Álamo	Riego	Rambla de La Murta	Fuente Álamo	542.850	1.642.500	33,05%	4.500	2005	14.140	8.009	FANGOS ACTIVOS - AIR. PROLONGADA + FILTRO + COAGULACIÓN+ FLOCULACIÓN + DESINFECCIÓN U.V.
La Aljorra (Cartagena)	Riego	Rambla de Miranda	Cartagena	328.071	1.825.000	17,98%	5.000	2009	8.737	7.200	FANGOS ACTIVOS - AIR. PROLONGADA + COAGULACIÓN + FLOCULACIÓN +DECANTACIÓN LAMELAR + FILTRO ARENA + DESINFECCIÓN U.V.
La Murta (Murcia)	Dom.Púb.	Rambla de La Murta	Murcia	7.472	44.165	16,92%	121	2000	93	136	FANGOS ACTIVOS - AIR. PROLONGADA
La Unión	Riego	Rambla del Miedo	La Unión	575.759	1.496.500	38,47%	4.100	2002	18.479	16.793	FANGOS ACTIVOS - AIR. PROLONGADA + COAGULACIÓN + FLOCULACIÓN + DECANTACIÓN LAMELAR + FILTRO ARENA + DESINFECCIÓN U.V.
Los Alcázares Nueva	Riego	Canal de Drenaje D-7	Los Alcázares	2.039.189	8.212.500	24,83%	22.500	2008	15.230	22.534	FANGOS ACTIVOS - AIR. PROLONGADA + COAGULACIÓN + FLOCULACIÓN + DECANTACIÓN LAMELAR + FILTRO ARENA + DESINFECCIÓN U.V.
Los Cañares y La Tercia Real	Riego	Infiltración en terreno	Murcia	25.762	1.350.500	1,91%	3.700	2008	338	186	FANGOS ACTIVOS - MBR + DESINFECCIÓN U.V.
Los Martínez del Puerto (Murcia)	Riego	Infiltración en terreno	Murcia	30.512	91.250	33,44%	250	1994	723	589	FANGOS ACTIVOS - AIR. PROLONGADA+ FILTRO ARENA + DESINFECCIÓN CLORO
Mar Menor (Cartagena)	Riego	Desaladora - Mar Mediterráneo.	Cartagena	3.588.609	18.250.000	19,66%	50.000	1998	21.938	53.845	FANGOS ACTIVOS - AIR. PROLONGADA
Mosa Trajectum	Riego	Rambla de los Billares	Murcia	40.876	638.750	6,40%	1.750	2002	120	117	FANGOS ACTIVOS – AIR. ORBAL + FILTRO ARENA + DESINFECCIÓN U.V.
Portmán (La Unión)	Dom.Púb.	Mar Mediterráneo	La Unión	37.793	109.500	34,51%	300	1996	996	922	FANGOS ACTIVOS - AIR. PROLONGADA
Roldán, Lo Ferro, Balsicas (Torre Pacheco)	Riego	Rambla de la Maraña	Torrepacheco	485.052	2.007.500	24,16%	5.500	2006	10.993	9.181	FANGOS ACTIVOS - AIR. PROLONGADA + DEPOSITO LAMINACIÓN+ COAGULACIÓN + FLOCULACIÓN + DECANTACIÓN LAMELAR + FILTRO ARENA + DESINFECCIÓN U.V.
San Javier	Riego	Mar Mediterráneo	San Javier	2.412.892	8.212.500	29,38%	22.500	2007	27.872	19.146	FANGOS ACTIVOS - AIR. PROLONGADA + DEPOSITO LAMINACIÓN+ COAGULACIÓN + FLOCULACIÓN + DECANTACIÓN LAMELAR + FILTRO ARENA + DESINFECCIÓN U.V.
San Pedro del Pinatar	Dom.Púb.	Mar Mediterráneo	S.Pedro Pinatar	2.576.978	7.300.000	35,30%	20.000	2007	23.965	16.712	FANGOS ACTIVOS - MBR + DESINFECCIÓN U.V.
Torre Pacheco	Riego	Rambla del Albujón	Torrepacheco	1.222.838	1.825.000	67,00%	5.000	2004	23.620	22.297	FANGOS ACTIVOS - AIR. PROLONGADA + DEPOSITO LAMINACIÓN+ COAGULACIÓN + FLOCULACIÓN + DECANTACIÓN LAMELAR + FILTRO ANILLAS+ DESINFECCIÓN U.V.
Urbanización Mar Menor (Torre Pacheco)	Riego	Riego	Torrepacheco	103.532	693.500	14,93%	1.900	2008	0	761	FANGOS ACTIVOS - MBR + DESINFECCIÓN U.V.
			TOTAL	22.047.550	69.546.370	31,70%	178		348.777	321.085	

1.3.4 Programa de reducción de nutrientes en zonas sensibles y vulnerables

El vertido de aguas residuales con altos contenidos en nutrientes, nitrógeno y fósforo a aguas superficiales contribuye a la eutrofización de las mismas, aun no siendo la única fuente ni la de más importancia dentro de la problemática del estudio (actividades agropecuarias e industriales).

La problemática respecto a este punto se está tratando desde distintos puntos de vista:

- Aplicación de tratamientos terciarios en los distintos sistemas de tratamiento existentes. En este sentido se está priorizando la investigación y desarrollo de técnicas destinadas a aumentar la eficiencia en la remoción de estos elementos. Es de destacar que en la actualidad (marzo de 2018) se encuentra en proceso de licitación el PROYECTO HUMEDAL PILOTO EN LA EDAR DE LOS ALCÁZARES (MURCIA), planta piloto de humedales multietapa para estudiar e investigar la depuración de aguas eutrofizadas. En la misma línea se desarrolló la experiencia de planta piloto desnitrificadora para estudiar la viabilidad técnica y económica de la eliminación de nitratos en aguas salobres, también localizada en la EDAR Los Alcázares, o la futura EDAR de Otos (bioelectrogénesis).
- Derivación del efluente con alta concentración de nutrientes fuera del ámbito de protección, aprovechando la dispersión y dilución en aguas profundas mediante emisarios submarinos.

En lo referente a la aplicación de tratamientos terciarios para la reducción de las concentraciones de nitrógeno y fosforo, que son los aspectos más relevantes en relación con el estado del Mar Menor, en la tabla que se incorpora a continuación se pueden apreciar los valores de concentraciones de nutrientes en efluente de cada una de las instalaciones implicadas donde se han marcado en verde las estaciones con más de 10.000 habitantes equivalentes que no cumplen con los requisitos de los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas realizados en zonas sensibles cuyas aguas sean eutróficas o tengan tendencia a serlo en un futuro próximo, según el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas. Destacan los malos valores de la principal EDAR de la zona, Cabezo Beaza, con un contenido muy elevado de nitrógeno, totalmente fuera de norma, y de fósforo, el doble de lo permitido para poblaciones superiores a los 100.000 h.-eq. El resto de estaciones marcadas en amarillo se corresponden con instalaciones que vierten al Mar Mediterráneo con población por debajo de 10.0000 h.-eq.. Aunque para este tipo de EDARs no se establecen límites, llaman la atención los altos valores de fosforo de forma generalizada, por encima de 2 mg/L existiendo tan solo dos estaciones con valores iguales a 1 mg/L, límite marcado por el Real Decreto. Con estas concentraciones se ha estimado que la masa bruta que vierten estas depuradoras al año es de 481 toneladas de nitrógeno y 58 toneladas de fosfato, aunque de esa cantidad potencialmente al Mar Menor sólo podrían llegar 39 y 12 toneladas respectivamente, pues las grandes depuradoras vierten al Mar Mediterráneo ya sea de forma directa o mediante emisarios submarinos.

Como se recalcó anteriormente destacan los valores deficientes de la principal EDAR de la zona, Cabezo Beaza. En este caso en particular, tal y como quedó recogido en el apartado correspondiente a sistemas de saneamiento, el PHDHS tiene prevista la construcción de un nuevo colector desde EDAR Cabezo Beaza a la rambla del Hondón que desemboca en el Mar Mediterráneo para evitar que en los momentos en que no se utilicen las aguas regeneradas no se vierta a ninguna rambla que desemboque en el Mar Menor. En el mismo PHDHS se tiene

también prevista la Implantación de tratamiento terciario de regeneración para la reutilización de sus aguas y adecuación al RD 1620/2007 de reutilización de aguas.

Tabla 57: Parámetros de vertidos delas EDAR en la zona de estudio.

EDAR (Datos 2016)	Población servida e-q	DBO_5 Efluente mg/L	DQO Efluente mg/L	SS Efluente mg/L	NT Efluente mg/L	PT Efluente mg/L	Conduct. Efluente µS/cm	pH Efluente u.pH
Baños y Mendigo	254	3	21	8	6	4	2,601	8,01
Cabezo Beaza	135,381	9	50	10	48	2	2,083	7,6
Cabezo de la Plata	387	3	18	10	9	5	2,079	7,98
Casas Blancas	168	3	18	7	5	7	1,576	7,79
Corvera	2,378	3	21	4	5	6	1,321	7,88
El Valle	796	3	16	4	21	4	1,356	7,67
Finca El Escobar	186	3	16	3	9	3	2,679	8,32
Fuente Álamo	8,009	3	28	5	6	5	2,24	7,78
La Ajorra	7,2	3	24	4	7	4	1,205	7,91
La Murta	136	4	24	6	5	6	1,459	7,71
La Unión	16,793	4	35	9	5	3	1,333	7,84
Los Alcázares	22,534	2	25	3	5	1	5,292	7,55
Los Cañares tercia Real	186	3	16	3	12	4	2,07	7,92
Los Martinez Puerto	589	3	23	13	15	4	1,566	7,78
Mar Menor Sur	53,845	3	27	5	13	4	9,062	7,63
Mossa Tracjetum	117	3	16	10	22	4	1,301	7,52
Portman	922	4	25	8	11	4	1,415	7,78
Roldan, Lo Ferro y B.	9,181	3	29	5	9	3	1,483	7,86
S. Pedro del Pinatar	16,712	2	24	2	6	4	4,568	7,84
San Javier	19,146	3	29	4	8	3	7,157	7,85
Sucina	3,107	3	23	4	7	3	1,648	7,63
Torrepacheco	22,297	2	24	3	7	1	1,705	7,86
Urb. Mar Menor	761	2	26	4	28	4	4,835	7,8

El II Plan de saneamiento recoge dentro de su programa de reducción de nutrientes, la construcción del tratamiento terciario de la EDAR de Mar Menor con una capacidad de 25.000 m^3/día

Respecto a los puntos de vertido al Mar Mediterráneo, los únicos actualmente en funcionamiento y con autorización de vertido son los emisarios submarinos de San Pedro del Pinatar y de Mar Menor Sur, a profundidades superiores a los 30 metros. Se encuentran en tramitación ampliaciones de los mismos.

1.3.5 Gestión de aguas de tormenta

Los fenómenos de contaminación asociados a las aguas pluviales en la zona de estudios se caracterizan principalmente por la tipología del sistema de saneamiento prioritariamente unitario, mezcla de aguas residuales y pluviales en la misma red de recolección, estado de conservación deficiente de la misma y climatología de la zona, propensa a episodios de lluvia torrenciales. La reunión de estos factores provoca el vertido de aguas con altas cargas contaminantes sin tratamiento al Mar Menor que contribuyen a su deterioro, pudiéndose distinguir tanto los vertidos ocasionados por el mal estado de conservación de la red o falta de capacidad de la misma o de las propias instalaciones de depuración, que provocan desbordes y vertidos indiscriminados a lo largo de la red o en las propias EDARs, como las primeras aguas de escorrentía de los distintos episodios pluviométricos, que producen el lavado del entorno y que concentran la contaminación acumulada en periodo seco.

Los episodios tormentosos son reiterativos. Valga a modo de ejemplo el listado de inundaciones que se muestran a continuación, obtenido de los proyectos de acciones correctoras frente a los riesgos de inundación en el entorno de las urbanizaciones de Islas Menores, Mar de Cristal y Los Nietos.

- Inundación 24-09-1908
- Inundación 27-11-1908
- Nueva riada de Santa Teresa 16-10-1915
- Inundación 17-09-1916
- Inundación 11-17
- Riada de San Jerónimo 03-10-1919
- Inundaciones 30-05-1923
- Riada de San Quintín 02-11-1923
- Inundación 23-11-1926
- Inundación 26-09-1931
- Inundación 10-1939
- Inundación 11-09-1941
- Inundación 25-09-1941
- Inundación 13-11-1953
- Inundación 20-10-1972
- Inundación 21-02-1985
- Inundación 13-10-1986
- Inundación 09-11-1987
- Inundación 10-09-1989
- Inundación 01-10-1997
- Inundación 28-02-1999
- Inundación 25-10-2000
- Inundación 20-03-2012
- Inundación 11-2015

Para evitar los daños y los problemas generados por estas situaciones se han llevado a cabo o están previstas próximamente diversas actuaciones por parte de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, tanto en cuanto a la mejora del sistema de colectores de la zona de estudio, como a la laminación de las aguas de tormenta para su posterior tratamiento en las EDAR existentes:

Tabla 58: Obras ejecutadas o previstas por la CARM para prevención de daños por inundaciones.

2014	
DEPÓSITO DE LAMINACIÓN DE LOS ALCÁZARES EN LA CALLE RAMBLA	LOS ALCÁZARES
DRENAJE URBANO Y TANQUE DE TORMENTAS EN LO PAGÁN	SAN PEDRO DEL PINATAR
2015	
COLECTOR DE SANEAMIENTO Y TANQUE DE TORMENTAS EN LOS URRUTIAS	CARTAGENA
TANQUE DE TORMENTAS EN PARQUE “JOSE LUIS DE LOS RÍOS MARTÍNEZ”	SAN PEDRO DEL PINATAR
TANQUE DE TORMENTAS DE LA CALLE BERNAL	SAN JAVIER
2016	
DISPOSITIVO DE LAMINACIÓN DE CAUDALES EXCEDENTES DE LA RED DE SANEAMIENTO DEL SUR DE SANTIAGO DE LA RIBERA	SAN JAVIER
2017-EN PROYECTO	
COLECTORES Y TANQUE DE TORMENTAS EN AVDA. PATRULLA ÁGUILA (ANTES CARRERO BLANCO) DE SANTIAGO DE LA RIBERA	SAN JAVIER
COLECTORES DE PLUVIALES SUR Y NORTE Y EMBALSE DE LAMINACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE VERTIDOS AL MAR MENOR	SAN JAVIER
ACCIONES CORRECTORAS FRENTE AL RIESGO DE INUNDACIÓN EN EL ENTORNO DE LAS URBANIZACIONES DE ISLAS MENORES Y MAR DE CRISTAL	CARTAGENA
ACCIONES CORRECTORAS FRENTE AL RIESGO DE INUNDACIÓN EN EL ENTORNO DE LA URBANIZACIÓN DE LOS NIETOS	CARTAGENA

DEPOSITO ANTI-DSU EN ZONA IMPULSIÓN Y ELEVACIÓN LA GOLA	CARTAGENA
DEPOSITO ANTI-DSU EN ZONA PLAYA HONDA Y PLAYA PARAÍSO	CARTAGENA
ACONDICIONAMIENTO RAMBLA DEL MIEDO Y VARIOS TANQUES DE TORMENTAS	CARTAGENA
DEPOSITO DE RETENCIÓN ANTI-DSU, JUNTO A CEMENTERIO	TORRE PACHECO
TANQUE DE TORMENTAS JUNTO A EDAR DE LA UNIÓN	LA UNIÓN

Además, la Dirección General del Agua de la Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente de la Región de Murcia tiene previstos 22 tanques de tormenta más: 1 en Cartagena, 3 en Fuente Álamo, 2 en San Javier, 2 en San Pedro del Pinatar, 3 en Los Alcázares, 2 en Torre Pacheco y 9 en Murcia. Todas estas actuaciones están incluidas en el programa de medidas del Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura 2015-2021.

Tabla 59: Tanques de tormenta previstos en el Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura 2015-2021

Descripción Medida Mar Menor	Medida	Horizonte
Depósito de Tormentas en la red de saneamiento de Los Nietos y conducciones asociadas para evitar el vertido directo de las aguas del alcantarillado (sistema unitario) cuando se supera su capacidad en episodios de lluvia	Medida 553 PHDHS 15/60	2016-2021
Depósito de Tormentas en la red de saneamiento de la urbanización Estrella de Mar y conducciones asociadas para evitar el vertido directo de las aguas del alcantarillado (sistema unitario) cuando se supera su capacidad en episodios de lluvia	Medida 554 PHDHS 15/61	2016-2021
Depósito de Tormentas en la población de Mar de Cristal y conducciones asociadas para evitar el vertido directo de las aguas del alcantarillado (sistema unitario) cuando se supera su capacidad en episodios de lluvia	Medida 555 PHDHS 15/62	2016-2021
Depósitos de Tormentas en las poblaciones de Playa Honda, Playa Paraíso y conducciones asociadas para evitar el vertido directo de las aguas del alcantarillado (sistema unitario) cuando se supera su capacidad en episodios de lluvia	Medida 560 PHDHS 15/63	2016-2021
Depósito de Tormentas del municipio de Los Urrutias y conducciones asociadas para evitar el vertido directo de las aguas del alcantarillado (sistema unitario) cuando se supera su capacidad en episodios de lluvia	Medida 1150 PHDHS 15/92	2016-2021
Depósito de Tormentas del entorno de la Pescadería en Los Alcázares y conducciones asociadas para evitar el vertido directo de las aguas del alcantarillado (sistema unitario) cuando se supera su capacidad en episodios de lluvia	Medida 1154 PHDHS 15/93	2016-2021
Depósito de tormentas del entorno de la calle Telégrafos en Los Alcázares y conducciones asociadas para evitar el vertido directo de las aguas del alcantarillado (sistema unitario) cuando se supera su capacidad en episodios de lluvia	Medida 1155 PHDHS 15/94	2016-2021
Depósito de Tormentas del entorno de la Academia General del Aire de San Javier y conducciones asociadas para evitar el vertido directo de las aguas del alcantarillado (sistema unitario) cuando se supera su capacidad en episodios de lluvia	Medida 1162 PHDHS 15/96	2016-2021
Depósito de Tormentas en la playa de Lo Pagán en San Pedro del Pinatar y conducciones asociadas para evitar el vertido directo de las aguas del alcantarillado (sistema unitario) cuando se supera su capacidad en episodios de lluvia	Medida 1163 PHDHS 15/97	2016-2021
Depósito de tormentas de la playa de Cubanitos y conducciones asociadas para evitar el vertido directo de las aguas del alcantarillado (sistema unitario) cuando se supera su capacidad en episodios de lluvia.	Medida 1226 PHDHS 15/106	2016-2021
Depósito de tormentas del entorno de Nueva Rivera en Los Alcázares y conducciones asociadas para evitar el vertido directo de las aguas del alcantarillado (sistema unitario) cuando se supera su capacidad en episodios de lluvia	Medida 1242 PHDHS 15/114	2016-2021

Descripción Medida Mar Menor	Medida	Horizonte
Depósito de tormentas del entorno de El Mirador - Dos Mares en San Javier y conducciones asociadas para evitar el vertido directo de las aguas del alcantarillado (sistema unitario) cuando se supera su capacidad en episodios de lluvia	Medida 1254 PHDHS 15/116	2016-2021
Depósito de tormentas del entorno del Atalayón - Castillico en San Javier y conducciones asociadas para evitar el vertido directo de las aguas del alcantarillado (sistema unitario) cuando se supera su capacidad en episodios de lluvia	Medida 1255 PHDHS 15/117	2016-2021
Depósito de tormentas del entorno de Carrero Blanco en San Javier y conducciones asociadas para evitar el vertido directo de las aguas del alcantarillado (sistema unitario) cuando se supera su capacidad en episodios de lluvia	Medida 1256 PHDHS 15/118	2016-2021
Depósito de tormentas del aeropuerto de San Javier y conducciones asociadas para evitar el vertido directo de las aguas del alcantarillado (sistema unitario) cuando se supera su capacidad en episodios de lluvia.	Medida 1257 PHDHS 15/119	2016-2021
Tanque de tormenta EDAR Beal-Llano de Beal-El Estrecho de San Ginés para la regulación del caudal de entrada a la planta evitando el vertido en episodios de lluvias en los que se supere su caudal de diseño.	Medida 536 PHDHS 15/53	2022-2027
Tanque de tormenta EDAR El Algar para la regulación del caudal de entrada a la planta evitando el vertido en episodios de lluvias en los que se supere su caudal de diseño.	Medida 543 PHDHS 15/54	2022-2027
Tanque de tormenta EDAR Los Belones para la regulación del caudal de entrada a la planta evitando el vertido en episodios de lluvias en los que se supere su caudal de diseño.	Medida 552 PHDHS 15/59	2022-2027
Depósito de Tormentas del entorno del Cine de San Javier y conducciones asociadas para evitar el vertido directo de las aguas del alcantarillado (sistema unitario) cuando se supera su capacidad en episodios de lluvia	Medida 1161 PHDHS 15/95	2022-2027
Depósito de tormentas en el entorno de La Gola de la Manga del Mar Menor y conducciones asociadas para evitar el vertido directo de las aguas del alcantarillado (sistema unitario) cuando se supera su capacidad en episodios de lluvia	Medida 1222 PHDHS 15/104	2022-2027
Depósito de tormentas de la población de El Carmolí en t.m. de Cartagena y conducciones asociadas para evitar el vertido directo de las aguas del alcantarillado (sistema unitario) cuando se supera su capacidad en episodios de lluvia.	Medida 1223 PHDHS 15/105	2022-2027
Tanques de tormentas en La Manga del Mar Menor en zona de bombeos de Entremares, Los Méjico y Galúa. T.M. Cartagena y conducciones asociadas para evitar el vertido directo de las aguas del alcantarillado (sistema unitario) cuando se supera su capacidad en episodios de lluvia	Medida 1228 PHDHS 15/107	2022-2027
Depósito de tormentas del entorno de Punta Calera en Los Alcázares y conducciones asociadas para evitar el vertido directo de las aguas del alcantarillado (sistema unitario) cuando se supera su capacidad en episodios de lluvia	Medida 1243 PHDHS 15/115	2022-2027
Tanque de tormenta en la EDAR Albujón, para la regulación del caudal de entrada a la planta evitando el vertido en episodios de lluvias en los que se supere su caudal de diseño.	Medida 528 PHDHS 15/50	Posterior a 2027
Tanque de tormenta en la EDAR Balsa Pintada para la regulación del caudal de entrada a la planta evitando el vertido en episodios de lluvias en los que se supere su caudal de diseño.	Medida 534 PHDHS 15/51	Posterior a 2027
Tanque de tormenta EDAR Balsicas para la regulación del caudal de entrada a la planta evitando el vertido en episodios de lluvias en los que se supere su caudal de diseño.	Medida 535 PHDHS 15/52	Posterior a 2027
Tanque de tormenta EDAR Fuente Álamo para la regulación del caudal de entrada a la planta evitando el vertido en episodios de lluvias en los que se supere su caudal de diseño.	Medida 544 PHDHS 15/55	Posterior a 2027
Tanque de tormenta EDAR La Puebla para la regulación del caudal de entrada a la planta evitando el vertido en episodios de lluvias en los que se supere su caudal de diseño.	Medida 545 PHDHS 15/56	Posterior a 2027

Descripción Medida Mar Menor	Medida	Horizonte
Tanque de tormenta EDAR La Unión para la regulación del caudal de entrada a la planta evitando el vertido en episodios de lluvias en los que se supere su caudal de diseño.	Medida 546 PHDHS 15/57	Posterior a 2027
Tanque de tormenta EDAR Lobosillo para la regulación del caudal de entrada a la planta evitando el vertido en episodios de lluvias en los que se supere su caudal de diseño.	Medida 549 PHDHS 15/58	Posterior a 2027
Tanque de tormenta EDAR Pozo Estrecho para la regulación del caudal de entrada a la planta evitando el vertido en episodios de lluvias en los que se supere su caudal de diseño.	Medida 561 PHDHS 15/64	Posterior a 2027
Tanque de tormenta EDAR Roldán para la regulación del caudal de entrada a la planta evitando el vertido en episodios de lluvias en los que se supere su caudal de diseño.	Medida 562 PHDHS 15/65	Posterior a 2027
Tanque de tormenta EDAR Torre Pacheco para la regulación del caudal de entrada a la planta evitando el vertido en episodios de lluvias en los que se supere su caudal de diseño.	Medida 565 PHDHS 15/67	Posterior a 2027

Además de tanques de tormenta, el Plan Hidrológico contiene otras medidas que también pueden ayudar a la reducción de la contaminación producida en los episodios de grandes precipitaciones.



Figura 45: Actuaciones localizadas en los 3 ciclos del PHDS del 2016 a posterior al 2027 (Elaboración propia)

En la Figura 45 se han localizado las actuaciones programadas en el plan hidrológico según el horizonte de planificación que les corresponde, pudiéndose advertir con claridad que dicha planificación se ha realizado partiendo de la zona costera hacia el interior, lo que ayudará a atajar la contaminación del Mar Menor debida a residuos urbanos.

1.3.6 Programa de reutilización y regeneración de aguas depuradas

En el II Plan de saneamiento se indica que en la Región de Murcia, de manera directa o indirecta se está reutilizando un 95% del agua tratada en sus EDARs, lo que supuso en 2015 unos 100 hm3 de agua residual regenerada destinada a riego. Particularizando para el Campo de Cartagena, en el mismo año 2015 se produjeron un total de aguas residuales de 13,8 hm^3 de las cuales 12,6 se reutilizaron de forma directa y 0,1 de forma indirecta por infiltración, vertiéndose tan solo 1 hm^3 al mar. Por último, en el caso particular del Mar Menor el volumen total de aguas residuales generadas fue de 7,4 hm^3, de las cuales 4,3 hm^3 se reutilizaron de forma directa y 3,1 vertidos al mar, aunque en este caso en particular hay que tener en cuenta que algunas EDARs de la costa vierten parte de sus recursos depurados al mar debido a la salinización del efluente (EDARs de San Pedro del Pinatar, San Javier, etc.)



Figura 46: Punto de vertido de la EDAR de Los Alcázares (Elaboración propia a partir de datos de (ESAMUR, 2017))

La publicación de la Directiva 2013/39/UE. Sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas), la ISO 16075 Directrices de tratamiento y reutilización de aguas depuradas para riego, y la futura normativa de reutilización JRC Technical Reports (CE), que pretende endurecer los parámetros de los nuevos contaminantes emergentes puede dar lugar a la necesidad de redefinir los sistemas y planteamientos de reutilización de las aguas residuales regeneradas para riego.

1.4 ACTIVIDAD URBANA Y TURÍSTICA

El Mar Menor, zona emblemática de la Región de Murcia, es considerado un factor clave en los planes de desarrollo regional, ofreciendo un elevado número de servicios turísticos y recreativos en los que confluye un amplio abanico de usos e intereses socioeconómicos.

La Manga del Mar Menor perteneció al Estado hasta el 10 de enero de 1863 que se vendió en 31.000 reales (7.750 ptas., 47 euros) que fue confiscada por la ley de desamortización de Mendizábal de 1855 a 1856.

La familia Maestre comenzó a comprarla a su vez a los nuevos propietarios a finales del siglo XIX. Por los años 50 del siglo XX la zona norte de la Manga ya estaba en manos de Tomás Maestre Zapata patriarca de la familia (zona de San Javier).

Por la zona de Cartagena había sido cedida a José Huertas para establecer una pesquería en la denominada encañizada de Marchamalo, pasando años más tarde a manos del empresario minero Jose Celdrán.

En 1956 Tomás Maestre Aznar uno de los sobrinos de Tomás Maestre Zapata, comenzó a trabajar en un proyecto que tenía en mente: urbanizar esta lengua de arena por sus extremos norte y sur, dejando toda la extensión del centro para que conservara intacta el paisaje original.

Tras litigios y negociaciones consiguió hacerse con la totalidad de la Manga y en 1961 comienza a desarrollar su proyecto: convertir la manga en un exclusivo destino turístico internacional. Para ello contó con los apoyos de los Ayuntamientos implicados (San Javier y Cartagena), viniendo el apoyo final y principal con la entrada en el ámbito de la Ley de Centros de Interés Turístico con la visita del entonces ministro de turismo Fraga Iribarne.

Finalmente el 23 de julio de 1966 y el 16 de diciembre de 1968 la Comisión provincial de Urbanismo de Murcia aprobó los planes de ordenación urbana de los centros de Interés Turístico "Hacienda de La Manga de Cartagena" y "Hacienda de La Manga de San Javier y así comenzó la urbanización a pasos agigantados con su famoso eslogan " La Manga, un paraíso entre dos mares" consiguiendo gran proyección internacional y atrayendo a un turismo de calidad.

Este crecimiento turístico de la Manga en los años 70 también impulsó el desarrollo en todo el ámbito del Mar Menor.

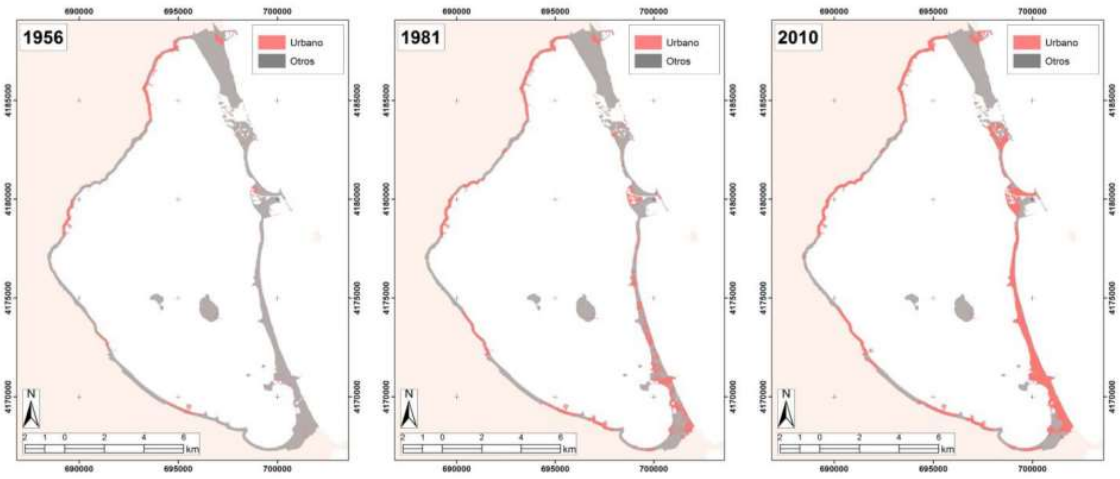


Figura 47: Superficie de la franja costera (150 m desde la línea de costa) para todo el Mar Menor más la totalidad de la Manga, resaltando el uso urbano y otros, donde incluye cursos y superficies de agua, infraestructuras viarias, matorral y/o herbáceas y/o roquedo, obras de defensa y protección costera, playas y dunas, puertos deportivos, superficies urbanizadas, usos agrarios, zonas húmedas litorales, a partir de fotografías aéreas de 1956, 1981 y 2010 (Gomaríz y Giménez, 2017) (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017).

El desarrollo turístico iniciado a principios del siglo XX con aprovechamientos tradicionales como balnearios, sufrió un cambio drástico a partir de los años 60 con la gran transformación urbanizadora-turística, centrada fundamentalmente en el área litoral en torno a la laguna, lo

cual ha tenido una influencia directa sobre esta, generando una serie de impactos y sinergias que han provocado un deterioro ambiental y una pérdida de valores naturales y culturales.

En relación con el sector turístico, desde la segunda mitad del año 2015, como consecuencia de haberse alcanzado un estado de eutrofización grave en el Mar Menor, se redujeron el número de banderas azules otorgadas a las playas del litoral en el ámbito de actuación.

El turismo que ha venido desarrollándose en el entorno del Mar Menor desde los años 60 ha generado una nueva serie de usos e infraestructuras con un enfoque eminentemente recreativo. El modelo de desarrollo turístico se ha centrado en la creación de segundas residencias, con un régimen de estacionalidad extremo, multiplicando por más de cinco la población existente en la época estival respecto a los restantes meses del año, y complicando la gestión de los residuos generados. En paralelo, se ha producido un crecimiento de la población residente que, junto con las actividades recreativas-turísticas, ejercen una fuerte presión sobre la zona y el entorno, agravándose durante la época estival. Tanto el desarrollo turístico como el crecimiento poblacional han estado asociados a una demanda de obras públicas e infraestructuras que, en ocasiones, se ha mostrado incompatible con la conservación del entorno del Mar Menor (CARM, 2017).

Uno de los espacios que ha sufrido un proceso de transformación más profundo es la Manga del Mar Menor, sometida a un desarrollo urbanístico intenso, siendo la apertura del canal de comunicación del Estacio en 1969 una de las actuaciones que ha tenido mayor impacto sobre sobre la laguna, produciendo un incremento en las tasas de renovación del agua, disminuyendo la salinidad y suavizando las temperaturas extremas, permitiendo el acceso de nuevas especies colonizadoras, en un proceso de "mediterraneización" (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017).

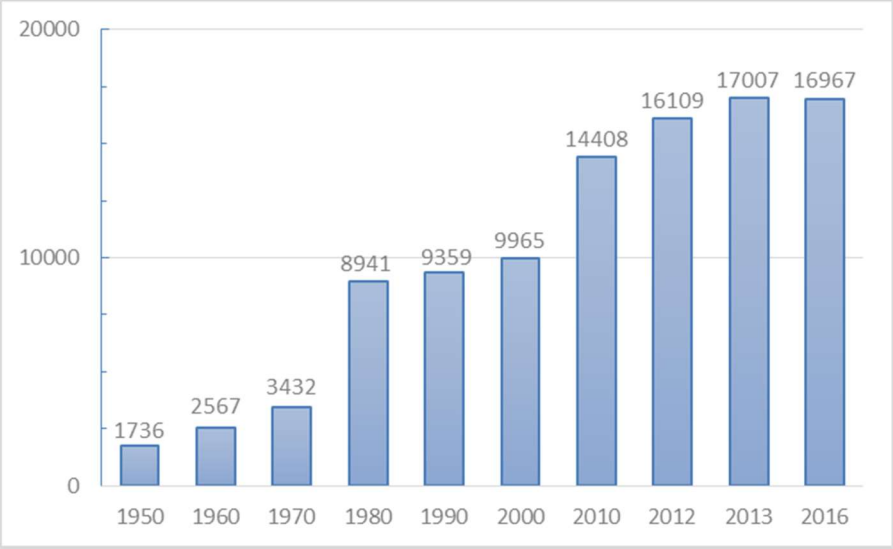


Figura 48: Evolución demográfica de La Manga del Mar Menor entre 1950 y 2016 (INE, 2017).

La capacidad de carga de la Manga del Mar Menor se calcula en unas 30.000 personas, pudiendo alcanzar en los meses estivales los 100.000, lo que favorece los problemas para la gestión y sostenibilidad (Morales F. , El impacto de la actividad turística sobre el paisaje de La Manga del Mar Menor (Murcia), 2013).Su superficie se distribuye entre los municipios de Cartagena, con un 27% del territorio, y el municipio de San Javier, con un 67%. Los datos más relevantes sobre la intensa construcción en la Manga vienen reflejados en el catastro, en el que figuran los datos referidos al número de unidades urbanas construidas, tanto de primera como de segunda residencia. Aunque respecto a la superficie, el municipio de San Javier ocupa

la posición 37 de un total de 45 municipios, con 75 km^2, este municipio presenta el mayor índice, dentro la comunidad autónoma, de unidades urbanas construidas respecto al número de habitantes, con un valor de 1,88, duplicando a municipios más importantes como Murcia (0,98) o Cartagena (0,87). En cuanto a la intensidad de ocupación del espacio, los municipios de San Pedro del Pinatar y San Javier se sitúan en el segundo y tercer puesto a nivel regional, con 1.286 y 788 unidades urbanas por km^2, respectivamente. Estos valores indican el grado de urbanización a los que están sometidos. Los datos del catastro también muestran que una gran superficie se ha dedicado a la construcción de segundas residencias, promovidas por la demanda turística, alcanzando el 77,42% en el municipio de San Javier, con un total de 23.276 viviendas de esta tipología (Morales F. , El impacto de la actividad turística sobre el paisaje de La Manga del Mar Menor (Murcia), 2013). Parece que esta tendencia se va a mantener ya que las previsiones estiman para los próximos años la construcción de 150.000 viviendas (Dirección General de Transportes, Costas y Puertos de la Consejería de Fomento, Obras Públicas y Ordenación del Territorio, 2014).



Figura 49: Playas del Mar Menor y la Manga

Este grado de urbanización y ocupación del suelo ha comportado una serie de problemas en La Manga y en todo el perímetro costero del Mar Menor, ya que las construcciones vienen a ocupar parte del dominio público marítimo terrestre (DPMT), favoreciendo la desaparición de dunas fosilizadas y provocando el retroceso e, incluso, la pérdida de playas, lo que ha motivado la regeneración de las mismas (Morales F. , El impacto de la actividad turística sobre el paisaje de La Manga del Mar Menor (Murcia), 2013). El proceso urbanizador ha originado también la desecación y destrucción de humedales litorales para un posterior uso urbanístico.

Toda esta actividad urbanizadora ha provocado una impermeabilización del suelo, favoreciendo la escorrentía y el aumentando el efecto de riadas e inundaciones, así como una entrada de contaminantes al entorno de la laguna (CARM, 2017). Esta urbanización, además, ha conllevado un aumento del tráfico rodado en la zona, aumentando el volumen de emisiones contaminantes a la atmosfera.

Asociado a los usos y actividades recreativas, se ha observado una presión creciente sobre hábitats amenazados como son los saladares, causada por el pisoteo, la generación de basuras y la circulación de vehículos, entre otros. Así, por ejemplo, en puntos concretos del Espacio Natural Protegido "Espacios Abiertos e Islas del Mar Menor", en la zona del Carmolí, se ha producido una compactación del suelo para habilitar aparcamientos y una proliferación de senderos.

Por otra parte, el crecimiento urbanístico y poblacional ha generado un aumento en el flujo de vertidos. Este flujo presenta un patrón intraanual, con picos estivales de entrada de nutrientes a la laguna de origen urbano, muy superiores a la entrada durante el resto del año, mostrando también un aumento paulatino a lo largo de los años.

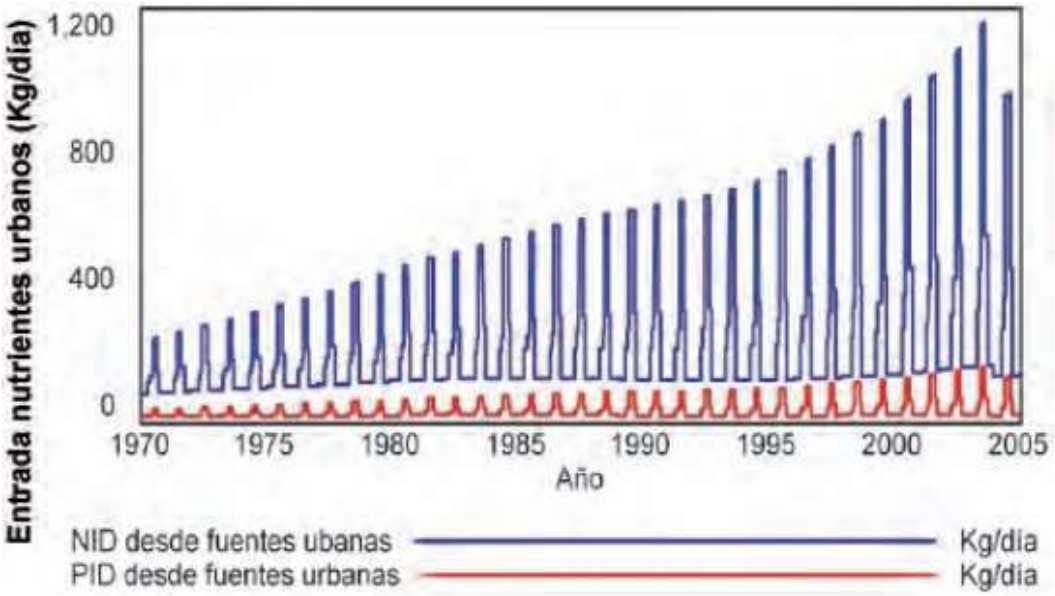


Figura 50: Simulación del patrón de entrada diaria de NID (nitrógeno inorgánico disuelto) y PID (fósforo inorgánico disuelto) de origen urbano a la laguna del Mar Menor.

***La figura muestra los picos de entrada durante los periodos estivales, así como la tendencia general de aumento de la entrada de nutrientes de origen urbano a lo largo del tiempo.* (IEO, 2014).**

En los últimos años, la construcción y mejora de las estaciones depuradoras de aguas residuales ha contrarrestado, en parte, el efecto del intenso crecimiento de la población residente y sobre todo el aumento de población estival, pese a lo cual siguen existiendo deficiencias y averías que ocasionan vertidos a la laguna. Los vertidos incluyen, entre otros, contaminantes orgánicos, fármacos, tensioactivos y productos de higiene personal (IEO, 2014). La generación de estos compuestos se da, principalmente, por las actividades urbanas y náuticas. Las vías de entrada de estos contaminantes al medio se producen tanto por vertidos directos (aguas residuales, vertidos incontrolados desde embarcaciones, etc.), como por vías

indirectas como deposiciones atmosféricas, escorrentías superficiales de la cuenca de drenaje o escorrentías difusas desde los acuíferos.

La entrada de fármacos entre el periodo de 2009-2011 se estimó en 11 kg, siendo la azitromicina el antibiótico que tuvo una mayor presencia, con 4,2 kg. Por otra parte, aunque la entrada de fármacos a la laguna se debe principalmente al efluente de la estación depuradora de aguas residuales (EDAR) de Los Alcázares, la distribución de fármacos confirmó la presencia de otras vías de acceso, probablemente asociados a vertidos residuales no controlados y a la contaminación difusa provocada por los bañistas durante los meses cálidos. De hecho, las mayores concentraciones para la azitromicina (164 ng L^{-1}) se registraron durante el verano cerca de los principales núcleos turísticos (playas). En invierno, sin embargo, las mayores concentraciones se detectaron en el área de influencia de la rambla del Albujón, a través de la cual acceden los efluentes de la EDAR de Los Alcázares.

En el caso de los tensioactivos, el volumen que entra en el Mar Menor es todavía mayor, del orden de 406 kg/año, siendo el alquilbenceno lineal sulfonato (LAS), componente común en los detergentes de uso doméstico, el principal tensioactivo detectado. La distribución espacial de los tensioactivos en agua y sedimento de la laguna mostró que, además de la entrada a través de la rambla del Albujón, las mayores concentraciones para algunos de ellos se alcanzaban en la cuenca norte de la laguna (Traverso-Soto, Lara-Martín, González-Mazo, & León, 2015), debido a la mayor concentración de población y a la actividad náutico-pesquera en esta área.

Otra consecuencia de la presión poblacional y la demanda turística ha sido la creación de diversas infraestructuras. En la actualidad, las obras costeras relacionadas con la actividad turística incluyen: 41 espigones, 7 diques de encauzamiento, 12 ocupaciones de terrenos intermareales, 4 estructuras longitudinales de defensa, 4 diques exentos, 1 obra de protección de márgenes y 15 playas artificiales (Plan de Gestión Integral de los Espacios Protegidos del Mar Menor y la Franja Litoral Mediterránea de la Región de Murcia. Anexo 9. Presiones e impactos (Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente Región de Murcia, 2016)). Estas actuaciones han modificado algunas de las características de los fondos de la laguna, de sus comunidades asociadas, así como de las corrientes dominantes (CARM, 2017). Además, los vertidos sólidos, empleados en la regeneración y creación de playas artificiales, como consecuencia de la masificación turística y la demanda de zonas de baño, pueden traer asociadas una serie de problemáticas como la relocalización de compuestos (p. ej. metales pesados), cambios en la granulometría, variación de la tasa de sedimentación de partículas o cambios en la dilución de los nutrientes (CEPYC-CEDEX, 2012).

Por otra parte, las actuaciones urbanísticas también han contribuido a los procesos de colmatación naturales, desempeñando un papel decisivo en la pérdida de superficie y de profundidad lagunares. Aunque este proceso viene produciéndose desde los primeros asentamientos turísticos, en la actualidad se da de manera muy acelerada como consecuencia de los aportes de arena a las playas, la ocupación de terrenos sobre el mar, y la construcción de puertos deportivos y de paseos marítimos. Así, en poco más de 100 años, la superficie de la laguna se ha reducido de 185 km^2 a 135 km^2 (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017).

Una de las zonas más sensibles de la laguna afectada por estas actuaciones urbanísticas derivadas de la presión poblacional, son las zonas someras. Estas zonas perimetrales de la costa con escasa profundidad son muy importantes como áreas de reclutamiento o de refugio para estados juveniles, siendo hábitats de vital importancia para la viabilidad de las especies residentes y para muchas otras migratorias o de características estuáricas (IEO, 2014). Por tanto y a resultas del estado actual de la laguna, las zonas someras son determinantes para la

posible recuperación de las más profundas que en la actualidad han sufrido un proceso de degradación y perdida de complejidad estructural en sus comunidades bentónicas.

1.5 GESTIÓN DE RESIDUOS

1.5.1 Vertidos y vertederos

En el PHDS (2015-2021) se identifican como presiones las fuentes de contaminación puntual (vertidos y vertederos), que pueden constituir **focos de contaminación difusa (**Figura 51**)**.

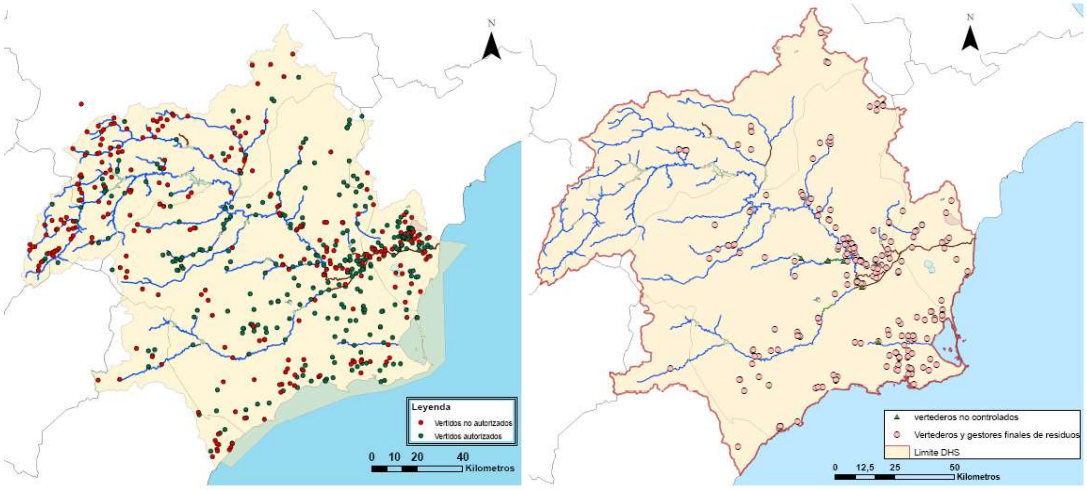


Figura 51: Focos de contaminación puntual según PHDS (2015-2021).

En el análisis de impactos se destaca que un análisis espacial de la distribución de los vertederos pone de manifiesto la gran concentración de los mismos en las inmediaciones de la Rambla del Albujón en el Campo de Cartagena.

Según la ficha correspondiente a la masa de agua subterránea se detectan 19 vertederos y gestores intermedios de residuos no peligrosos autorizados y 18 vertidos autorizados pero también 12 no autorizados. Todos ellos se caracterizan como significativos.

Tabla 60: Fuentes significativas de contaminación puntual

Fuentes significativas de contaminación	Nº presiones inventariadas	Nº presiones significativas
Vertederos y gestores intermedios de residuos no peligrosos	19	19
Vertederos no controlados	-	-
Vertederos y gestores intermedios de residuos peligrosos	39	39
Vertidos autorizados	18	18
Vertidos no autorizados	12	12
Gasolineras	91	91
Balsas mineras	36	36
Escombreras mineras	5	5

1.5.2 Residuos mineros

No existe mucha información sobre el estado actual de las explotaciones mineras presentes en la zona y su influencia sobre el Mar Menor. La mayoría de la información aquí recogida

pertenece a la tesis doctoral de Lázaro Marín Guirao de 2007 titulada "Aproximación ecotoxicológica a la contaminación por metales pesados en la laguna costera del Mar Menor" (Marín-Guirao L. , 2008).

El distrito minero de Cartagena-La Unión se encuentra localizado cercano a la orilla meridional de la laguna costera del Mar Menor cubriendo un área de unos 50 Km^2, la mayoría perteneciente a la Sierra de Cartagena-La Unión también conocida como Sierra Minera. Se trata de un terreno de poca altura (<400 m) pero con pendientes escalonadas debido a su proximidad a la costa. La zona constituye un importante núcleo minero desde hace más de 2500 años, donde Fenicios, Romanos, Cartagineses e Hispánicos han buscado la pirita y la galena argentífera para la obtención principalmente de plata, plomo y zinc ((Oen, Fernandez, & Manteca, 1975). Hasta el siglo XX se emplearon métodos rudimentarios tanto para la extracción del mineral, como para su procesado a favor de la configuración topográfica del terreno, de manera que antes de 1930, el mineral era molido solo hasta diámetros de 5 mm y clasificados por gravedad.

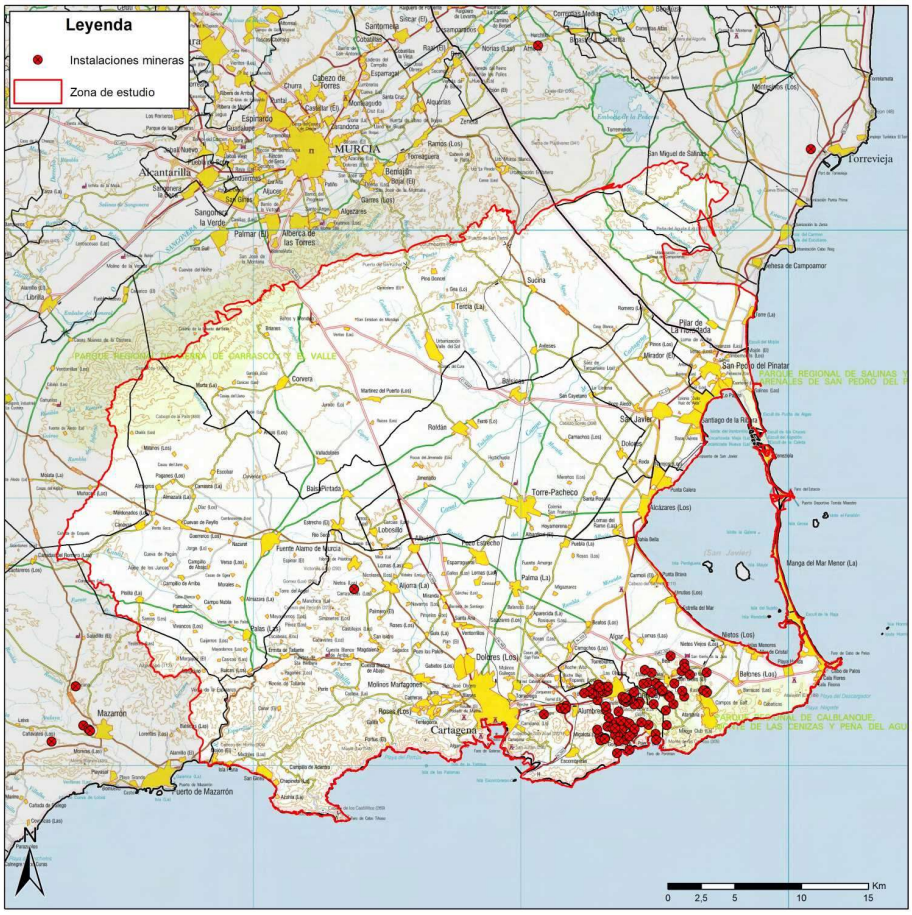


Figura 52: Instalaciones mineras en la cuenca sur (MTI Blog.Mineralogía Topográfica Ibérica).

Posteriormente, con la instalación de la Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya, en 1930, el molturado de los minerales se fue haciendo más fino (0,2-0,3 mm), y la utilización de la tensión superficial en el procesado de los minerales por flotación mejoró sustancialmente los procesos de extracción. Es a partir del año 1957 y, sobre todo, del 1962 cuando la explotación se realiza a cielo abierto, alcanzando en gran parte el manto de piritas con niveles en metales más elevados que las capas que lo precedían más cercanas a la superficie del suelo (Simonneau, 1973). A lo largo de todo ese tiempo, las operaciones para transformar el mineral bruto en un concentrado de mayor contenido específico en el metal, es decir, el lavado del

mineral, produjo grandes cantidades de residuos de diversa condición física y química, siendo los principales cuantitativamente en forma de pulpa o lodos que se enviaban a zonas donde sedimentaban los componentes sólidos, formando los pantanos, y el agua separada era eliminada a través de las ramblas que drenan la sierra. Toda esta intensa actividad minera ha dado como resultado uno de los paisajes más alterados por la mano del hombre, donde enormes volúmenes de residuos mineros de toda índole ocupan gran parte de la superficie de la sierra. Toda la actividad minera cesó en 1991.

En la actualidad hay unos 48 pantanos mineros (Ortega, Nicolás, Esteve, Torres, & Ramírez-Díaz, 1993) que cubren acerca de 160 ha (Martínez-Orozco, Valero-Huete, & González-Alonso, 1993).

Según la Tabla 60, las balsas y escombreras suman 41, aunque la Tabla 61 contabiliza los depósitos mineros en general y llega a sumar más de 1.500 puntos. La mayoría de los cuales no han experimentado ningún tipo de restauración ambiental, por lo que presentan problemas de erosión ya que sus superficies se encuentran expuestas a los agentes erosivos. De hecho, se han determinado elevadas tasas de erosión en uno de dichos pantanos (García, 2004), indicando que grandes volúmenes de residuos pueden ser trasladados a otros lugares por las lluvias torrenciales de la zona. Estos residuos además contienen elevadas cantidades de metales pesados como plomo, zinc, cobre y cadmio, que exceden los niveles críticos europeos (Conesa, María-Cervantes, Álvarez-Rogel, & González-Alcaraz, 2011). Al mismo tiempo, la elevada movilidad potencial de estos metales ha sido demostrada a través de pruebas de lavado y de extracciones secuenciales (Marguí, Salvadó, Queralt, & Hidalgo, 2004), lo que podría ser la causa de las elevadas concentraciones de metales descritas en los suelos adyacentes a la sierra (García, Faz, & Conesa, 2003), en los lechos de las principales ramblas de la zona (Simonneau, 1973), e incluso en los sedimentos del humedal de Lo Poyo adyacente a la laguna, y situado entre la desembocadura de dichas ramblas (Álvarez-Rogel, Ramos-Aparicio, Delgado-Iniesta, & Arnaldos-Lozano, 2004).

Tabla 61: Distribución de los depósitos de residuos mineros por ramblas al Mar Menor (Lorenzo Rodríguez Pacheco, García-García, & Manteca, 2006)

Cuenca hidrográfica de la rambla	Nº depósitos	Superficie cuenca (km^2)	Área residuos (km^2)	% ocupación cuenca	Volumen (Mm^3)
La Carrasquilla	176	29,01	0,29	1,01	4,54
Ponce	286	11,96	1,26	10,56	44,22
Beal	336	7,69	0,76	9,92	10,08
Matildes	417	17,38	1,66	9,57	47,30
Miedo	312	36,87	1,19	3,23	13,54
Total	**1527**	**102,91**	**5,173**		**119,68**

El exceso de sulfatos y la presencia de metales en el agua de lluvia, es debido a la erosión de las costras de sulfatos existentes en la superficie de las balsas de lodos. Estas costras son sulfatos de muy baja densidad y gran contenido de metales. El pH y las concentraciones del ion sulfato y metales presentes en la rambla del Beal superan los límites permitidos para vertidos, establecidos por el Reglamento de Dominio Público Hidráulico (R.D. 849/1986 y R.D. 606/2003), a los cauces de aguas superficiales o lagos.

El elevado contenido de metales y sulfatos existentes en las aguas superficiales se debe a que en la superficie de las balsas se forman un gran número de precipitados de sulfatos altamente solubles. La formación de estas sales solubles está favorecida por las condiciones semiáridas de la región donde la evaporación real es más de tres veces la media de la precipitación anual. A esto hay que sumarle los procesos de secado y humedecimiento que sufren estos materiales

al año, que favorecen la saturación de los lodos de flotación; posteriormente la fuerte evaporación facilita la ascensión por capilaridad de agua altamente salina que al evaporarse provoca la concentración de precipitados de sulfatos altamente solubles en la superficie del suelo y los residuos. Las aguas de escorrentía se caracterizan por su alta concentración de sedimentos en suspensión (5-30 g/L), de metales (Zn, Cd, Pb) y sulfatos con un pH ácido (Robles-Arenas, García, Rodríguez, Manteca, & Candela, 2006).

La baja concentración de metales y sedimentos en la rambla del Miedo respecto a las de Beal y Ponce en su zona más contaminada, muestra que el saladar de El Carmolí actúa como una trampa de partículas sólidas y reduce el aporte al MM (Rodríguez Pacheco, 2010).

1.6 CONCLUSIONES DE ACTIVIDADES EN LA CUENCA

1.6.1 Transformación de los usos en el Campo de Cartagena: intensificación de la agricultura

Los cambios en los usos del suelo, marcados por el abandono de los secanos y el incremento de los regadíos así como por el aumento de las tierras destinadas al uso urbano, se incluyen entre los principales factores implicados en el cambio global que ha experimentado el campo de Cartagena en las últimas décadas.

La intensa transformación de la cuenca del Mar Menor comienza con la llegada del agua del **trasvase Tajo-Segura** en 1979. Antes de la puesta en marcha de esta infraestructura, la mayor parte de las labores agrícolas eran de secano. En la actualidad existe una agricultura **intensiva, altamente tecnificada y muy productiva** en la que predomina el uso del regadío.

Los cambios bruscos que han tenido lugar en las últimas décadas implican un importante **incremento de la superficie de regadío y una tendencia a la alta tecnificación de los cultivos**. Respecto al primero de los cambios, conviene mencionar que la **superficie de regadío de la cuenca vertiente del Mar Menor se ha incrementado en 149,5% desde 1998,** destacando la pérdida de superficie de cultivos leñosos en favor de cultivos hortícolas. En la actualidad la superficie agrícola en la cuenca vertiente del Mar Menor asciende a **78.008,50 ha** siendo el 37% cultivos leñosos y el 63% cultivos hortícolas. En la actualidad el regadío supone un total de **47.440 ha**. Del total de la superficie de riego, **45.500 ha** son de riego localizado, lo que indica la alta tecnificación y eficiencia de las instalaciones de riego.

1.6.2 Dotación hídrica y calidad de las aguas de riego

Para abastecer el regadío de la cuenca vertiente del Mar Menor la Confederación Hidrográfica del Segura concede un volumen anual de **153,54 hm^3** (aguas con origen del trasvase, subterráneas, reutilizadas y superficiales). Este **volumen de agua concedido está por debajo de las necesidades teóricas de los cultivos, estimada en unos 255 hm^3 anuales.**

La calidad de las aguas de riego es buena para la procedente del trasvase, aceptable en el caso de las aguas depuradas y desaladas mientas que en el caso de **las aguas subterráneas la calidad es deficiente**. Este déficit de calidad se ha estado solventando en la agricultura mediante el empleo de desalobradoras particulares, que permiten la redotación de las superficies de regadío infradotadas con recursos de cuenca.

1.6.3 Modernización del regadío y aporte de nutrientes

La modernización del regadío ha traído consigo una intensificación de la agricultura, que se ha traducido en un **aporte excesivo de abonado (nitrógeno)** en el medio, llegándose a cuantificar este exceso de nitrógeno en el año 2013 en **38 kg/ha** según se refleja en el Informe de

Seguimiento de la Directiva 91/676 "*Contaminación del agua por nitratos utilizados en la agricultura*" (Cuatrienio 2012-2015). Extrapolando este dato a los actuales cultivos y dosis de abonado, podríamos contemplar una magnitud del orden de **40 kg/ha** en 2016**.**

1.6.4 Contaminación del acuífero por infiltración debido a deficiencias en las instalaciones de almacenamiento de deyecciones ganaderas

La actividad ganadera en la cuenca del Mar Menor se desarrolla fundamentalmente en la zona más alejada del Mar Menor. En ella destacan junto a las explotaciones semiextensivas de ovino y caprino las explotaciones intensivas, principalmente de porcino seguidas de las avícolas,

Las deyecciones ganaderas contienen nitratos y en menor medida fosfatos y metales pesados, cobre y zinc entre otros, que afectan a la masa de agua subterránea y superficial.

La ganadería intensiva alcanza grandes densidades en la Cuenca Vertiente generando importantes producciones de deyecciones lo que implica una elevada carga contaminante. La mayor problemática se genera en el sector porcino, debido a la gran concentración de explotaciones en los municipios de Fuente Álamo y Torre Pacheco.

La mayor parte de los kg de N aportados por la ganadería en la cuenca vertiente del Mar Menor proceden del sector porcino, estimándose entre 6 y casi 9 millones de toneladasde N procedentes de 446 explotaciones intensivas de porcino con aproximadamente 500 balsas de purines las cuales ocupan una superficie total aproximada de 160 ha.

Se han detectado grandes deficiencias en las instalaciones de almacenamiento de las deyecciones ganaderas, tanto en estercoleros como en las balsas la impermeabilización es casi nula favoreciendo la infiltración de las deyecciones directamente en el terreno con la consecuente contaminación del acuífero. Se estima que sólo el sector porcino aporta al acuífero alrededor del 17% de nitrógeno.

1.6.5 Deficiencia en la gestión de las deyecciones ganaderas

Se estima que de la cantidad total de deyecciones producidas de forma anual por las diferentes especies, una parte se utiliza principalmente como abono orgánico aportado para la agricultura en las explotaciones, pero debido a la alta densidad de explotaciones ganaderas en los dos términos municipales citados anteriormente, el aprovechamiento de la totalidad de las deyecciones para la agricultura no es factible, produciéndose un excedente para el que actualmente no existe un tratamiento y/o eliminación efectiva. En la actualidad la mayor parte de este excedente queda acumulado en las balsas de la explotación hasta su infiltración en el terreno.

1.6.6 Concentración de explotaciones ganaderas intensivas

Al estudiar la carga ganadera se comprueba que existe un exceso en el municipio de Fuente Álamo. En este municipio se encuentran explotaciones de diferentes tipos de ganado, siendo de mayor influencia el ganado porcino. El índice de carga ganadera se aproxima a 1,4. Un dato bastante elevado, que indica que los kg N/ año producidos por las deyecciones ganaderas no pueden ser absorbidos por la totalidad de hectáreas de pastos y tierras de labor existentes en esta zona.

1.6.7 Transferencia de la contaminación a agua subterránea

La **concentración de nitratos en las aguas subterráneas** ha ido aumentando en las últimas décadas, asociado al incremento de la superficie de cultivos en regadío. El principal origen de la contaminación está relacionado con la agricultura, concretamente en la **aplicación de fertilizantes inorgánicos** en los cultivos de regadío aunque existe cierta influencia (más localizada) de **residuos ganaderos y/o aguas residuales** como demuestran los resultados isotópicos de algunas muestras. El grado de erosión del terreno y el nivel de permeabilidad de los suelos favorece el transporte de los nitratos hacía las aguas subterráneas, especialmente si se producen episodios torrenciales.

Existe una **concentración media de nitratos muy elevada**, el contenido medio en nitratos en pozos del Cuaternario cercanos al Mar Menor (menos de 1 km del borde costero) supera los **200 mg/L**.

La masa de agua subterránea del Campo de Cartagena está declarada "**Vulnerable a la contaminación por Nitratos**" desde 2003. Se han establecido y ejecutado los Programas de Actuación que obliguen a los agricultores a controlar y racionalizar el abonado de sus cultivos, en cuanto a dosis, tipo y época de aplicación de los fertilizantes, minimizando así el riesgo de contaminación difusa por nitratos en las aguas. De igual forma se establecen prácticas obligatorias para el manejo de estiércoles en las explotaciones ganaderas, con el fin de reducir la contaminación por lixiviación de estos residuos. En cualquier caso, se observa un **incumplimiento del Programa de Actuación** en la zona, sobre todo en lo referente al tipo de abono mineral empleado (empleo de abonos ureicos que no están permitidos), así como en el exceso de las dosis empleadas de abonado orgánico respecto a los límites establecidos.

1.6.8 Crecimiento de la actividad urbana y turística

El desarrollo urbanístico desde los años 60 ha derivado en la desaparición de superficie por ocupación de infraestructuras turístico-recreativas y segundas viviendas, desaparición y presión sobre humedales y dunas, mediterraneización por apertura de canales, aumento de necesidades de servicios y de vertidos y contaminación por fosfatos y contaminantes emergentes.

En poco más de 100 años, la superficie de la laguna se ha reducido de 185 km^2 a 135 km^2 (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017)debido a la instalación de infraestructuras portuarias y arreglo de playas.

1.6.9 Sistemas de saneamiento unitarios

Todos los sistemas de saneamiento de **los núcleos urbanos del litoral del Mar Menor son del tipo unitario**. El empleo de este sistema implica la mezcla de los vertidos residenciales y urbanos, con concentraciones desconocidas de toda clase de contaminantes. El problema surge en casos de avenidas o lluvias torrenciales, cuando **los sistemas pueden verse desbordados**, llegando entonces a la superficie estos vertidos contaminantes sin tratar, por lo que podrían alcanzar las aguas del Mar Menor y contribuir a su deterioro.

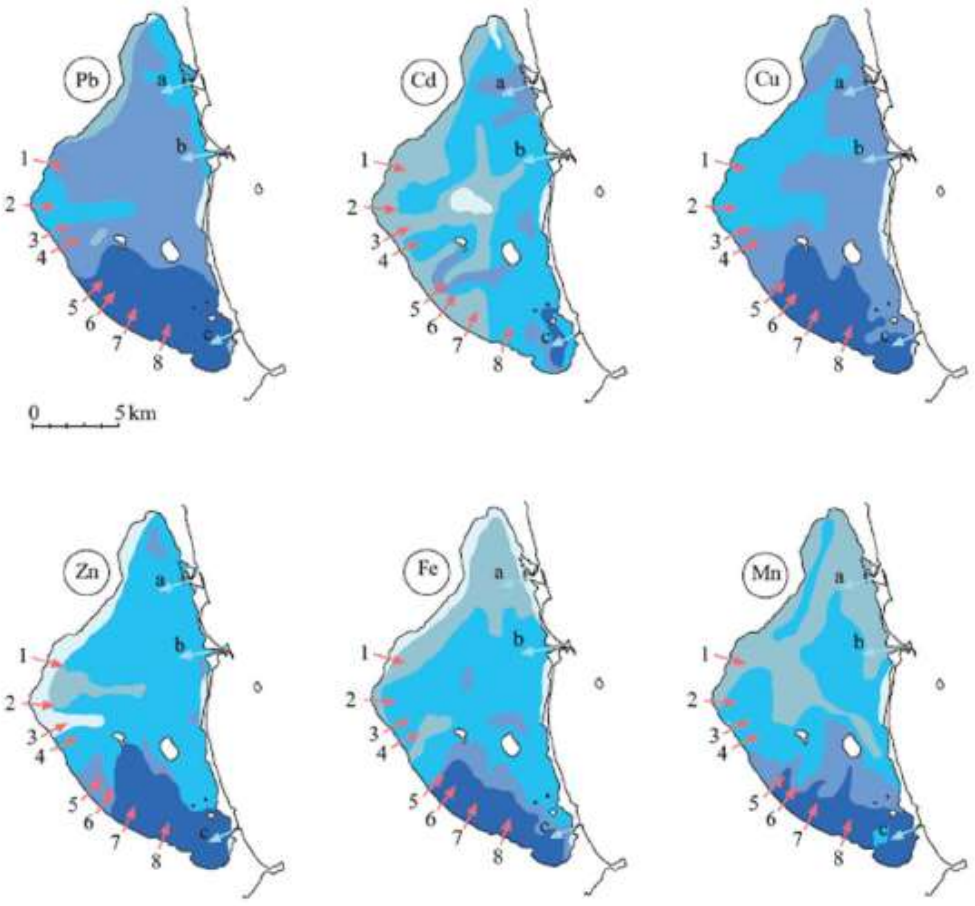
1.6.10 Sistemas de depuración antiguos

- Las EDAR más potentes, con volúmenes anuales de varios millones, se encuentran **próximas al Mar Menor**, excepto Cabezo Beaza, que es la principal del núcleo urbano de Cartagena.

- La mayoría de las instalaciones son de la **década pasada**, la mayoría con más de diez años de antigüedad.
- Existen bastantes casos en que las **capacidades de diseño han sido superadas**, lo que puede contribuir a un funcionamiento incorrecto de las mismas, con la consiguiente disminución de la calidad de las aguas tratadas.
- En la inmensa mayoría el uso del agua que sale de las instalaciones es el **riego**. Además, también mayoritariamente el cauce receptor son ramblas que terminan vertiendo al Mar Menor. También llama la atención que varias EDAR infiltren esta agua en el terreno.
- En lo referente a las concentraciones de nitrógeno y fosforo, que son los aspectos más relevantes en relación con el estado del Mar Menor, hay estaciones que no cumplen con los requisitos de los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas realizados en zonas sensibles cuyas aguas sean eutróficas o tengan tendencia a serlo en un futuro próximo (Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas). Destacan los malos valores de la principal EDAR de la zona, Cabezo Beaza, aunque no vierte a ninguna rambla que desemboque en el Mar Menor. El resto de estaciones marcadas también corresponden instalaciones que vierten al Mar Mediterráneo. Aunque para EDARs pequeñas, de menos de 10.000 habitantes equivalentes, no se establecen límites, llaman la atención los altos valores de fosfato, con solo dos estaciones con valores iguales a 1 mg/L y el resto por encima, límite marcado por el Real Decreto. Con estas concentraciones se ha estimado que la **masa bruta que vierten estas depuradoras al año es de 481 toneladas de nitrógeno y 58 toneladas de fosfato**, aunque de esa cantidad potencialmente al Mar Menor sólo podrían llegar 39 y 12 toneladas respectivamente, pues las grandes depuradoras vierten al Mar Mediterráneo.

1.6.11 Actividad pasada minera

- Con la descarga de residuos mineros a través de las ramblas, las aguas de la laguna se vuelven tóxicas. La toxicidad desaparece rápidamente en las zonas que no se encuentran directamente influenciadas, mientras que la zona adyacente a la desembocadura de las ramblas esta se mantiene durante varios días y parece depender de las condiciones climáticas. Al entrar en la laguna los metales disueltos son rápidamente eliminados de la columna de agua debido principalmente al incremento en salinidad y pH, afectando a las zonas adyacentes a las desembocadura de las ramblas. Sin embargo los metales en estado particulado se mantienen durante más tiempo en las aguas de la laguna afectando a un área mayor. Las mayores concentraciones fueron encontradas en la orilla sur de la laguna en las zonas cercanas a la desembocadura de las ramblas que drenan la Sierra de Cartagena-La Unión (Figura 53).
- Aunque estos sedimentos se mostraron tóxicos por medio de bioensayos de laboratorio, la elevada producción primaria en la zona interna de la laguna influenciada por la descarga de las ramblas, por las que entran nutrientes procedentes de excedentes agrícolas y aguas residuales urbanas, pueden estar incrementando el potencial trófico en estas zonas contrarrestando parcialmente los efectos tóxicos de los metales.



	Pb	Cd	Cu	Zn	Fe	Mn
	< 200	< 10	< 10	< 500	< 10000	< 200
	200 - 500	10 - 15	10 - 20	500 - 1000	10000 - 20000	200 - 500
	500 - 1000	15 - 20	20 - 30	1000 - 2000	20000 - 30000	500 - 800
	1000 - 2000	20 - 25	30 - 50	2000 - 3000	30000 - 50000	800 - 1200
	> 2000	> 25	> 50	> 3000	> 50000	> 1200

Figura 53: Distribución especial y concentración de metales (Pb, Cd, Cu, Zn, Mn y Fe) en sedimentos superficiales en el Mar Menor, modificado de Leon et al., 1982 (Rodríguez Pacheco, 2010).

2 SISTEMA HÍDRICO (SUBTERRÁNEO Y SUPERFICIAL) - MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DE CONTAMINANTES AL MAR MENOR

2.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

El Campo de Cartagena presenta un clima templado de tipo mediterráneo seco, caracterizado por reducidas precipitaciones y temperaturas suaves todo el año. En lo referente a la caracterización agroclimática se distinguen dos subtipos según la clasificación de Papadakis:

- Mediterráneo subtropical. Se extiende por toda la franja costera. Este subtipo se caracteriza por inviernos sin heladas y veranos muy cálidos, zonas en que la media de máximas de los 6 meses más cálidos supera los 25 °C y la media de mínimas del mes más caluroso es superior a los 20 °C.
- Mediterráneo marítimo. Ocupa las zonas interiores. Se diferencia del anterior en que los veranos son algo más frescos.

2.1.1 Variables climáticas

Las precipitaciones medias oscilan entre 270 mm y 350 mm, registrándose los valores más elevados en las zonas más cercanas a la costa, probablemente por la influencia del mar. El Campo de Cartagena es una de las zonas menos lluviosas del país. Las principales precipitaciones se producen en el otoño, con máximas en octubre, disminuyendo sensiblemente en invierno y primavera. No obstante, la situación puede ser muy cambiante de unos años a otros, ya que su distribución es muy irregular. Las precipitaciones suelen tener carácter torrencial con episodios que con frecuencia superan los 20 mm en 24 horas, por lo que las lluvias se suelen acumular en dos o tres días al mes, incluso en los meses más lluviosos.

Las temperaturas son suaves durante todo el año, con una media que ronda los 18-19 °C. En el litoral las temperaturas oscilan entre los 5 °C en invierno y los 30 °C de verano, mientras que en zonas más interiores pueden darse algunas heladas y llegar a los 37 °C en verano. La amplitud térmica diaria no suele superar los 10 °C y la anual se sitúa entre 15 y 17 °C.

La evapotranspiración potencial anual (ETP) oscila entre 800 y 1200 mm/año, en función del método empleado en su estimación (Sánchez Martínez, 2002).

La duración media del periodo seco (periodo en el que las pérdidas de humedad por ETP son mayores que los aportes por precipitación, descontando las reservas teóricas del suelo) es superior a los 6 meses, desde mediados de abril a mediados de octubre, extendiéndose en ocasiones hasta noviembre o incluso diciembre.

En lo referente a la red hidrográfica, en el Campo de Cartagena no existen cursos permanentes ya que las reducidas precipitaciones no aportan suficiente caudal para alimentar los cauces. Por lo tanto, la red hidrográfica está constituida únicamente por el trazado de una serie de ramblas, siendo la principal la rambla del Albujón, que se inicia al pie de la Sierra de Carrascoy y atraviesa el Campo de Cartagena de Oeste a Este hasta desembocar en el Mar Menor. Otras ramblas existentes en la zona, nombradas de norte a sur, son la de Los Alcázares, Miranda, El Beal, Ponce y Carrasquilla.

2.1.2 Sequías y cambio climático

2.1.2.1 Sequías

Para realizar el análisis de la evolución de las precipitaciones y determinar las situaciones de sequía que han tenido lugar en la zona se han empleado las series de precipitaciones anuales acumuladas en dos de las estaciones representativas de la cuenca vertiente: 7031-Murcia/San Javier y 7026-Cartagena (Pozo Estrecho), desde el año 1970 hasta 2017 (AEMET, 2018). La ubicación de ambas estaciones se muestra en la Figura 54.

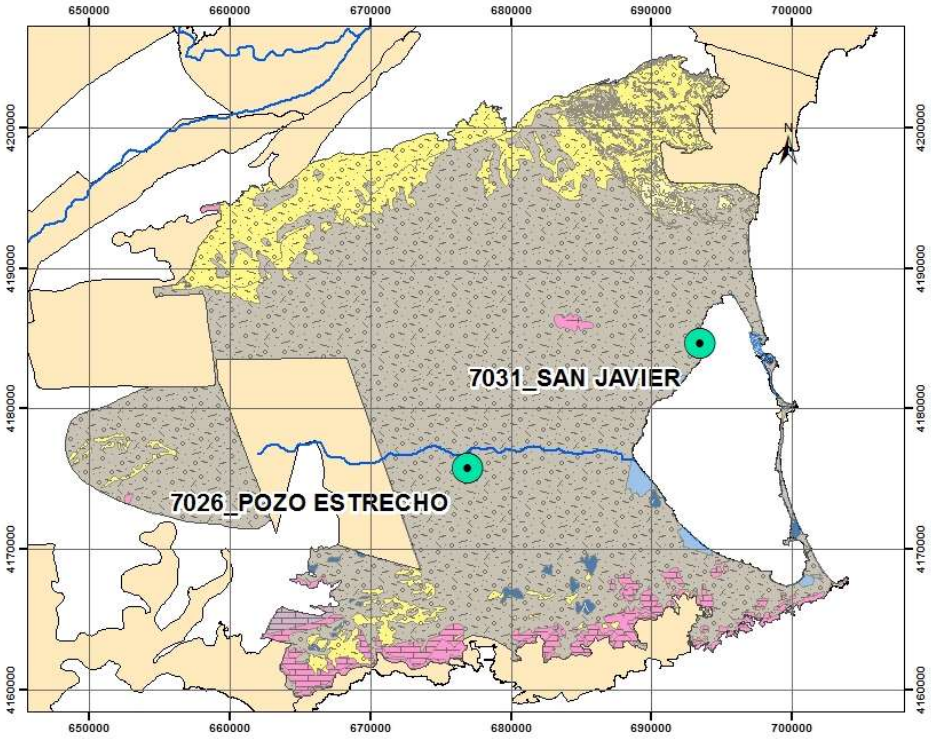


Figura 54: Ubicación de las estaciones meteorológicas 7031-Murcia/San Javier y 7026-Cartagena-Pozo Estrecho.

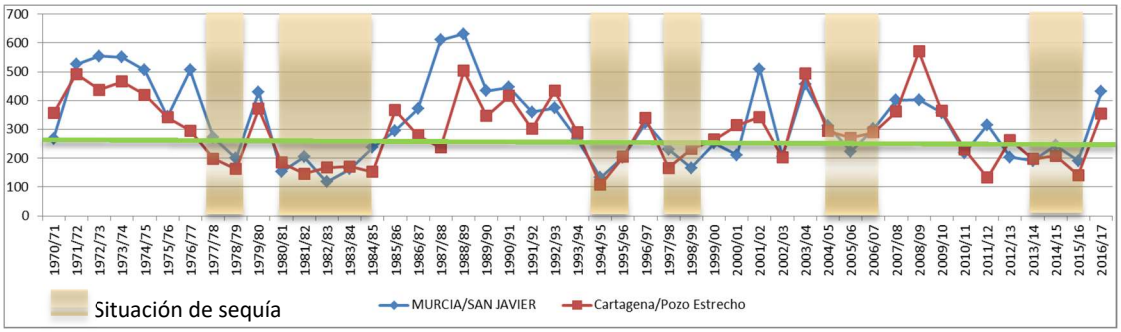


Figura 55: Precipitaciones anuales de las estaciones 7031-Murcia/San Javier y 7026-Cartagena-Pozo Estrecho. Datos en mm (AEMET, 2018)y situaciones de sequía. Línea verde: valor umbral de años secos (277,2 mm).

Se han considerado como años secos aquéllos que han registrado unas precipitaciones por debajo de 277,2 mm (valor de referencia empleado en el informe "*Inundaciones y sequías en la cuenca del río Segura*", (Ferreras Fernández, 2004)). En función de esta clasificación, se ha considerado como situación de sequía a la constituida por dos o más años consecutivos secos.

En la Figura 55 se representan las series de precipitaciones anuales de las dos estaciones pluviométricas empleadas y las situaciones de sequía acontecidas. La línea verde marca el valor umbral de años secos (277,2 mm).

2.1.2.2 Cambio climático

Para evaluar los impactos del cambio climático en los recursos hídricos del Campo de Cartagena se ha consultado la información disponible en:

- *Estudio de los Impactos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y las Masas de Agua*. Ficha 1 Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural (CEDEX, 2012).
- Aplicación web SIG Escenarios (**http://www.adaptecca.es/escenarios/**)

El primero de estos estudios se realizó con el objetivo de analizar los efectos del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural en España.

La evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos se ha realizado a partir de las proyecciones climáticas regionales proporcionadas por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y la Oficina Española de Cambio Climático (OECC) en el marco del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (Oficina Española de Cambio Climático, 2008). Estas proyecciones fueron generadas a partir de los resultados de los modelos climáticos globales (MCG) del Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) en 2001.

Para determinar los impactos del efecto invernadero en el cambio climático, se han introducido en los modelos dos escenarios de emisión de gases de efecto invernadero. El IPCC estableció, en el año 2000, un conjunto de escenarios de emisión (40 escenarios, en total). Estos escenarios representan diferentes tendencias socioeconómicas futuras, teniendo en cuenta diversos factores tales como desarrollo social y económico, crecimiento demográfico y cambio tecnológico. Cada uno de los escenarios implica diferentes contextos globales y, por lo tanto, diferentes supuestos de valores de emisiones de gases de efecto invernadero. De entre estos supuestos de emisión, la AEMET, seleccionó dos escenarios representativos para introducirlos en las simulaciones realizadas con los modelos climáticos. Se eligieron los escenarios A2 y B2 por abarcar un amplio margen de tendencia. El escenario A2 presupone un futuro más pesimista que el B2, el cual incorpora medidas correctoras de carácter económico, social o político. Por este motivo, el impacto en el ciclo hidrológico de este escenario (A2) es mayor.

Las series de precipitación y temperatura obtenidas de las diferentes proyecciones se introdujeron en el modelo hidrológico SIMPA (Sistema Integrado de Simulación Precipitación Aportación) que simula las diferentes fases del ciclo hidrológico. De esta manera, las simulaciones dieron como resultado la evolución de las diferentes variables del ciclo hidrológico según las condiciones de los escenarios climáticos introducidos, para los periodos de tiempo 2011-2041, 2041-2070 y 2071-2100. Los resultados se obtuvieron a escala de Demarcación Hidrográfica.

A continuación se indican los resultados, para el conjunto de la Demarcación Hidrográfica del Segura, para las variables precipitación, temperatura, recarga subterránea y escorrentía total, en los diferentes periodos de tiempo considerados y para cada escenario de emisiones de gases de efecto invernadero (A2 y B2).

- Precipitación

  - Escenario A2: la reducción media de las precipitaciones pronosticada es del 0% para el periodo 2011-2040, del 6% para el 2041-2070 y del 14% en el 2071-2100.
  - Escenario B2: Las reducciones de las precipitaciones para este escenario son del 6% en el periodo 2011-2040, 6% en el 2041-2070 y del 9% para 2071-2100.

- Temperatura
  - Escenario A2: según las proyecciones, se espera un aumento medio de las temperaturas de 1,4 °C en el periodo 2011-2040, de 2,7 °C en 2041-2070 y de 4,5 °C en el periodo de 2071-2100.
  - Escenario B2: En este caso, el aumento medio de las temperaturas es de 1,6 °C para el periodo 2011-2040, de 2,5 °C para el 2041-2070 y de 3,4 °C para el 2071-2100.

- Recarga subterránea
  - Escenario A2: la reducción esperada en la recarga subterránea es del 9% para el periodo 2011-2040, del 20% en el 2041-2070 y del 33% en el 2071-2100.
  - Escenario B2: para este escenario, la reducción esperada es del 13% en el periodo 2011-2040, del 14% para el 2041-2070 y del 21% para el 2071-2100.

- Escorrentía total
  - Escenario A2: según las proyecciones, la reducción media de la escorrentía total pronosticada es del 10% para el periodo 2011-2040, del 21% para el 2041-2070 y del 33% en el 2071-2100.
  - Escenario B2: Las reducciones de la escorrentía total para este escenario son del 13% en el periodo 2011-2040, 14% para el 2041-2070 y 21% en el 2071-2100.

Por otra parte, la *Aplicación web SIG Escenarios* (AEMET, 2017)) es una aplicación web desarrollada en el marco del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC). Es una aplicación de consulta de las proyecciones regionalizadas de cambio climático realizadas por la AEMET partiendo de las proyecciones globales del Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC). Las proyecciones contemplan tres escenarios de emisión de gases de efecto invernadero: escenario RCP 4.5 que presenta una concentración menor de gases, escenario RCP 6.0 con una concentración media y escenario RCP 8.5 con una mayor concentración de gases de efecto invernadero. Estos escenarios representan las diferentes opciones climáticas que pueden darse en España a lo largo del siglo XXI. La aplicación permite realizar consultas sobre las proyecciones de las principales variables climáticas para los años comprendidos entre 2015 y 2100, con relación al período de referencia 1961-1990.

En la tabla siguiente se muestran los datos obtenidos para las variables climáticas precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima, nº días de helada y nº días de lluvia en la cuenca vertiente de la rambla del Albujón (Ingeniería del Entorno Natural, 2017). Los valores de la tabla corresponden con el valor medio de los resultados obtenidos para cada año del periodo 2015-2100 (calculados a partir de los datos que figuran en el informe de dicha ingeniería).

Tabla 62: Variables climáticas obtenidas de la aplicación Escenarios. Cuenca vertiente rambla del Albujón.

Variables climáticas	Escenarios de emisión			Observaciones
	RCP 4.5	RCP 6.0	RCP 8.5	
Precipitación	-0.6	-0.6	-0.9	% de variación respecto el periodo de referencia
Tª Máxima (ºC)	2.0	2.2	3.2	Variación respecto el periodo de referencia
Tª Mínima (ºC)	1.9	2.1	3.4	Variación respecto el periodo de referencia
Nº días de helada	-39.8	-23.9	-50.4	Cambio en el nº de días con Tª mínima inferior a 0 ºC. Expresado en días respecto al periodo de referencia
Nº días de lluvia	-5.2	-12.0	-4.5	Cambio en el nº de días con precipitación total igual o superior a 1 mm. Expresado en días respecto al periodo de referencia.

2.2 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA HÍDRICO SUBTERRÁNEO

De acuerdo a lo establecido en el Plan Hidrológico vigente de la Demarcación del Segura (en adelante, PHDS 2015/21), en la cuenca vertiente del Mar Menor están definidas tres masas de agua subterránea:

- Campo de Cartagena (ES070MSBT000000052)
- Triásico de los Victorias (ES070MSBT000000054)
- Triásico de Carrascoy (ES070MSBT000000055)

La masa de agua subterránea Campo de Cartagena está presente en la práctica totalidad de la cuenca de drenaje y es la única de las tres que presenta conexión hidráulica directa con el Mar Menor, a través de su acuífero superficial Cuaternario. La descarga subterránea de este acuífero constituye una de las principales vías de entrada de contaminantes a la laguna costera ocasionando la degradación ambiental en la que actualmente se encuentra. Por este motivo, el estudio de las interrelaciones hídricas únicamente se va a centrar en esta masa de agua subterránea.

La masa de agua subterránea Triásico de los Victorias, según los estudios realizados ((IGME, 1994), (Confederación Hidrográfica del Segura, 1998)), constituye un acuífero independiente con escasa relación hidrogeológica con la contigua Campo de Cartagena, no presentando descargas naturales hacia la misma. Por este motivo, esta masa de agua no va a ser considerada en el análisis hidrogeológico de la zona.

En lo referente a la masa de agua Triásico de Carrascoy, el acuífero principal lo constituyen materiales carbonatados desconectados hidráulicamente de la masa de agua Campo de Cartagena. Es posible que exista cierta conexión hidráulica a través de los materiales pliocuaternarios existentes en ambas, aunque no figura ningún dato de referencia en el Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura vigente PHDS 2015/21 (Confederación Hidrográfica del Segura, 2013). En el Plan de Cuenca de 1998 (Confederación Hidrográfica del Segura, 1998) se cuantificó esta descarga en 0,3 hm^3/año pero estudios posteriores indicaron que esta cifra, así como el sentido de la descarga, puede variar en función de las extracciones en el entorno del límite de las masas.

2.2.1 Marco hidrogeológico

La masa de agua Campo de Cartagena presenta una extensión superficial de 1.238 km^2 (PHDS, 2015/21). Está compuesta por materiales de naturaleza margosa entre los que se intercalan niveles detríticos y calcáreos que constituyen los diferentes niveles acuíferos. Todo el conjunto compone un sistema acuífero multicapa que puede alcanzar los 1.000 m de espesor. Este

sistema presenta cuatro formaciones acuíferas que se clasifican en función de la edad de sus materiales: una superficial de carácter libre (acuífero Cuaternario) y tres profundas de carácter confinado (acuíferos Plioceno, Messiniense y Tortoniense). A continuación, se exponen sus principales características nombrados de más superficial a más profundo (IGME, 1994)); (IGME, 1989); (Confederación Hidrográfica del Segura, 2013).

- **Acuífero Cuaternario.** Es de naturaleza detrítica y constituye el acuífero libre superior. Está compuesto por gravas, arenas, limos y arcillas, con relativamente alta heterogeneidad de parámetros hidráulicos. Su espesor oscila entre 20-150 m. Aflora en la mayor parte de la extensión superficial del Campo de Cartagena y presenta relación hidráulica directa con el Mar Menor. Su extensión de afloramiento es de 962 km^2. Este acuífero es el que recibe de manera más directa los impactos derivados de las actividades agrarias, ya que la práctica totalidad de dichas actividades se desarrollan sobre su superficie.
- **Acuífero Plioceno.** Compuesto por areniscas, calcarenitas y conglomerados. Los espesores varían entre 6-110 m. Presenta una extensión de afloramiento de 197 km^2.
- **Acuífero Andaluciense (o Messiniense).** Compuesto por calizas bioclásticas, areniscas y conglomerados. Su espesor es de unos 125 m y su extensión de afloramiento es de 8 km^2.
- **Acuífero Tortoniense (también denominado "La Naveta").** Compuesto por conglomerados y areniscas con potencias entre 150 y 200 m. Aflora al norte de la masa de agua en una extensión de unos 25 km^2.

Además, existe otra formación acuífera constituida por carbonatos del Triásico, aflorante en el Cabezo Gordo, y que presenta cierta conexión en determinados sectores con el acuífero Andaluciense. Estos materiales son los que constituyen el acuífero de la masa de agua subterránea "Triásico de Los Victorias", mencionada anteriormente.

El PHDS 2015/21 ha diferenciado dos sistemas acuíferos dentro de la masa de agua Campo de Cartagena. Por un lado, el denominado como "Campo de Cartagena" (código 100) que corresponde con un sistema acuífero multicapa y que agrupa los 3 acuíferos superiores listados anteriormente (Cuaternario, Plioceno y Andaluciense) y, por otro, el acuífero "La Naveta" (código 99) correspondiente a los materiales del Tortoniense, el cuarto dela lista precedente.

En el mapa litoestratigráfico (Figura 56) los materiales detríticos cuaternarios afloran en prácticamente toda la masa de agua rellenando las partes más bajas y llanuras (representados en tonalidades grises), mientras que los afloramientos del Terciario (Plioceno, Andaluciense y Tortoniense) lo hacen fundamentalmente en el extremo norte (colores amarillos). Los materiales coloreados en tonos rosa corresponden a carbonatos del Triásico de la sierra ubicada en el límite sur de la masa de agua.

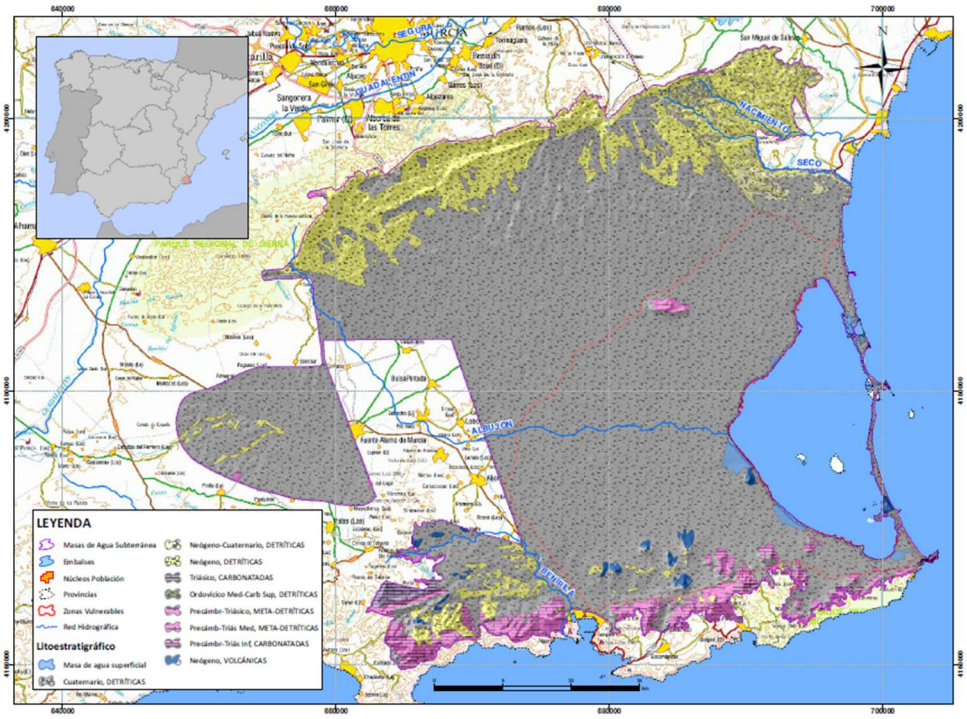


Figura 56: Litoestratigrafía de la masa de agua subterránea Campo de Cartagena. (Elaboración propia)

Geológicamente, este sistema multicapa se caracteriza por una gran complejidad tectónica, con cambios de facies muy frecuentes, lo que origina que no estén presentes todos los acuíferos a lo largo de la extensión de la masa de agua subterránea. Los acuíferos están separados en la vertical por niveles de baja permeabilidad, normalmente de naturaleza margosa. La compleja estructura geológica también afecta a la existencia y desarrollo de estos niveles margosos condicionando el grado de relación hidráulica entre los acuíferos. La heterogeneidad del conjunto hace que los parámetros hidráulicos (permeabilidad, transmisividad y coeficiente de almacenamiento) presenten grandes variaciones a lo largo de toda su extensión.

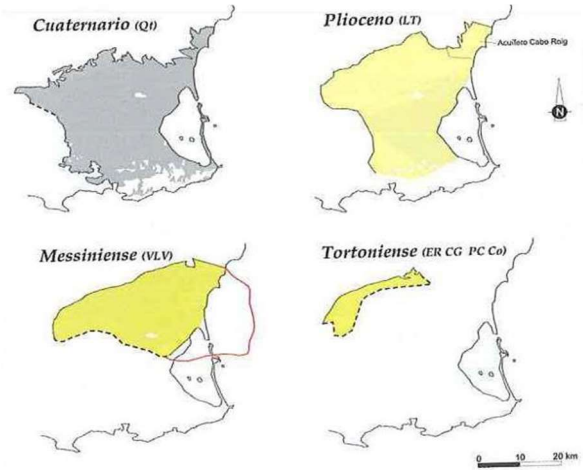
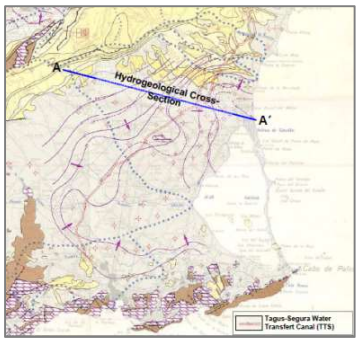


Figura 57: Extensión y límites propuestos para los acuíferos del Campo de Cartagena (modificado de (García-Aróstegui, y otros, 2012)). Nota: el acuífero Cuaternario también está presente bajo el Mar Menor. (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017).



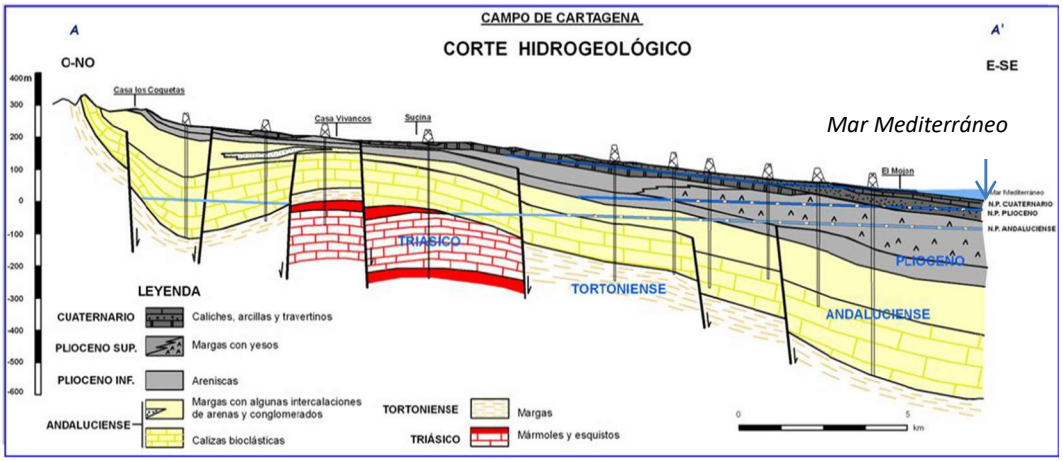


Figura 58: Corte geológico zona norte de la masa de agua C. Cartagena (García Aróstegui, y otros, 2009).

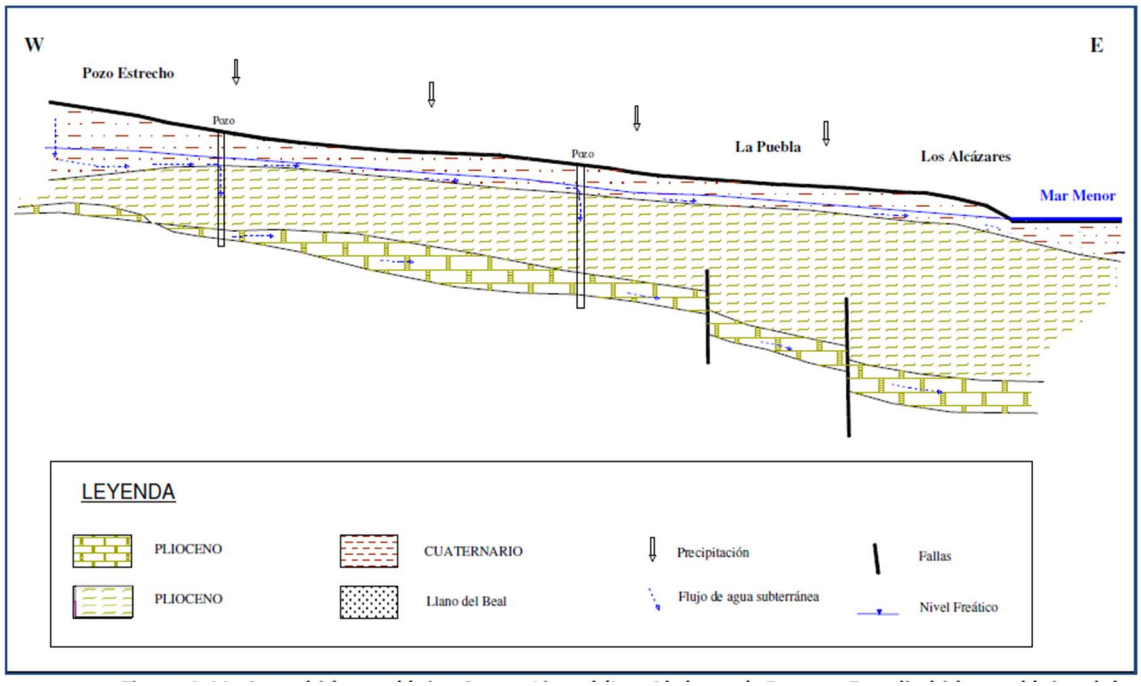


Figura 59: Corte geológico sector litoral del Campo de Cartagena. (Modificado a partir de (IGME, 1991))

En la Figura 58 y Figura 59 se muestran dos cortes geológicos con la distribución de las formaciones acuíferas presentes en el Campo de Cartagena. La primera figura corresponde con la zona norte de la masa de agua (en contacto con el Mar Mediterráneo) y, la segunda, con el sector litoral en las proximidades de Los Alcázares. En dicha figura se aprecia la conexión del acuífero Cuaternario con el Mar Menor (el sustrato del acuífero continúa por debajo del Mar).

2.2.1.1 Conexión artificial entre acuíferos

En el Campo de Cartagena la explotación de las aguas subterráneas ha sido más intensa en los acuíferos inferiores por presentar mayor productividad y, normalmente, mejor calidad química que el acuífero Cuaternario. La gran mayoría de los pozos de bombeo se han construido de manera deficiente sin aislar el acuífero superior (sin cementar el tramo correspondiente al mismo, con tramos ranurados en todas las formaciones acuíferas, etc.) lo que ha originado la conexión directa entre los niveles acuíferos atravesados, a pesar de que se encuentren separados por tramos margosos impermeables en determinados sectores. Esta conexión artificial se ha producido de manera más acusada entre los acuíferos Cuaternario y Plioceno. La densidad media de captaciones es muy elevada, estimada en 1,2 pozos por km^2 aumentando hacia la costa (Jiménez-Martínez, Molinero, & Candela, 2011).

Se considera que un elevado porcentaje (cerca del 80%) de las captaciones que captan el acuífero Plioceno no tienen cementado el tramo correspondiente al acuífero Cuaternario (cálculo efectuado sobre un valor de 610 sondeos (IGME, 1991)).

Estudios más recientes citan que en la base de datos del IGME están registrados 966 sondeos que captan el acuífero Plioceno y niveles inferiores, y se estima que "*el número de pozos no registrados (ilegales) puede ser el doble o incluso mayor*" (Jiménez-Martínez, Molinero, & Candela, 2011)

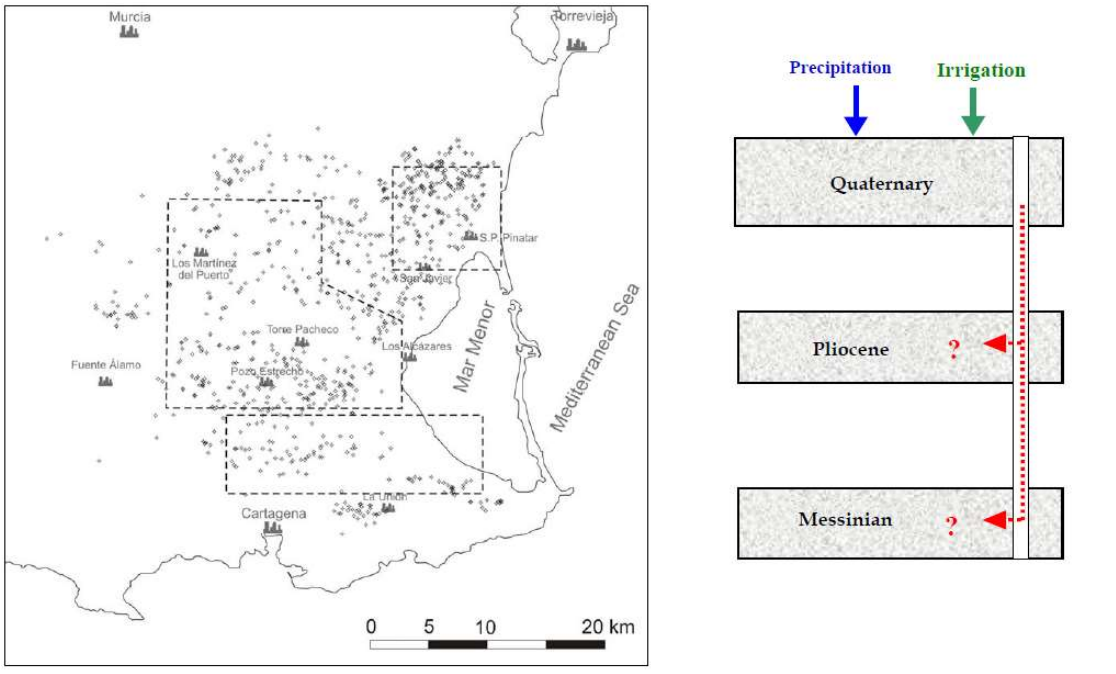


Figura 60: Distribución espacial de los pozos de bombeo registrados en la Base de Datos del IGME existentes en el Campo de Cartagena (966 captaciones) y esquema de la conexión hidráulica entre acuíferos producida por las captaciones (IGME, 1991).

Toda esta red de captaciones ha originado un serio problema de contaminación cruzada entre acuíferos ya que constituyen una vía de entrada preferente para los contaminantes de origen

agrario desde el acuífero Cuaternario superficial hacia los confinados profundos. Además, en los últimos años, las captaciones abandonadas están siendo empleadas para verter las aguas de rechazo (salmueras) de las plantas desalobradoras existentes en la zona, lo que constituye otro mecanismo de contaminación para los acuíferos.

2.2.1.2 Funcionamiento hidrogeológico y piezometría

En principio, el presente documento se va centrar en el acuífero del Campo de Cartagena definido en el Plan Hidrológico vigente (PHDS 2015/21) como un acuífero multicapa constituido por los acuíferos Cuaternario, Plioceno y Andaluciense. El acuífero Tortoniense, conocido como "La Naveta" en el Plan, presenta una menor entidad que el resto, estando únicamente representado al norte de la masa de agua no apareciendo en el sector litoral. Este acuífero sólo se mencionará en aquellos apartados en los que resulte significativa su relación con la situación ambiental del Mar Menor.

En la Tabla 63 se muestran las características de tres piezómetros de la Red de Seguimiento del Estado Cuantitativo de la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS), ubicados muy próximos entre sí, en el municipio de San Javier, al norte de la masa de agua. En la columna "Prof. nivel" se puede apreciar claramente la diferenciación de los tres niveles acuíferos. El nivel más próximo a superficie corresponde con el acuífero superficial Cuaternario (piezómetro 07.31.096), el intermedio al Plioceno (piezómetro 07.31.006) y el más profundo al Andaluciense (piezómetro 07.31.005).

Tabla 63: Datos de los piezómetros 07.37.096, 07.31.006 y 07.31.005

CÓDIGO	COD. IGME	Acuífero	Coordenadas ETRS 89		Z (m)	Prof. (m)	Prof. nivel (m)	Fecha medida
			X (m)	Y (m)				
07.31.096	283810010	Cuaternario	691711	4187560	25	30	3,1	10/07/17
07.31.006	283810021	Plioceno	691614	4187629	24	171	47,1	19/08/16
07.31.005	283810020	Andaluciense	691608	4187627	25	318	112,3	10/07/17

2.2.1.2.1 Acuífero Cuaternario

De los acuíferos presentes, el acuífero Cuaternario es el único, en base a la información actual disponible, que presenta conexión hidráulica directa con el Mar Menor ya que sus materiales se prolongan más allá de la línea de costa constituyendo el sustrato del mismo. Las direcciones de flujo de las aguas subterráneas del acuífero convergen hacia el Mar Menor a lo largo de toda su línea de costa, y, en menor medida hacia el Mediterráneo en la zona norte del acuífero, por lo que **el Mar Menor recibe los aportes de las aguas subterráneas procedentes de la descarga natural del acuífero**. Este hecho tiene una elevada repercusión en la degradación ambiental del Mar Menor, al ser las aguas subterráneas procedentes del acuífero una de las vías de entrada de los productos agroquímicos (nitratos, sobre todo) que han originado su eutrofización.

La descarga subterránea se produce a lo largo del borde costero en una franja relativamente estrecha de la orilla y es función del espesor saturado del acuífero, el gradiente hidráulico y la permeabilidad de los materiales del acuífero.

El borde costero presenta heterogeneidad geométrica y litológica como se ha reflejado en trabajos de investigación que se han desarrollado en el acuífero ((IGME, 1991) (IGME, 1994) (Tragsatec, 2008) (Tragsatec, 2009) (Rodríguez Estrella, 2009). En estos estudios se han evidenciado variaciones en los valores de transmisividad superiores a 500 m^2/d entre distintas zonas del acuífero. Según los estudios realizados por Rodríguez-Estrella (2016), existen tres ejes de drenaje principales en el acuífero del Cuaternario (Ramblas del Albujón y Beal y

Academia Militar de San Javier), que coinciden con tres sectores donde los espesores del acuífero Cuaternario son mayores, y que se correlacionan en el Mar Menor con sectores litorales donde las conductividades y las temperaturas son menores. En los sondeos de investigación realizados por Tragsatec (2007 y 2008) ubicados en la zona sur del borde costero (entre las localidades de Los Urrutias y Playa Honda), se obtuvieron tramos de materiales más transmisivos, que podían corresponderse con la existencia de paleocanales en el acuífero Cuaternario. En esta zona el espesor del acuífero osciló entre 10-20 m frente a otros sectores situados en el norte del mismo donde el espesor alcanza los 60-70 m.

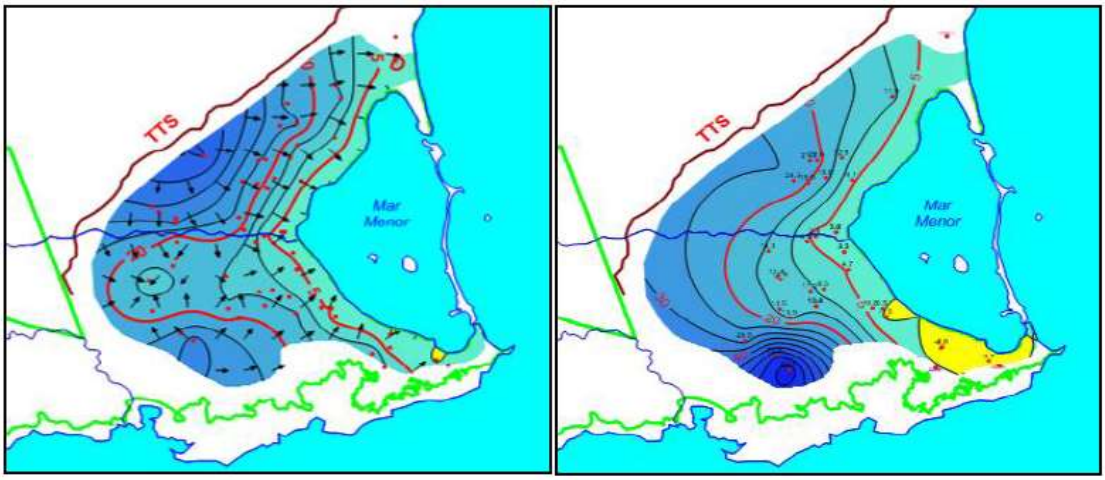


Figura 61: Isopiezas y direcciones de flujo del acuífero Cuaternario. Octubre 2009 (mapa derecha) y octubre de 2016 (mapa izquierda) (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017)

Debido a la diversidad de litologías (cada una con una permeabilidad diferente) y las variaciones de espesor, el flujo subterráneo dentro del acuífero Cuaternario no es constante sino que presentará zonas de mayor caudal de circulación de agua (zonas con materiales más permeables y/o mayor espesor saturado) y zonas en las que el flujo subterráneo será más reducido (materiales más impermeables y/o espesores saturados más bajos). En este sentido, el aumento de los niveles por efecto de los retornos de riego ha originado (García-Aróstegui, y otros, 2012) que el volumen de descarga del acuífero al Mar Menor sea mayor que en condiciones naturales, con la consiguiente repercusión en el mayor aporte de nitratos procedentes del abonado de los cultivos de superficie.

2.2.1.2.2 Acuíferos Plioceno y Andaluciense

Los acuíferos Plioceno y Andaluciense presentan direcciones de flujo similares a las del Cuaternario, desde las zonas de recarga hacia el borde costero, con ciertas variaciones locales dependiendo de la existencia de conos de bombeo. Respecto a la conexión de estos acuíferos con el Mar Menor, los estudios realizados hasta la fecha establecen que no presentan relación hidráulica con el mismo. El acuífero Plioceno, de acuerdo con los trabajos de García-Aróstegui (García-Aróstegui, y otros, 2012), "*debe extenderse con carácter confinado por debajo del Mar Menor (bajo una capa de baja permeabilidad que lo separa del acuífero Cuaternario) hasta La Manga. Por otro lado, el acuífero Andaluciense se prolongaría de forma confinada unos 11 km bajo el Mediterráneo, de acuerdo a la información geológica existente en la plataforma continental*" (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017).

2.2.1.3 Evolución piezométrica de los acuíferos del Campo de Cartagena

Para comprender mejor la situación actual del sistema acuífero Cuaternario-Mar Menor es necesario conocer la evolución histórica de la zona. Establecer el inicio de la problemática y analizar la respuesta del acuífero ayuda a determinar las causas de la degradación ambiental de las aguas subterráneas y a orientar las medidas para poner solución a la entrada de contaminantes a las mismas, ya que estos contaminantes acaban llegando al Mar Menor.

Las primeras referencias de la explotación de las aguas subterráneas en el Campo de Cartagena datan del siglo XIX, con la perforación de los primeros pozos artesianos que se conocieron en España (captaban las aguas de los acuíferos Plioceno y Andaluciense en el entorno de San Javier). La explotación se incrementó notablemente en la segunda mitad del siglo XX, llegando a producirse en los años 70 fenómenos de intrusión marina en las zonas próximas al borde costero debidas al avance de la interfaz agua dulce-agua salada por efecto de los bombeos, y problemas de sobreexplotación en los acuíferos. En esta situación, la dirección del flujo tenía lugar desde el Mar Menor hacia el acuífero Cuaternario.

La llegada del Trasvase Tajo-Segura (en adelante, ATS) en 1979 supuso un antes y un después en la gestión de los recursos hídricos de la zona originando un punto de inflexión en las condiciones del sistema. Las extracciones agua subterránea se redujeron debido a que las aguas del ATS presentaban más ventajas de utilización que las de los acuíferos. Por un lado, las aguas del ATS tenían una mejor calidad química que las subterráneas, las cuales registraban elevados valores de salinidad lo que las hacía poco tolerables para ciertos tipos de cultivos, y por otro lado, las aguas del ATS suponían un menor coste, ya que las del acuífero había que bombearlas en algunos sectores desde profundidades próximas y superiores a 150 metros.

Otro efecto del ATS fue el de la recarga del acuífero con aguas externas al sistema, correspondiente a los retornos de riego. Tanto por la reducción de las extracciones como por el aumento del volumen infiltrado al acuífero procedente de los retornos de riego, se produjo un ascenso generalizado de los niveles de los acuíferos. La tendencia fuertemente descendente que venían registrando desde años anteriores se modificó por un marcado ascenso generalizado, llegando a registrarse ascensos de 5 m/año (IGME, 1991). La red de pozos de bombeo que conectan artificialmente las formaciones acuíferas favorecieron (y continúan favoreciendo) la llegada de los retornos de riego (con elevadas concentraciones de nitratos y otros contaminantes derivados de las prácticas agrícolas) a los acuíferos inferiores Plioceno y Andaluciense (este último en menor medida, al presentar el nivel a más profundidad).

Las aportaciones del ATS no han sido constantes desde su inicio ya que el volumen trasvasado depende de las aportaciones y volúmenes embalsados en los embalses de Entrepeñas y Buendía, situados en la cabecera de la cuenca del Tajo. La aportación asignada al Campo de Cartagena (concretamente a la Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena) es de 122 hm^3/año, pero sólo en dos años (1998/99 y 2013/14) se ha trasvasado esta cantidad. El resto de los años las aportaciones han ido variando en función de la situación hídrica en la cabecera del Tajo, lo cual ha supuesto que en época de escasez hídrica las aportaciones trasvasadas hayan sido muy reducidas (por ejemplo, en 1995 los volúmenes proporcionados fueron de 10 hm^3/año). En la Figura 62 se muestran los volúmenes reales suministrados a la C.R. del Campo de Cartagena por las infraestructuras del Postrasvase.

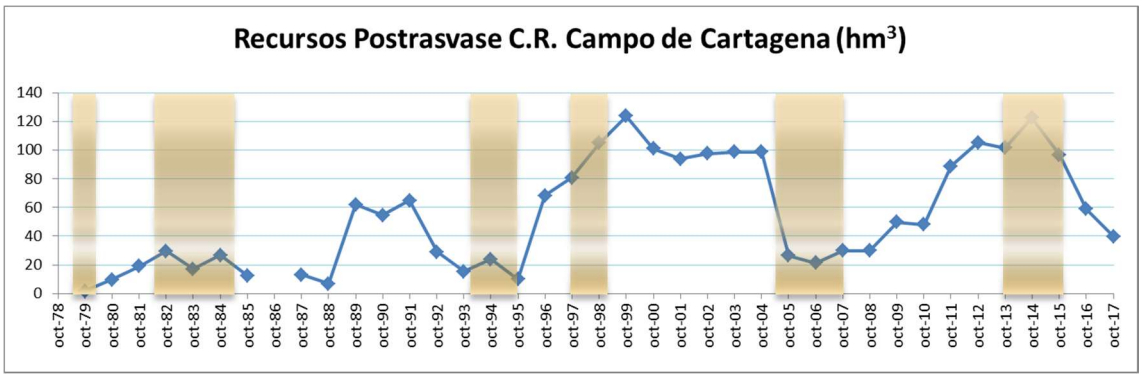


Figura 62: Volúmenes suministrados la C.R. del Campo de Cartagena por las infraestructuras del Postrasvase (Fuente de datos: CHS). Los sombreados corresponden con las situaciones de sequía.

Para atender la demanda actual establecida de riego, la reducción en las aportaciones del ATS es suplida con un aumento de las extracciones de agua subterráneas. En este sentido, las aguas subterráneas están teniendo un papel fundamental en el mantenimiento de la actividad agrícola de la zona. A nivel general representan, según las situaciones de sequía, entre el 30 y el 75% del agua para riego (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017).

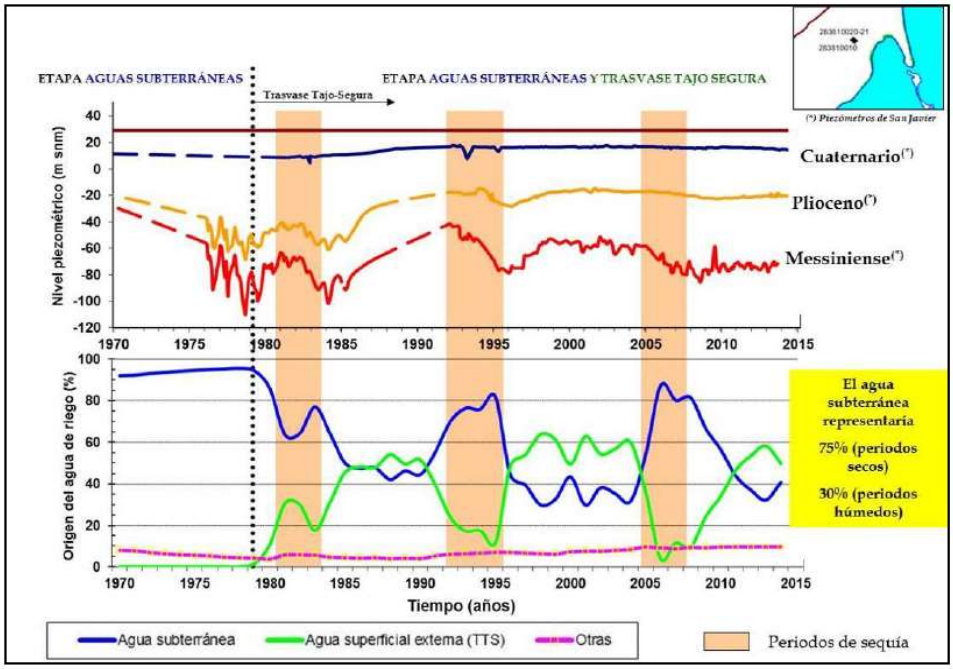


Figura 63: Origen del agua para riego y relación con niveles piezométricos en la parte norte del acuífero del Campo de Cartagena.

***Nota: Porcentajes orientativos suponiendo una demanda total media para regadío de 200 hm³/año. (Elaborado por García-Aróstegui, publicado en* (Custodio, y otros, 2016) *y* (Senent-Aparicio, Pérez-Sánchez, García-Aróstegui, Bielsa.Artero, & Domingo-Pinillos, 2015).**

En la Figura 63 se muestra la evolución piezométrica de los acuíferos Cuaternario, Plioceno y Andaluciense (el área de San Javier), las aportaciones procedentes del ATS y la evolución de los orígenes del agua de riego. Como se observa, cuando se reduce la aportación de agua del Trasvase Tajo-Segura en las situaciones de sequía, se produce un incremento del bombeo de aguas subterráneas originando un descenso de los niveles piezométricos.

A continuación, se expone un breve análisis sobre la evolución piezométrica por sectores de la masa de agua subterránea. Para ello se han seleccionado una serie de piezómetros representativos de los diferentes acuíferos pertenecientes a la Red del Estado Cuantitativo de la CHS y de la Red Piezométrica del IGME. La ubicación de estos puntos de control se muestra en la Figura 64.

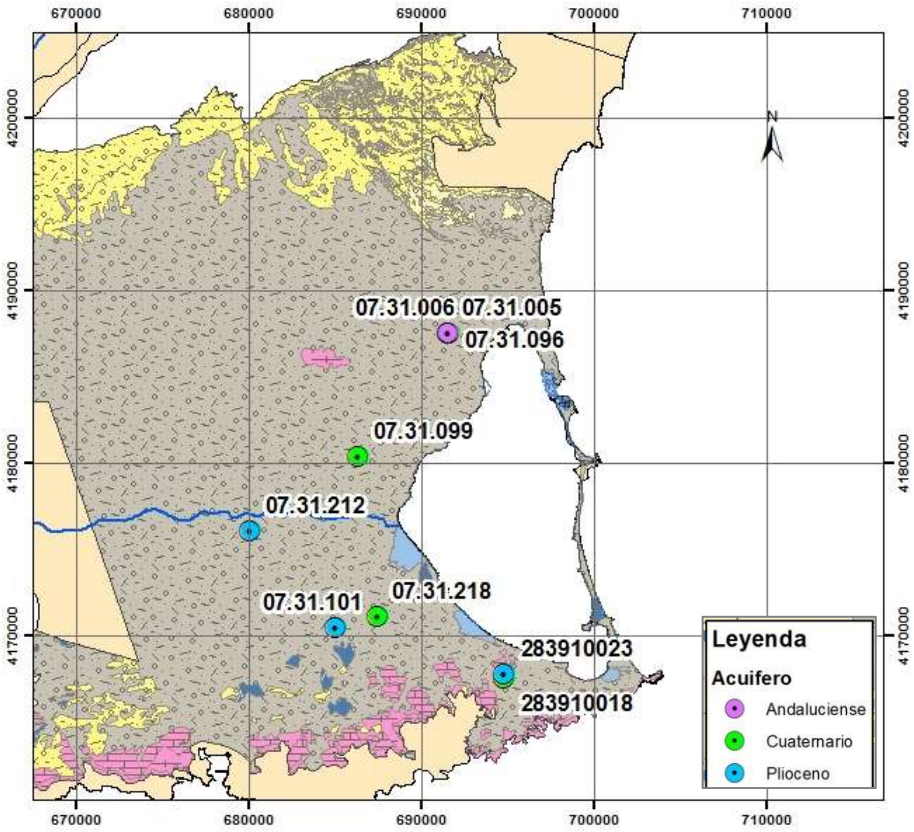


Figura 64: Ubicación de los piezómetros empleados en el análisis piezométrico.

2.2.1.3.1 Zona norte

En la Figura 64 se muestra la evolución piezométrica de los acuíferos Cuaternario, Plioceno y Andaluciense obtenida de los registros de los piezómetros indicados en la Tabla 63 ubicados en municipio de San Javier y expuesta anteriormente. Recordemos que el acuífero Andaluciense sólo aparece en el tercio norte de la masa de agua subterránea. Desde el inicio de las medidas los piezómetros reflejan las variaciones comentadas anteriormente: sobreexplotación previa al ATS, ascenso significativo del nivel tras la entrada en funcionamiento del mismo y variaciones producidas como consecuencia de las situaciones de sequía, con la consecuente reducción en los volúmenes trasvasados, y compensación con recursos subterráneos de la demanda de riego.

A partir del año 2001 se inicia una tendencia descendente en los niveles de los tres acuíferos. En el acuífero Andaluciense el descenso es muy significativo ya que desde 2001 hasta 2017 el descenso acumulado ha sido cercano a 40 metros, llegando a una situación piezométrica similar previa al comienzo del ATS. En el caso del acuífero Plioceno la tendencia es menos acusada, siendo el descenso acumulado entre 2001 y 2016 de unos 9 metros. No hay datos para el año 2017 de este piezómetro por lo que se desconoce si la tendencia continúa en la misma línea. Por último, el Cuaternario también registra la tendencia descendente hasta 2016,

siendo el descenso acumulado hasta esta fecha de unos 4 metros, recuperándose los niveles en el año 2017 por efecto de las intensas lluvias caídas a finales de 2016.

Las evoluciones de los niveles indican que la explotación de las aguas subterráneas está siendo muy intensa en esta zona para completar el déficit de recursos hídricos procedentes del ATS. Se aprecia claramente la relación entre las variaciones de los aportes del ATS (Figura 65) y los niveles de los acuíferos, aumentando los niveles cuando aumenta el volumen trasvasado y a la inversa. También queda patente que el acuífero Andaluciense es el que más acusa la extracción de las aguas subterráneas ya que, aunque experimenta recuperación cuando los recursos trasvasados aumentan, el nivel continúa con la tendencia de descenso.

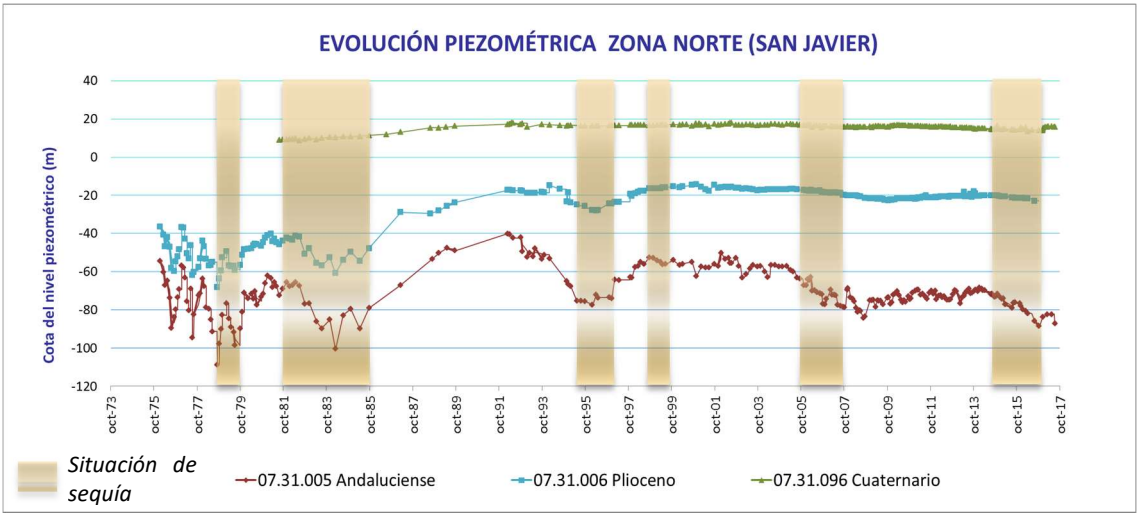


Figura 65: Evolución piezométrica de los acuíferos Andaluciense, Plioceno y Cuaternario. Zona norte. (Fuente de datos: CHS).

El acuífero Cuaternario presenta unas variaciones menos acusadas debido a que sus niveles están mantenidos por el efecto de las recargas al sistema (retornos de riego y precipitaciones), Además, los recursos que se extraen de este acuífero son menores que los de los acuíferos Plioceno y Andaluciense. En las gráficas se aprecia el efecto de la recarga en el mantenimiento de los niveles de los acuíferos Cuaternario y Plioceno, aunque en este último es de menor intensidad. Por el contrario, en el caso del acuífero Andaluciense parece que las aguas de recarga no llegan a alcanzarlo o lo hacen en un volumen mucho menor al de las extracciones (la evolución de este acuífero está en una situación preocupante, al menos en las inmediaciones de este piezómetro, lo que debería ser objeto de estudio y análisis). Esta gradación de los efectos de la recarga es coherente, ya que cualquier recarga que se produzca desde superficie alcanza de manera más rápida los niveles del acuífero Cuaternario, situados a unos 9 metros de profundidad, y llega más tarde y en menor volumen a los niveles de los acuíferos Plioceno y Andaluciense, ubicados a unos 44 metros y 93 metros (valores medios de la serie histórica), respectivamente.

2.2.1.3.2 Zona central

En esta zona se dan dos evoluciones piezométricas diferentes en función de la ubicación del piezómetro respecto al área abastecida por el ATS.

Los piezómetros 07.31.099 (Cuaternario) y 07.31.212 (Plioceno), ubicados al este y al sur de la localidad de Torre Pacheco, se encuentran dentro del área abastecida con las aguas del Trasvase, por lo que sus evoluciones son relativamente similares a las de los piezómetros de la

zona norte, comentada anteriormente. En la Figura 66 se muestran las series piezométricas de ambos puntos de control.

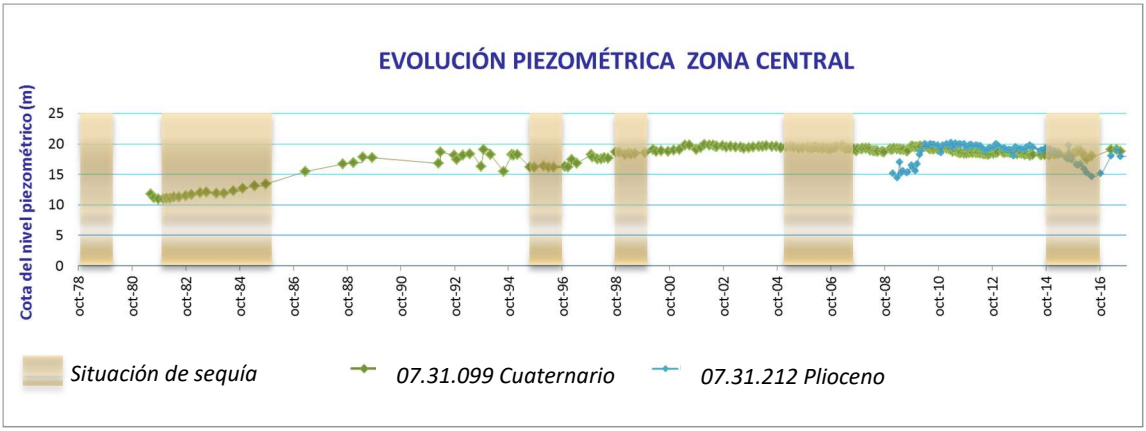


Figura 66: Evolución piezométrica de los acuíferos Plioceno y Cuaternario. Zona central. (Fuente de datos: CHS).

En el acuífero Cuaternario se observa el mismo patrón evolutivo desde el inicio de las medidas hasta el año 2001. Es decir, se aprecia el aumento de los niveles como consecuencia de la llegada de los aportes del ATS en 1979 y el descenso producido por la situación de sequía que tuvo lugar entre los años 1994 y 1996. A partir del año 2001, mientras que en la zona norte los niveles comienzan una tendencia descendente, en esta zona se mantienen. El nivel del acuífero está próximo a superficie (3 metros de profundidad, aproximadamente), lo que favorece que la recarga alcance rápidamente el nivel freático y sea más patente el efecto de mantenimiento del nivel que originan la infiltración procedente de los retornos de riego y las precipitaciones. En las medidas del año 2017 se aprecia el ascenso producido como consecuencia de las intensas lluvias de finales de 2016.

En el acuífero Plioceno el registro de medida es más corto. Al inicio de los registros, en 2009, los niveles estaban más bajos como consecuencia de la reducción en los aportes del ATS y el consecuente aumento de las extracciones. Posteriormente, los niveles ascienden al incrementarse los recursos que llegan del ATS hasta experimentar un nuevo descenso a partir de 2015, por la reducción también de los aportes del trasvase. En 2017 se produce nuevamente el ascenso del nivel debido a las lluvias de finales de 2016. El hecho de que los descensos sean más acusados en este acuífero es indicativo de que los recursos subterráneos para riego proceden en mayor proporción del Plioceno que del Cuaternario. La recarga contribuye al mantenimiento de los niveles, pero es evidente que la extracción implica un mayor volumen de recurso hídrico. En esta zona, la profundidad del nivel se sitúa a unos 19 metros.

Por otro lado, el piezómetro 07.31.101 (Plioceno) está ubicado en Los Beatos en el límite del área de abastecimiento del ATS (próximo al límite entre la UDA 57 *Resto Campo de Cartagena, regadío mixto de acuíferos, depuradas y desalinizadas* y UDA 58 *Regadíos redotados del TTS de la ZRT Campo de Cartagena*), por lo que las parcelas de riego ubicadas al sur del piezómetro (dentro de la UDA 57) dispondrán de recurso hídrico de origen diferente al Trasvase. Este hecho se refleja en el comportamiento piezométrico del punto ya que su evolución difiere de las anteriormente expuestas. No se ha podido seleccionar ningún piezómetro del acuífero Cuaternario en esta zona por presentar, los existentes, series de medida demasiado cortas.

Observando la Figura 67, la evolución es similar a los casos anteriores desde el origen de las medidas hasta el año 2001. A partir de este año los niveles continúan con una clara tendencia

ascendente que contrasta con el patrón de descenso o mantenimiento de los niveles en los otros sectores. Este hecho es indicativo de que la explotación de los recursos subterráneos debe ser menos intensa en esta zona (a pocos kilómetros se encuentra la EDAR Cabezo Beaza que dispone de una concesión de agua para riego. Es probable que las parcelas próximas sean las que reciban el agua de esta EDAR por lo que la explotación del acuífero sea menor). En los últimos años el bombeo de aguas subterráneas se debe haber incrementado porque el piezómetro registra un descenso continuado desde el año 2013, aunque su nivel sigue permaneciendo elevado respecto a su serie histórica. El nivel del acuífero Plioceno en este punto se encuentra a una profundidad media de 12 metros.

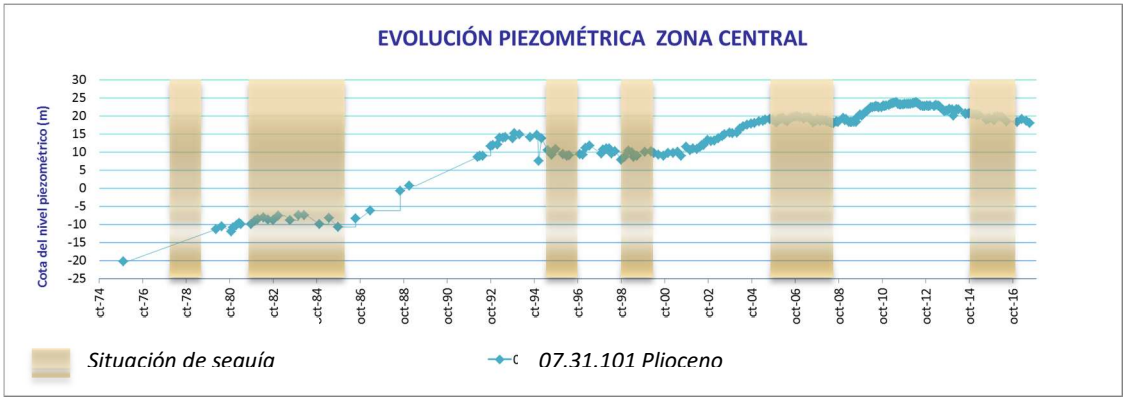


Figura 67: Evolución piezométrica del punto 07.31.101 del acuífero Plioceno. (Fuente de datos: CHS)

2.2.1.3.3 Zona del Arco Sur

La zona del Arco Sur del Mar Menor no recibe las aguas del ATS, hecho que se refleja en la evolución piezométrica que difiere significativamente de los casos anteriores, ya que no registra las variaciones debidas al aumento/reducción en la explotación del acuífero en función de las aportaciones del Trasvase.

En la Figura 68 se representa la línea evolutiva de dos piezómetros representativos de los acuíferos Cuaternario (283910018) y Plioceno (283910023) pertenecientes a la Red de Piezometría del IGME. Aunque su registro de medida sólo alcanza hasta el año 2002 sirve para mostrar claramente la diferencia en la evolución respecto a los otros sectores.

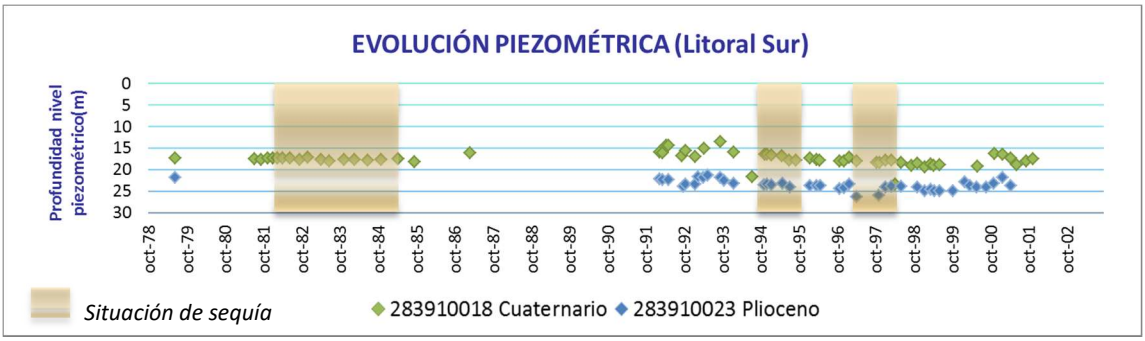


Figura 68: Evolución piezométrica de los acuíferos Plioceno y Cuaternario. Arco Sur. (Fuente de datos: IGME)

Los piezómetros están ubicados muy próximos entre sí. En las gráficas se aprecia la diferenciación de ambos niveles, encontrándose el Cuaternario más próximo a la superficie que el Plioceno. Ambos niveles están separados en la vertical por una distancia de unos 10 metros. En lo que respecta a su evolución, ambos acuíferos muestran un comportamiento

similar, presentando un patrón evolutivo más estable en el tiempo, en el que los descensos registrados se correlacionan con épocas de menor precipitación.

2.2.1.4 Conexión del acuífero con la red superficial

Antes del desarrollo de la actividad agrícola intensiva en la zona no existía conexión hidráulica entre las aguas del acuífero Cuaternario y los cauces superficiales (ramblas), manteniéndose los niveles del acuífero por debajo de la cota de base de éstas. Tras la llegada de las aguas del ATS, el ascenso que se produjo en los niveles piezométricos del acuífero Cuaternario, debido sobre todo a la recarga del acuífero por parte de los retornos de riego procedentes de aguas externas al sistema, originó que el nivel se situara muy próximo a la superficie del terreno.

Este hecho ha generado una descarga del acuífero a la rambla del Albujón manteniendo, de esta manera, un caudal de base en el tramo final de su desembocadura durante determinados momentos del año. Una vez los niveles del acuífero comienzan a bajar, tanto por la dinámica natural del mismo como por el efecto de las captaciones de bombeo, el caudal en la rambla se va reduciendo. Aunque no existen estudios detallados sobre la interconexión acuífero Cuaternario-Rambla del Albujón, se han estimado en 18,3 hm^3/año los aportes del acuífero superficial a dicha rambla (Senent, Martínez-Vicente, Cabezas, García-Aróstegui, & Baudron, 2009).

2.2.1.5 Calidad química de las aguas subterráneas

Las aguas subterráneas de la masa de agua Campo de Cartagena presentan serios problemas de calidad química relacionados, sobre todo, con elevadas salinidades y contenido en nitratos de origen agrario. Esta situación se ha visto reflejada en la diagnosis de su estado químico definido en el PHDS 2015/21 como “malo”.

En general, todas las formaciones acuíferas dentro de la masa de agua presentan deficiencias en calidad química pero, sin duda, el acuífero que registra una calidad más deficiente es el Cuaternario. Debido a sus características físicas e hidráulicas este acuífero presenta una elevada vulnerabilidad ante procesos de contaminación, ya que la permeabilidad de sus materiales y la escasa profundidad del nivel freático hacen que cualquier vertido (de origen agrícola, urbano, aguas procedentes de las ramblas que drenan la Sierra Minera, etc.) alcance las aguas subterráneas con relativa facilidad degradando su calidad química al incorporar contaminantes que, una vez en el acuífero, son muy difíciles de eliminar.

Este hecho tiene una implicación directa en el estado ambiental del Mar Menor debido a la conexión hidráulica que existe entre ambos. Según su dinámica natural el acuífero Cuaternario descarga sus aguas en el Mar Menor (y en el Mar Mediterráneo al norte de la masa de agua en las proximidades de San Pedro del Pinatar). Esta descarga tiene lugar a través de todo el frente costero, por lo que el Mar Menor es receptor de las aguas subterráneas del acuífero y, por tanto, de los elementos químicos que éstas lleven en disolución. Si las aguas subterráneas presentan elevadas concentraciones de contaminantes (en este caso, nitratos u otro tipo de nutrientes) éstos llegan al mar poniendo en peligro y alterando su estado ambiental (como ha sucedido). Por este motivo, se hace necesario obtener una completa y detallada caracterización química de las aguas subterráneas de los acuíferos para determinar la concentración de contaminantes que están llegando al Mar Menor a través de las aguas subterráneas.

Es necesario hacer hincapié en que la descarga de las aguas del acuífero Cuaternario al Mar Menor no se puede eliminar, es la dinámica natural del acuífero. Siempre ha existido y existirá un flujo de agua desde el acuífero al Mar (a no ser que nos encontremos ante una situación de intrusión marina debida a sobreexplotación del acuífero, lo que también implicaría una

alteración de las condiciones naturales del sistema y habría que solucionar). Lo que sí se puede controlar es la calidad química de las aguas del acuífero, limitando (o, incluso, evitando) la entrada de productos fitosanitarios u otros elementos químicos que afecten de manera negativa al estado ambiental del Mar Menor. Hay que lograr que las aguas subterráneas dejen de ser una de las vías de entrada de contaminantes al Mar Menor.

2.2.1.5.1 Salinidad

Las formaciones acuíferas de la masa de agua Campo de Cartagena presentan una salinidad elevada debida a causas naturales por la presencia de materiales evaporíticos entre las diferentes litologías que las componen, como por ejemplo, en los alrededores de San Pedro del Pinatar y Los Alcázares (IGME, 1989). Además, en una franja situada en el sector central de la masa de agua desde las localidades de Torre Pacheco a Los Alcázares, se ha constatado la presencia de agua subterránea fósil de origen marino (cuña salina fósil) de unos 12 km de longitud y 5 km de anchura media, ligada al acuífero Plioceno, con elevados valores de salinidad (Mora, Rodríguez, & Aragón, 1988). La facies hidroquímica predominante para los tres acuíferos es clorurada-sulfatada mixta.

Aparte de las causas naturales, también se ha producido un aumento en la salinidad de las aguas subterráneas debido a origen antrópico, como consecuencia de los efectos de las prácticas agrarias. Los retornos de aguas de riego que se generan en las zonas de regadío se infiltran en el acuífero. Estos retornos presentan una salinidad elevada por efecto de procesos de evapoconcentración; además, también registran altas concentraciones de nitratos y otros productos agroquímicos aplicados a los cultivos que ocasionan daños ambientales a los acuíferos.

El empleo de las aguas subterráneas para riego ha ocasionado un nuevo foco de contaminación que afecta a la calidad de las aguas de los acuíferos. El agua subterránea presenta elevados valores de salinidad que la hacen incompatible para ciertos tipos de cultivo, por ello, en los últimos años, se ha producido una proliferación en la zona de numerosas plantas desalobradoras privadas de pequeña capacidad, cuyo producto de rechazo (salmuera) es vertido de manera incontrolada a través de salmueroductos (con salida a posterior a cauces), al propio terreno (con la consiguiente infiltración al acuífero) o es inyectada directamente en pozos. Estas salmueras presentan unas elevadas concentraciones de salinidad y de nitratos por lo que suponen un grave peligro para la calidad de las aguas subterráneas. Se desconoce la parte del bombeo total de aguas subterráneas sometido a desalobración, cuyo proceso suele generar un 75% de producto y un 25% de salmuera (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017).

En base a los datos de la Red de Seguimiento del Estado Cualitativo de la CHS para el año 2017, las aguas subterráneas del acuífero Cuaternario registran una salinidad elevada con valores de conductividad eléctrica que oscilan entre 2.090 µS/cm y 10.020 µS/cm (este valor es probable que esté afectado por la cuña salina fósil mencionada anteriormente), registrándose valores por encima de los 3.500 µS/cm en zonas alejadas del mar. Las aguas del acuífero Plioceno también registran conductividades muy elevadas, próximas a 5.000 µS/cm en la zona norte y sur del acuífero. En el sector central, un punto de control presenta una conductividad de 9.060 µS/cm, achacable a la presencia de la intrusión marina fósil. Por último, en los puntos que caracterizan el acuífero Andaluciense se han medido conductividades que oscilan entre 1.891 µS/cm, en el litoral cerca de San Javier, y 5.360 µS/cm en la zona noroeste (Figura 69).

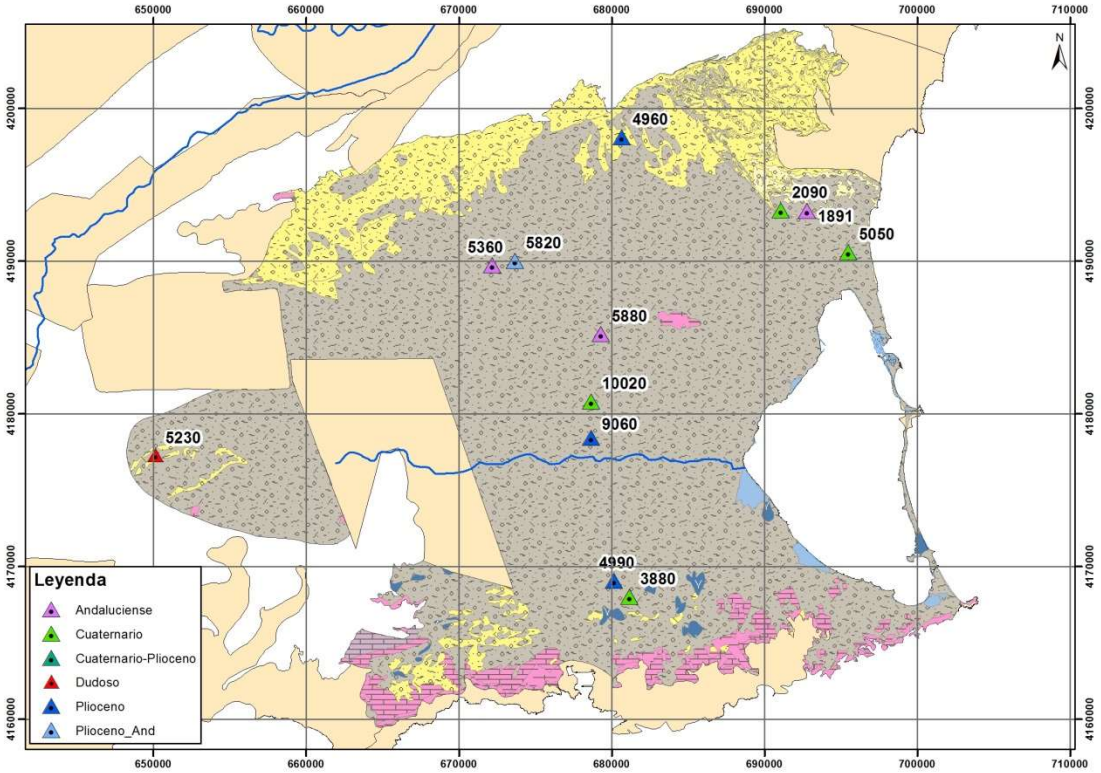


Figura 69: Conductividades de las aguas subterráneas. (Fuente de los datos: CHS, 2017)

2.2.1.5.2 Nitratos

Las aguas subterráneas de la masa de agua Campo de Cartagena registran unas elevadas concentraciones de nitratos de origen agrario debido la agricultura intensiva que se desarrolla en la zona y, probamente también, a la gran densidad de explotaciones ganaderas existentes (granjas porcinas) cuyos purines se emplean como fertilizante en las zonas de cultivo. Estos nitratos se incorporan a las aguas subterráneas por medio de los excedentes de aguas de riego que van a parar al acuífero mediante infiltración. La infiltración de las salmueras también incrementa el contenido en nitratos, ya que análisis realizados en ellas han arrojado valores de 350 mg/L de nitrato (Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente, 2015-2016).

El problema de los altos contenidos de nitratos llevó a la Comunidad Autónoma, en el año 2001, a designar como zona vulnerable a la contaminación de nitratos de origen agrario a la parte de los acuíferos Cuaternario y Plioceno definida entre la zona regable oriental del Trasvase Tajo-Segura y el sector litoral del Mar Menor (Orden de 20 de diciembre de 2001 de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia).

Aún después de haberse designado parte de la masa de agua subterránea como zona vulnerable, la concentración en nitratos se ha ido incrementando con el paso del tiempo incumpliendo las normativas nacionales y comunitarias aplicables. Actualmente, para comprobar la magnitud del problema que suponen los nitratos en las aguas subterráneas, basta con atender a los objetivos ambientales propuestos para esta masa de agua en base a los requerimientos de la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE). Dada la imposibilidad de cumplir con los objetivos ambientales para alcanzar el buen estado (concentración en nitratos inferior a 50 mg/L), ha sido necesario establecer unos objetivos menos rigurosos, consistente en conseguir una concentración máxima en nitratos, en cualquier punto de la masa, inferior a 200 mg/L en el año 2027.

Las primeras referencias que se tienen del contenido en nitratos de las aguas corresponden con medidas del IGME de la década de los 70. La gran mayoría de los puntos de muestreo presentan registros muy puntuales que no permiten elaborar gráficos de evolución. Estos registros se indican en la Tabla 64, (los puntos que sí tienen datos suficientes para elaborar el gráfico se han indicado en rojo y se muestran más adelante en gráficos). En base a los datos disponibles de los puntos de control (profundidad, nivel piezométrico, etc.) se ha intentado asignar el acuífero captado por cada uno de ellos, pero esta asignación presenta cierto grado de incertidumbre. En tres de los puntos no se ha encontrado información suficiente para determinar el acuífero correspondiente.

Como se observa en la Tabla 64, el acuífero que presenta mayores concentraciones de nitrato es, con diferencia frente a los otros, el Cuaternario en el que más de la mitad de sus registros ya presentaban en el año 1976 valores superiores a 50 mg/L (marcados en rojo en la Tabla 64) y, algunos de ellos, por encima de los 100 mg/L. En los acuíferos Plioceno y Andaluciense las concentraciones son menores, aunque en el caso del Plioceno dos muestras superan los 50 mg/L.

Tabla 64: Datos de concentración de nitratos de la masa de agua Campo de Cartagena en la década de los 70 (IGME, 1991).

CÓDIGO	UTM X	UTM Y	Fecha	NO3 (mg/l)	ACUÍFERO	OBSERVACIONES
273940015	683789	4168875	15-ene-76	46	Cuaternario	
273940016	684492	4170270	14-ene-76	47	Cuaternario	
273940025	685129	4171014	15-ene-76	42	Cuaternario	
273940028	686510	4171152	15-ene-76	55	Cuaternario	En 1989 registró 87 y 98 mg/l
273940032	686798	4169699	15-ene-76	64	Cuaternario	
273940036	687501	4169993	15-ene-76	53	Cuaternario	
273940041	688242	4170086	15-ene-76	123	Cuaternario	En 2002 registró 290 y 361 mg/l
273940044	687640	4171082	15-ene-76	90	Cuaternario	Gráfico
273940045	688409	4170835	13-oct-75	54	Cuaternario	
273940046	688567	4170684	15-ene-76	80	Cuaternario	
273940047	689031	4171030	15-ene-76	123	Cuaternario	
273920008	673432	4168467	13-ene-76	28	Cuaternario	
273920011	673640	4169465	13-ene-76	17	Cuaternario	
273930009	675415	4166549	13-ene-76	78	Cuaternario	
273760045	671807	4189770	13-ene-76	21	Plioceno	
273770001	674164	4195033	14-ene-76	38	Plioceno	
273780041	687910	4191390	09-nov-73	36	Plioceno	
273830018	676688	4186146	12-ene-76	56	Plioceno	
273920017	674680	4168256	13-ene-76	40	Plioceno	
273930024	675290	4169301	13-ene-76	53	Plioceno	
273930039	680306	4170957	14-ene-76	35	Plioceno	
283750074	692879	4194348	16-ene-76	13	Plioceno	Gráfico
283750114	691384	4196173	15-ene-76	13	Plioceno	
273760005	672320	4190046	13-ene-76	28	Cuaternario-Plioc.	
273770041	679656	4196576	14-ene-76	28	Cuaternario-Plioc.	
273860032	671597	4176036	13-ene-76	29	Cuaternario-Plioc.	
273880018	684278	4178876	12-ene-76	36	Cuaternario-Plioc.	
273930028	677803	4170679	14-ene-76	40	Cuaternario-Plioc.	
273940006	682306	4170839	14-ene-76	44	Cuaternario-Plioc.	
273780003	681914	4195625	14-ene-76	18	Andaluciense	
283750021	690438	4189827	23-oct-73	3	Andaluciense	
283750099	689808	4192184	16-ene-76	13	Andaluciense	
273930012	677101	4170485	14-ene-76	29	--	
273930017	675900	4170396	14-ene-76	35	--	
273840026	686054	4187414	12-ene-76	20	--	
273930037	680053	4170609	14-ene-76	38	--	

A partir de la década de los años 80 se tiene un registro más completo de la evolución de la concentración de nitratos del Campo de Cartagena. Los datos disponibles proceden de la Red

de Calidad Química del IGME, con medidas desde los años 70 hasta el 2003, y posteriormente de la Red del Estado Cuantitativo de la CHS cuyo registro de medida comprende desde el año 1989 hasta la actualidad. El disponer de datos de medida anteriores al ATS aporta información de gran interés para conocer el estado de las aguas subterráneas antes del desarrollo de la agricultura intensiva en la zona.

En las gráficas siguientes se muestran las evoluciones históricas del contenido en nitratos de los puntos de la Red de Calidad Química del IGME para los acuíferos Cuaternario, Plioceno y Andaluciense. El registro de medida termina en el año 2002 pero la información importante que aportan es la correspondiente a la década de los años 70 y 80, donde es posible observar la influencia del comienzo de la agricultura intensiva debido a la llegada del ATS en el año 1979 que se correlaciona con el incremento en la concentración de nitratos de los acuíferos. Para evaluar la concentración de nitratos se han marcado en las gráficas los umbrales de 50 mg/L, correspondiente a la Directiva de nitratos, y de 200 mg/L correspondiente a los objetivos menos rigurosos de la DMA, establecidos para la masa de agua Campo de Cartagena.

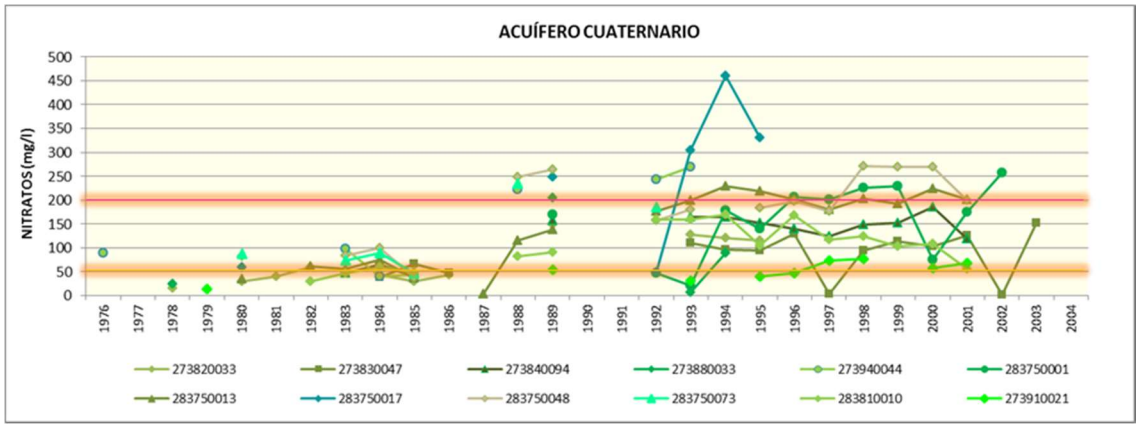


Figura 70: Evolución histórica de la concentración de nitratos del acuífero Cuaternario. (Fuente de datos: IGME)

Las muestras del acuífero Cuaternario (Figura 70) presentan las concentraciones de nitratos más elevadas superando la gran mayoría de los puntos a partir de 1980, los 50 mg/L. En la década de los 90 las concentraciones se incrementan llegando a valores por encima de 250 mg/L y superiores (en un punto se registraron más de 450 mg/L). Este aumento puede correlacionarse con el crecimiento agrícola de la comarca.

La evolución de la concentración de nitratos en el acuífero Plioceno (Figura 71) es similar a la del acuífero Cuaternario, aunque en general los valores son algo menores que los del acuífero superior. Los registros por encima de 50 mg/L son continuos, alcanzándose los 200 mg/L en algunos de los puntos de control a partir de los años 90.

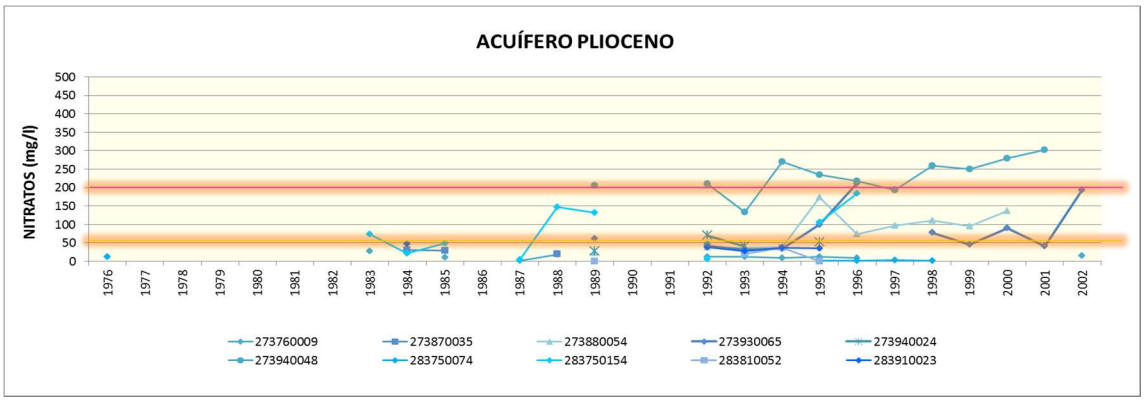


Figura 71: Evolución histórica de la concentración de nitratos del acuífero Plioceno. (Fuente de datos: IGME)

Por el contrario, el acuífero Andaluciense (Figura 72) se mantiene por debajo del umbral de 50 mg/L en todos los registros.

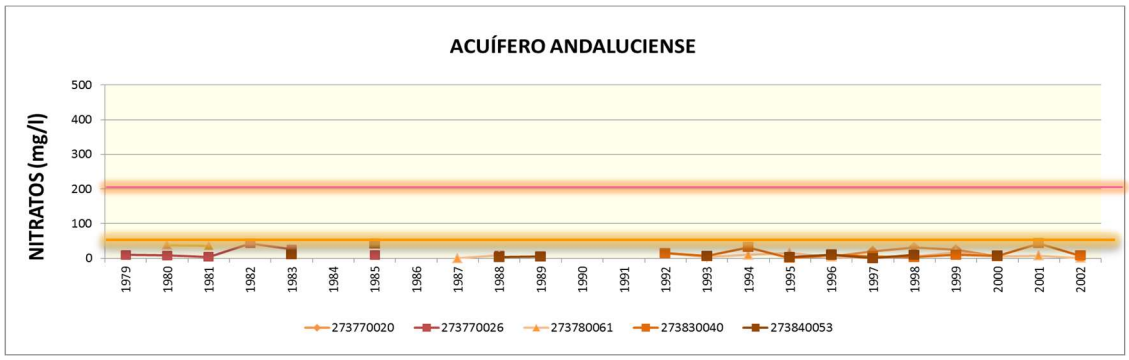


Figura 72: Evolución histórica de la concentración de nitratos del acuífero Andaluciense. (Fuente datos: IGME)

En la Figura 73 se exponen las series de cuatro piezómetros pertenecientes a la Red del Estado Cuantitativo de la CHS. En las gráficas de evolución se puede observar un comportamiento similar al reflejado en los datos del IGME. En el caso del acuífero Cuaternario se han seleccionado dos puntos, uno ubicado en la zona norte del acuífero (CA731006) y otro en la sur (CA731003). Como se puede observar, el contenido en nitratos es muy elevado en los acuíferos Cuaternario y Plioceno. Los valores más elevados se registran en el acuífero Cuaternario donde las concentraciones medidas son en la práctica totalidad de las muestras superiores a 50 mg/L y, muchas de ellas, son superiores a 250 mg/L. El punto CA0731006 se ha mantenido desde el año 1997, casi de manera continua, por encima de los 200 mg/L hasta la actualidad, llegando a valores superiores a 350 mg/L.

En el caso del acuífero Plioceno, desde el inicio de las medidas hasta el año 2001, las concentraciones se encontraban por debajo del umbral de 50 mg/L (con la excepción de la primera medida), registrándose valores muy reducidos en la segunda mitad de la década de los 90. A partir del año 2001 las concentraciones se incrementan notablemente llegando a superar en todas las muestras los 50 mg/L hasta alcanzar valores por encima de los 100 mg/L.

Por el contrario, en el acuífero Andaluciense las concentraciones son reducidas con un valor medio próximo a 10 mg/L. El valor máximo registrado ha sido de 63 mg/L.

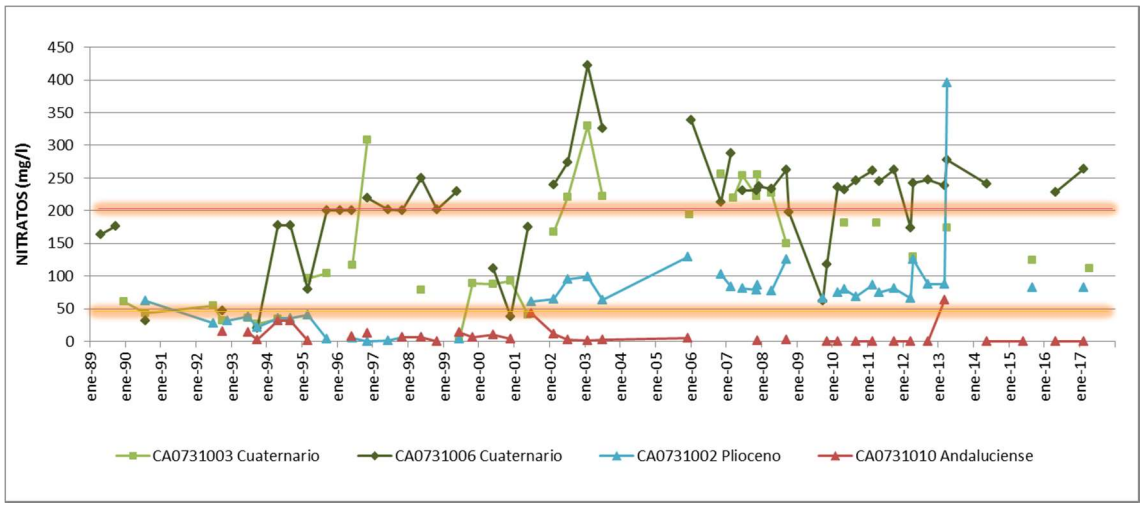


Figura 73: Evolución histórica de la concentración de nitratos de los acuíferos del Campo de Cartagena. (Fuente de datos: CHS)

A la vista de lo datos expuestos, quedan patentes las elevadas concentraciones en nitratos que presenta el acuífero Cuaternario desde mediados de los años 70 y que se han mantenido hasta la actualidad durante más de tres décadas. En los años 80 las concentraciones ya superaban los 100 mg/L en varios de los puntos muestreados, agravándose esta situación desde la década de los 90, superando en varios casos los 200 mg/L. Estas elevadas concentraciones se mantienen actualmente, como se registra en los puntos de control de la CHS, en los que se siguen midiendo valores por encima de 250 mg/L.

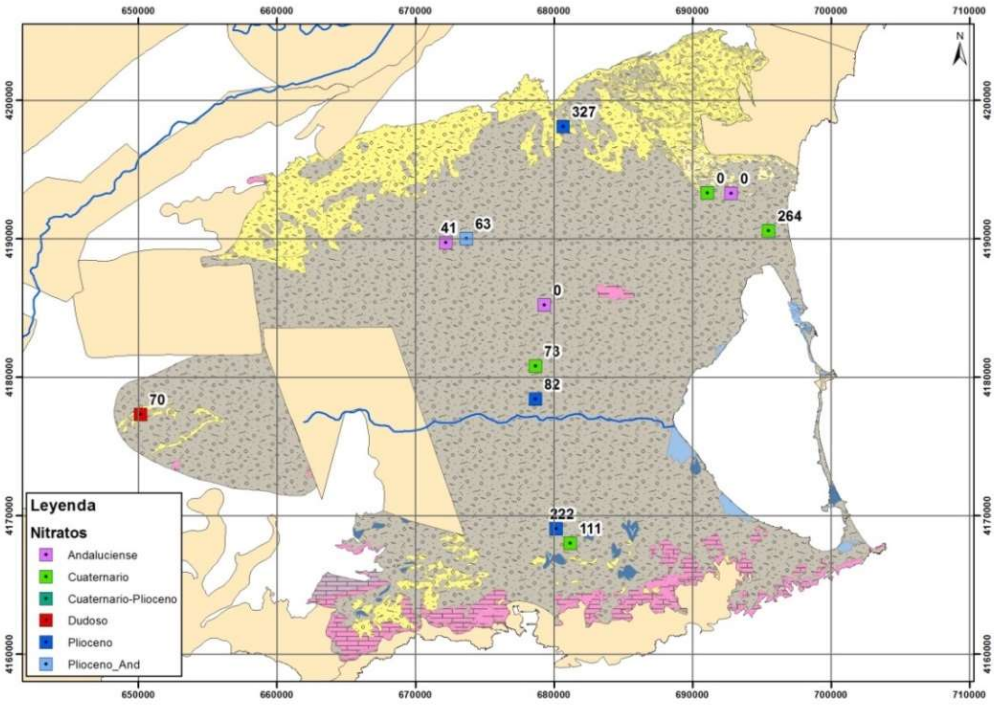


Figura 74: Contenido en nitratos de las aguas subterráneas del campo de Cartagena en el año 2017 (Fuente de datos: CHS).

En la Figura 74 se muestra la situación actual del contenido en nitratos de las aguas subterráneas del Campo de Cartagena en base a los datos de la Red de Seguimiento del Estado Cualitativo de la CHS para el año 2017.

La causa del elevado incremento en la concentración en nitratos del acuífero Plioceno (y en algunos registros del Andaluciense) tiene su origen más probable en la transferencia artificial de contaminantes que se produce desde el acuífero Cuaternario hacia los profundos, a través de los pozos abandonados y/o mal construidos que los comunican. Este hecho se constata ya que en los acuíferos inferiores las concentraciones en nitratos deberían ser bajas al no existir áreas de cultivo ni actividades ganaderas en sus zonas de recarga.

Por otra parte, en relación a intentar establecer una posible correlación entre el contenido en nitratos con la pluviometría y la piezometría, se han realizado análisis para los tres acuíferos y en ninguno de ellos se han podido establecer conclusiones directas sobre estas relaciones (Tragsatec, 2015).

Para cuantificar el contenido de nitratos presente en el acuífero Cuaternario, el IGME en colaboración con la CARM, ha efectuado ensayos en lisímetros con cultivo de lechuga y distintos patrones de abonado, y los lixiviados han presentado valores entre 50 y 660 mg/L de nitrato, con un valor medio de 244 mg/L. “Los datos preliminares indican que suponiendo que esta experiencia a escala reducida fuese extrapolable al resto de cultivos hortícolas, el aporte mínimo de nitrógeno en forma de nitrato al acuífero sería de 3.300 toneladas/año, equivalentes a 20 kg N/ha/año (en área regada), pero las cifras deben presentar gran variabilidad espacio-temporal. Los contenidos en nitratos en las aguas subterráneas del acuífero Cuaternario en la zona declarada vulnerable presentan valores superiores a 200 mg/L, como consecuencia de tales entradas y de los procesos de recirculación y evapoconcentración actuando durante varias décadas. Es de esperar que con estos valores de entradas de nitratos a las aguas subterráneas y las reservas estimadas para el acuífero Cuaternario (unos 1.800 hm^3, que resultarían de considerar 55 m de espesor saturado por 674 km^2 de zona regable y 4-5% de porosidad eficaz), el nitrato acumulado durante décadas en el acuífero debe superar las 300.000 toneladas, sin contar aquel que está presente en el suelo y en tránsito por la zona no saturada. Dicho ion nitrato apenas queda retenido en el medio y es transferido desde la zona saturada a los diferentes elementos que constituyen las salidas del acuífero (bombeos, descargas laterales y a otros acuíferos). Estas cifras de acumulación de nitrato dan idea de la magnitud del problema de cara a plantearse una reducción poco realista a valores por debajo de los 50 mg/L que plantea la Directiva de nitratos y es prácticamente inviable la recuperación planteada por la Directiva Marco del Agua. No obstante hay que ser consciente de las incertidumbres en las cifras proporcionadas” (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017).

Un estudio reciente realizado por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) en 2017, a petición de la CHS, sobre la evolución cualitativa del estado de las masas de agua subterránea, vuelve a poner de manifiesto la imposibilidad de cumplir con los objetivos medioambientales establecidos por la DMA. La UPV realizó una simulación con el modelo PATRICAL de la evolución del estado de la masa de agua Campo de Cartagena considerando una hipótesis de aporte nulo de nitratos al acuífero (situación imposible de cumplir actualmente). Los resultados de la simulación arrojaron que para esta situación de aporte cero de nitratos, la concentración que se conseguía rebajar era de 15/20 mg/L de NO_3 cada 6 años. Teniendo en cuanta estos resultados, no se conseguiría cumplir el con el objetivo menos riguroso impuesto por la DMA de reducir la concentración de nitratos por debajo de 200 mg/L para el año 2027 en todos los puntos de la masa de agua.

2.2.1.5.3 Fosfatos

Las aguas subterráneas suelen registrar concentraciones bajas de fosfatos ya que lo habitual es que éstos se encuentren formando compuestos de baja solubilidad y presenten una mayor tendencia a ser retenidos en el suelo por minerales de la arcilla.

Según los datos de 2017 de la red de calidad de la CHS, ningún punto ha registrado fosfatos en las muestras recogidas.

En la Figura 75 se muestran los datos históricos de concentración en fosfatos de cinco puntos de la Red de Seguimiento del Estado Cuantitativo de la CHS. Se han seleccionado aquellos puntos de control que han presentado una serie más larga de registro: dos del acuífero Cuaternario, uno del Plioceno y dos del Andaluciense.

No existe valor umbral referente a los fosfatos para la evaluación del estado de las masas de agua subterránea en el Plan de cuenca. Por ello, para poder valorar esta concentración, se va a emplear el establecido para las masas de agua superficiales del tipo T-R13 (Ríos mediterráneos muy mineralizados) al que pertenece la rambla del Albujón, fijado en 0,5 mg/L.

Como se observa en la Figura 75, las muestras de todos los acuíferos han superado en algún momento el valor umbral, registrando valores muy elevados el acuífero Plioceno, por encima de 11 mg/L y el Cuaternario con cerca de 6 mg/L, aunque se trata de medidas puntuales. Por otra parte, el mayor número de registros se ha situado por debajo del valor umbral y desde el año 2008 ninguna medida lo ha superado.

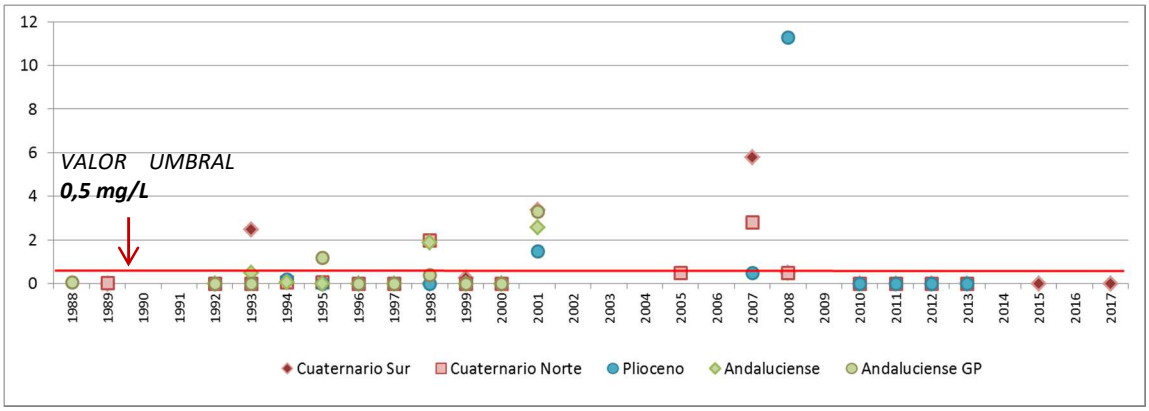


Figura 75: Evolución del contenido en fosfatos nitratos de las aguas subterráneas del campo de Cartagena. Datos en mg/L (Fuente de los datos: CHS).

2.2.1.5.4 Metales Pesados

Se ha realizado un apartado referente a los metales pesados con el fin de analizar la influencia en las aguas subterráneas de la Sierra Minera, ubicada en el límite sur de la masa de agua subterránea. Durante siglos, desde la época romana hasta finales del siglo XX, esta sierra ha albergado una de las mayores explotaciones mineras de plomo, zinc, plata y hierro de la Península Ibérica y son numerosos los vestigios que quedan en la zona procedentes de esta actividad: escombreras, balsas de lodos, estériles mineros, etc. susceptibles de actuar como focos de contaminación de las aguas tanto superficiales como subterráneas.

Se ha realizado un análisis de los siguientes elementos: Zinc, Cobre, Plomo, Cadmio y Mercurio de las muestras procedentes de la Red de Seguimiento del Estado Cualitativo de la CHS desde el año 2014 al 2017. Como criterio de evaluación se han empleado los valores umbral establecidos en las Normas de Calidad Ambiental (NCA) para aguas superficiales (en ausencia de valores umbral para aguas subterráneas).

En lo referente al zinc, las aguas del acuífero Cuaternario no registran concentración de este elemento. Únicamente se han registrado contenidos de zinc, y siempre por debajo de los valores umbral de las NCA, en dos puntos del Plioceno (CA0731011 y CA0731021) y uno del Andaluciense (CA0731020), todos ellos ubicados en el tercio norte de la masa de agua, es decir, alejados de la Sierra Minera.

Para el cobre, la situación es similar a la anterior. Únicamente se registran de manera puntual concentraciones de cobre, siempre inferiores al valor umbral de las NCA, en los mismos dos puntos del Plioceno que en el caso del zinc.

En lo relativo al plomo, la única muestra en la que se registra concentración es un punto del acuífero Andaluciense (CA0731010) que supera el valor de las NCA (32,7 µg/l, el valor umbral es 7,2 µg/l), ubicado en la mitad norte de la masa de agua. Pero se trata de una medida puntual, concretamente la correspondiente al año 2017.

Para el cadmio, todas las muestras registran un contenido nulo de cadmio a excepción del punto CA07000022 perteneciente al acuífero Plioceno (ubicado en La Aparecida), que registra una concentración inferior al valor umbral de las NCA y de manera puntual.

Por último, en lo referente al mercurio las concentraciones registradas han sido también de manera puntual y por debajo de los valores de las NCA. Ambos registros proceden de puntos de control del acuífero Plioceno (CA07000022 y CA0731011).

2.2.2 Balance hídrico del acuífero Cuaternario

Dado que el acuífero Cuaternario es uno de los elementos principales involucrados de manera directa en la problemática ambiental de Mar Menor debido a la actividad que soporta en superficie, es de suma importancia tener un conocimiento detallado de su funcionamiento hidráulico. Para ello, en las últimas tres décadas diversos organismos han desarrollado estudios encaminados a establecer el balance hídrico del acuífero Cuaternario y la cuantificación de sus parámetros.

2.2.2.1 Entradas

En régimen natural, la única entrada al acuífero era la debida a las precipitaciones pero con la llegada del Trasvase Tajo-Segura en el año 1979, tuvo lugar el desarrollo de la agricultura intensiva en la zona y el incremento significativo de aportaciones debidas a los retornos de riego.

- Infiltración de las precipitaciones: 76,2 hm^3/año. (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015)
- Retornos de riego en áreas de cultivo: 18,2 hm^3/año. (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015).

El retorno de riego es un término de compleja cuantificación que normalmente se estima como un porcentaje del total del agua aplicada a riego. El valor proporcionado por el Plan procede de aplicar un coeficiente de retorno a la demanda bruta establecida para las distintas UDAS presentes en la superficie del acuífero. Los coeficientes de retorno se han considerado de acuerdo a lo establecido en la Instrucción de Planificación Hidrológica vigente (Orden ARM/2656/2008 de 10 de septiembre). En Tabla 65 se muestran las UDAS presentes en el acuífero Campo de Cartagena, sus coeficientes de retorno estimados y volúmenes de retorno (datos para los horizontes 2015 y 2021).

El volumen total de retornos de estas tres UDAS es 17,61 hm^3/año. Los 0,6 hm^3/año restantes (hasta los 18,2 hm^3/año) deben corresponder con retornos de otras UDAS que tienen una parte de su superficie dentro del acuífero, al norte del mismo (UDAS 51 y 56).

Estos retornos son teóricos y considerando que se satisfacen el total de las demandas. En la realidad, teniendo en cuenta que los recursos disponibles para riego no son siempre constantes (los volúmenes anuales trasvasados por el Trasvase Tajo-Segura pueden registrar variaciones de unos 50 hm^3 de un año a otro) el volumen de retornos de riego puede presentar variabilidad temporal.

Tabla 65: UDAS presentes en el acuífero Campo de Cartagena, sus coeficientes de retorno estimados y volúmenes de retorno. Horizontes 2015 y 2021. (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015)

UDA	DENOMINACIÓN	Demanda Bruta (hm^3/año)	Dotación Media Bruta (m^3/ha/año)	Coeficiente Retorno	Volumen Retorno (hm^3/año)
57	Resto Campo de Cartagena, regadío mixto de acuíferos, depuradas y desalinizadas	87,25	5.262	0,043	3,7
58	Regadíos redotados del TTS de la ZRT Campo de Cartagena	131,80	6.843	0,092	12,15
75	Cota 120 Campo de Cartagena	39,45	5.456	0,045	1,76
TOTAL RETORNOS					**17,61**

A nivel experimental, la Universidad Politécnica de Cataluña, realizó una estimación de la recarga al acuífero debida a los retornos de riego y precipitación en zonas de cultivo. El área de estudio considerada fue de 299 km^2, distribuidos en 128,1 km^2 de cultivos hortícolas, 34,1 km^2 de tipo perenne y 136,8 km^2 de árboles frutales (CARM, 2008). Teniendo en cuenta estas superficies de cultivo, los valores medios de recarga obtenidos para el periodo estudiado (Oct 1999-Sept 2008) fueron de 397 mm (50,5 hm^3/año, 201 mm (6,9 hm^3/año) y 194 mm (26,5 hm^3/año) para cultivos hortícolas anuales, cultivos hortícolas perennes y árboles frutales, respectivamente. (Jiménez-Martínez, Molinero, & Candela, 2009). El valor total de la recarga, estimada de esta manera, sería de 86,9 hm^3/año. Teniendo en cuenta que faltaría por sumar la recarga de precipitación en las zonas donde no hay cultivo y que las superficies de cultivo han aumentado respecto a 2008, es probable que actualmente la recarga al acuífero sea del orden (o puede que mayor) que la que establece el Plan de Cuenca (94,4 hm^3/año, suma de la infiltración del agua y Retornos de riego).

Por último, en los estudios realizados por Jiménez (Jiménez-Martínez, y otros, 2016) se citan unos valores de recarga al acuífero Cuaternario de 112 hm^3/año.

Infiltración de rechazo de desalobradoras (salmueras): Puede resultar interesante hacer una estimación (aunque sea de forma muy grosera) del volumen que supondría si consideramos las salmueras como otra entrada al acuífero. No existen datos referentes al volumen de aguas subterráneas sometidas a desalobración. Si consideramos que toda el agua que se extrae del acuífero (88,2 hm^3/año, según el Plan de Cuenca) se desalobra, y consideramos una tasa de rechazo del 25%, obtendríamos un volumen de salmuera de 22,1 hm^3/año. Parte de esta agua irá a parar al sistema como aporte superficial y parte irá al acuífero mediante infiltración o inyección directa a pozos. Lo que es complejo de cuantificar es el porcentaje de cada componente (superficial o subterráneo).

En relación con las entradas al acuífero, hay que mencionar que un factor que favorece la infiltración (de precipitaciones, retornos de riego, etc.) es que el terreno permanece húmedo casi de manera constante la gran parte del año, debido a la sucesión de cultivos que tiene lugar en las parcelas de la zona.

2.2.2.2 Salidas

Bombeos: El PHDS 2015/21 da un valor de **88,2 hm³/año** para las salidas a través de bombeos del acuífero del Campo de Cartagena (que comprende los acuíferos Cuaternario, Plioceno y Andaluciense). Por otro lado, las concesiones de aguas subterráneas que figuran inscritas en la CHS a fecha de 2017 suponen un volumen de 91,47 hm³/año. Este volumen hace referencia a las captaciones incluidas dentro de la masa de agua Campo de Cartagena, por lo que puede ser que un porcentaje de las mismas esté captando el acuífero de La Naveta.

El único dato referente a las extracciones por bombeo exclusivas del acuífero Cuaternario es el estimado por el IGME, de 2 hm³/año (IGME, 1991). Es probable que el valor actual sea superior a este dato, por lo que ha de considerarse su estimación superada por los estudios posteriores, ya que la situación agrícola en la zona se ha modificado significativamente respecto a la época de cálculo (incremento en las superficies de regadío, aumento en el número de sondeos, etc.). Teniendo en cuenta el valor del Plan y considerando que el 80%, aproximadamente, de las captaciones extraen el agua del acuífero Plioceno e inferiores (IGME, 1991), el volumen de bombeo correspondiente al acuífero Cuaternario podría estimarse (con mucha incertidumbre) en unos **17,6 hm³/año**. Pero se trata de una dato basado en un cálculo poco preciso que debería ser objeto de revisión.

El valor de las salidas del acuífero a través de bombeos también presenta variabilidad temporal produciéndose un aumento de las extracciones cuando se reduce la aportación procedente Trasvase Tajo-Segura. En el *Informe integral sobre el estado ecológico del Mar Menor* (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017) se estima que a nivel de todo el acuífero del Campo de Cartagena, la explotación por bombeo de aguas subterráneas debe ser mayor en valor medio que las aportaciones del Trasvase Tajo-Segura, y en situaciones de sequía se incrementa notablemente para atender la demanda de riego.

Transferencia a acuíferos profundos: intervalo de entre **37,9 hm³/año** (IGME, 1991) **y 46 hm³/año** (Jiménez-Martínez, y otros, 2016). Esta transferencia se realiza, en su mayoría, a través de pozos abandonados y/o mal construidos que comunican los acuíferos.

Salida superficial a cauces: **18,3 hm³/año** (Senent, Martínez-Vicente, Cabezas, García-Aróstegui, & Baudron, 2009). Dato obtenido mediante modelización matemática. Con anterioridad a la puesta en marcha de la actividad agrícola intensiva en la zona no existía conexión hidráulica entre las aguas del acuífero Cuaternario y los cauces superficiales (ramblas), manteniéndose los niveles del acuífero por debajo de la cota de base de éstas. Tras la llegada de las aguas del Trasvase Tajo-Segura, se produjo un aumento del nivel piezométrico debido, sobre todo, a la recarga al acuífero por parte de los retornos de riego lo que ha generado una descarga del acuífero a la rambla del Albujón manteniendo un caudal de base en el tramo final de la desembocadura durante determinados momentos del año. Una vez los niveles del acuífero comienzan a bajar, tanto por la dinámica natural del mismo como por el efecto de las captaciones de bombeo, el caudal en la rambla se va reduciendo.

Descarga subterránea al Mar Mediterráneo: 3,1 hm³/año (Senent, Martínez-Vicente, Cabezas, García-Aróstegui, & Baudron, 2009). Dato obtenido mediante modelización matemática

Descarga subterránea al Mar Menor: Tiene mucha relevancia en la dinámica de la relación entre el sistema del acuífero y del Mar Menor. Gran parte de la carga contaminante que llega al Mar Menor, previamente ha sido incorporada a las aguas subterráneas y es la causa de la degradación de ambos sistemas. Por ello, es el término del balance del acuífero que más repercusión ambiental tiene, ya que este flujo constituye una de las vías de entrada de los contaminantes que han originado su eutrofización (fundamentalmente, nitratos procedentes de los productos agroquímicos infiltrados al acuífero mediante los retornos de riego). De tal

manera que mientras no estén protegidas las aguas subterráneas de la contaminación por nitratos (y otras sustancias contaminantes), no podrá invertirse la tendencia en el proceso de eutrofización del Mar Menor.

La estimación del flujo de descarga del acuífero al Mar Menor es un parámetro de difícil cuantificación debido a la variabilidad espacial y temporal que lleva asociada. Por este motivo, dada la incertidumbre en su cuantificación, las soluciones que se vayan analizar han de estar ponderadas entre el coste ambiental que puedan implicar, su eficacia en la solución del problema y el coste económico que supondría.

La descarga subterránea se produce a lo largo del borde costero y es función del espesor saturado del acuífero, el gradiente hidráulico y la permeabilidad de los materiales del acuífero. El ascenso de los niveles piezométricos por efecto de la recarga de los retornos de riego ha actuado de forma negativa al aumentar el espesor saturado del acuífero y, con ello, el volumen de flujo subterráneo de descarga al Mar Menor (recordemos que en régimen natural sólo recibía la recarga de las precipitaciones). En este sentido, desde el análisis hidrogeológico cuanto menor sea la recarga al acuífero menores serán los caudales de descarga al Mar Menor, sin olvidar que en un régimen natural la recarga del acuífero no llevaría la carga contaminante que incorporan los retornos de riego.

En lo referente a su cálculo, los estudios desarrollados hasta la fecha no han abordado en detalle aspectos necesarios para obtener una estimación fiable y representativa de este parámetro, como son el conocimiento detallado de la geometría del acuífero y los parámetros hidráulicos a lo largo del frente de descarga. A continuación se detallan los resultados de las estimaciones realizadas.

2.2.2.2.1 "Estudio hidrogeológico del Campo de Cartagena" (IGME, 1991)

La primera aproximación en la cuantificación del caudal de descarga desde el acuífero Cuaternario al Mar Menor la realizó el IGME considerando datos de piezometría del año 1988-89 y aplicando una transmisividad (producto de la permeabilidad por el espesor saturado) de 48 m^2/día. En el informe se indica que las salidas al Mar Mediterráneo y Mar Menor representan un mínimo de **5 hm^3/año** (IGME, 1991). Esta cifra ha sido sistemáticamente mantenida y referida en numerosos estudios a lo largo de los años y continúa siendo la cifra actual oficial que se maneja en el vigente Plan Hidrológico de Cuenca (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015). Aunque en el balance que figura en el Plan le suman 1,19 hm^3/año correspondiente a la descarga ambiental.

2.2.2.2.2 Modelo de Senent et al, 2009

En esta estimación se obtuvo un valore indirecto que indica que, probablemente, los caudales de descarga sean significativamente mayores, aunque deberían ser objeto de validación. Senent y colaboradores elaboraron un modelo matemático de flujo subterráneo (Senent, Martínez-Vicente, Cabezas, García-Aróstegui, & Baudron, 2009)en el que se actualizó el modelo conceptual del acuífero basado en investigaciones del IGME ((IGME, 1989), (IGME, 1991), (IGME, 1994) y (CARM, 2000)), y en trabajos realizados ex profeso relacionados con la geometría del mismo y su funcionamiento hidráulico. Se empleó un valor de transmisividad de 102 m^2/d para todo el acuífero procedente de un único ensayo de bombeo. Como resultado, el modelo cifró la descarga subterránea del acuífero al Mar Menor en **7,6 hm^3/año** (principalmente concentrada en el tramo de costa situado al norte de la desembocadura de la rambla del Albujón).

2.2.2.2.3 Modelización de Jiménez et al, 2016

Los últimos estudios realizados por estos autores (Jiménez-Martínez, y otros, 2016) arrojan valores muy por encima de los mencionados. También en base a modelización matemática indican que, para el periodo 2000-2011, la descarga subterránea (fundamentalmente al Mar Menor, aunque en parte también al Mar Mediterráneo) podría alcanzar un 60% de la recarga al acuífero. En este estudio, la recarga al acuífero se estimó en 112 hm^3/año (frente a los 94,4 hm^3/año que considera el Plan de cuenca). Según los datos introducidos, la descarga se estimó en unos **68 hm^3/año** (esta cifra supone un 13% del volumen de la laguna). En este valor se incluye la descarga al Mar Mediterráneo y no se tuvieron en cuenta los bombeos desde el acuífero Cuaternario, por lo que la descarga directa al Mar Menor será menor a la cifra estimada. En este estudio se actualizó la superficie de riego respecto al informe del IGME de 1991. Los autores manifiestan que son datos indirectos con una elevada incertidumbre en la cuantificación de todas las variables que componen el balance hídrico.

Por otra parte, en el *Informe Integral sobre el estado ecológico del Mar Menor* (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017), consideran que la descarga subterránea puede ser superior a las entradas superficiales generadas por escorrentía estimadas en 8-12 hm^3/año.

Tabla 66: Síntesis de balances hídricos disponibles del Campo de Cartagena (elaborado por García-Aróstegui). Cifras en hm^3/año. El procedimiento de cálculo de la descarga se refiere a las salidas laterales al Mar (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017)

Conceptos		IGME 1991		PHCS 2015-2021	Jiménez et al (2016)	
		Cuaternario	Global (Cuaternario, Plioceno y Messiniense)	Global (Cuaternario Plioceno y Messiniense)	Cuaternario	Global (Cuaternario, Plioceno, Messiniense y Triásico Victorias)
Entradas	Infiltración por lluvia útil	46	50	76,2	-	-
	Retornos procedentes de riego	23	0	18,2	-	-
	Total	**69**	**50**	**94,4**	**112**	**112**
Salidas	Bombeos	2	21	88,2	?	104
	Laterales al Mar (fundamentalmente Mar Menor)	5	5	6,19	68	68
	A otros acuíferos	38	1	-	46	0
	Pérdidas	-	-	-	2	2
	Total	**45**	**27**	**94,4**	**116**	**174**
Balance		24	24	0	-4	-62
Observaciones		El balance positivo se traduce en importantes ascensos del nivel piezométrico en el Cuaternario que provocan problemas de drenaje en las zonas bajas		Equilibrado. Las descargas al mar también incluyen descargas ambientales (1.19 hm3/año)	Equilibrado en valor medio	Sobreexplotación de acuífero Triásico-Victorias y determinadas partes del Messiniense. En periodos de sequía debe incrementarse el bombeo en el acuífero Cuaternario, ligado a desalobración
PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE DESCARGA		Sobre una piezometría del año 2008 con gradiente del 3 por mil, una transmisividad de 48 m2/día y 29 km de frente costero		Acepta el valor de IGME (1991)	Distribución de la recarga (obtenida por modelo hidrológico) entre descarga al Mar Menor (60%) y transferencia a acuíferos inferiores (40%), según artículos previos	

En la Tabla 66 se exponen los datos de los balances realizados hasta la fecha tanto del acuífero del Campo de Cartagena como exclusivamente del Cuaternario (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017). Las discrepancias entre los diferentes balances indican las incertidumbres que existen en el cálculo de los parámetros involucrados.

2.2.2.2.4 "Cuantificación de la descarga subterránea al Mar Menor mediante modelización hidrogeológica del acuífero superficial Cuaternario" Future Water, 2017

Por encargo de la CR Arco Sur, Future Water elaboró un modelo matemático del acuífero Cuaternario del Campo de Cartagena (Future Water, 2017). El trabajo cuantifica y regionaliza el volumen de la descarga de agua subterránea del acuífero Cuaternario, a lo largo de todo el contorno del Mar Menor y con especial énfasis en el ámbito de actuación de la CCRR Arco Sur.

Para su ejecución se llevó a cabo un extenso proceso de recopilación de datos e información y de modelación hidrológica e hidrogeológica. Los modelos fueron calibrados y validados para un periodo representativo de 16 años que incluye diferentes condiciones climáticas.

Los resultados principales del modelo fueron:

- la recarga anual del acuífero superficial Cuaternario se tasa en entre 12 hm^3/año en periodos muy secos, y 200 hm^3/año en periodos muy húmedos. El valor promedio anual es de 74 hm^3/año.
- la descarga potencial al Mar Menor, sin contar las extracciones por bombeo en pozos y drenes, ni tampoco las transferencias de agua hacia acuíferos inferiores, se ha evaluado entre 63 y 83 hm^3/año, siendo el valor medio 71 hm^3 /año.
- la descarga real promedio al Mar Menor durante el periodo de simulación (16 años) se ha estimado entre **38 hm^3/año y 46 hm^3/año**. Estos valores oscilan ±10 hm^3/año, según se consideren años húmedos o secos.
- la mayor parte de la descarga se concentra en los sectores próximos a la rambla del Albujón y al norte del Campo de Cartagena. La descarga en el ámbito de actuación de CCRR-Arco Sur es reducida y se estima en aproximadamente un 5% del volumen total descargado.

Actualmente, se encuentra en fase de ejecución el proyecto "Cuantificación, control de la calidad y seguimiento piezométrico de la descarga de agua subterránea del acuífero cuaternario del Campo de Cartagena al Mar Menor" encargado por la Confederación Hidrográfica del Segura al Grupo Tragsa. El objetivo es obtener una cuantificación precisa tanto en volumen como en carga contaminante de la descarga subterránea del acuífero Cuaternario al Mar Menor. El ámbito de actuación se centra en la franja próxima al borde costero. Este proyecto contempla una detallada caracterización hidrogeológica incluyendo prospección geofísica, sondeos de investigación, determinación de parámetros hidráulicos y modelización matemática. La fecha prevista de finalización es febrero de 2019.

Por último, según se indica en el *Informe Integral sobre el estado ecológico del Mar Menor* (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017), puede existir además, una circulación de flujo a través del sedimento en la parte marina del sistema acuífero-Mar Menor (Figura 76):

> *"(…) se puede producir una circulación de flujos entre la lámina de agua libre del Mar Menor y la zona saturada salina del acuífero, con independencia de que pueda existir con carácter local o generalizado una cierta reducción de la permeabilidad debido al sedimento limoso-arcilloso, que conlleva dificultad hidráulica en esta transferencia (menor conductancia hidráulica). Tales flujos serían de agua salada, y vienen inducidos por el movimiento del agua necesario para mantener la interfaz agua dulce-agua salada, la evaporación de la lámina de agua del Mar Menor e indirectamente, por el efecto de entrada de agua del mar Mediterráneo por las golas y la barra arenosa del Mar Menor. Este sistema de flujos de agua (y masa) es complejo (…). Desde el punto de*

vista del agua subterránea, es realmente importante verificar tales flujos, pues ayudaría a justificar parte de la movilización de los aportes de nutrientes y contaminantes a través del sedimento".

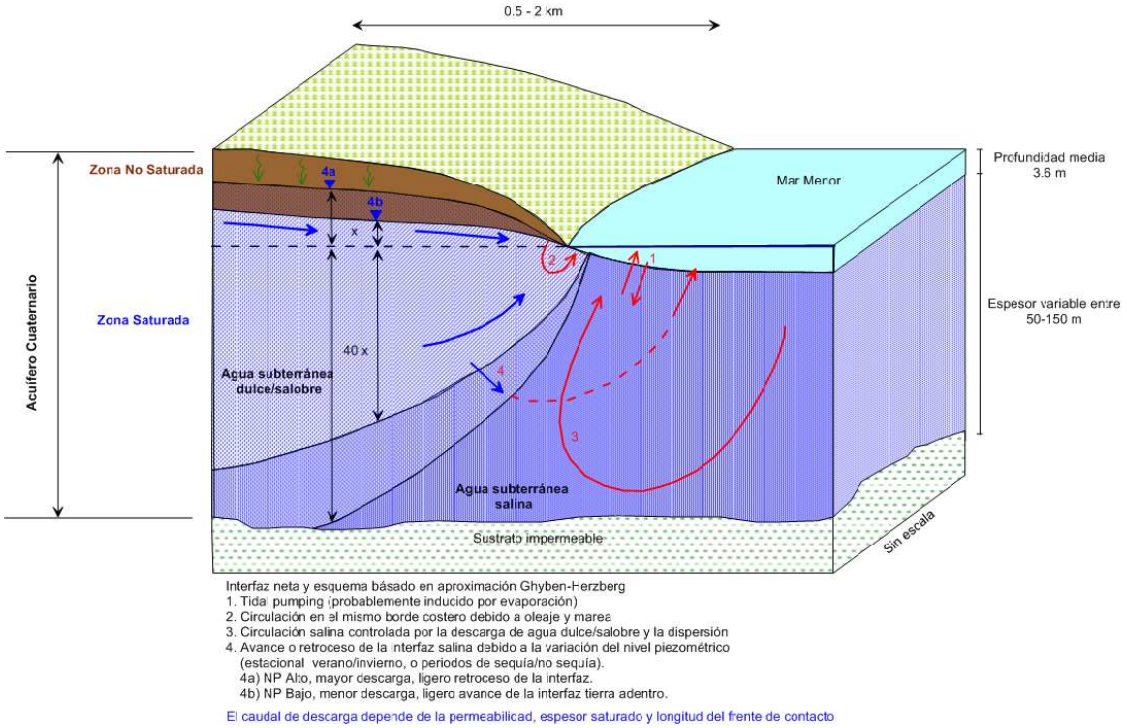


Figura 76: Esquema conceptual básico del acuífero Cuaternario del Campo de Cartagena en contacto con el Mar Menor. Nota: No se incluye la relación con el Mar Mediterráneo a través de las golas ni de la barra arenosa (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017)

Para cuantificar esta transferencia se han realizado ensayos con isótopos del radón-222 (Baudron & otros, 2015), aunque los resultados obtenidos muestran una alta variabilidad entre campañas. Según los ensayos *"la descarga submarina de agua subterránea, que incluye agua dulce/salobre de la parte terrestre (la citada en el párrafo anterior) y salina del Mar Menor, estaría comprendida entre 220±50 hm^3/año (según campaña de julio de 2011) y 45 ± 30 hm^3/año (según campaña de enero de 2012), por lo que se podría estimar un valor medio de 133 hm^3/año. Se insiste en que esta descarga subterránea incluye agua dulce y salina, y en cualquier caso implica un aporte de nutrientes y contaminantes (probablemente metales en la parte sur de la laguna) que debe ser cuantificado ya que puede ser significativo".*

2.2.3 Aportaciones del acuífero Cuaternario al Mar Menor

Las aportaciones desde el acuífero Cuaternario al Mar Menor se producen en forma de transferencia de caudal y de masa (carga contaminante en las aguas). La cuantificación de ambos parámetros es de suma importancia en el planteamiento y diseño de medidas y alternativas para reducir los vertidos al Mar Menor y recuperar sus condiciones ambientales.

Como se ha comentado anteriormente, los datos disponibles referentes a la cuantificación de los caudales de descarga presentan una elevada incertidumbre, con un intervalo que va desde los 5 hm^3/año a los 68 hm^3/año.

En lo referente a calidad de las aguas del acuífero Cuaternario, el contenido medio en nitratos, resultado de su acumulación a lo largo del tiempo de la actividad agraria en superficie, en

pozos cercanos al Mar Menor supera los 200 mg/L. Por lo que si se tiene una descarga subterránea de tan sólo 5 hm^3/año (cifra que figura en el PHDS 2015/21), las entradas al Mar Menor serían de 1.000 toneladas/año de nitrógeno expresado como nitrato, pero esta cifra podría llegar a ser de 13.600 toneladas/año, si se considera una descarga media de 68 hm^3/año (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017).

2.2.4 Conclusiones respecto a las aguas subterráneas

2.2.4.1 Conexión hidráulica de la masa de agua subterránea del Campo de Cartagena con el Mar Menor

La masa de agua subterránea Campo de Cartagena compone un sistema acuífero multicapa que presenta cuatro formaciones acuíferas: una superficial de carácter libre (acuífero Cuaternario) y tres profundas de carácter confinado (acuíferos Plioceno, Andaluciense y Tortoniense). El **acuífero Cuaternario presenta conexión hidráulica directa con el Mar Menor**, por lo que el Mar Menor recibe los aportes de las aguas subterráneas procedentes de la descarga natural del acuífero. Este hecho tiene una elevada repercusión en la degradación ambiental del Mar Menor, al ser las aguas subterráneas procedentes del acuífero, una de las vías de entrada de los productos agroquímicos (nitratos, sobre todo) que han originado su eutrofización

2.2.4.2 Impactos derivados de la actividad agraria sobre la masa de agua subterránea

Actualmente, **el Campo de Cartagena es un sistema fuertemente antropizado**. De las presiones ejercidas sobre la masa de agua subterránea, las actividades agrícolas son las que más impactos han ocasionado, alterando y degradando el estado ambiental de la misma. Los impactos más significativos se han producido en el acuífero Cuaternario, ya que las actividades agrícolas se desarrollan sobre su superficie y porque, debido a la proximidad del nivel freático a la superficie del terreno y a la permeabilidad de sus materiales, presenta una elevada vulnerabilidad frente a la contaminación. Estos impactos son fundamentalmente una elevación de los niveles freáticos y un deterioro de la calidad de las aguas por los aportes de nutrientes.

2.2.4.2.1 Elevación de los niveles de los acuíferos

La llegada de los aportes para riego del ATS generó unos retornos de riego, procedentes de aguas externas al sistema, que se infiltraron en el acuífero originando un **ascenso generalizado de los niveles del acuífero**. Este hecho ha actuado de forma negativa al aumentar el espesor saturado del acuífero Cuaternario y, con ello, el **volumen de flujo subterráneo de descarga al Mar Menor** (recordemos que en régimen natural sólo recibía la recarga de las precipitaciones). En este sentido, desde el análisis hidrogeológico cuanto menor sea la recarga al acuífero menores serán los caudales de descarga al Mar Menor, sin olvidar que en un régimen natural la recarga del acuífero no llevaría la carga contaminante que incorporan los retornos de riego. Un volumen adicional que puede estar contribuyendo a la elevación de los niveles es la infiltración de las salmueras procedentes de las desalobradoras, aunque a falta de datos oficiales tanto de volumen como de los puntos de vertido, no es posible obtener conclusiones sobre el grado de afección.

2.2.4.2.2 Contaminación de las aguas subterráneas

Las aguas subterráneas de la masa de agua Campo de Cartagena presentan **serios problemas de calidad química** relacionados, sobre todo, con **elevadas salinidades y contenido en nitratos** de origen agrario procedentes de la agricultura intensiva desarrollada en la zona y

probablemente de las actividades ganaderas (granjas porcinas). Las sustancias contaminantes (productos agroquímicos) se infiltran en el acuífero a través de los retornos de riego y de las salmueras de las desalobradoras que son vertidas de manera incontrolada al terreno (con la consecuente infiltración posterior) o inyectadas directamente en pozos En general, todas las formaciones acuíferas dentro de la masa de agua presentan deficiencias en calidad química pero el acuífero que registra una calidad más deficiente es el Cuaternario.

Los contenidos en nitratos en las aguas subterráneas del acuífero Cuaternario en la zona declarada vulnerable presentan valores superiores a 200 mg/L, como consecuencia de tales entradas y de los procesos de recirculación y evapoconcentración actuando durante varias décadas. Se estima que el nitrato acumulado durante décadas en el acuífero debe superar las 300.000 toneladas. Estas cifras de acumulación de nitrato dan idea de la magnitud del problema de cara a plantearse la reducción a valores por debajo de los 50 mg/L que plantea la Directiva de Nitratos y es prácticamente inviable la recuperación planteada por la Directiva Marco del Agua. No obstante hay que ser consciente de las incertidumbres en las cifras proporcionadas (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017).

Según los registros de muestreos y análisis de escenarios tendenciales, resulta técnicamente inviable, manteniendo la actividad agraria con las características actuales, alcanzar el buen estado (concentración en nitratos inferior a 50 mg/L) para el año 2027, de acuerdo a los requerimientos de la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE), por lo que a esta masa de agua ha sido necesario aplicarle un objetivo menos riguroso consistente en conseguir una concentración máxima en nitratos, en cualquier punto de la masa, inferior a 200 mg/L en el año 2027 (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015).

La calidad de las aguas subterráneas del acuífero Cuaternario tiene una implicación directa en el estado ambiental del Mar Menor, debido a la conexión existente entre ambos a través de todo el frente costero. El Mar Menor es receptor de las aguas subterráneas del acuífero y, por tanto, de los elementos químicos que ésta lleve en disolución. Las elevadas concentraciones de contaminantes (en este caso, nitratos y otro tipo de nutrientes) disueltos en las aguas del acuífero han ido llegando al mar, desde hace décadas, poniendo en peligro y alterando su estado ambiental hasta la llegar a la situación de degradación en la que se encuentra actualmente.

2.2.4.2.3 Contaminación cruzada entre acuíferos a través de pozos de bombeo

En todo el Campo de Cartagena existe un elevado número de captaciones para regadío (1,2 por km^2) que han sido construidas atravesando los diferentes niveles acuíferos. Esto ha originado una conexión artificial ente acuíferos lo que ha favorecido la transferencia de contaminantes desde el acuífero Cuaternario superficial a los inferiores (contaminación cruzada de acuíferos).

2.3 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA HÍDRICO SUPERFICIAL

La cuenca vertiente al Mar Menor, coincidente con la comarca del Campo de Cartagena, no tiene ningún curso fluvial de carácter permanente en régimen natural. Está surcada por una serie de cauces ramblas costeras, que de forma independiente desembocan en el Mar Menor, y cuya actividad está directamente vinculada a las escasas, pero intensas lluvias torrenciales que superan con frecuencia los 100 mm/día.

Estas ramblas, que constituyen el drenaje principal del Campo de Cartagena, aportan una importante carga de sedimentos a la laguna en episodios de lluvias torrenciales, además de elevadas concentraciones de contaminantes de diverso origen (productos fitosanitarios empleados en la actividad agrícola, lixiviados procedentes de la Sierra Minera, vertidos urbanos, etc.).

La Confederación Hidrográfica del Segura identifica en el Plan de cuenca (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015) la rambla del Albujón como la única masa de agua continental, de tipo "Ríos Mediterráneos muy mineralizados", de la cuenca. No obstante, para obtener una visión completa del funcionamiento hídrico de la cuenca, es necesario aportar información, de las restantes ramblas costeras que desembocan en el Mar Menor.



Figura 77: Principales ramblas en el Campo de Cartagena.

Las principales ramblas (Figura 77) que desembocan en el Mar Menor son, de Norte a Sur, las siguientes:

- Rambla de Los Alcázares o de Maraña. Su cauce es algo difuso pero se puede seguir desde la vertiente sur de la sierra de Escalona.
- Rambla del Albujón. Abarca una superficie de cuenca de unos 700 km^2 y una longitud de 42,3 km, desde Fuente Álamo, hasta su desembocadura en el Mar Menor. Constituye la principal red de drenaje de la comarca del Campo de Cartagena. Geomorfológicamente la cuenca del Albujón se caracteriza por presentar elevaciones moderadas. Las pendientes del terreno oscilan entre el 0,4 % próximo a la desembocadura, y el 5,8% en las zonas de cabecera.
- Rambla de Miranda. Desemboca al norte del Cabezo del Carmolí y tiene una longitud de 8 km aproximadamente.
- Rambla de El Beal. Es la rambla más importante de la vertiente meridional y principal responsable de la entrada superficial de metales pesados al Mar Menor, al drenar la Sierra minera de Cartagena-La Unión.
- Rambla de Ponce, de corto recorrido.
- Rambla de Carrasquilla, que desemboca entre Los Nietos y Punta Las Lomas.

En general, las ramblas de la cubeta sur del Mar Menor (Miranda, El Miedo, El Beal, Ponce y Carrasquilla), tienen en sus cauces elevadas concentraciones de metales pesados, consecuencia de la actividad minera, que se ejerció en la Sierra de Cartagena-La Unión hasta prácticamente los años 90 del pasado siglo. De este modo, las aguas de escorrentía en episodios de lluvias torrenciales, constituyen una potencial fuente de contaminación por metales pesados. El resto de las ramblas se caracteriza principalmente por aportes importantes de nutrientes (Nitratos y fosfatos principalmente), principales responsables de la eutrofización de las aguas de la laguna.

En la desembocadura de las ramblas de los Alcázares y en el puerto de la localidad se presentan ciertas concentraciones de Cu, al igual que en la estación, debido previsiblemente a la actividad portuaria.

En el estudio de aportes hídricos superficiales a la laguna del Mar Menor es necesario diferenciar, tanto por su origen como por su características químicas, entre el caudal que de forma continua descarga en el Mar Menor (que en buena parte puede considerarse una descarga sub-superficial de las aguas subterráneas) y el caudal de carácter esporádico, correspondiente a las avenidas o riadas generadas por episodios de lluvias torrenciales, típicos de las zonas áridas como el Campo de Cartagena.

2.3.1 Caracterización hídrica. Flujo continuo

Los aportes o flujos hídricos continuos tienen un origen claramente antrópico, derivado del aumento de los niveles freáticos y de los vertidos correspondientes sobre todo a los retornos de riego y salmueras procedentes de las desalobradoras, puesto que en régimen natural las ramblas únicamente presentan cierto caudal como consecuencia de lluvias torrenciales y durante un periodo de tiempo muy limitado (2 días aproximadamente).

2.3.1.1 Caudales y aporte hídricos

La cuantificación de los aportes hídricos superficiales que en flujo continuo entran anualmente en la laguna, presenta numerosas dificultades ya que no existen estaciones de aforos y no se dispone de una serie temporal, por lo que hasta la fecha sólo existen aproximaciones.

Históricamente se ha considerado la rambla del Albujón como el único cauce del Campo de Cartagena que presenta un caudal permanente en los últimos kilómetros de su recorrido, por lo que la mayoría de los estudios realizados sobre los aportes superficiales de nutrientes, contaminantes y sólidos en suspensión que entran en la laguna a través del flujo continuo (sin considerar avenidas), se han limitado a dicha rambla.

Sin embargo, estudios actuales, como el que actualmente está desarrollando González Barberá y Sallent Sánchez (González-Barberá & Sallent-Sánchez, 2017), ponen de manifiesto que después de un periodo de elevadas precipitaciones (no confundir con episodios aislados de lluvias torrenciales), como el ocurrido entre diciembre de 2016 y enero de 2017, en el que la precipitación acumulada fue de 260,5 mm, existen múltiples puntos donde flujos hídricos superficiales desembocan en la laguna del Mar Menor.

Estos puntos de entrada son la rambla de Miranda, que pueden presentar cierto flujo continuo en determinadas épocas del año, como consecuencia de los aportes de vertidos procedentes de las desalobradoras y drenajes agrícolas, los drenajes del aeropuerto y los Alcázares, los emisarios de aguas pluviales de San Pedro de la Ribera y los Alcázares y los múltiples regueros de agua o surgencias en las playas del litoral de la laguna, que drenan el acuífero cuaternario en momentos de ascenso de los niveles freáticos.

La rambla de Miranda presenta un pequeño caudal permanente en unos 6 km aguas arriba de su desembocadura, aunque éste se infiltra en su totalidad a la entrada de la Marina del Carmolí. Los estudios indican que el origen del agua circulante en la rambla es descarga del acuífero y retorno de excedentes de riego y vertidos de desalobradora. Por otra parte, la rambla de Carrasquilla también presenta caudal en su desembocadura aunque resulta difícilmente medible debido al encharcamiento que forma en la desembocadura.

El régimen natural de la rambla del Albujón está alterado, ya que presenta un caudal permanente durante todo el año. Las aguas que circulan en flujo continuo por la rambla proceden principalmente del drenaje del acuífero Cuaternario como consecuencia de la elevación de los niveles freáticos ocurrida a raíz de la llegada de las aguas del trasvase Tajo-Segura que genera un incremento de los retornos del regadío. Por este motivo la calidad del agua que circula por la rambla del Albujón presenta unas características más propias de aguas subterráneas que de aguas de escorrentía superficial.

A lo largo de la cuenca del Albujón, existen numerosos aportes puntuales de efluentes de diversa procedencia, como son:

- Aguas residuales urbanas procedentes de las depuradoras. Hasta hace unos años, la depuradora de los Alcázares vertía los efluentes resultantes del proceso de depuración de aguas residuales urbanas directamente a la rambla del Albujón, a través del canal de drenaje D-7. Actualmente, estos efluentes se reutilizan para riego.
- Drenajes agrícolas. En el campo de Cartagena existe una red de drenajes que recogen los excedentes de aguas de riego y aportes del acuífero Cuaternario (Figura 32). En algunos casos, estas aguas son reutilizadas para regadío, pero en otros casos son vertidas directamente a la rambla del Albujón a través del canal de drenaje D-7.
- Salmueroductos. Son conducciones que vierte a la rambla las aguas de rechazo (salmueras) de las desalobradoras privadas repartidas por todo el Campo de Cartagena. Desde el año 2016, debido a que es una acción irregular, la CHS ha procedido a clausurar estas conducciones, aunque en la actualidad se siguen localizando nuevas conducciones que vierten de forma directa o indirecta a las ramblas del Albujón y Miranda principalmente.

2.3.1.2 *Estimación provisional de los aportes superficiales al Mar Menor en flujo continuo*

Diversos estudios han tratado de estimar los aportes superficiales de agua al Mar Menor, a través de la rambla del Albujón, tanto en el flujo base como en episodios de lluvias torrenciales. Aunque los resultados difieren de manera notable, incluso para periodos análogos.

García Pintado en su estudio (García-Pintado, Martínez-Mena, Barberá, Albadalejo, & Castillo, 2006) sobre las aportaciones de nutrientes al Mar Menor a través de la rambla del Albujón, así como sobre el origen de los mismos, realizaron una campaña de 17 meses, entre octubre de 2002 y febrero de 2004 (con dos eventos de lluvias intensas, el 16-17 de Octubre de 2003 y el 18-19 de Noviembre de 2003) en los que se midieron los caudales en 4 puntos diferentes de la rambla del Albujón, escogidos para la caracterización de las diferentes fuentes de contaminación.

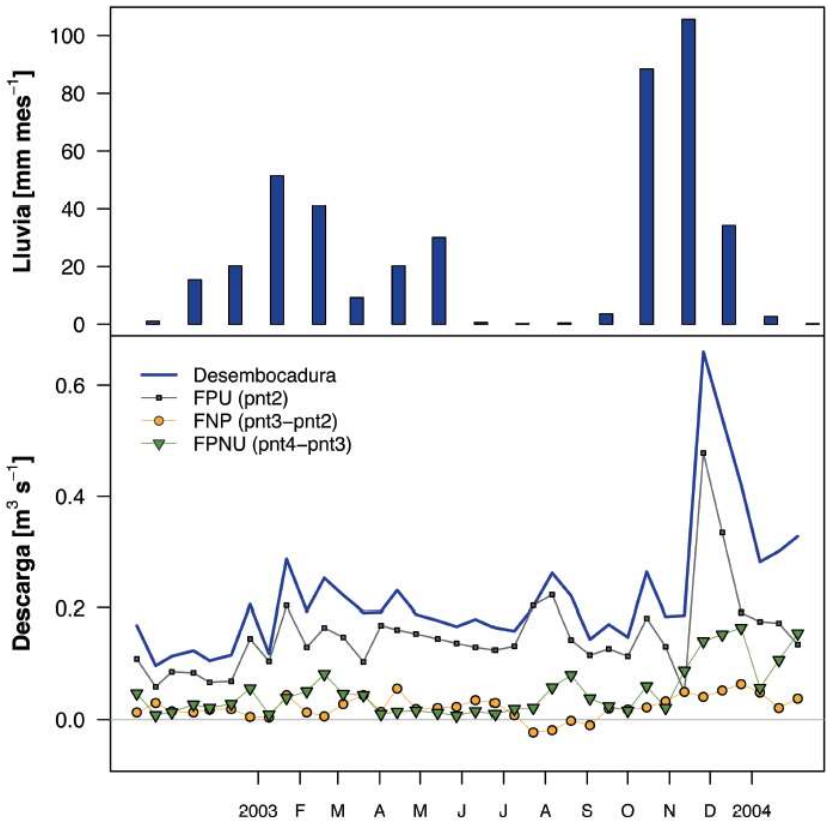


Figura 78: Relación de caudales y precipitaciones en la rambla del Albujón (García-Pintado, Martínez-Mena, Barberá, Albadalejo, & Castillo, 2006)

Durante el periodo de estudio, se estimaron los aportes superficiales de agua al Mar Menor, a través de la rambla del Albujón, tanto en el flujo base como en los 2 episodios de lluvias torrenciales. Los resultados mostraron que los flujos hídricos de carácter permanente representaban el 95,2% (7 hm^3/año) frente a los episodios de lluvias torrenciales registrados y que representaron apenas un 4,8% (0,3 hm^3/año) del total de los aportes superficiales anuales (7,3 hm^3).El balance de agua mostró que el 68,5% del caudal procedió de las aguas residuales urbanas; el 21,5%, de los salmueroductos y drenajes; y el 10 % del aporte difuso procedente del acuífero superficial.

El equipo de Velasco (Velasco, y otros, 2006) realizó un estudio similar en la rambla del Albujón entre los meses de septiembre de 2002 y octubre de 2003, midiendo caudales en la desembocadura de la rambla y en el canal de drenaje existente en su margen izquierda. Durante el periodo de estudio se registraron dos episodios de lluvias torrenciales en enero de 2003 y octubre de 2003, que dieron lugar a sendas avenidas.

En el estudio se pudo comprobar la correlación entre las precipitaciones y los aportes hídricos a través de la rambla del Albujón. La media anual de los caudales registrados en flujo continuo fue de 127 L/s, que equivaldría a 4 hm^3/año, sin tener en cuenta los caudales de las avenidas de enero y octubre de 2003, en las que se superaron los 1.000 L/s.

Los aportes hídricos superficiales que a través de la rambla del Albujón entraron al Mar Menor se estimaron en 27,4 hm^3/año, de los cuales 20,14 hm^3 (73,50%) correspondieron a la rambla del Albujón propiamente dicha y 7,26 hm^3 al canal de drenaje que vierte en la propia rambla.

Del total de aportes superficiales de la rambla del Albujón, los flujos hídricos de carácter permanente representaron el 18,98% (5,2 hm^3/año) frente a los episodios de lluvias torrenciales registrados, que representaron el 81,02% (22,2 hm^3/año).

En la actualidad se está llevando a cabo un estudio por parte de González Barberá y Sallent Sánchez (González-Barberá & Sallent-Sánchez, 2017), donde se han definido 30 puntos de entrada de flujos hídricos superficiales al Mar Menor (27 de ellos en la parte central-norte), que en febrero de 2017 se encontraban activos.

Tan solo dos de esos puntos están conectados con una red hidrológica extensa (ramblas de Albujón y Miranda) y los propios investigadores reconocen que tal cantidad de puntos de entrada de aguas superficiales a la laguna, ha sido consecuencia directa de las intensas precipitaciones registradas durante los meses de diciembre de 2016 y enero de 2017, que han causado un ascenso de los niveles piezométricos del acuífero cuaternario y un drenaje superficial del mismo hacia la laguna, en forma de regueros y surgencias en las propias playas. Se prevé, por tanto, que en las sucesivas campañas de recogida de datos el número de puntos "activos" disminuya considerablemente.

Se han medido caudales en cada uno de los 30 puntos de entrada de aguas detectados, haciendo especial hincapié en las ramblas del Albujón y Miranda. El volumen total de la descarga superficial ha sido de 30.547 m^3/día, lo que equivaldría a 11,15 hm^3/año en el supuesto que se mantuviesen constantes los caudales. Sin embargo, durante la campaña de mayo de 2017 la descarga superficial disminuyó a unos 10.000 m^3/día (3,65 hm^3/año) y en julio de 2017 a unos 6.000 m^3/día, que equivaldría a 2,19 hm^3/año.

Considerando el valor de marzo (30.547 m^3/día) como representativo para los meses de invierno, el de mayo (10.000 m^3/día) para primavera y otoño y el valor de julio (6.000 m^3/día) para los meses de verano, se obtendría un valor para la descarga superficial en régimen continuo de 5,12 hm^3/año.

Existen ocho puntos de aportes superficiales, que durante la primera campaña (marzo 2017) representaron más del 90% de los aportes totales, tal y como se puede observar en la Tabla 67.

Tabla 67: Caudales de entrada de flujos hídricos superficiales al Mar Menor (González-Barberá & Sallent-Sánchez, 2017)

PUNTO DE MEDICIÓN	Caudal (m^3/día)	Caudal (L/s)	Porcentaje
Rambla del Albujón	17.138	198,36	56,10%
Rambla Miranda	2.529	29,27	8,28%
Impulsión desembocadura Albujón	1.903	22,03	6,23%

PUNTO DE MEDICIÓN	Caudal (m^3/día)	Caudal (L/s)	Porcentaje
Drenaje Aeropuerto	1.858	21,50	6,08%
Canal base aérea Los Alcázares	1.433	16,59	4,69%
Rambla del Miedo	1.013	11,72	3,32%
Emisarios pluviales Santiago de la Ribera	1.412	16,34	4,62%
Emisarios pluviales Los Alcázares	604	6,99	1,98%
TOTAL	27.890	322,80	91,30%

La rambla del Albujón destacó significativamente sobre el resto, aportando un 56,10% del total de aportes superficiales. Es de esperar que este porcentaje se vea incrementado a medida que disminuya la influencia de las precipitaciones intensas de diciembre de 2016 y enero de 2017 y los flujos procedentes de las otras ramblas y drenajes disminuyan.

En las ramblas de Albujón y Miranda, además de medir los caudales en sus respectivas desembocaduras, se realizó un estudio de diferentes aportaciones hídricas que reciben estas ramblas a lo largo de sus últimos kilómetros de trazado y el origen de las mismas.

En la rambla del Albujón se estimó que entre un 5 y 10% del caudal, procedía de vertidos de desalobradoras mientras que el resto correspondería a la red de drenajes que recogen las aguas de los retornos de riego y del propio acuífero cuaternario. En la rambla de Miranda los caudales que proceden de las desalobradoras alcanzaron el 20-25% respecto al caudal medido en la desembocadura.

En líneas generales los autores concluyen que los vertidos procedentes de las desalobradoras representan aproximadamente un 7,5% de la descarga superficial total al Mar Menor, que se podría extrapolar al 10% teniendo en cuenta los indicios detectados de vertidos subterráneos de las desalobradoras directamente al acuífero superficial.

Aunque no parece una cifra que por sí misma haga pensar que estos vertidos son la fuente principal de nitratos y principales responsables de la contaminación de la laguna del Mar Menor, hay que indicar que en principio en el año 2016 se clausuraron los principales salmueroductos que vertían sus efluentes a las ramblas del Albujón y Miranda, por lo que es de suponer que antes de esa clausura, dichos vertidos representaran un porcentaje muy superior al actual.

2.3.1.3 Calidad química de las aguas. Aportes de nutrientes y contaminantes

Como se ha comentado anteriormente, las aguas que circulan en flujo base por las ramblas del (Albujón, Miranda y El Beal principalmente) tienen una clara influencia antrópica, siendo una mezcla de efluentes de orígenes muy diferentes. Esta circunstancia se manifiesta en su composición química, que presenta patrones estacionales en función de tres factores principales (intensidad de las precipitaciones, turismo y actividad agrícola).

Las fuentes de contaminación de las aguas de las ramblas del Albujón y Miranda fundamentalmente, pueden ser difusas (drenaje del acuífero como consecuencia de la elevación del nivel freático) de origen claramente agrícola, dando lugar a efluentes con una elevada salinidad y alto contenido en nitratos, o puntuales. En este último caso las fuentes pueden ser de origen agrícola (salmueroductos), de origen urbano (aguas residuales de las depuradoras) o mixtos (red de canales de drenaje). Este tipo de efluentes presentan concentraciones variables de nitratos, fósforo, amonio y carbono orgánico disuelto (COD) en función de su origen.

Por el contrario, las fuentes de contaminación principales en las ramblas de la cubeta sur de la laguna son los vestigios de la actividad minera que se desarrolló en la Sierra de La Unión hasta los años 90 del pasado siglo. La acumulación de estériles mineros, escombreras y balsas de

lodos, contribuyen a las altas concentraciones de metales pesados que se registran en los flujos hídricos que discurren por las ramblas de la zona.

Durante los últimos 20 años se han llevado a cabo varias campañas de muestreo y estudios puntuales de las aguas de las ramblas, principalmente en la rambla del Albujón, con objeto de conocer la calidad química de las aguas de las ramblas que vierten al Mar Menor, así como los aportes de nutrientes y contaminantes.

García Pintado y su equipo (García-Pintado, Martínez-Mena, Barberá, Albadalejo, & Castillo, 2006) realizaron entre octubre de 2002 y febrero de 2004, una toma de muestras cada dos semanas en los diferentes puntos de la rambla del Albujón, escogidos para la caracterización de las diferentes fuentes de contaminación.

Las concentraciones de nitratos registradas mostraron una tendencia a aumentar hacia el final de la campaña, sin que estuviese claramente definido un patrón estacional en los resultados. Los valores medios registrados en el canal D-7 donde se vierten los efluentes de la depuradora de los Alcázares, oscilaron entre 8 y 30 mg/L, mientras que en la desembocadura de la rambla las medias fueron de 16 mg/L en febrero de 2003 y 37 mg/L un año después.

Las concentraciones de amonio (NH_4), fósforo total (TP) y fósforo reactivo soluble (SRP), de clara influencia urbana, mostraron patrones estacionales similares, registrándose los mayores valores al final del periodo estival, atribuido al aumento de la población en la zona, durante el verano. En el caso del amonio, en ningún momento se excedió el límite de 31 mg/L $N\text{-}NH_4$ establecido por el gobierno regional para el agua vertida al Mar Menor.

Tabla 68: Aportes anuales de agua (hm^3/año) y nutrientes (toneladas) y porcentaje de aportes asociados al flujo continuo y a eventos de lluvias torrenciales (campaña de octubre de 2002 y febrero de 2004) (García-Pintado, Martínez-Mena, Barberá, Albadalejo, & Castillo, 2006)

	Aportes	Continuos (%)	Eventos (%)
H_2O	7.3	7.0 (95.2)	0.3(4.8)
$N\text{-}NO_3$	219	216.6 (99.0)	2.1(1.0)
$N\text{-}NO_2$	3	2.8(98.9)	0.2 (1.1)
$N\text{-}NH_4$	30	29.8(99.8)	0.1(0.2)
TP	52	51.0(97.2)	1.4(2.8)
SRP	8	7.5(99.3)	0.1(0.7)
TOC	71	57.0(80.6)	13.7(19.4)
TSS	1863	350.5(18.8)	1512.3(81.2)

Los resultados del estudio, mostraron el papel prioritario que juegan los flujos continuos de la rambla del Albujón en el aporte superficial de nutrientes y contaminantes al Mar Menor, en relación con los episodios de lluvias torrenciales. De este modo, los aportes de nitrato, nitrito, amonio, TP y SRP durante el flujo continuo, representaron en todos los casos más del 95% del total de aportes de la rambla. Únicamente, el total de sólidos en suspensión experimentó un aumento significativo como consecuencia de las avenidas registradas, hasta el punto de representar el 81,2% de la entrada total de ATS a través de la rambla del Albujón. En cuanto a

los aportes de carbono orgánico total durante los eventos, pueden ser debidos a vertidos de alguna depuradora como consecuencia de los eventos de lluvias torrenciales.

El nitrato representó el 87% del total de los aportes de nitrógeno inorgánico disuelto total a la laguna. Las mayores concentraciones de nitratos se registraron en primavera y otoño, coincidiendo con los periodos de mayor precipitación y uso de fertilizantes en la zona y se registraron en las fuentes de contaminación difusa, lo que evidencia su origen agrícola.

Por último, se concluyó que durante el periodo de flujo base, el 55% del nitrato y el 49.4% del nitrógeno inorgánico disuelto (DIN) fueron de origen agrícola, mientras que el 70% del fósforo total, el 74.6% del fósforo soluble reactivo (SRP) y el 91% del carbono orgánico total (TOC) fueron de origen urbano, procedente principalmente de la depuradora de los Alcázares.

Estas conclusiones sobre la mayor relevancia del flujo base respecto a las avenidas, en el balance total de entrada de aportes de nutrientes a la laguna, y la mayor contribución de las fuentes de contaminación urbanas respecto a las agrícolas, no parecen ser muy representativas de la situación actual, por diferentes motivos.

- En el año 2003 existía una gran mezcla de flujos en la rambla del Albujón, donde convergían aguas de drenaje del acuífero cuaternario, salmueras de las desalobradoras, aguas de drenaje agrícola, efluentes de la depuradora de los Alcázares e incluso aguas procedentes de la rambla de Miranda, que a través de una conducción soterrada se vertían en la rambla del Albujón. Esto hace que sea muy difícil determinar el origen exacto de los diferentes contaminantes que entran a la laguna en disolución a través de los flujos hídricos superficiales.
- Desde el año 2003, hasta la actualidad se han mejorado sustancialmente los sistemas de depuración de aguas, construyéndose nuevas depuradoras en la cuenca del Albujón (Los Alcázares, Fuente Álamo, La Aljorra y Torrepacheco), tanques de tormenta etc., por lo que los vertidos de origen urbano son actualmente significativamente inferiores a los existentes en 2003.
- Recientemente (años 2016 y 2017), la CHS ha procedido a clausurar las conducciones a través de las cuales se vertían a la rambla del Albujón, las salmueras procedentes de las desalobradoras privadas, aunque a día de hoy se siguen encontrando y clausurando nuevas conducciones.

Los investigadores de Velasco (Velasco, y otros, 2006) realizaron un estudio similar en la rambla del Albujón entre los meses de septiembre de 2002 y octubre de 2003, coincidente parcialmente en el tiempo, con el periodo de estudio del realizado por García Pintado. Se analizaron muestras en la desembocadura de la rambla, en el canal de drenaje existente en su margen izquierda y en el interior de la laguna del Mar Menor.

En la Tabla 69, se exponen las mediciones realizadas de los parámetros físico-químicos en la rambla del Albujón, canal de drenaje e interior de la laguna.

El amonio, de origen urbano, presentó sus mayores concentraciones en verano, donde las precipitaciones y los aportes hídricos superficiales fueron escasos. Esto es debido a que su presencia guarda una estrecha relación con el incremento poblacional que sufren las localidades de la zona durante la época estival. En otoño, las concentraciones de amonio vuelven a experimentar un acusado descenso.

Tabla 69: Mediciones de los parámetros físico-químicos en la rambla del Albujón, canal de drenaje e interior de la laguna (campaña de septiembre de 2002 y octubre de 2003) (Velasco, y otros, 2006).

	Albujón wadi ($n = 7$)				Drainage effluent ($n = 7$)				Mar Menor lagoon ($n = 20$)			
	Mean	Min	Max	Std.Dev.	Mean	Min	Max	Std.Dev.	Mean	Min	Max	Std.Dev.
Discharge ($L.s^{-1}$)	638.57	34.58	2687.03	981.86	230.12	22.36	1127.03	402.84				
Water temperature (°C)	18.90	11.70	24.40	4.37	18.00	10.20	23.10	4.78	22.24	9.80	31.20	7.92
Salinity	6.16	3.60	7.90	1.64	6.50	3.60	8.20	1.47	44.85	40.80	46.30	1.98
Conductivity ($mS.cm^{-1}$)	10.83	6.66	13.60	2.69	11.47	6.74	14.05	2.39				
Dissolved oxygen ($mg.L^{-1}$)	10.60	4.00	26.20	7.39	5.06	0.47	9.25	3.68	9.05	7.22	11.30	1.03
SS ($mgADW.L^{-1}$)	266.80	0.20	1766.50	661.72	657.17	0.50	4507	1697.81	9.64	2.53	17.67	5.63
POM ($mgAFDW.L^{-1}$)	11.25	0.11	26.88	8.31	12.57	3.75	38.50	11.88	3.80	1.47	6.60	1.94
Chl *a* ($mg.L^{-1}$)	28.42	3.46	104.53	36.59	10.14	0.91	47.68	16.65	2.39	0.49	12.73	2.75
NH_4 ($mg.L^{-1}$)	4.42	0.22	12.75	4.06	3.67	0.34	11.13	4.11	0	0	0	0
NO_2 ($mg.L^{-1}$)	0.74	0.17	1.60	0.56	0.79	0.09	2.09	0.72	0.008	0.0009	0.037	0.008
NO_3 ($mg.L^{-1}$)	72.70	11.59	151.38	44.16	56.51	10.77	98.33	32.34	0.42	0.0016	3.42	0.75
SRP ($mg.L^{-1}$)	6.23	0.10	21.54	9.00	7.30	0.34	26.41	10.72	0.003	0	0.015	0.005

El fosfato, de origen urbano principalmente, incrementó su concentración en las aguas de la rambla después del episodio de lluvias intensas de octubre de 2003, posiblemente por vertidos de depuradoras como consecuencia del aumento brusco de las aportaciones hídricas superficiales.

Tabla 70: Aportes superficiales anuales que entraron al Mar Menor a través de la rambla del Albujón (wadi) y canal de drenaje (drainage), incluyendo eventos tormentosos (a) y bajo condiciones de flujo base (b) (campaña de septiembre de 2002 y octubre de 2003) (Velasco, y otros, 2006)

		Albujón wadi	%	Drainage effluent	%	Total
Discharge ($Hm^3\ y^{-1}$)	a	20	100	7	100	27
	b	4	20	1	21	5
SS ($t.y^{-1}$)	a	5373	100	4769	100	10142
	b	65	1	6	0	71
POM ($t.y^{-1}$)	a	293	100	97	100	390
	b	35	12	11	11	46
NH_4 ($t.y^{-1}$)	a	89	100	27	100	116
	b	21	24	7	27	28
NO_3 ($t.y^{-1}$)	a	1464	100	410	100	1874
	b	295	20	74	18	369
NO_2 ($t.y^{-1}$)	a	15	100	6	100	21
	b	3	20	1	17	4
DIN total ($t.y^{-1}$)	a	1568	100	442	100	2010
	b	320	20	83	19	403
SRP ($t.y^{-1}$)	a	125	100	53	100	178
	b	21	17	10	18	31

En la Tabla 70 figuran los aportes superficiales anuales que entraron al Mar Menor a través de la rambla del Albujón y canal de drenaje, incluyendo eventos tormentosos (a) y bajo condiciones de flujo base (b).

Álvarez Rogel et. al en los estudios realizados en las ramblas de Miranda y El Miedo desde el 2001 al 2006 (Álvarez-Rogel, Jiménez-Cárceles, FJ, & Nicolás, 2006), llegaron a la conclusión de que las aguas de la rambla de Miranda presentaban elevadas concentraciones de nitratos (43,3 - 101,7 mg/L), superiores incluso a las registradas en la rambla del Albujón, y en menor medida

de COD (<17,8 mg/L) y fósforo (1,60 mg/L), aunque debido a su elevado caudal los aportes de estos compuestos al humedal de la Marina de Carmolí fueron elevados incluso en flujo base.

En la rambla del Miedo, con mucho menor caudal, se registraron elevadas concentraciones de amonio, COD (22,7-114 mg/L) y fósforo (10,07 mg/L). Este hecho, junto con las bajas concentraciones de nitratos registradas en las aguas de la rambla del Miedo, demostraría el origen urbano de sus flujos hídricos y la escasa influencia agrícola. El NO_3 fue la forma principal (99,8%) de nitrógeno inorgánico en la rambla de Miranda mientras que el NH_4^+ lo fue (97%) en la del Miedo, tal y como puede observarse en la Figura 79 y Figura 80.

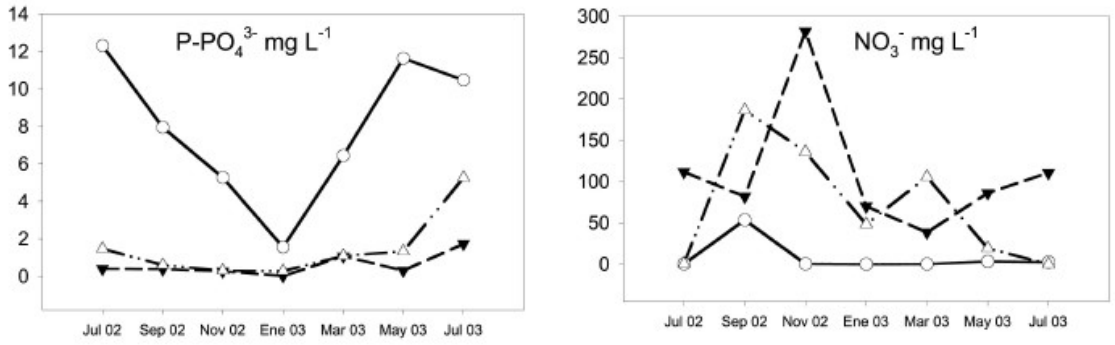


Figura 79: Concentraciones de fosfatos y nitratos en las ramblas de Miranda y El Miedo. Los círculos corresponden a la rambla del Miedo, los triángulos blancos a la rambla del Albujón y los triángulos negros a la rambla de Miranda (Álvarez-Rogel, Jiménez-Cárceles, FJ, & Nicolás, 2006)

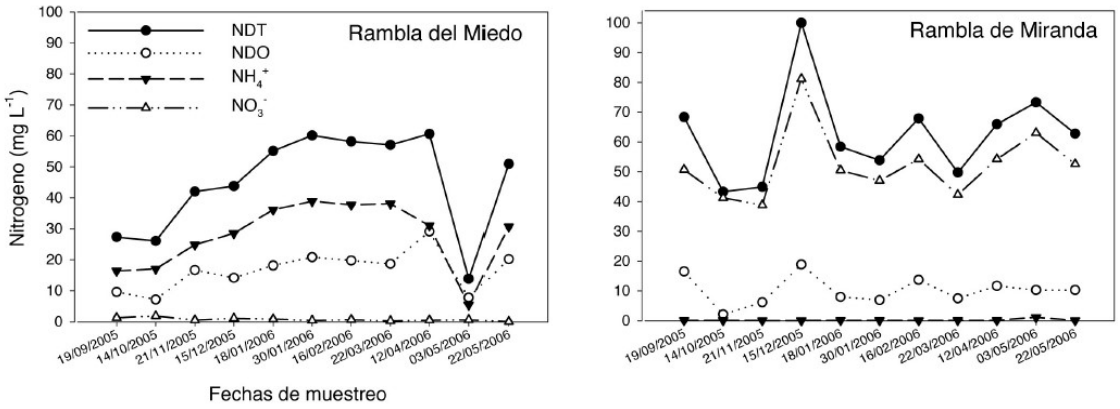


Figura 80: Concentraciones de nitrógeno en las ramblas de Miranda y El Miedo (Álvarez-Rogel, Jiménez-Cárceles, FJ, & Nicolás, 2006)

Por su parte, la Confederación Hidrográfica del Segura ha realizado diferentes campañas de toma de muestras y análisis de la calidad química de los flujos hídricos que discurren por la rambla del Albujón. En la Tabla 71 se muestran las concentraciones de nitratos registradas en las diferentes campañas entre 2009 y 2016 en un único punto de entrada al Mar Menor. El número de muestras analizadas, ha sufrido variaciones en función de los años, realizándose por tanto una media aritmética para cada uno de los años comprendidos entre 2009 y 2016.

Tabla 71 Media aritmética de la concentración de nitratos en la rambla del Albujón en un único punto de entrada al Mar Menor (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015).

Año	Nº Muestras	Nitratos (mg/l)
2009	3	179,7
2010	2	208,5
2011	2	164,0
2012	12	168,7
2013	4	200,3
2014	6	177,1
2015	8	230,8
2016	5	212,6

De la información contenida en la Figura 81 se puede observar que hasta octubre o noviembre de 2014, las concentraciones de nitrato mostraban cierta variabilidad dentro de un rango en el que en escasas ocasiones se superaban los 200 mg/L, siendo los valores más comunes los comprendidos entre 100 y 150 mg/L. Sin embargo, desde esa fecha hasta mayo de 2016 parece que las concentraciones de nitratos se mantienen relativamente constantes dentro de un rango elevado entre los 200-250 mg/L. Las fechas posteriores, coinciden en el tiempo con la clausura por parte de la CHS, de los salmueroductos que vertían directamente a la rambla las aguas de rechazo cargadas de nitratos (> 300 mg/L) procedentes de las desalobradoras. Esto podría explicar la reducción de concentraciones de nitratos medidas en las aguas, en junio de 2016 y sobre todo en agosto de 2016 (1,3 mg/L). Este hecho habría que corroborarlo con muestreos posteriores a esas fechas.

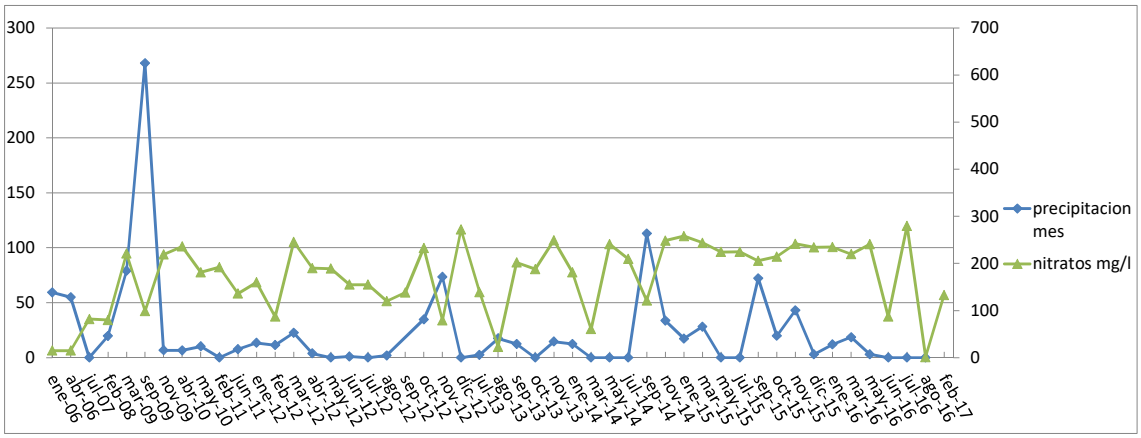


Figura 81: Concentración de nitratos en la rambla del Albujón y precipitación en la estación Fuente Álamo (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015), (AEMET, 2018).

En relación con el amonio y fosfato, ambos de clara influencia urbana, se observa que las mayores concentraciones corresponden, bien al periodo estival donde se produce un incremento significativo de la actividad turística o bien a episodios de lluvias intensas que pueden saturar las depuradoras de la zona, produciéndose vertidos de aguas residuales a las ramblas.

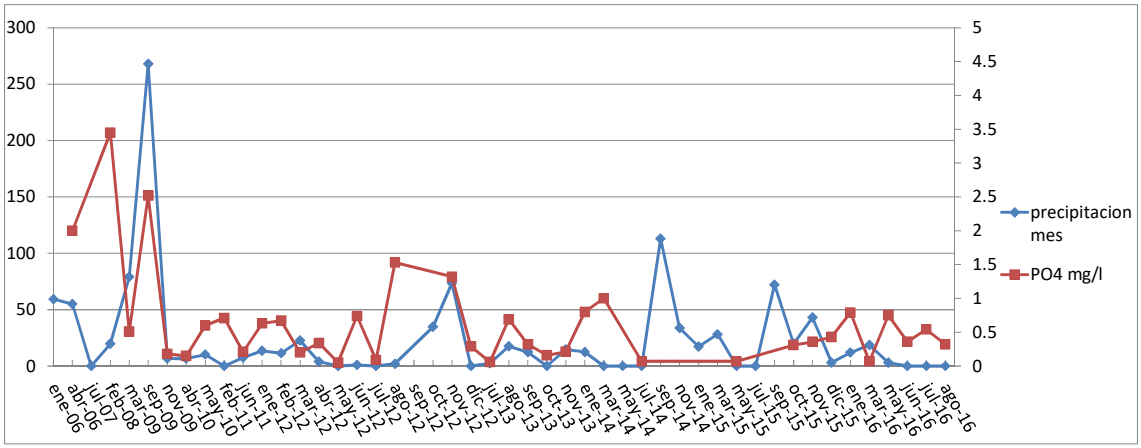


Figura 82: Concentración de fosfato en la rambla del Albujón y precipitación en la estación Fuente Álamo (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015).

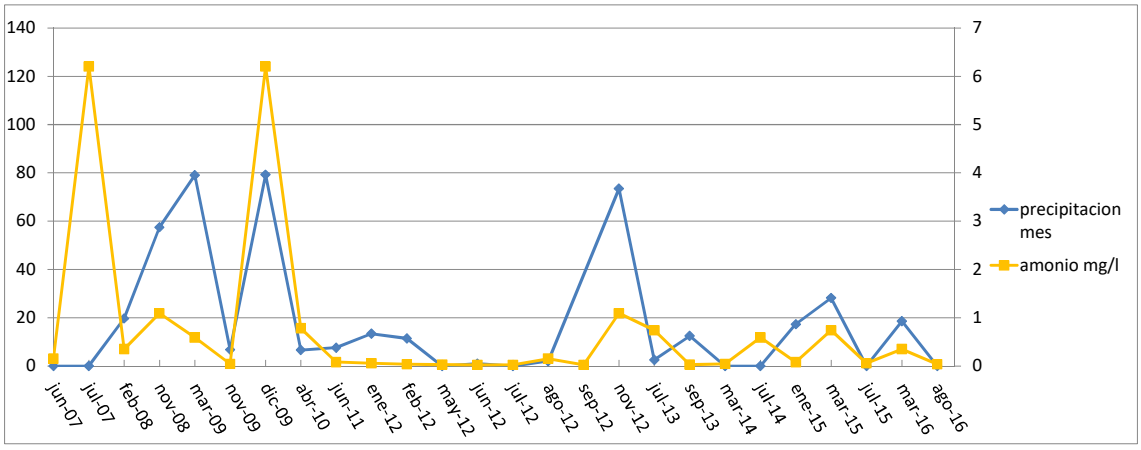


Figura 83: Concentración de amonio en la rambla del Albujón y precipitación en la estación Fuente Álamo (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015).

Los estudios más recientes son los que actualmente están desarrollando González Barberá y Sallent Sánchez para CEBAS-CSIC (González-Barberá & Sallent-Sánchez, 2017). Hasta la fecha han realizado tres campañas de toma muestras, concretamente en febrero, mayo y julio del presente año. Se ha analizado principalmente conductividad (para tratar de discernir el origen de las aguas en los diferentes puntos de entrada detectados) y el contenido en nitratos (por su relación con la situación de eutrofización del Mar Menor).

De los resultados de los análisis del primer muestreo (únicos datos disponibles) realizado en febrero de 2017, se pueden extraer una serie de conclusiones provisionales.

- El contenido en nitratos de las muestras analizadas, ha presentado una gran variabilidad espacial, quedando pendiente de comprobar si esa variabilidad también es temporal. En la Figura 84 están reflejados los 30 puntos de muestreo, así como el rango de concentración de nitratos en cada uno de ellos.

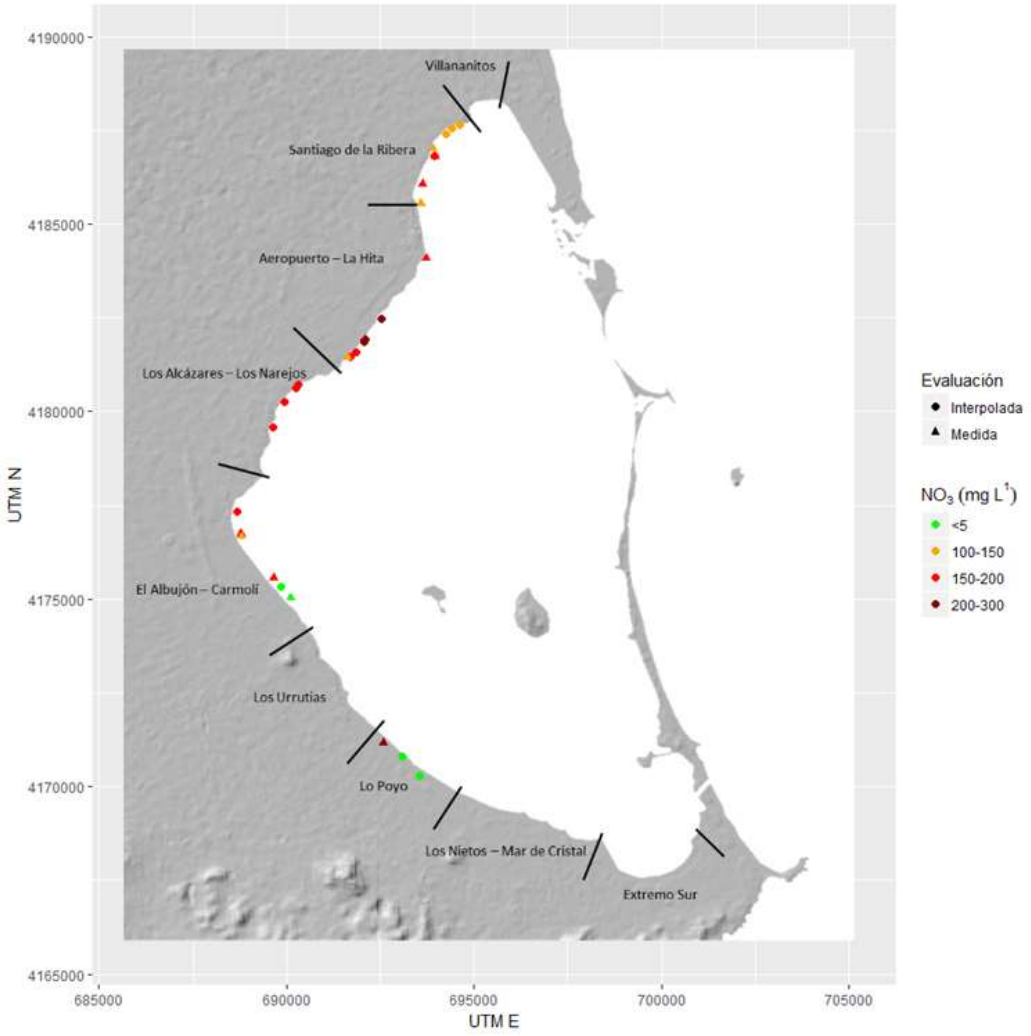


Figura 84: Concentración de nitratos en la ribera del Mar Menor (González-Barberá & Sallent-Sánchez, 2017)

- Las mayores concentraciones de nitratos, con valores superiores a los 200 mg/L, se han registrado en la parte norte del saladar de lo Poyo, playa de la Hita y Camping Mar Menor. Por el contrario las concentraciones más bajas de menos de 5 mg/L corresponden a la desembocadura de las ramblas del Miedo y cercanías de las de El Beal y Ponce. Los rangos más frecuentes, entre 150 y 200 mg/L, se han registrado en la mitad norte del Mar Menor, desde la rambla del Albujón hasta Santiago de la Ribera aproximadamente. Por último la zona situada más al norte, entre Santiago de la Ribera y Villananitos, presenta unas concentraciones de nitratos entre 100 y 150 mg/L.
- Destaca la baja concentración de nitratos registrada en la desembocadura de la rambla del Miedo (<5 mg/L), que puede constituir un indicador de la capacidad de absorción de nitratos por parte del humedal de la Marina del Carmolí. Este hecho parece corroborarse también con las concentraciones de nitratos registradas en la rambla de Miranda antes de su paso por la Marina de Carmolí (310 mg/L) y en su desembocadura (190 mg/L).
- En las ramblas del Beal y Ponce las concentraciones de nitratos también han sido inferiores a los 5 mg/L. Esto podría ser debido a la escasa influencia que las actividades agrícolas tienen sobre estas ramblas, que nacen en las estribaciones de la sierra

minera de La Unión y a lo largo de todo su recorrido discurren sobre estériles mineros (escombreras, balsas de lodos etc.) existentes en la zona.

- Respecto al fósforo, las concentraciones registradas, son muy bajas en toda la zona.
- En relación a los datos de conductividad registrados en las muestras de agua, en líneas generales se puede observar como los valores son significativamente más bajos en la cuenca norte que en la sur, donde se han llegado a registrar valores de 70 mS/cm en el saladar de Lo Poyo, superiores incluso a los registrados en el interior del Mar Menor (entre 63,1 y 63,5 mS/cm).

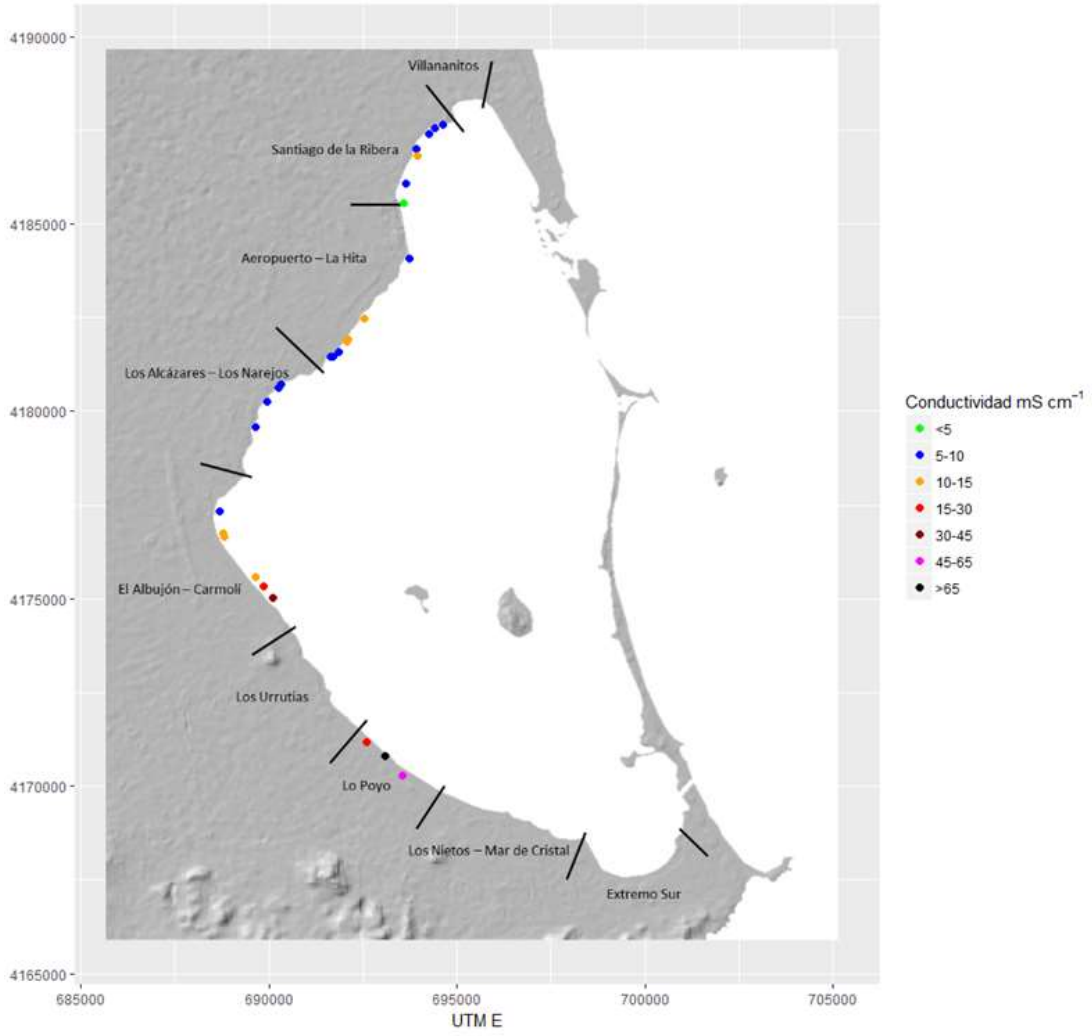


Figura 85: Conductividad en la ribera del Mar Menor (González-Barberá & Sallent-Sánchez, 2017)

- En la rambla del Albujón, los valores de conductividad registrados en la red de canales de drenaje que vierten sus aguas a la rambla oscila entre 7 y 10 mS/cm, mientras que los registrados en las aguas de la propia rambla, influenciadas claramente por los salmueroductos situados aguas arriba, oscilan entre 17 y 23 mS/cm. En la desembocadura de la rambla del Albujón los valores de conductividad confirman la mezcla de los efluentes procedentes de los canales y de los salmueroductos, registrándose valores entre 10,4 y 13,61 mS/cm (Figura 85).

En la Tabla 72 se recogen los datos de aportaciones totales de nutrientes y otros contaminantes registrados en la rambla del Albujón en diferentes años y por diversos investigadores.

Tabla 72: Comparación de las aportaciones superficiales al Mar Menor en distintos estudios.

Aportes flujo base (t)	García Pintado, 2003	Velasco, 2003	Fenoll, Serrano et al. 2005	Fenoll, Serrano et al. 2006	Fenoll, Serrano et al. 2007
Nitratos (NO_3)	216,6	369	700	1050	1200
Amonio (NH_4)	29,8	28	68	62	18
Nitritos (NO_2)	2,8	4			
Fosfatos (PO_4)			24	15	20
Fósforo Residual Disuelto (SRP)	7,5	31			
Fósforo Total (PT)	51				
Solidos solubles totales (TSS)	350,5	71			
Carbono Orgánico Total (MOP/COT)	57	46			

2.3.2 Caracterización hídrica. Avenidas

Las precipitaciones en la cuenca vertiente del Campo de Cartagena se caracterizan por una distribución irregular a lo largo del año, típica de climas semiáridos, concentrándose en unos pocos episodios cortos pero intensos, que tienen lugar principalmente durante el otoño y en menor medida en primavera.

En líneas generales, en las zonas sujetas a este tipo de climas y en particular en la cuenca vertiente al Mar Menor, las aguas de escorrentía superficial generadas por las precipitaciones, se pierden por evaporación o infiltración en el terreno y no alcanzan la laguna salvo en el caso de los episodios de lluvias torrenciales, que frecuentemente dan lugar a avenidas o riadas que discurren por las principales ramblas de la cuenca (Albujón, Beal, Miranda, El Miedo etc.)hasta su desembocadura en el Mar Menor.

Las avenidas generadas en los episodios de lluvias intensas, actúan primeramente como un agente erosivo de los suelos, relacionado en algunos casos por prácticas agrícolas inadecuadas. En la cubeta sur de Mar Menor, la erosión de los flujos hídricos está favorecida además por la existencia de antiguas escombreras mineras sin consolidar y sin cubierta vegetal, así como por la presencia de suelos rojos argílicos compactados.

Las avenidas dan lugar a inundaciones ocasionales en las poblaciones costeras, favorecidas por la superficie cementada, que aumenta el grado de impermeabilidad del suelo y genera una menor respuesta frente a la infiltración. Esto, a su vez, provoca un aumento del caudal punta de las avenidas y una disminución del tiempo de concentración de las mismas, que puede causar el desbordamiento de las depuradoras y sistemas de saneamiento, vertiendo estas aguas residuales bien en las ramblas cercanas o directamente al Mar Menor.

Las avenidas actúan como medio de transporte de sólidos en suspensión, nutrientes y otros contaminantes que entran en el Mar Menor, contribuyendo a su deterioro actual.

2.3.2.1 Caudales y Aportes hídricos de las avenidas

La cuantificación de los caudales totales que aportan las avenidas a la laguna en un episodio concreto de lluvias intensas, entraña su dificultad, al no existir una red de aforos en la red hidrográfica de la cuenca vertiente y no disponer por tanto de una serie histórica de datos.

No se puede establecer tampoco una relación directa entre precipitaciones y caudal de las avenidas o riadas generadas, al existir otros factores determinantes que influyen directamente en el caudal de las mismas, como son el tiempo de duración del evento tormentoso, pendiente del terreno o el estado de la cubierta vegetal, entre otros.

No existe, ningún estudio de avenidas que abarque conjunta y simultáneamente todos los puntos de entrada de aguas superficiales a la laguna, y que permita cuantificar los flujos hídricos superficiales que anualmente entran en la laguna por efecto de las mismas y el porcentaje que estas entradas representan en el balance total de aportes hídricos superficiales (avenidas + flujo base) al Mar Menor.

Sin embargo, en los últimos 20 años, se han realizado diversos estudios parciales sobre estas avenidas y su contribución en la entrada total de flujos hídricos superficiales al Mar Menor, así como en el aporte de sólidos en suspensión y contaminantes a la laguna.

Los estudios se han centrado principalmente en la rambla del Albujón, al constituir el drenaje principal del Campo de Cartagena y principal medio de entrada superficial de aportes hídricos, nutrientes y contaminantes. También se han realizado estudios en las ramblas de Miranda y El Miedo para estudiar la influencia de las mismas sobre el humedal de la Marina de Carmolí y en la rambla de El Beal para estudiar la influencia de la pasada actividad minera en los aportes de metales a la laguna, a través de dicha rambla.

Los resultados y conclusiones de los diferentes estudios, sobre todo en lo relacionado con la contribución de las avenidas al balance interanual de aportes superficiales a la laguna, respecto al flujo base, presentan una gran disparidad de cifras de caudales al basarse su cálculo en modelos hidrológicos de difícil calibración o en investigaciones con aforos puntuales sin registros continuos.

En este sentido García Pintado (García-Pintado, Martínez-Mena, Barberá, Albadalejo, & Castillo, 2006) y Velasco (Velasco, y otros, 2006) realizaron sendos estudios en la rambla del Albujón, con el año 2003 como periodo coincidente en la toma de datos, incluyendo los episodios de lluvias torrenciales de octubre de ese año. Hay que señalar que en el año 2003, la precipitación anual fue de 385 mm, un 28% superior a la precipitación media anual, registrándose entre octubre y diciembre una precipitación acumulada de 228 mm (54% del total anual).

En el estudio realizado por García Pintado sobre las aportaciones de nutrientes al Mar Menor a través de la rambla del Albujón, así como sobre el origen de los mismos, se registraron 2 eventos de lluvias intensas, el 16-17 de Octubre de 2003 y 18-19 de Noviembre de 2003. Durante la tormenta típica (periodo de retorno de 5,75 años), registrada en Octubre de 2003, el caudal en la rambla del Albujón aumentó hasta 10,5 m^3/s, para volver a acercarse al flujo base original en un periodo de 24 h. García Pintado et. al. estiman las entradas de agua por la misma rambla en 7,3 hm^3 de los cuales únicamente 0,3 hm^3 (el 4,8% del total de aportes de la rambla), correspondería a los episodio de avenidas.

Velasco y colaboradores realizaron un estudio similar en la rambla del Albujón entre los meses de septiembre de 2002 y octubre de 2003. Se midieron caudales en la desembocadura de la rambla, en el canal de drenaje existente en su margen izquierda. Durante el periodo de estudio

se registraron dos episodios de lluvias torrenciales en enero de 2003 y octubre de 2003, que dieron lugar a sendas avenidas.

En el estudio se pudo comprobar la correlación entre las precipitaciones y los aportes hídricos a través de la rambla del Albujón. La media anual de los caudales superficiales fue de 127 L/s, mientras que en los episodios torrenciales de enero y octubre se superaron los 1.000 L/s.

Los aportes hídricos superficiales que a través de la rambla del Albujón entraron al Mar Menor se estimaron en 27,4 hm^3/año, de los cuales 20,14 hm^3 (73,50%) correspondían a la rambla del Albujón propiamente dicha y 7,26 hm^3 al canal de drenaje que desemboca en la propia rambla.

En el estudio realizado por Álvarez Rogell incluido en la publicación *"El Mar Menor. Estado actual del conocimiento científico",* sobre las descargas de nutrientes en la Marina de Carmolí, y con el fin de conocer el grado de afección de los episodios de lluvias torrenciales sobre los aportes que recibe el humedal, se recogieron muestras de agua y se midieron los caudales de las ramblas de Miranda y el Miedo. Durante este periodo de estudio, el caudal promedio para la rambla del Miedo (7,5±14,7 L/s) fue mucho más bajo que para la rambla de Miranda (35,7±16,1 L/s). Se registraron dos eventos tormentosos el 30 de Enero de 2006 y el 3 de Mayo de 2006. Entre los días 28 y 29 de Enero la precipitación registrada en la estación meteorológica de san Javier fue de 23,2 mm (53,2 L/s en la rambla Miranda y 12,3 L/s en la rambla del Miedo), mientras que en los días 2 y 3 de Mayo fue de 22,8 mm (70,3 L/s en la rambla Miranda y 50,9 L/s en la rambla del Miedo).

2.3.2.2 Estimación provisional de los aportes superficiales al Mar Menor en avenidas

Aunque la falta de estaciones de aforo en la cuenca vertiente no permite disponer de series históricas de caudales puntas en momentos de lluvias intensas para poder calcular los aportes superficiales totales que entran en la laguna del Mar Menor en los episodios de avenidas, se ha aplicado a la cuenca vertiente del Mar Menor el método del NRCS (National Resources Conservation Service) para obtener una estimación de la escorrentía superficial o precipitación neta, en base a la precipitación total registrada en un evento en concreto.

Se ha elaborado una serie corta (14 años) de datos anuales de escorrentía directa, generada como consecuencia de los episodios de lluvias torrenciales que han tenido lugar en toda la cuenca vertiente, para estimar los aportes hídricos interanuales que recibe el Mar Menor como consecuencia de dichos episodios de avenidas.

Para estimar de la escorrentía neta que los episodios de lluvias torrenciales generan en la cuenca vertiente del Mar Menor, se ha dispuesto de la siguiente información:

- Series histórica de precipitaciones de 5 estaciones meteorológicas de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET, 2018), ubicadas dentro de la cuenca vertiente al Mar Menor.
- Usos del suelo de la cuenca vertiente para el año 2016, procedentes del SIGPAC. Usos de suelo agrupado los usos de suelo en función de sus características similares.
- Grado de permeabilidad del suelo, establecido en la normativa española que definen los tipos de suelo (Ministerio de Fomento)
- Pendientes de la cuenca vertiente (menor de 3%, mayor o igual al 3%)

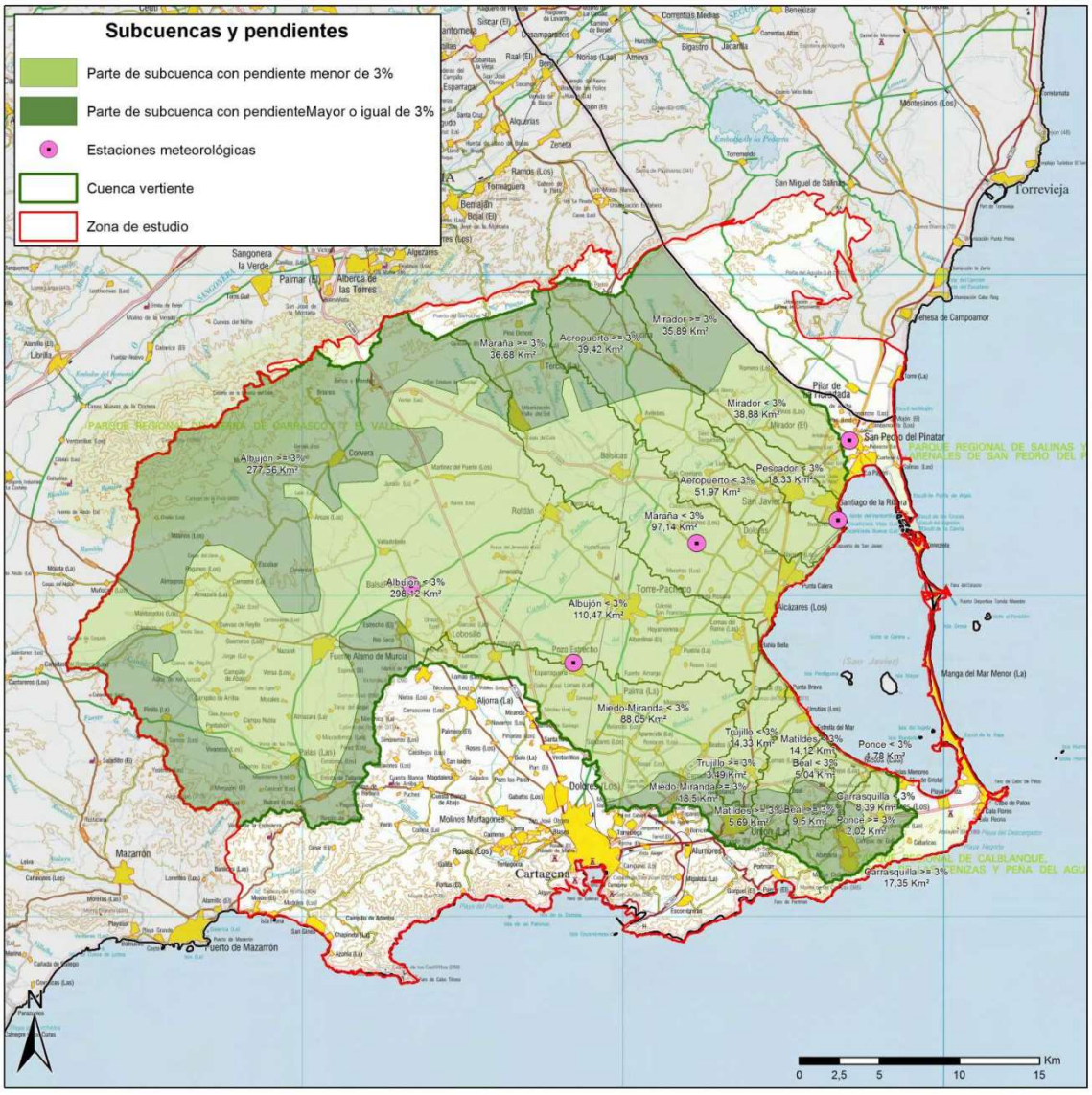


Figura 86: Subcuencas, pendientes y estaciones meteorológicas (Elaboración propia)

Los aportes hídricos estimados de esta manera deben considerarse en todo caso como unos valores máximos. Llaman poderosamente la atención, los aportes hídricos anuales de los años 2016 y 2009 (Tabla 73). Estos datos representan la escorrentía directa en episodios tormentosos donde la precipitación ha sido superior a los 200 mm.

En diciembre de 2016 la precipitación mensual registrada (208,7 mm) representó el 70,22% del total anual, sin que fuese un año especialmente lluvioso (297,2 mm). En cambio el año 2009 fue un 85,96% más lluvioso (539,3 mm) de la media establecida para la zona de estudio (290 mm).

Se observa como los aportes hídricos estimados en la rambla del Albujón representan el 50,91% del total, valor similar al estimado por otros autores como González Barberá y Sallent Sánchez (González-Barberá & Sallent-Sánchez, 2017) en relación a los aportes hídricos de dicha rambla en flujo continuo (56,10%).

Tabla 73: Estimación de la escorrentía directa en la cuenca vertiente del Mar Menor como consecuencia de episodios de lluvias torrenciales (Elaboración propia)

SUBCUENCA	SUPERFICIE (km^2)	APORTES DE AVENIDAS (hm^3)															
		2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003
Albujón	686.15	42.586	15.278	7.184	2.702	0.485	0.030	1.809	51.908	4.934	5.058	8.482	0.114	15.685	14.874
Miedo-Miranda	106.54	5.349	0.396	1.960	0.807	0.000	0.009	0.518	12.049	2.186	0.830	0.446	0.074	4.798	3.751
Carrasquilla	25.74	1.374	0.121	0.523	0.224	0.000	0.005	0.155	3.077	0.584	0.236	0.221	0.027	1.013	0.683
Ponce	6.80	0.347	0.027	0.128	0.053	0.000	0.001	0.035	0.780	0.143	0.055	0.036	0.005	0.297	0.225
Matildes	19.81	1.009	0.078	0.373	0.155	0.000	0.002	0.102	2.269	0.416	0.160	0.103	0.015	0.866	0.658
Beal	14.54	0.774	0.068	0.294	0.126	0.000	0.003	0.087	1.734	0.329	0.132	0.122	0.015	0.575	0.391
Trujillo	17.82	0.897	0.067	0.329	0.136	0.000	0.002	0.088	2.020	0.367	0.140	0.078	0.013	0.798	0.620
Maraña	133.83	18.544	2.149	1.219	0.298	0.444	0.113	0.012	5.996	1.833	0.153	0.019	1.010	4.151	3.898
Aeropuerto	91.39	11.685	1.328	0.124	0.378	0.044	5.553	0.106	4.937	1.691	0.633	1.067	0.205	2.024	2.639
Pescador	18.33	2.265	0.235	0.018	0.060	0.005	1.044	0.015	0.938	0.316	0.102	0.194	0.032	0.358	0.474
Mirador	74.77	9.596	1.101	0.105	0.317	0.038	4.575	0.090	4.063	1.394	0.529	0.882	0.171	1.678	2.184
TOTAL	**1195.72**	**94.426**	**20.847**	**12.259**	**5.256**	**1.017**	**11.337**	**3.016**	**89.772**	**14.193**	**8.028**	**11.651**	**1.680**	**32.242**	**30.398**

El valor medio de dichas aportaciones máximas para esta serie corta de datos, es de 24 hm^3. Si consideramos que los aportes hídricos superficiales en flujo continuo se han estimado entre 5 y 10 hm^3, significaría que los aportes anuales debido a episodios de avenidas representarían entre el 70,6% y el 82,8% del total de aportes hídricos superficiales a la laguna. Estos porcentajes, estarían en consonancia con los estimados por Velasco et al. (81,5%), aunque el promedio de los aportes hídricos estimados para la rambla del Albujón por efecto de las avenidas (12,22 hm^3), son inferiores a los calculados por estos autores para dicha rambla (22 hm^3) (Velasco, y otros, 2006).

Es importante señalar que, tal y como puede observarse en las tablas posteriores, los aportes hídricos que entran anualmente al Mar Menor por efecto de las avenidas presentan una gran variabilidad interanual en relación con los aportes hídricos procedentes de los flujos continuos que discurren por algunas de las ramblas de la zona cuyas descargas son más homogéneas. Si se calcula el porcentaje que representan los aportes hídricos por efecto de las avenidas para cada uno de los años de la serie se obtienen los resultados mostrados en las Tabla 74 (2010-2016) y Tabla 75 (2003-2009).

Se observa como en algunos años (marcados en rojo en la Tabla 74) el porcentaje que representan las avenidas en relación al flujo base es incluso inferior al 50%. En líneas generales, la contribución de las avenidas a los aportes hídricos totales aumenta con las precipitaciones anuales registradas.

Tabla 74: Estimación de los aportes superficiales totales al Mar Menor 2010-2016 (Elaboración propia)

AÑO	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010
FLUJO BASE (hm^3)	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10
AVENIDAS (hm^3)	94,43	20,85	12,26	5,26	1,02	11,34	3,02
TOTAL (hm^3)	99,43/ 104,43	25,85 / 30,85	17,26 / 22,26	10,26 / 15,26	6,02 / 11,02	16,34 / 21,34	8,02 / 13,02
AVENIDAS (%)	94,97% / 90,42%	80,65% / 67,58%	71,03% / 55,07%	51,24% / 34,45%	16,90% / 9,23%	69,39% / 53,13%	37,62% / 23,17%

Tabla 75: Estimación de los aportes superficiales totales al Mar Menor 2003-2009 (Elaboración propia)

AÑO	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003
FLUJO BASE (hm^3)	5 /10	5 /10	5 /10	5 /10	5 /10	5 /10	5 /10
AVENIDAS (hm^3)	89,78	14,20	8,03	11,65	1,68	32,24	30,40
TOTAL (hm^3)	94,78 / 99,78	19,20 / 24,20	13,03 / 18,03	16,65 / 21,65	6,68 / 11,68	37,24 / 42,24	35,40 / 40,40
AVENIDAS (%)	94,72% / 89,98%	73,95% / 58,67%	61,62% / 44,53%	69,67% / 53,81%	25,16% / 14,39%	86,57% / 76,33%	85,88% / 75,25%

2.3.2.3 Avenidas (Calidad química y Aportes de nutrientes, contaminantes y sólidos en suspensión)

Los diferentes estudios realizados ((David, Gentry, & Kovacic, 1997); (Xue, David, Gentry, & Kovacic, 1998)) principalmente en la rambla del Albujón, indican el gran protagonismo de los episodios de avenidas y lluvias intensas, por su efecto de lavado general de la cuenca vertiente y por la aportación superficial de nutrientes y otros contaminantes a la laguna del Mar Menor.

Los flujos hídricos que constituyen las avenidas, transportan una serie de nutrientes y contaminantes, normalmente en disolución, así como una carga de sólidos en suspensión. El tipo de nutriente y contaminantes, así como su concentración en las aguas dependerá, por un lado del tipo de sustrato sobre el que discurren los flujos hídricos y por otro lado del grado de antropización de los cauces (vertidos y mezcla de aguas) como vectores de transmisión de los flujos, y de la cuenca vertiente como medio receptor de las precipitaciones (actividad agraria principalmente).

Estos aspectos, confieren a los flujos hídricos que circulan por las ramblas del campo de Cartagena, una serie de características físico-químicas muy marcadas en función del trazado de dichas ramblas y del grado de alteración antrópica de la cuenca.

Se pueden diferenciar, por tanto, varias zonas en la cuenca vertiente en base a las características físico-químicas que confieren a las aguas que discurren a través de ellas:

2.3.2.3.1 Ramblas situadas en el centro de la cuenca (Albujón, Miranda)

Las ramblas que desembocan en el sector central del Mar Menor, Albujón y Miranda principalmente, actúan como drenajes principales de la cuenca vertiente del campo de Cartagena y constituyen, por tanto, el principal medio superficial de entrada a la laguna de contaminantes, de origen tanto agrícola (nutrientes y pesticidas) como urbano (aguas residuales).

Presentan una clara influencia agrícola, al atravesar los regadíos del Campo de Cartagena. Presentan también una influencia antrópica, como consecuencia del vertido en sus cauces de aguas residuales procedentes de las depuradoras de la zona, aguas de rechazo (salmueras) de las desalobradoras y aguas procedentes de los excedentes de riego que se canalizan hasta la rambla a través de una red de drenajes.

Los diferentes estudios realizados en los últimos años, principalmente en la rambla del Albujón, sobre las concentraciones de nutrientes y otros contaminantes en los flujos hídricos generados en los episodios de lluvias torrenciales, están de acuerdo respecto a la mayor aportación de sólidos en suspensión y materia orgánica particulada durante estos episodios, en comparación con el flujo base de estas ramblas. Esto es debido a que los flujos hídricos lavan gran parte de la zona regable del campo de Cartagena, erosionando la superficie del terreno y arrastrando los sedimentos entre los que se transporta una gran cantidad de materia orgánica particulada (MOP).

Estos estudios discrepan, no obstante, en otros aspectos como la contribución de estos eventos a los aportes superficiales totales de nitrógeno, fósforo, amonio, etc., que entran en la laguna del Mar Menor (Tabla 76).

Según Garcia Pintado (García-Pintado, Martínez-Mena, Barberá, Albadalejo, & Castillo, 2006), la mayoría de los nutrientes aportados por la rambla del Albujón durante los eventos torrenciales, lo hicieron disueltos en las aguas de escorrentía (99% del nitrógeno total y fósforo total de las aportaciones de estos nutrientes durante los eventos). El nitrógeno total incorporado en el sedimento durante las tormentas fue despreciable (9 kg).

Velasco concluye que las grandes avenidas aportan el 80% de la descarga total de nutrientes a través de la rambla, el 99% de sólidos suspendidos y el 88% de la carga orgánica particulada. Es decir, se produce la entrada estimada por las avenidas de 1.500 t/año de nitrógeno inorgánico disuelto, 147 t/año de fósforo, 10.000 t/año sólidos suspendidos y 340 t/año de materia orgánica particulada (Velasco, y otros, 2006).

El nitrógeno total y fósforo total disueltos representaron el 99% del total de las aportaciones de estos nutrientes durante los episodios de lluvias torrenciales, mientras que el 82% del carbono orgánico vertido al Mar Menor durante estas crecidas se transportó asociado al sedimento erosionado y movilizado por las avenidas, lo que revela la importancia de los procesos erosivos y la importancia de las ramblas como vector de transmisión de flujos hídricos y sedimentos.

Velasco considera que la rambla del Albujón aporta cerca del 50% del total de nutrientes a la laguna del Mar Menor. De este modo estima que los aportes totales de origen superficial estarían en un rango entre 640-3.136 t/año para el Nitrógeno Inorgánico disuelto (DIN) y entre 43-251 t/año para el Fosforo residual Soluble (SRP). Como se puede observar, los rangos son muy amplios, debido a la gran variabilidad interanual existente, en función del número de eventos tormentosos que se produzcan al año.

En el estudio realizado por Fenoll Serrano y Sáez Sironi, sobre la calidad química de los flujos hídricos que discurren por las ramblas del Albujón y Miranda (Fenoll-Serrano & Sironi, 2009), se observó que las concentraciones de nitratos registradas en la desembocadura de la rambla del Albujón se incrementaron de manera constante desde el inicio del estudio en septiembre de 2005 (7 mg/L) hasta febrero de 2007 (73 mg/L). El nitrito presentó variaciones estacionales, detectándose las mayores concentraciones en otoño de 2005 y 2007 (1,9 mg/L) y las menores en verano de 2006 (0,023 mg/L). El amonio presentó su pico máximo en septiembre de 2006 (17 mg/L), aunque las valores más altos registrados de forma continuada correspondieron a los meses de agosto de 2005 y 2006, posiblemente por el mal funcionamiento de la depuradora de los Alcázares que originaría vertidos de aguas residuales urbanas. En cuanto al fosfato, las mayores concentraciones se registraron en otoño de 2007 (5,7 mg/L).

En relación a la rambla de Miranda, se tomaron muestras representativas en la conducción soterrada que vierte a la rambla del Albujón. En relación al contenido en nitratos, siguen la misma tendencia que en la rambla del Albujón aunque con mayores concentraciones (de 36 a 47 mg/L para el mismo periodo de tiempo). En cambio las concentraciones de nitrito, amonio y fosfato son muy inferiores a las registradas en la rambla del Albujón, con especial mención al amonio (0,19 mg/L el valor máximo en 2006), lo que indica una menor influencia de aguas residuales urbanas.

Tabla 76: Resultados obtenidos por Velasco et al. (2005) y Fenoll Serrano y Sáez Sironi (2009)

Velasco, J. et al.	t/año	Fenoll Serrano y Sáez Sironi	mg/L
Entrada nitrógeno inorgánico disuelto	1500	Nitrito	0,023-1,9
Entrada fósforo	147	Amonio	17
Aportes totales de origen superficial para el DIN	640-3.136	Concentraciones de nitratos	7-73
Aportes totales de origen superficial para SRP	43-251	Fosfato	5,7
Sólidos suspendidos	10000		
Materia orgánica particulada	340		
Nitrógeno total y fósforo total	99%		
Aporte a la descarga total de nutrientes	80%		
Sólidos suspendidos	99%		
Carga orgánica particulada	88%		

En el estudio realizado por Álvarez Rogel (Álvarez-Rogel, Jiménez-Cárceles, FJ, & Nicolás, 2006), sobre las descargas de nutrientes en la Marina de Carmolí, y con el fin de conocer el grado de afección de los episodios de lluvias torrenciales sobre los aportes que recibe el humedal, se recogieron muestras de agua y se midieron los caudales de las ramblas de Miranda y el Miedo el 30 de Enero de 2006 y el 3 de Mayo de 2006 tras sendos episodios de lluvias intensas. Entre los días 28 y 29 de Enero la precipitación fue de 23,2 mm (53,2 L/s en la rambla Miranda y 12,3

L/s en la rambla del Miedo), mientras que en los días 2 y 3 de Mayo fue de 22,8 mm (70,3 L/s en la rambla Miranda y 50,9 L/s en la rambla del Miedo).

Las descargas de carbono orgánico disuelto (COD), Nitrógeno y Fósforo, que penetraron en el humedal a través de ambas ramblas, fueron superiores durante los eventos de lluvias torrenciales que en flujo base.

Del estudio, se desprende que las fuentes de contaminación difusa de origen agrícola (nitratos principalmente) son la fuente principal de nutrientes en condiciones de flujo base y que las fuentes puntuales de origen urbano (fosfatos, amonio etc.), relacionadas posiblemente con vertidos de la depuradora de Los Urrutia-Los Nietos, ganan importancia (excepto para el NO_3) durante los episodios de lluvias torrenciales y avenidas correspondientes.

La mayor parte de las entradas de nitratos se produjeron en otoño y primavera, coincidiendo con los periodos de máxima actividad agrícola, mientras que los contenidos en fósforo y COD aumentaron en verano relacionado con el incremento de la actividad turística.

En relación a los aportes de contaminantes y sólidos en suspensión que a través de estas ramblas entran en la laguna del Mar Menor, juegan un papel importante los humedales periféricos a la laguna, que por un lado actúan como laminador de las avenidas (carrizos) y por otro lado como filtro de nitrógeno, que es absorbido por las plantas, y fosfato que precipita en el suelo al formar compuestos con otros elementos presentes en el humedal (Ca y Mg en la Marina de Carmolí y Fe en Lo Poyo)

2.3.2.3.2 Ramblas situadas en la cubeta sur del Mar Menor (desde la rambla del Miedo hasta la rambla de Carrasquilla).

Estas ramblas están claramente influenciadas por la actividad minera que se desarrolló en la sierra de La Unión hasta los años 90 del pasado siglo y cuyos vestigios mineros (escombreras, balsas de lodos) siguen presentes en la zona. Los cauces de las ramblas presentan elevadas concentraciones en metales pesados (Pb, Cu, Zn, Sn etc.). De este modo, las aguas de escorrentía en episodios de lluvias torrenciales, constituyen una potencial fuente de contaminación por metales pesados tanto en disolución como particulados.

En la cubeta sur del Mar Menor, se produce un drenaje ácido en los episodios de lluvias intensas, debido a la oxidación de los sulfuros procedentes de los vestigios mineros, provocando un flujo hídrico superficial con un bajo pH (alrededor de 4) y una salinidad cercana a 1,9 mg/L (Marín-Guirao, Cesar, Marín, & Vita, 2005). Además, estos flujos contienen una gran cantidad de sólidos en suspensión procedentes de la erosión y arrastre de sedimentos en los cauces y escombreras de la zona, así como una elevada concentración de metales pesados, tanto particulados como en disolución, que entran en la laguna ((Navarro Hervas, 2004), (Navarro, Jeréz, Farinós, Robledano, & Motas, 2010), (García Lorenzo, 2009), (Martínez López, 2010)), superándose los umbrales ambientales establecidos en RD 60/2011.

El principal vector de transmisión de estos flujos superficiales o avenidas, generadas como consecuencia de las lluvias torrenciales, es la rambla de El Beal en cuya desembocadura las concentraciones de metales disueltos medidas en el agua, experimentan un brusco ascenso durante estos episodios de lluvias torrenciales.

En el estudio realizado por Marín-Guirao (Marín-Guirao & otros, 2008), sobre el aporte de metales pesados al Mar Menor a través de la rambla del Beal, y la influencia de las avenidas, como medio de transporte de estos metales tanto disueltos como en suspensión, se tomaron datos en el evento de lluvias intensas ocurrido el 6 de octubre de 2003 y en el que la precipitación fue de 17 mm. Se analizaron las características físico-químicas de las aguas de la rambla del Beal, cuyos resultados se presentan a continuación.

Tabla 77: Estimación de escorrentía directa en la cuenca vertiente del Mar Menor como consecuencia de episodios de lluvias torrenciales (Elaboración propia)

Rambla de El Beal (Evento 6 de octubre 2003. Precipitación = 17 mm)							
	Metales (mg/L)				Parámetros físicos-químicos		
	Zn	Pb	Cu	Cd	Salinidad (UPS)	pH	SS (mg/L)
Disueltos	26,60	0,89	0,30	0,35	1,9	4,1	4901
Particulados	31,65	141,41	1,64	0,15			

Estas descargas de metales pesados al Mar Menor, provocan episodios de toxicidad de las aguas de la laguna, que afectan negativamente al ecosistema principalmente en la cubeta sur de la laguna. Estos episodios tienen lugar como pulsos de apenas 48 horas, en los que los metales particulados se depositan rápidamente en los sedimentos de la laguna y los metales en disolución precipitan debido al pH básico y a la alta salinidad de las aguas del Mar Menor (Lloret, Marín, Marín-Guirao, & Velasco, 2005)

Cobra importancia, por tanto, la presencia de altas concentraciones de metales pesados en los sedimentos de la laguna, y su posible removilización y entrada en la cadena trófica, ya sea por interacciones naturales de los sedimentos con la columna de agua de la laguna (tormentas o cambios en las condiciones ambientales) o por actuaciones antrópicas (dragados de fondos lagunares y extracción de arenas para "restauración" de playas).

De este modo, en los sedimentos depositados en las cercanías de la desembocadura de la rambla de El Beal se han registrado elevadas concentraciones de As (243 mg/kg), Cr (63,24 mg/kg), Cu (209 mg/kg), Ni (18,33 mg/kg, Pb (5.700 mg/kg), Sn (20,4 mg/kg), y Zn (5.164 mg/kg) (Rodríguez-Puente, Guerrero, García, & Jornet, 2001)

En la cubeta sur del Mar Menor, también cobran especial importancia, los suelos rojos argílicos, altamente erosionables por los flujos hídricos superficiales, tanto por las concentraciones elevadas en metales solubles como por la presencia en ellos de nanopartículas que al ser arrastradas al interior de la laguna permanecen en suspensión, contribuyendo de manera muy importante a la turbidez de las aguas del Mar Menor.

En la cubeta sur del Mar Menor las ramblas no presentan concentraciones destacables de nitratos al no estar influenciadas por actividad agrícola alguna.

Álvarez Rogel y colaboradores (Álvarez-Rogel, Jiménez-Cárceles, FJ, & Nicolás, 2006) en los estudios realizados en la rambla de El Miedo concluyeron que los eventos de lluvias puntuales originaron picos de descargas de nutrientes muy superiores a los aportados en flujo base. El NH_4^+ fue la forma principal (97%) de nitrógeno inorgánico en la rambla del Miedo.

2.4 CONCLUSIONES DEL SISTEMA HÍDRICO

2.4.1 Los aportes hídricos superficiales al Mar Menor: flujo continuo y avenidas

Los flujos hídricos superficiales que llegan al Mar Menor, tienen una componente de **flujo continuo altamente antropizado**, cuyos aportes a la laguna se estiman entre **5 y 10 hm^3/año**. Sus fuentes principales de aportes hídricos en las últimas décadas, han sido las aguas residuales urbanas procedentes de las depuradoras, las salmueras procedentes de las desalobradoras (a partir del año 1993 aproximadamente), los excedentes de riego y el propio drenaje del acuífero superficial, como consecuencia del ascenso de los niveles freáticos por exceso de recarga. En la actualidad las fuentes correspondientes a las aguas residuales urbanas han disminuido significativamente por la mejora de las infraestructuras de depuración.

Una segunda componente de los flujos hídricos superficiales son las **avenidas** generadas en episodios cortos de lluvias intensas. La estimación de los aportes hídricos que anualmente entran en la laguna por efecto de estas avenidas es difícil de cuantificar, al no existir aforos y presentar una gran variabilidad interanual. La estimación provisional realizada para una serie corta de años (14) arroja un valor medio de **24 hm^3/año**, que representaría entre el 70,6% y el 82,8% del total de las aportaciones hídricas superficiales que anualmente entran al Mar Menor. En los años con escasa precipitación anual o con episodios de lluvias menos intensos de lo normal, el porcentaje que representan las avenidas en relación al flujo base es incluso inferior.

2.4.2 La influencia de las actividades de la cuenca en la calidad de los flujos superficiales

La calidad físico-química de los flujos superficiales que entran en la laguna está claramente influenciada por las actividades productivas presentes (agricultura) o pasadas (minería), por la actividad turística y por las intervenciones antrópicas en los cauces. Los principales contaminantes presentes en las aguas superficiales que discurren por las diferentes ramblas del Campo de Cartagena en líneas generales siguen un patrón espacial, en función de dichas actividades y estacional en función de los periodos de mayor precipitación, fertilización e incremento poblacional.

2.4.3 La contaminación de los flujos superficiales

- **Nitratos (NO_3).** Es la principal fuente de nitrógeno inorgánico asociado a la actividad agrícola, concretamente al uso de fertilizantes nitrogenados, tan extendido en la zona regable. E**l nitrato representa el principal contaminante de las aguas superficiales de la cuenca vertiente y del Mar Menor**. Su incorporación a los flujos hídricos suele ser en modo disuelto y su concentración en los mismos aumenta con las precipitaciones, y con los periodos de máxima aplicación de fertilizantes en el suelo (primavera y otoño). En la rambla del Albujón las concentraciones de nitrato han estado de un rango de 200-250 mg/L entre 2014 y 2016. Posteriormente, se han registrado concentraciones de 130 e incluso inferiores a los 100 mg/L. Esta reducción puede deberse a la clausura de los salmueroductos y/o a la influencia del periodo de lluvias. En función de los umbrales establecidos en el artículo 9 del Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, y la Directiva 2013/39/UE, de 12 de agosto de 2013, el estado de las aguas de la rambla del Albujón habría que definirlo como **"Deficiente" o "Inferior a Bueno".**
- **Fosfatos (PO_3).** El fosfato puede tener origen agrícola, relacionado con fertilizantes y purines aunque en este caso procede principalmente de vertidos puntuales de aguas

residuales urbanas, asociado al tratamiento de los efluentes urbanos en las diferentes depuradoras de la zona. Al igual que el nitrato, el fosfato se suele incorporar en disolución a los flujos hídricos, aunque suele formar compuestos con otros elementos presentes (Fe, Ca, Mg) precipitando en los suelos de los humedales de la Marina de Carmolí entre otros. **Su concentración en los flujos hídricos suele aumentar después de los episodios de lluvias torrenciales, como consecuencia de vertidos de las depuradoras.** Las concentraciones de fosfatos registradas en la rambla del Albujón en el año 2016 alcanzaron valores superiores a los 0,7 mg/L, por lo que, a pesar que la media en ese mismo año fue de 0,47 mg/L, el estado de las aguas de la rambla del Albujón habría que definirlo como **"Moderado" o "Inferior a Bueno".**

- **Amonio (NH_4).** El amonio es la principal fuente de nitrógeno asociado a las aguas residuales de origen urbano. Su concentración en las aguas no guarda una relación directa con los episodios de lluvias intensas, sino con el incremento poblacional y de actividad turística en los periodos estivales. En otoño, las concentraciones de amonio vuelven a experimentar un acusado descenso. Las concentraciones de amonio registradas en las aguas de la rambla del Albujón en 2016 no superaron los 0,4 mg/L, por lo que se podría catalogar el estado de las aguas a este respecto como **"Bueno".**
- **Metales Pesados.** Procedentes de los vestigios mineros existentes en la cubeta sur como consecuencia de la actividad minera que tuvo lugar en la Sierra de La Unión hasta los años 90 del pasado siglo. Estos metales (Cu, Pb, Zn, As, Cd) entran en la laguna a través de los flujos hídricos generados en los episodios de lluvias torrenciales, tanto en disolución (principalmente Zn y Cd) como particulados (Pb). Las concentraciones de Cu y Zn registradas en las aguas de la rambla del Beal presentan valores de 0,3 mg/L y 26,6 mg/L respectivamente, no cumpliendo lo estipulado en el RD 817/2015 de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.

  Estos metales se depositan o precipitan en los sedimentos de la laguna, donde se han registrado concentraciones de As (243 mg/kg), Cr (63,24 mg/kg), Cu (209 mg/kg), Ni (18,33 mg/kg, Pb (5.700 mg/kg), Sn (20,4 mg/kg), y Zn (5.164 mg/kg) (Rodríguez-Puente, 2001). Cabe señalar que estos valores corresponden únicamente a las ramblas de la cubeta sur, no encontrándose en concentraciones elevadas en el resto de las ramblas, como se puede observar en las últimas mediciones realizadas por la CHS en agosto de 2016 en las aguas de la rambla del Albujón, donde se registraron concentraciones de Cu y Zn de 0,0039 mg/L y 0,032 mg/L respectivamente.

2.4.4 Balance hídrico

En este apartado se presenta un esquema preliminar de balance hídrico de la cuenca del Mar Menor. Los datos que figuran en el balance son el resultado de la revisión realizada a cada variable, y las conclusiones obtenidas de cada una de ellas, a lo largo de los diferentes apartados del presente documento de diagnóstico.

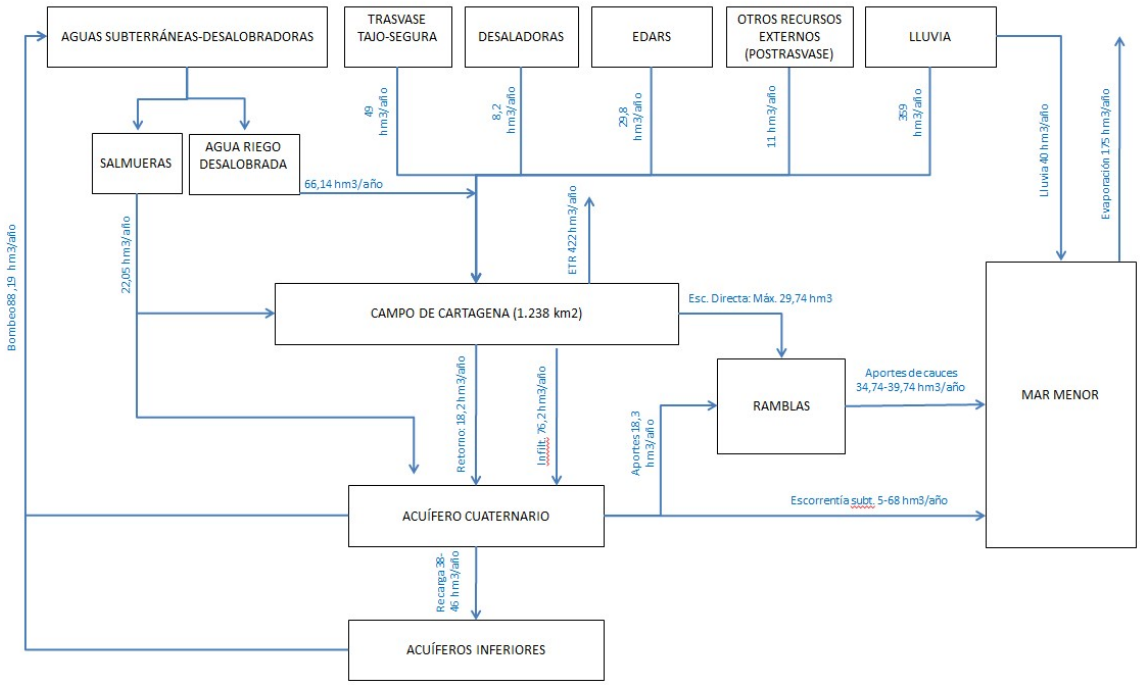


Figura 87: Esquema del balance hídrico de la cuenca del Mar Menor (Elaboración propia)

2.4.4.1 Entradas al sistema

Precipitación: 359 hm^3/año.

Considerando la superficie de la masa de agua subterránea Campo de Cartagena (1.238 km^2) y una precipitación media anual de 290 mm/año, obtenida del promedio de las estaciones de AEMET: 7031-Murcia/San Javier, 7026-Cartagena (Pozo Estrecho), 7032 San Pedro del Pinatar Ayto. y 7028I Torrepacheco (Torre Blanca), para la serie 1975-2017.

Aguas subterráneas: 66,14 hm^3/año.

En principio, las aguas subterráneas no pueden ser empleadas de manera directa para regadío ya que su elevada salinidad las hace poco tolerables para ciertos tipos de cultivo. Por este motivo, son sometidas a procesos de desalobración, aunque actualmente se desconoce el porcentaje de agua que es objeto de este proceso. Si se considera el máximo del volumen extraído (88,2 hm^3/año, según PHDS 2015/21) y una tasa de rechazo (de desalobración) del 25%, el volumen final empleado en el regadío del Campo de Cartagena sería de 66,14 hm^3/año y, por tanto, el volumen de salmuera de 22,1 hm^3/año. Estos datos presentan gran incertidumbre. Parte de la salmuera irá a parar al sistema como efluente superficial y parte irá al acuífero mediante infiltración o inyección directa a pozos. Lo que es complejo de cuantificar es el porcentaje de cada componente (superficial y subterráneo).

Trasvase Tajo Segura: 49 hm^3/año

El Trasvase Tajo Segura se inició en 1979, pero las aportaciones del ATS no han sido constantes desde su inicio. Las reglas de explotación del Trasvase Tajo-Segura se definen en la disposición adicional decimoquinta de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre. La aportación asignada al Campo de Cartagena (concretamente a la Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena) es de 122 hm3/año, pero sólo en dos ocasiones se ha trasvasado esta cantidad. El resto de los años las aportaciones han ido variando en función de la situación hídrica en la cabecera del Tajo.

El dato incluido en el balance es el correspondiente al promedio de la serie 2004/05-2016/17, estimado en 49 hm^3/año (datos disponibles a fecha de elaboración del presente informe. Fuente: CHS).

Desaladoras: 8,2 hm^3/año (CHS, 2017)

Desalobradora de El Mojón. Titular: CCRR de Campo de Cartagena. 2,2 hm^3/año.

Escombreras. Gestionada por Entidad de Saneamiento de la Región de Murcia (ESAMUR). La concesión que tiene aprobada para riego es de 3 hm^3/año. Actualmente, de acuerdo al R.D. 356/2015, de 8 de mayo, de Sequía en la Cuenca del Segura y RD 851/2017, de 22 de septiembre (por el cual se prorroga la situación de sequía prolongada hasta septiembre de 2018), existen sendas autorizaciones provisionales por las que se asignan, 4 hm^3/año a la C.R. del Campo de Cartagena, y 1,99 hm^3/año a la C.R. Arco Sur Mar Menor, mientras sigan vigentes los RD.

Desaladora de San Pedro del Pinatar I y II. Titular:

Mancomunidad de los Canales del Taibilla (MCT). Los recursos de estas desaladoras son destinados para abastecimiento, pero la Confederación Hidrográfica del Segura emitió una resolución donde se otorgaba a la CCRR Campo de Cartagena 0,5 hm^3/mes hasta abril de 2017 y excedentes que pudiera haber hasta el 30 de septiembre de 2017. En caso de que el vigente Real Decreto de Sequía fuera prorrogado, esta autorización se prorrogará de manera automática por el mismo periodo, siempre y cuando existan volúmenes disponibles de agua (Fuente: Memoria de Actividades 2016/17. CR Campo de Cartagena). Estos datos no se han introducido en el balance dado su provisionalidad.

Actualmente, se encuentra pendiente de asignación unos volúmenes de agua desalada procedentes de la desaladora de Valdelentisco, para cubrir la demanda de unas 17.600 ha, de las cuales la mitad corresponde a redotación (CHS, 2017).

Además, en el presente año 2017, se están llevando a cabo obras en todas las desalinizadoras de la zona, para ampliar su capacidad productiva, debiendo considerarse como recursos hídricos en un corto espacio de tiempo.

EDARS (Aguas urbanas reutilizadas): 29,8 hm^3/año.

De los recursos procedentes de EDARs, 24,09 hm^3/año tienen como uso el riego agrícola y el resto, 5,71 hm^3/año, riego de zonas verdes y campos de golf. Estos últimos también generan retornos de riego, por lo que se han incluido en el balance. (Fuente: concesiones inscritas en la CHS, 2017).

Otros Recursos externos al Campo de Cartagena: 11 hm^3/año

Existen otras fuentes que aportan recursos hídricos al Campo de Cartagena, tanto de dentro de la Cuenca del Segura como externos a ella. Éstos son: Embalses de cabecera de la cuenca del Segura, pozos del sinclinal de Calasparra, recursos del Canal de Estremera, recursos de La Poveda, pozos de la batería estratégica, pozos SCRATS,…

Estos recursos son gestionados a través de la infraestructura del Postrasvase y presentan una elevada variabilidad en los volúmenes aportados. El dato incluido en el balance es el correspondiente al promedio de la serie 2004/05-2016/17, estimado en 11 hm^3/año (datos disponibles a fecha de elaboración del presente informe. Fuente: CHS).

Concesiones Superficiales: 0,14 hm^3/año (CHS, 2017)

Infiltración de las precipitaciones: 76,2 hm^3/año (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015)

Retornos de riego en áreas de cultivo: 18,2 hm^3/año (Confederación Hidrográfica del Segura, 2015)

El retorno de riego es un término de compleja cuantificación que normalmente se estima como un porcentaje del total del agua aplicada a riego. El valor proporcionado por el Plan procede de aplicar un coeficiente de retorno a la demanda bruta establecida para las distintas UDAS presentes en la superficie del acuífero, en base a los criterios definidos en la IPH.

2.4.4.2 Salidas del sistema

Evapotranspiración: 422 hm^3/año

Los valores medios de evapotranspiración real en la Demarcación del Segura son del orden de 340,8 mm/año (PHDS 2015/21). Considerando la superficie de la masa de agua subterránea (1.238 km2), la ETP sería de 442 hm^3/año.

Escorrentía directa (avenidas): 29,74 hm^3/año

La escorrentía directa corresponde a la estimación de la precipitación neta de los diferentes episodios de lluvias torrenciales registrados anualmente, en base al cálculo del umbral de escorrentía de la cuenca vertiente. El valor de 29,74 hm^3/año corresponde a la media anual de una serie de 8 años (2009-2016) y hay que tomarlo como un valor de máximos.

Bombeos de aguas subterráneas: 88,2 hm^3/año.

El PHDS 2015/21 da un valor de 88,2 hm^3/año para las salidas a través de bombeos del acuífero del Campo de Cartagena (que comprende los acuíferos Cuaternario, Plioceno y Andaluciense). Según datos de la CHS, actualizados a 2017, desde el año 1986 hasta 2014, se han aprobado 1.006 concesiones de aguas subterráneas en la masa de agua Campo de Cartagena. Los años en los que más expedientes de concesión se han iniciado han sido 1989 y 1988 (con cerca de 150 concesiones cada uno, 162 y 142 expedientes respectivamente), seguidos de 1997 (89 trámites de concesión), 2001 (60 expedientes) y 1996 (55 expedientes).

Drenaje del acuífero Cuaternario a cauces: 18,3 hm3/año. (Senent, Martínez-Vicente, Cabezas, García-Aróstegui, & Baudron, 2009)**.**

Dato obtenido mediante modelización matemática. Con anterioridad a la puesta en marcha de la actividad agrícola intensiva en la zona no existía conexión hidráulica entre las aguas del acuífero Cuaternario y los cauces superficiales (ramblas). Tras la llegada de las aguas del Trasvase Tajo-Segura, se produjo un aumento del nivel piezométrico debido, sobre todo, a la recarga al acuífero por parte de los retornos de riego lo que ha generado una descarga del acuífero a la Rambla del Albujón, manteniendo un caudal de base en el tramo final de la desembocadura durante determinados momentos del año.

Aportes superficiales al Mar Menor: 34,7 y 39,7 hm^3/año.

El total de aportes hídricos superficiales que entra en la laguna presenta dos componentes principales, un flujo continuo de mezcla de efluentes, estimado entre 5 y 10 hm^3/año y los caudales de avenidas generados en los episodios de lluvias intensas, que podrían equivaler a la escorrentía directa calculada para dichos eventos tormentosos (29,74 hm^3). Por tanto, el total de aportes hídricos superficiales se estima entre 34,74 y 39,74 hm^3/año.

Descarga subterránea al Mar Menor: 5-68 hm^3/año

La estimación del flujo de descarga del acuífero al Mar Menor es un parámetro de difícil cuantificación debido a la variabilidad espacial y temporal que lleva asociada. En lo referente a su cálculo, los estudios desarrollados hasta la fecha han aportado resultados que presentan

una gran disparidad. (IGME, 1991), (Senent, Martínez-Vicente, Cabezas, García-Aróstegui, & Baudron, 2009), (Jiménez-Martínez, y otros, 2016).

Transferencia a acuíferos profundos: 37,9 hm^3/año (IGME, 1991)**y 46 hm^3/año** (Jiménez-Martínez, y otros, 2016)**.**

Esta transferencia se realiza, en su mayoría, a través de pozos abandonados y/o mal construidos que comunican los acuíferos.

3 ACTIVIDADES DESARROLLADAS DIRECTAMENTE SOBRE EL ESPACIO DEL MAR MENOR

3.1.1 Actividad portuaria

Cabe destacar que, en relación con el sector turístico, desde la segunda mitad del año 2015, como consecuencia de haberse alcanzado un estado de eutrofización grave en el Mar Menor, se redujeron el número de banderas azules otorgadas a las playas del litoral en el ámbito de actuación. Según lo indicado por la Fiscalía Superior de la C.A. de la Región de Murcia (Diligencias de Investigación nº 74/16): *Retirada de las 19 banderas azules que tenía concedidas las playas del Mar Menor: por la Unión Europea en las playas del MM en el verano de 2017. Es otra consecuencia más de la desastrosa situación ambiental del MM por la mala calidad del agua de baño*.

De acuerdo con el documento "Líneas estratégicas para la ordenación de los puertos deportivos de la Región de Murcia" (Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio, 2012) el Mar Menor cuenta con 4.481 amarres disponibles, repartidos en 13 instalaciones náuticas, siendo la mayoría para embarcaciones con eslora inferior a 10 metros (únicamente el Puerto Deportivo Tomas Maestre y Dársena Deportiva Marina de las Salinas cuentan con amarres para barcos de más de 20 metros de eslora). Este número de amarres supone el 70 % de los existentes en toda la Comunidad Autónoma muy por delante del resto de las zonas consideradas, al tratarse de una zona que facilita la navegación por la tranquilidad de sus aguas, carentes de oleaje.

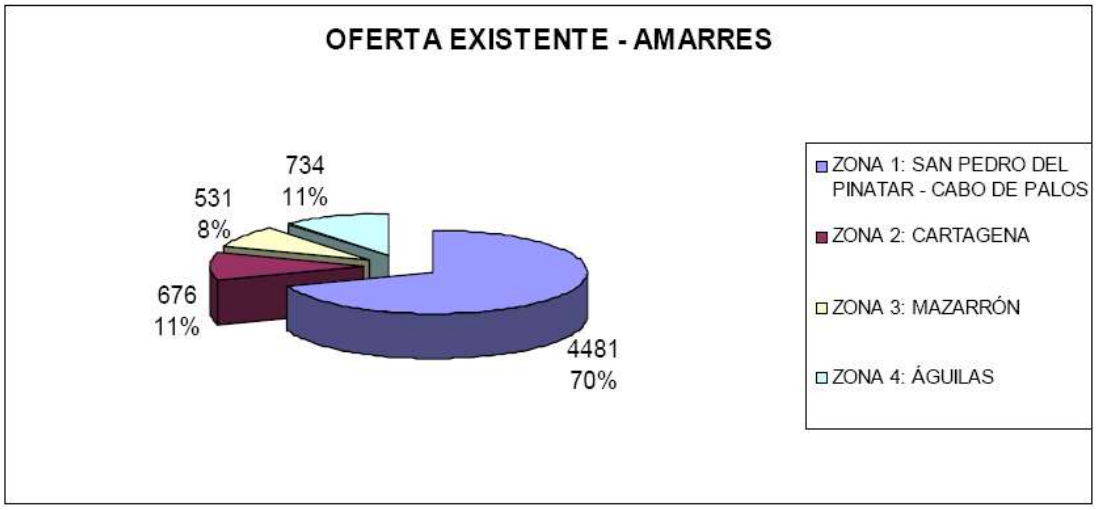


Figura 88: Oferta existente de amarres en la Región de (Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio, 2012)

Este mismo documento estima que la flota existente es de 10.600 embarcaciones para 2008, y con previsiones de superar las 16.000 en 2022, por lo que prevén necesario generar entre 4.500 y 6.700 nuevas plazas de amarre (entre un 20-25 % del total corresponderían a la demanda asociada al turismo náutico). Además estiman que en un futuro, las marinas secas podrían captar el 25% de la flota actual sin amarre y el 60% de la flota de nueva creación sin amarre. El mayor porcentaje de demanda se sitúa en los barcos con eslora entre 6 y 12 metros, con porcentajes en torno del 30% al 35%. De acuerdo con las encuestas realizadas para este documento, el 23% de los nuevos amarres a crear deberían ubicarse en el Mar Menor y el 17% en el Mar Mediterráneo entre San Pedro del Pinatar y Cabo de Palos.

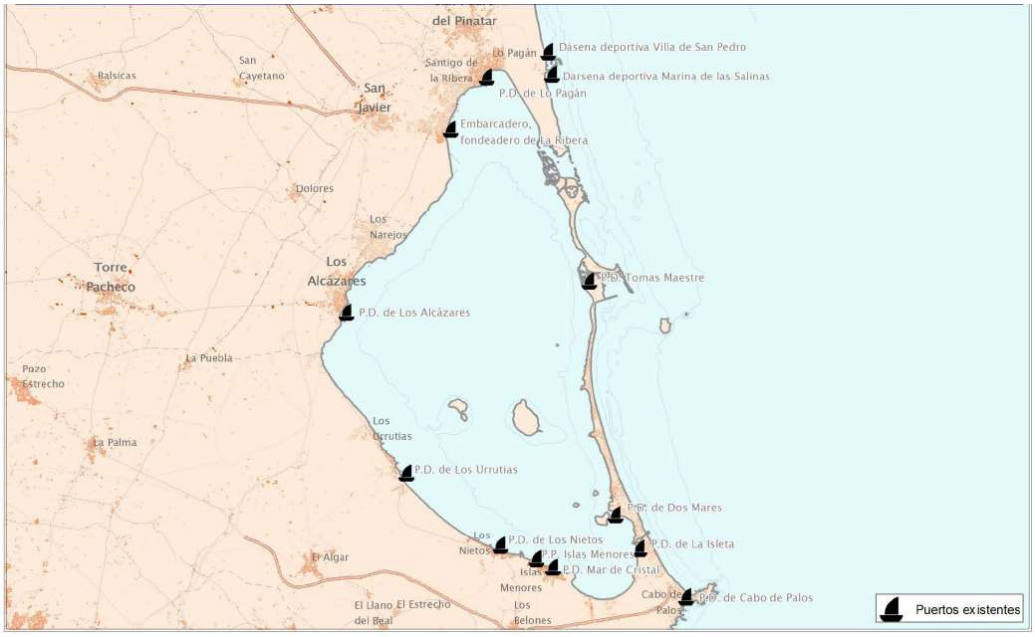


Figura 89: Puertos existentes en la el entorno del Mar Menor (Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio, 2012)

Dada la diferencia existente entre los amarres disponibles y las embarcaciones en la zona, se han creado numerosos fondeaderos no regulados, contándose en el Mar Menor 63 fondeaderos, que acumulan 2.282 barcos en 70,7 ha.



Figura 90: Imagen satélite mostrando un fondeadero no regulado (Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio, 2012)

Por otra parte, este documento realiza un análisis multi-criterio, zonificando el litoral en cuatro categorías, dando a cada una de ellas un grado diferente de capacidad de acogida de actuaciones náuticas, inversamente proporcional a su fragilidad ambiental. La práctica totalidad del Mar Menor está incluida en la categoría más restrictiva, donde se encuentran

zonas de valoración ecológica del litoral muy alta, áreas protegidas por normativas medioambientales, playas (de arena fina o con gran demanda social), islas e Islotes. En estas zonas se permiten las instalaciones náutico-deportivas temporales, de baja ocupación y con soluciones "blandas"; la ampliación, con soluciones blandas, de los puertos deportivos e instalaciones náuticas deportivas existentes y la construcción de marinas secas, como instalaciones independientes, que no podrán situarse dentro de espacios naturales terrestres protegidos, pero está prohibido la construcción de puertos de nueva planta (excepcionalmente podrán construirse por razones de Interés general o regional o ante ausencia objetiva y justificada de otras alternativas viables y cuando la demanda esté debidamente justificada). En el juego de imágenes de la Figura 91 es la zona con borde verde.

Por otra parte, las actividades náuticas asociadas al sector turístico representan un riesgo para los hábitats lagunares. El carácter de sistema cerrado del Mar Menor acentúa el problema de contaminación por hidrocarburos, ya que es más difícil la dispersión de los mismos. El origen de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) detectados en la laguna es eminentemente pirogénico (procesos de combustión), excepto cerca de las zonas urbanas y puertos donde su origen es petrogénico, derivado de los vertidos del petróleo. Además, la deposición atmosférica de los PAHs evidencia otra vía de acceso relevante de estos contaminantes a la laguna. A este respecto, el mayor foco de PAHs es el aeropuerto de San Javier-Murcia. Otro contaminante asociado a la actividad náutica es el tributililo de estaño (TBT), para el cual se han documentado fenómenos de imposex (masculinización de hembras) en gasterópodos. Además de la contaminación por compuestos químicos, la actividad náutica conlleva otras alteraciones como es el ruido que puede llegar a afectar a la fauna, principalmente a la avifauna en épocas de cría.



Figura 91: Zonificación costera según capacidad de acogida del Mar Menor (Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio, 2012)

3.2 ACTIVIDAD PESQUERA

El Mar Menor es considerado por diversos autores como una de las lagunas mediterráneas con mayor riqueza específica a nivel ictiológico, estando compuesta en las zonas litorales y someras por un total de 45 especies distribuidas en 19 familias (IEO, 2014). Un 35% de estas son residentes permanentes o sedentarias, es decir, especies de carácter estuarino que completan su ciclo biológico en el interior de la laguna y un 44% son migratorias, que reside temporalmente o visitan periódicamente la laguna. Cabe destacar que más del 50% de las especies presentes en estas zonas someras se encuentran entre las especies objetivo de las

pesquerías o son especies legalmente protegidas, de interés conservacionista como el fartet (*Aphanius iberus*), la aguja (*Syngnathus abaster*), la anguila (*Anguilla anguilla*), el caballito de mar (*Hippocampus guttulatus*) y el torito o zorrita (*Pomatochistus marmoratus*), incluidas en catálogos de normativas nacionales e internacionales relativas a la conservación de la biodiversidad (IEO, 2014). Asimismo es importante la aparición de forma estacional de especies con densidades muy elevadas y de gran interés pesquero, con huevos y larvas pelágicas y una elevada fecundidad por talla y que aprovechan la productividad lagunar para aumentar su tasa de crecimiento (IEO, 2014), este es el caso de especies como la dorada (*Sparus aurata*), el mújol (*Mugil* spp.) o el lenguado (*Solea solea*).

La productividad propiciada por las características ecológicas del Mar Menor han posibilitado a lo largo de los años el desarrollo de la actividad pesquera, presentando un carácter eminentemente artesanal, donde algunos de los artes empleados destacan por su singularidad y por su carácter tradicional, alternándose según el tipo de especie objetivo presente en cada época del año (IEO, 2014).

La flota pesquera que faena en el Mar Menor pertenece a la cofradía de San Pedro del Pinatar y la mayoría está dedicada a las artes menores, empleando técnicas de pesca y aparejos tradicionales. En 2016 estaban censadas 63 embarcaciones, que generaron 114 puestos de trabajo. Durante el periodo entre 2008 hasta 2016 el número de embarcaciones ha permanecido prácticamente estable, del mismo modo que el número de trabajadores, que se ha mantenido en torno a los 110. El sector pesquero que faena en la Laguna se encuentra regulado a nivel administrativo con una serie de normativas que regulan tanto los puertos habilitados para el desembarque de las capturas, las horas en las que se pueden realizar, como las vedas de las especies objetivo y las temporadas para los distintos tipos de artes. Los puertos estipulados para el desembarque de esta flota son, el puerto de Lo Pagan, donde se encuentra la lonja, y los puertos deportivos de Tomás Maestre, Las Isletas, Los Nietos y Los Urrutias. La estadística de las capturas desembarcadas en la lonja de Lo Pagán, muestra en el pasado reciente (2005-2012) una cierta estabilidad en sus capturas según datos obtenidos del CARM.

Tabla 78: Volumen de Capturas en kg desembarcados en la Lonja de Lo Pagan de las especies objetivo típicas de la laguna del Mar Menor. Periodos 2005-2012 CARM

Temporada	Anguila	Dorada	Langostino	Chirrete	Sum Capturas
2005	25.631,00	64.456,57	3.175,60	22.989,65	116.252,82
2006	22.789,70	73.552,75	3.129,02	18.577,80	118.049,27
2007	20.314,00	71.223,63	3.925,85	11.042,85	106.506,33
2008	25.532,40	108.170,51	4.184,30	1.806,30	139.693,51
2009	32.324,40	74.773,16	8.064,70	7.361,95	122.524,21
2010	18.661,70	72.221,74	7.114,65	10.758,90	108.756,99
2011	19.463,75	99.972,40	5.845,95	19.392,34	144.674,44
2012	24.489,51	130.851,86	4.413,95	21.866,83	181.622,15

En cuanto al mantenimiento de los stocks del Mar Menor, y según el estudio del Instituto Euromediterráneo del Agua, el uso racional y sostenible del recurso pesquero en el Mar Menor se constata al comprobar que ninguna de las pesquerías tradicionales ha sido esquilmada, y que los totales anuales de capturas se mantienen, aumentando incluso en determinados casos, siendo el resultado de un modelo basado en la utilización de las artes de pesca tradicionales, poco agresivas con el medio natural y bastante selectivas respecto a las especies objetivo de captura.

Si atendemos a los datos de capturas obtenidas entre el periodo de 2005 a 2012 no se observan grandes fluctuaciones en las capturas de las principales especies con interés pesquero capturadas en el Mar Menor. Cabe resaltar las capturas obtenidas en las pesquerías de langostino en el año 2016, que fueron de 24.627 kg frente a los 9.466 kg de 2015, observándose un incremento elevado respecto a las capturas medias 4.981,75 para esta especie en el periodo entre 2005 a 2012. Se podría pensar que el estado ecológico actual del Mar Menor ofrece unas condiciones más óptimas para el desarrollo del langostino. Para conocer detalladamente el motivo del aumento, se tendría que conocer el esfuerzo pesquero aplicado a esta especie durante estos años, para determinar si el aumento en las capturas está asociado a un aumento de la presión pesquera y, si es así, cuáles son los motivos del aumento en la presión pesquera: si son debidos a la reducción de otras pesquerías que fuerzan un cambio de especie objetivo por parte de los pescadores o si hay un aumento de la presión debido a motivaciones económicas por el propio aumento de las capturas. También habría que descartar que no se estén produciendo efectos de concentración de la población por la desaparición de hábitats óptimos para la especie y en consecuencia las poblaciones no aumenten sino que simplemente se concentren en determinadas zonas, con los posibles efectos de sobrepesca que se podrían derivar. En consecuencia, resulta apresurado anticipar los motivos de este aumento sin realizar un estudio más en profundidad y que arroje luz a todos los posibles factores que están interviniendo en este aumento de las capturas de langostino. Hay que remarcar que en estudios centrados en el Mar Menor (IEO, 2014); (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017) advierten de la necesidad de focalizar recursos en mejorar el conocimiento de las diferentes poblaciones y stocks con interés pesquero, para optimizar la gestión de las pesquerías y actividades extractivas y anticipar posibles cambios que se puedan producir a raíz del estado ecológico en que se encuentra la laguna actualmente.

Las artes de pesca presentes en el Mar Menor son empleadas principalmente sobre zonas someras de fondos arenosos. Dentro de estas cabe destacar la pesca de “las encañizadas”, una de las más particulares y antiguas. Esta estructura se sitúa en las golas o canales de comunicación entre el Mar Menor y el Mediterráneo para utilizar las corrientes de entrada y salida del agua y de este modo dirigir los peces hacia la trampa. La evolución de las capturas en las encañizadas durante el periodo 2000-2009, presentó un máximo en el año 2006, con 15.483 kg, y dos mínimos en 2002 y 2009 con 1.375 y 1.325 kg, respectivamente, mientras que la captura media en este periodo se situó en 4.890 kg. Para el periodo entre 1998-2013, la captura media fue ligeramente superior, de 5.958 kg, siendo la dorada la especie predominante, con un 85 % del total de capturas, seguida de los mújoles con un 6,2% (Valero Palmero, 1972).

La recuperación de la pesca tradicional en la zona de “Las Encañizadas”, perteneciente al Parque Regional “Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar”, se considera un factor positivo para la conservación del área, tendiendo hacia un modelo sostenible desde el punto de vista productivo, que compagina la actividad pesquera con la conservación de los valores medioambientales y culturales del entorno (CARM, 2017).

Otra de las principales pescas en el Mar Menor es la que se realiza sobre el langostino (*Penaeus kerathurus*), mediante el uso de las charamitas o langostineras. Es un producto emblemático de la zona con un valor añadido muy elevado, y que aporta unos ingresos cuantiosos a la cofradía. Por este motivo, en 2014 participaron en su pesca un total de 50 embarcaciones (Cofradía de pesca San Pedro del Pinatar). La pesca del langostino se distribuye en dos campañas ((CARM, 2017), (Consejería de Agricultura y Agua, 2009)). Con el objetivo de compaginar los usos turísticos y recreativos con la actividad pesquera, la temporada del langostino queda suspendida durante el periodo de máxima afluencia turística, de esta manera

el esfuerzo pesquero dentro de la laguna queda reducido en verano. Parte de la flota pesquera del Mar Menor es empleada por la administración autonómica para la gestión de las medusas (*Cotylorhiza tuberculata* y *Rizosthoma pulmo*).

El periodo de mayor esfuerzo pesquero sobre la laguna se desarrolla durante los meses de otoño e invierno. Las paranzas y las charamitas o langostineras son las artes más numerosas. Las especies objetivo de estás son la anguila (*Anguilla anguilla*), la doradas (*Sparus aurata),* el lenguado *(Solea spp*), el galupe (*Liza aurata*), la galúa (*Liza saliens*), el salmonete (*Mullus spp*.), el raspallón *(Diplodus annularis)* y el magre *(Lithgnathus mormyrus*). Las charamitas presentan una frecuencia de aparición superior al 70%, centrando su actividad principalmente en los meses de septiembre-octubre. Durante los meses de otoño se da también "la racha", denominado así por los pescadores, que obtienen el 30% de los ingresos anuales de la Cofradía durante este fenómeno, gracias fundamentalmente a la captura de doradas mediante paranzas, que representan el 95% de las capturas, aunque también se pescan otras especies como el salmonete o el lenguado.

Las chirreteras con las que se realiza la pesca del chirrete (*Atherina boyeri*) entre los meses de febrero y marzo. Antiguamente este era un arte de arrastre, siendo mucho más agresivo con las comunidades bentónicas, hoy en día las chirriteras se dejan fondeadas en las aguas sin la realización de ningún arrastre y se elevan a las veinticuatro horas. El trasmallo y las redes de "pelo", utilizadas para la pesca del magre (*Lithognathus mormyrus*), y del lenguado (*Solea spp.*), tienen un uso más esporádico, del mismo modo que la pesca de cerco con la pantasana para la captura de magres y mújoles (Mugil, Liza *spp*.).

Otro arte utilizado en la laguna es el palangre de fondo, principalmente para la pesca de la anguila. Esta tipología de pesca es selectiva y no provoca impactos sobre las comunidades bentónicas. Es preciso destacar que la anguila es una de las especies pesqueras más importantes de la laguna en cuanto al volumen de capturas, estando sometida a un Plan de Gestión específico, aprobado por la Comisión Europea de 1 de octubre de 2010 y al Reglamento Europeo (CE) 1100/2007, que establece las medidas para la recuperación de la población de anguila europea (Consejería de Agricultura y Agua, 2009); (Instituto Euromediterráneo del agua, 2009).

3.2.1 Regulación y Gestión Pesquera

Todo el conjunto de actividades pesqueras que se desarrollan en el Mar Menor, están reguladas, principalmente, por la Ley 2/2007 de 12 de marzo, de Pesca Marítima y Acuicultura de la Región de Murcia. Dentro de su marco legal, se desarrollan las competencias exclusivas atribuidas a esta Comunidad Autónoma en la pesca en aguas interiores, el marisqueo, la acuicultura, la alguicultura y otras formas de cultivo industrial, así como la protección de los ecosistemas en los que se desarrollan dichas actividades. En esta ley también se contempla la regulación de la pesca recreativa, mediante la expedición de licencias de pesca para las modalidades de pesca de superficie desde tierra o desde embarcaciones, y de pesca submarina a pulmón libre, marcando una serie de condicionantes y prohibiciones.

La articulación de la ley se desarrolla mediante una serie de reglamentos y órdenes que determinan, entre otras medidas, los diferentes periodos de pesca, las vedas, los artes permitidos y los puertos donde desembarcar los productos pesqueros. El Reglamento de pesca en el Mar Menor, aprobado por Decreto 91/1984, de 2 de agosto, regula el calamento de los distintos artes de pesca utilizados en esta laguna litoral, entre ellos, el de la langostinera o "charamita", que proporcionan la pesca del langostino con una gran importancia socioeconómica por el alto valor de mercado de las capturas, imprescindible para el sostenimiento de la flota pesquera del Mar Menor.

La Orden de 14 de junio de 2012, de la Consejería de Agricultura y Aguas, establece un horario de calamento de las artes de pesca en las zonas delimitadas para el baño durante el periodo estival, con la finalidad de armonizar los usos recreativos y proteger la actividad pesquera. La Orden 8641 de 24 de mayo de 2012, regula los puertos autorizados para el desembarque de productos pesqueros en la Región de Murcia.

Desde la Unión Europea se dictaminan una serie de normas encaminadas al desarrollo sostenible del sector pesquero. En su Reglamento 1198/2006, de 27 de julio, se estableció, para el período 2007-2013, el nuevo Fondo Europeo de Pesca (FEP). La CARM, para poder acogerse al marco financiero establecido por el nuevo FEP, aprobó la Orden de 22 de noviembre de 2007, de la Consejería de Agricultura y Agua, que contiene las bases reguladoras de la concesión de las ayudas públicas para la adaptación de la flota pesquera y la reestructuración, la modernización y el desarrollo del sector pesquero y acuícola de la Región de Murcia.

Por su parte, la Orden de 25 de mayo de 2012, de la Consejería de Agricultura y Agua, recoge la convocatoria de ayudas públicas para la adaptación de la flota pesquera y la reestructuración, modernización y desarrollo del sector pesquero y acuícola de la Región de Murcia para el año 2012 (Álvarez Carreño & Salazar Ortuño, 2013).

Este marco legislativo tiene como objetivo garantizar una explotación de los recursos pesqueros compatible con la conservación de las poblaciones y del ecosistema lagunar, pero es necesario realizar un seguimiento mediante la inspección pesquera, elemento básico para garantizar el cumplimiento de la normativa. El Mar Menor posee una flota eminentemente artesanal, pero como consecuencia de la bondad de sus aguas, es objeto de numerosas pescas no permitidas que obligan a un seguimiento y control constante. Las inspecciones con carácter anual suponen la contratación de embarcaciones auxiliares para el decomiso de redes, propiciando una media anual de 15 decomisos de redes ilegales, así como diferentes expedientes sancionadores por pescar sin licencia, pescar en época o zona no permitida y calar más artes de las autorizadas.

3.3 ACTIVIDAD SALINERA

La explotación salinera es una de las actividades más tradicionales asociadas a la laguna del Mar Menor. Como principales referentes están las salinas localizadas en La Hita y Lo Poyo, actualmente desaparecidas, las Salinas de San Pedro del Pinatar (en explotación), las salinas del Rasall (Parque Regional “Calblanque, Monte de las Cenizas y Peña del Águila”) y las Salinas de Marchamalo. Estas últimas, aunque no están en funcionamiento desde 2002, mantienen la estructura de las charcas salineras y las instalaciones asociadas, esenciales para la conservación del ecosistema y las comunidades faunísticas vinculadas al humedal, especialmente la avifauna acuática y *Aphanius iberus* (fartet), especie catalogada en peligro de extinción en el Catálogo Español de Especies Amenazadas. Actualmente el 40% de la superficie salinera de Marchamalo está delimitada como Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT).

En los últimos años, la administración regional ha iniciado diversas gestiones dirigidas a recuperar y mantener las salinas de Marchamalo, llevando a cabo actuaciones de restauración de las conducciones de agua y el sistema de bombeo de agua del Mar Menor, con la finalidad de garantizar los aportes hídricos necesarios para la conservación del humedal. Aunque actualmente se mantiene la lámina de agua para el funcionamiento biológico del humedal, las instalaciones salineras en su conjunto (edificaciones, vallado perimetral, tendidos eléctricos) presentan un avanzado estado de abandono, lo que afecta a la percepción de la calidad paisajística del entorno y a la conservación del patrimonio industrial y cultural que representa.

El abandono de la actividad salinera puede afectar a la conservación de las especies y pérdida de sus hábitats si no se mantiene una lámina de agua permanente.

3.4 CONCLUSIONES DE ACTIVIDADES EN EL MAR MENOR

El gran desarrollo del sector turístico producido en los últimos años en el Mar Menor, presenta un modelo con una gran estacionalidad, enfocado a la creación de segundas residencias. Como consecuencia de este modelo, se ha producido un crecimiento poblacional muy acentuado en los periodos estivales, que ha traído asociado una gran demanda de infraestructuras y servicio provocando un alto grado de urbanización que desplazando los ecosistemas existentes generando una presión elevada sobre la zona costera. Esta presión se ha traducido en un aumento de contaminantes y vertidos de origen urbano, en el aumento de las actividades náuticas y recreativas y en la generación de cambios en el perfil costero con la construcción de puertos, la regeneración de playas y otras infraestructuras. Las presiones ejercidas por estos diversos factores, han propiciado una degradación de las condiciones ambientales del Mar Menor y su entorno.

3.4.1 Actividad portuaria

- Pese a la limitación sobre la ordenación de puertos establecida en el documento "Líneas estratégicas para la ordenación de los puertos deportivos de la Región de Murcia" (Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio, 2012), el mismo propone la creación de un puerto en El Atalayón, entre San Javier y San Pedro del Pinatar, con 256 amarres, junto con la ampliación de los puertos de Dos Mares, Tomas Maestre, Islas Menores, Los Nietos, Los Urrutias, Los Alcázares y Lo Pagán, pues reconoce entre sus objetivos la ampliación de puertos deportivos que impliquen la creación de un elevado porcentaje de puntos de amarre destinados a embarcaciones de vela que impliquen la demolición de diques de escollera y su sustitución por obras de abrigo exentas de escollera. Entre las bondades que cita el documento de estos puertos señala que permiten el flujo del agua entre el exterior e interior del puerto. De acuerdo con los objetivos de este documento, estas actuaciones pueden llegar a ser contraproducentes si no se establecen controles muy rigurosos sobre los vertidos en los puertos.
- Es por ello que, aunque no es uno de los elementos determinantes en el proceso de eutrofización del Mar Menor, sería recomendable aumentar el control sobre este tipo de actividades, eliminando las actuaciones fuera de la ley, que conllevan un riesgo intrínseco claro de aumento de la contaminación de forma descontrolada; y estableciendo un crecimiento sostenible, que tenga como primer objetivo la preservación del medio ambiente marino del Mar Menor, limitando, si fuera preciso, los amarres disponibles y proyectados, así como el tipo de barco que puede navegar por sus aguas.

3.4.2 Actividad pesquera

- La laguna cuenta con una gran riqueza ictiológica: 45 especies distribuidas en 19 familias. Más del 50% de las especies presentes en estas zonas someras se encuentran entre las especies objetivo de las pesquerías o son especies legalmente protegidas: fartet (Aphanius iberus), la aguja (Syngnathus abaster), la anguila (Anguilla anguilla), el caballito de mar (Hippocampus guttulatus) y el torito o zorrita (Pomatochistus marmoratus

- Es importante la aparición de forma estacional de especies con densidades muy elevadas y de gran interés pesquero, con huevos y larvas pelágicas y una elevada fecundidad por talla y que aprovechan la productividad lagunar para aumentar su tasa de crecimiento (IEO, 2014) este es el caso de especies como la dorada (Sparus aurata), el mújol (Mugil spp.) o el lenguado (Solea solea).
- El periodo de mayor esfuerzo pesquero sobre la laguna se desarrolla durante los meses de otoño e invierno. Las paranzas y las charamitas o langostineras son las artes más numerosas. Las especies objetivo de estás son la anguila (Anguilla anguilla), la doradas (Sparus aurata), el lenguado (Solea spp), el galupe (Liza aurata), la galúa (Liza saliens), el salmonete (Mullus spp.), el raspallón (Diplodus annularis) y el magre (Lithgnathus mormyrus).
- Parte de la flota pesquera del Mar Menor es empleada por la administración autonómica para la gestión de las medusas (*Cotylorhiza tuberculata y Rizosthoma pulmo*).
- Todo el conjunto de actividades pesqueras que se desarrollan en el Mar Menor, están reguladas, principalmente, por la Ley 2/2007 de 12 de marzo, de Pesca Marítima y Acuicultura de la Región de Murcia.

3.4.3 Actividad salinera

- La explotación salinera es una de las actividades más tradicionales asociadas a la laguna del Mar Menor.
- Como principales referentes están las salinas localizadas en La Hita y Lo Poyo, actualmente desaparecidas, las Salinas de San Pedro del Pinatar (en explotación), las salinas del Rasall (Parque Regional “Calblanque, Monte de las Cenizas y Peña del Águila”) y las Salinas de Marchamalo.
- Las salinas de Marchamalo (paradas desde 2002), mantienen la estructura de las charcas salineras y las instalaciones asociadas, esenciales para la conservación del ecosistema y las comunidades faunísticas vinculadas al humedal, especialmente la avifauna acuática y fartet *(Aphanius iberus)*.
- El abandono de la actividad salinera puede afectar a la conservación de las especies y pérdida de sus hábitats si no se mantiene una lámina de agua permanente.

4 SITUACIÓN ECOLÓGICA DEL MAR MENOR

El Mar Menor es la laguna costera más grande del litoral español y una de las más grandes del Mediterráneo. Oficialmente, tiene una superficie aproximada de 135 km^2, si bien un estudio reciente del Instituto Español de Oceanografía (2016) establece unos 160 km^2. Su profundidad máxima es de 7 metros y se encuentra separada del Mar Mediterráneo por medio de una barra arenosa sobre base volcánica (La Manga), de 22 km de longitud y una anchura de entre 100 y 1500 metros, a su vez atravesada por diversos canales y golas, que determinan unas aguas de características hipersalinas pero netamente marinas.

Desde el punto de vista ambiental, el Mar Menor constituye uno de los ecosistemas más relevantes del Mediterráneo. Entre sus muchos valores destaca la presencia de praderas de fanerógamas marinas, peces de especial interés, como el caballito de mar o el fartet (pez endémico incluido en el Anexo II de la Directiva Hábitat), altas densidades de nacra, así como importantes comunidades de aves acuáticas. Además de la cubeta lagunar propiamente dicha, es remarcable la existencia en sus márgenes de diversos humedales y criptohumedales asociados, dos sistemas lagunares convertidos en salinas (San Pedro, al norte, y Marchamalo, al sur), zonas de intercambio con el Mar Mediterráneo (Las Encañizadas y Las Golas), cinco islas de origen volcánico y tres zonas húmedas (Playa de la Hita, Saladar de Lo Poyo y Marina del Carmolí).

4.1 ESTADO FÍSICO-QUÍMICO Y ECOLÓGICO

La cuenca del Mar Menor se encuadra en la masa de agua subterránea del Campo de Cartagena, donde se diferencian cuatro acuíferos: Andaluciense, Plioceno, Tortoniense meridional y Cuaternario. Hay conexiones entre estos acuíferos, tanto laterales de origen natural como verticales inducidos por obras de captación. El acuífero del Cuaternario se comunica directamente con el Mar Menor. Este acuífero tuvo intrusión marina cuando estuvo sobreexplotado, pero posteriormente se ha producido salida de agua subterránea al mar, disminuyendo la salinidad del Mar Menor y produciéndose cambios ecológicos.

4.1.1 Hidrología

El agua del Mar Menor es agua superficial mediterránea que, por evaporación diferencial, presenta una mayor concentración en sales (entre 42,7 y 47 ups) respecto a la del Mediterráneo. Se presenta un gradiente de salinidad, de forma que la zona norte tiene menor salinidad que la sur. La apertura del canal de El Estacio aumentó la comunicación entre las masas de agua mediterránea y lagunar. El rango de temperaturas en la laguna oscila normalmente entre 10 y 30 ^oC, aunque las zonas ribereñas y la cubeta sur pueden alcanzar temperaturas más extremas.

Los intercambios con el Mediterráneo y los aportes por las ramblas en las épocas de lluvia son los determinantes de la distribución espacial de las temperaturas y salinidades en las aguas del Mar Menor (Pérez Ruzafa & Marcos Diego, 2016)

En la Figura 92, la capa integrada del campo de temperatura potencial (derecha) refleja estructuras bien reconocidas del Mar Menor (entrada de agua de El Estacio, Marchamalo o la desembocadura de la rambla del Albujón), así como su acción sobre el campo térmico.

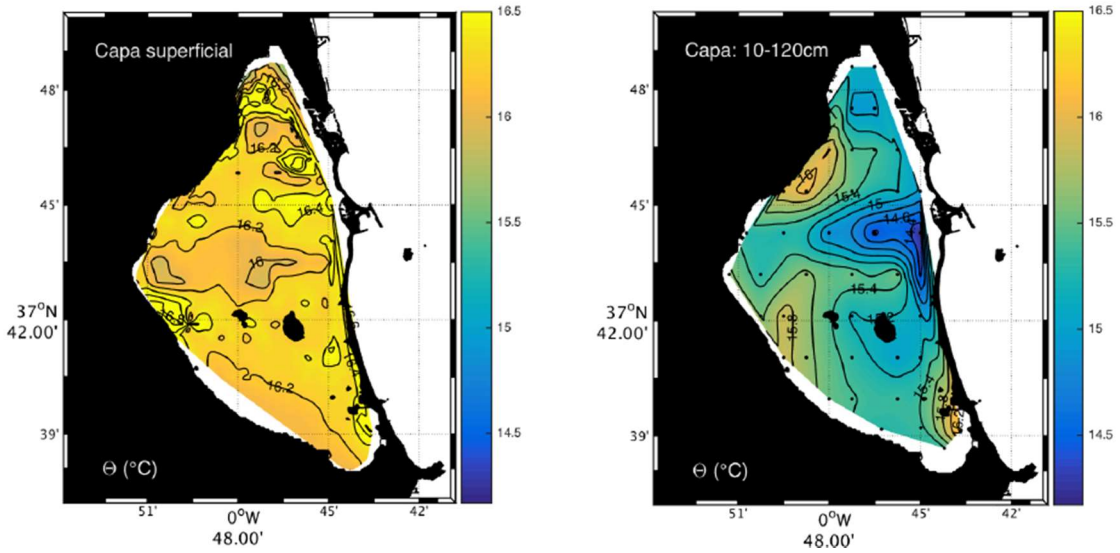


Figura 92: Temperatura potencial del agua (°C) para el Mar Menor (Fraile-Nuez & otros, 2017)

En Figura 93 se aprecia cómo la componente halina superficial y subsuperficial marcan bastante bien la relativa baja salinidad de las tres entradas de agua del Mediterráneo al Mar Menor (Las Encañizadas, El Estacio y Marchamalo), así como la baja salinidad en la entrada del Albujón en la parte más superficial y oeste de la laguna (imagen izquierda).

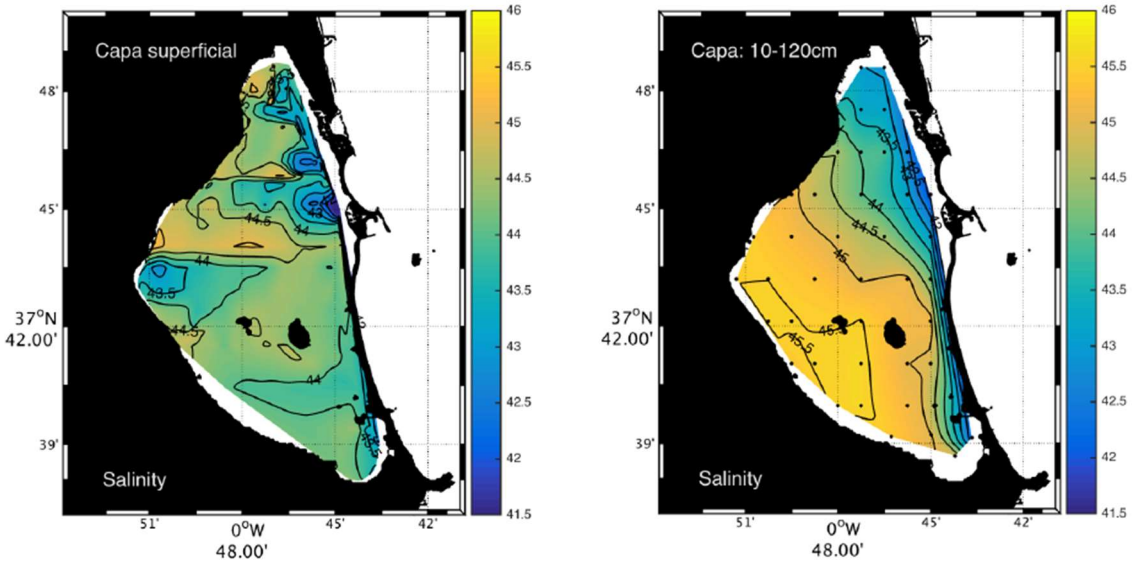


Figura 93: Salinidad (UPS) para el Mar Menor (Fraile-Nuez & otros, 2017)

En las últimas décadas se ha observado un aumento de la eutrofización de las aguas lagunares. Diversos estudios muestran cómo los mayores valores de fluorescencia y clorofila se localizan en las cercanías de la rambla del Albujón y las mayores concentraciones de nutrientes en la zona del Carmolí.

4.1.2 Hidrodinamismo

Los procesos de intercambio de masas de agua entre el Mar Menor y el Mediterráneo son de dos tipos: de origen marítimo (en el Mediterráneo) o de origen lagunar (en el Mar Menor). El de carácter marítimo se debe al forzamiento impuesto por la oscilación del nivel del mar,

mientras el otro proviene de la incidencia del sistema atmósfera-sol sobre el Mar Menor, es decir, del ciclo de agua dulce lagunar, de modo que se fuerza un intercambio compensatorio con el Mediterráneo para equilibrar las variaciones del nivel del mar lagunar.

La Manga se ve interrumpida por tres golas (Figura 94) que conforman sistemas de comunicación entre el Mar Menor y el Mediterráneo. Las corrientes que se generan a través de estos sistemas de comunicación entre mares son el vehículo soporte de los procesos de intercambio, principalmente a lo largo de El Estacio.

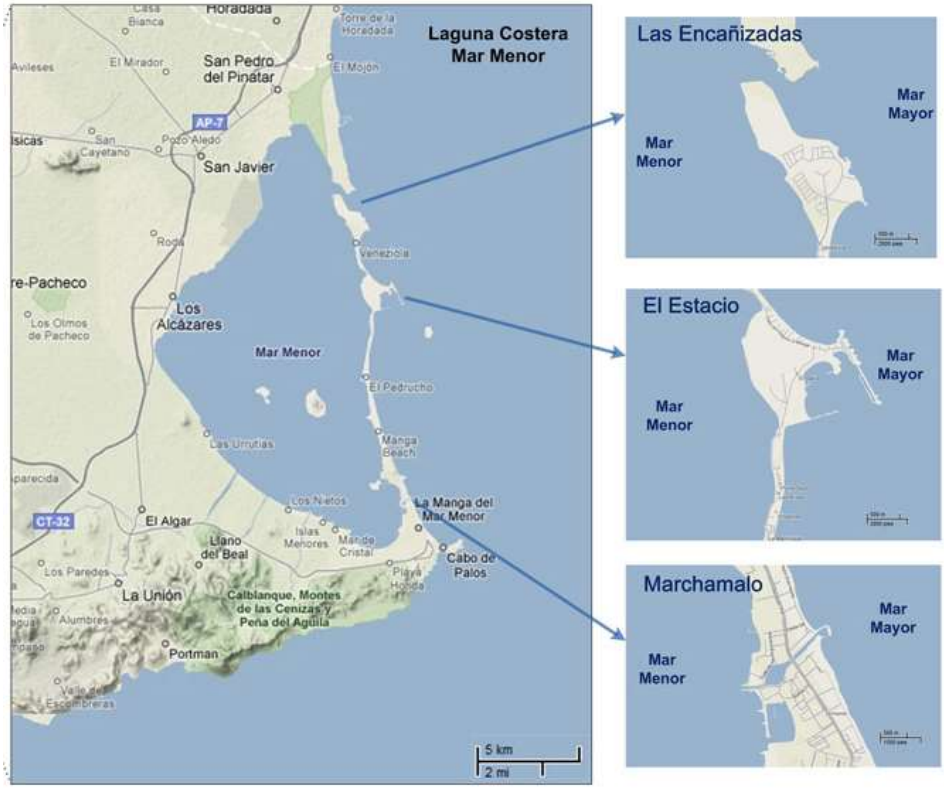


Figura 94: Situación de las tres golas principales del Mar Menor

- Gola del Charco: Situada entre las Encañizadas y Veneziola al Norte de la Manga es otra gola modificada sobre una natural. En esta gola como en la del Ventorrillo y la Torre, para aprovechar el movimiento migratorio de ciertos peces (como el mújol, la dorada, el magre, la chapa, etc.) se instalaron desde la época árabe, unos sistemas de pesca elaborados con cañizos y redes denominados encañizada que han dado nombre a estos parajes del norte de la Manga. Como el resto del entorno de las encañizadas, ha sufrido escasas transformaciones, salvo en los islotes de Ventorrillo y de la Torre, que albergan casas auxiliares para instalaciones de pesca. El hábitat del entorno donde se sitúa la gola del Charco está conformado por una amplia zona de vegetación halófila (amantes de la sal), dunas, playas y acumulaciones de praderas marinas. Esta zona se encharca cuando se producen las escasas lluvias o alguna tormenta. Además es el refugio de cigüeñuelas, avocetas y otras aves de gran interés y rareza como el somormujo lavanco *(Podiceps cristatus)* y la serreta mediana *(Mergus serrator)*.
- Golas de La Torre y del Ventorrillo (Las Encañizadas): Estas dos golas son las únicas totalmente naturales y se localizan en el extremo norte de la Manga en la zona denominada las Encañizadas, tradicional arte de pesca heredado de los árabes. Cada

una de estas dos golas dispone de un edifico de dos plantas para auxiliar las labores de pesca y cuyo acceso sólo puede realizarse en barca.

- La Gola de El Estacio es un promontorio de unos 2,30 m de altura que surgió hace unos 10 millones de años debido a unas erupciones volcánicas y que se extiende unos 40 m desde el brazo de la Manga y en cuyo extremo se construyó en 1862 el conocido Faro del Estacio. Junto a este promontorio se sitúa un canal natural de comunicación entre las aguas del Mar Menor y del Mediterráneo y paso de peces para el desove y cría en el Mar Menor. Este canal se ha ido dragando y transformando de forma artificial principalmente desde 1973 dándole una profundidad de 4 m en su zona central y una anchura de 39 m con el fin de facilitar el tránsito de embarcaciones entre ambos mares. Con el fin de extender las construcciones más allá de la gola del Estacio se construyó en 1969 un puente giratorio por sistema de rotación para permitir el paso de vehículos en su estado normal y también el tránsito de las embarcaciones cuando se abría y giraba. En el año 2003 fue sustituido por el puente actual proyectado por el ingeniero Javier Manterola Armisen.
- Gola de Marchamalo: Única totalmente artificial, se encuentra a unos 2 km de la entrada de la Manga y junto a ella la playa de Marchamalo. En 1762, se otorgó licencia para su construcción como explotación pesquera, dándosele el nombre de Encañizada de Calnegre, concedida al entonces Real Hospital de la Caridad de Cartagena. Al expandirse la urbanización de la Manga, a finales de los años 60 y principio de los 70 del siglo XX, desaparece la pesquería y se construye un puente que permitió el tráfico de vehículos. Esta gola tiene muy poca profundidad en algunos puntos por lo que sólo permite el paso de pequeñas embarcaciones de poco calado.

El intercambio de aguas a través de estos canales permite al Mar Menor disminuir su grado de salinidad y sus condiciones térmicas, provocadas por la evaporación de sus aguas, por efecto de las altas temperaturas y de los abundantes días de sol.

El viento genera las principales corrientes y el intercambio entre la laguna y el Mediterráneo. Las corrientes de entrada desde las golas de La Manga, se dirigen hacia el norte y giran en sentido antihorario. Las masas de agua que circulan paralelamente a la costa lo hacen en sentido N-S en la ribera occidental y de forma S-N en la oriental. A la altura de la isla Perdiguera se produce una bifurcación que desciende hacia el S paralela a la costa. Sin embargo, diversas actuaciones antrópicas provocan alteraciones en la dinámica litoral.

En las Encañizadas el nivel de agua sufre grandes oscilaciones dando como resultado una zona pseudomareal, poco frecuente en el Mediterráneo; su hidrodinámica natural ha sido modificada por las obras de acondicionamiento de los canales.

4.1.3 Dinámica sedimentaria

En el Mar Menor el principal aporte de sedimento se realiza a través de las ramblas, fundamentalmente tras los episodios de lluvias torrenciales que arrastran gran cantidad de material (se estima que los aportes anuales a mediados del siglo pasado rondaban los 20.000 m3). Su deposición provoca la formación de extensos deltas que posteriormente serán redistribuidos por todo el perímetro lagunar. El viento es la principal fuerza motriz del área, ya que es responsable de la hidrodinámica y del intercambio de agua entre el Mar Menor y el Mediterráneo. La activa dinámica sedimentaria favorece el proceso de tombolización entre las islas y el litoral de la laguna. Los residuos mineros fueron vertidos a la laguna hasta 1950, a través de las ramblas de la cubeta sur. Los aportes de esta gran cantidad de sedimento provocaron un efecto importante en su dinámica sedimentaria.

4.1.4 Productividad

En lo que se refiere a la productividad biológica, un análisis clúster no jerárquico con los datos de clorofila a de satélite, llevado a cabo en 2012 para la elaboración de la Estrategia Marina de la Demarcación marina Levantino-Balear: Descriptor 5: Eutrofización (Cortes & otros, 2012), permitió diferenciar el Mar Menor como una zona con un ciclo estacional de la clorofila de satélite bien diferenciado respecto al resto de la Demarcación. No obstante, no se pudieron calcular valores de base para este parámetro, debido a su condición de laguna costera, que lo hacía difícilmente comparable con el resto de zonas identificadas, y a la ausencia de datos específicos.

4.1.5 Calidad físico-química y ambiental de la columna de agua

La evaluación del elemento de calidad Fitoplancton de la Directiva Marco del Agua (DMA) (PHDS 2015/21 a partir de la información proporcionada por las redes de control para el periodo 2009/13 (Confederación Hidrográfica del Segura, 2013)), arrojó un resultado de "Bueno" para el Mar Menor, mientras que el elemento de calidad Fisicoquímicos fue valorado como "Aceptable". Aunque como se verá más adelante este resultado no se corresponde con el progresivo deterioro ambiental y la actual crisis que sufre el Mar Menor.

4.1.6 Parámetros oceanográficos actuales

4.1.6.1 Resultados preliminares del estudio oceanográfico integral del Mar Menor

Las principales conclusiones, tras el análisis preliminar de los resultados obtenidos en la campaña oceanográfica otoñal de 2016, llevada a cabo por el Instituto Español de Oceanografía (IEO) como parte del estudio integral encargado por la Oficina de Impulso Socioeconómico del Medio Ambiente (OISMA) de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia CARM, son las siguientes:

- El Mar Menor tiene un marcado gradiente halino horizontal y vertical, con máximos/mínimos en la costa oeste/este.
- El Mar Menor no presentaba, en el momento de realización de la campaña, procesos de anoxia, aunque se observa un cierto déficit de oxígeno disuelto con la profundidad.
- Los valores de *clorofila a* obtenidos en esta época del año son muy elevados, indicando una alta productividad fitoplanctónica, sostenible solo con una elevada disponibilidad de nutrientes. Resultan muy elevados con respecto a los obtenidos durante las dos últimas décadas, antes de la crisis eutrófica.
- La turbidez de la columna de agua es, en general, elevada y es la causa más probable de la regresión masiva de la vegetación bentónica de la laguna. Está relacionada con la elevada productividad fitoplanctónica y la descomposición de detritos vegetales.
- La profundidad media del Mar Menor se ha estimado en 4,78 m, 0,28 m más respecto a la última batimetría del año 2008 (e invariable desde 1990). La posible causa es la deforestación de las praderas submarinas registrada por el IEO en 2016.
- La profundidad media del Mar Menor no presenta cambios significativos entre las isobatas de 1,4 y 4 m, pero sí a profundidades mayores de 4 m.
- El volumen del Mar Menor se ha estimado en un 4,5% más del obtenido con la batimetría de 2008.

- El patrón de circulación promedio en toda la columna de agua es de carácter ciclónico mayoritariamente en toda la laguna, a excepción de la parte más meridional de la cubeta norte, donde el patrón es anticiclónico y con hundimiento de agua. En la vertical, presenta un comportamiento bicapa para esta estación del año.
- El volumen promedio diario de salida de agua del Mar Menor hacia el Mar Mediterráneo a través de El Estacio se ha estimado en 2,58 hm^3/día. Sin embargo, no se han podido estimar por el momento las contribuciones de las Encañizadas y Marchamalo, por estar dentro del error instrumental y metodológico empleado.
- El volumen efectivo promedio diario de salida de agua con características propias del Mar Menor (según características termohalinas y composición de las masas de agua) hacia el Mediterráneo, a través de El Estacio, se ha estimado en 0,5-0,8 hm^3/día, entre un 20-30% del total del flujo de salida por este canal.
- La tasa de renovación del Mar Menor se ha estimado en 1,8-2,4 años, lo que supone un aumento de 5-15 meses con respecto a referencias bibliográficas anteriores.

4.1.6.2 Otros estudios recientes

Algunos datos preliminares aportados por el IEO contrastan con los de la caracterización hidrodinámica del Mar Menor llevada a cabo en una tesis doctoral sobre el tema (López Castejón, 2017)). Aunque los diferentes estudios previos sobre el balance hídrico del Mar Menor (Martínez-Alvarez & otros, 2011) y (Baudron & otros, 2015) han señalado la poca importancia que los flujos a través de los canales de Marchamalo y Las Encañizadas tienen en el cómputo global, los datos obtenidos por este autor ponen de manifiesto la relevancia de éstos.

Los resultados obtenidos muestran que El Estacio es el canal que presenta un mayor flujo total diario (6,11 hm^3/día), pero un menor flujo medio neto diario. De otro lado, Las Encañizadas y Marchamalo, presentan una clara dirección neta en su flujo. Los tres canales ejercen una contribución interdependiente al intercambio de agua, con los siguientes flujos netos medios diarios:

- En Las Encañizadas, 0,30 hm^3/d en dirección al Mediterráneo.
- En El Estacio, 0,19 hm^3/d en dirección al Mediterráneo.
- En el canal de Marchamalo, 0,43 hm^3/d en dirección de entrada al Mar Menor.

Además, según esta tesis la tasa de renovación del agua sería heterogénea en la laguna. El tiempo de residencia del agua de la cubeta Norte y el litoral interior de la Manga se sitúa en torno a los 3-4 meses de media, el de la cubeta sur se sitúa en torno a los 6 meses de media, mientras que en el fondo podría ser superior a los 8 meses.

Por otro lado, un estudio desarrollado por el Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA) entre 2015 y 2017 (IMIDA Equipo SIGYT, 2017), revela que desde 2009 el canal de Las Encañizadas ha pasado de un tamaño de entrada de 580 metros a 105 metros. La mitad del estrechamiento se ha producido en los dos últimos años. En cuanto a la profundidad, la gola ha pasado de un calado de 70 centímetros a sólo 12 en 2017.

Si, de acuerdo con los datos de López Castejón, se confirma la importancia de este canal en la renovación de las aguas de la laguna (con el mayor flujo neto de salida), el cierre de Las Encañizadas podría complicar la delicada situación del Mar Menor.

4.2 COMUNIDADES BIOLÓGICAS

El Mar Menor es una laguna costera casi cerrada que originariamente se comunicaba con el Mediterráneo por medio de tres canales naturales (golas) muy someros y por medio de los pasos que se abrían en La Manga varias veces al año, cuando ésta se rompía por la fuerza de los temporales. Debido a estas condiciones de semiaislamiento, a la carencia de aportes permanentes de aguas dulces y a la existencia de una elevada evapotranspiración, las condiciones de salinidad y temperatura eran extremas. Posteriormente, con la apertura de dos canales artificiales (El Charco en el siglo XIX y El Estacio en la década de los 70) las condiciones lagunares se han ido suavizando (salinidades 44-47 ups y temperaturas 8-38 ºC en las partes más someras) lo que ha permitido el asentamiento de nuevas especies provenientes del Mediterráneo próximo, aumentando su biodiversidad y provocando una pérdida en la singularidad de sus comunidades. En esta época se produjo la entrada de *Caulerpa prolifera*, una macroalga bentónica que desde entonces ha ocupado la mayoría de la superficie lagunar formando praderas más o menos densas, habiendo contribuido de forma ostensible al cambio de las comunidades biológicas presentes en la laguna hasta entonces. La laguna, originariamente oligotrófica, pasó a ser hipertrófica a partir los años 80, debido al paso de una agricultura de secano en el campo de Cartagena circundante a una agricultura intensiva de regadío, gracias al trasvase Tajo-Segura. Esto supuso un aumento de la entrada de agua dulce y de nutrientes a la laguna. No obstante, el proceso de eutrofización de las aguas lagunares, observado en otras lagunas mediterráneas, no ha sido tan acusado en el Mar Menor. Se sugiere que las praderas de *C. prolifera* y posteriormente la proliferación de las medusas mediterráneas *Cotylorhiza tubercultata* y *Rhizostoma pulmo*, han actuado como elementos que han absorbido el exceso de nutrientes, por un lado, y las proliferaciones masivas de plancton, por otro, evitando la eutrofización.

Los humedales que rodean la laguna costera son ecosistemas que actúan como auténticas depuradoras naturales y su mantenimiento y conservación son de suma importancia en las interrelaciones de la misma con su cuenca de drenaje.

4.2.1 Comunidades presentes en el Mar Menor

4.2.1.1 Comunidades bentónicas

La Estrategia Marina de la Demarcación Levantino-Balear, en el documento dedicado al Descriptor 1 (biodiversidad), describe 17 sub hábitats diferentes en el Mar Menor (Ruiz & otros, 2012). Según esto, las biocenosis de sustratos rocosos tienen una diversidad de especies baja y una madurez estructural media baja y los sustratos blandos presenta una diversidad baja y madurez estructural baja, destacando el enfangamiento de sus fondos, la implantación generalizada de una biocenosis de amplia valencia ecológica y el desplazamiento de biocenosis de mayor valor ecológico (praderas de angiospermas marinas). Esta situación se define como típica de ambientes altamente inestables, como son las lagunas costeras con fuertes presiones de tipo antrópico.

4.2.1.2 Comunidades planctónicas

Los nutrientes, la luz y la turbulencia son algunos de los principales factores ambientales que determinan la estructura plantónica del Mar Menor. El fitoplancton es especialmente sensible a los nutrientes, cambiando habitualmente su composición en función de las concentraciones. Al tratarse de una laguna somera, el viento y las corrientes resuspenden tanto materiales del fondo como organismos epibentónicos (fundamentalmente diatomeas) con altas tasas de filtración. Estos organismos, junto con los filtradores del zooplancton (mayormente ciliados y copépodos) pueden crecer masivamente llegando a consumir prácticamente todo el

fitoplancton pequeño. Cuando esto ocurre junto con varios días anticiclónicos en ausencia de vientos, tanto las partículas como las células grandes sedimentan y provocan lo que se ha denominado "fases de aguas limpias". A finales de los años 80 era habitual encontrar tanto proliferaciones de microalgas planctónicas, dando un color más verdoso al agua, como fases de aguas limpias, dejando el agua completamente transparente.

4.2.1.3 Comunidades ícticas

El Mar Menor se puede clasificar como una laguna marina e hipersalina con perturbaciones abióticas poco frecuentes e intensas. Esta característica, junto con una elevada heterogeneidad de hábitats a diferentes escalas espaciales, favorece el desarrollo de una abundante y diversa comunidad de peces. Así, varios autores la han presentado como una de las lagunas mediterráneas con mayor riqueza de especies en su componente ictiofaunístico (Oliva Paterna, Ruiz Navarro, & Torralva Forero, 2016). Puede destacarse la presencia de especies residentes con un elevado interés en conservación, como son el fartet (*Aphanius iberus*), el caballito de mar (*Hippocampus guttulatus*), actualmente sometidas a grandes presiones y con caídas evidentes de la población, así como la aguja de río (*Syngnathus abaster*) y el torito o zorrita (*Pomatochistus marmoratus*), todas ellas incluidas en catálogos de normativas nacionales e internacionales referentes a la conservación de la biodiversidad. Además, la laguna juega un importante papel en la ecología reproductora de una alta variedad de especies de peces (hábitats óptimos para la puesta y desove, áreas de alevinaje y zonas adecuadas para el crecimiento de juveniles), muchas de éstas con un alto interés comercial.

4.2.1.4 Avifauna

La laguna del Mar Menor es una zona de gran importancia como zona de alimento y cría de avifauna. La presencia de aves piscívoras además es un buen indicador del estado de salud de la laguna, ya que son importantes depredadores y todos los impactos que perturban a sus presas potenciales (incluidos los cambios en la salinidad, entradas de nutrientes, contaminación o presión pesquera) les afectarán de forma drástica.

El incremento de nutrientes y su incorporación a las cadenas tróficas se asocian con una sucesión en la comunidad de aves lagunares invernantes del Mar Menor, a lo largo de fases caracterizadas por su composición y por la abundancia relativa de las principales especies. En las últimas fases son evidentes las tendencias negativas, tanto de las especies que han protagonizado las etapas intermedias como de otras genuinas del ambiente hipersalino y oligotrófico original, caso de la Serreta mediana (*Mergus serrator*). Otras especies, como el Cormorán grande (*Phalacrocorax carbo*) y el Zampullín cuellinegro (*Podiceps nigricollis*) muestran tendencias demográficas favorables y han acabado dominando la comunidad, interpretándose esto en parte como una respuesta a la eutrofización local.

4.2.2 Humedales litorales asociados al Mar Menor

Los humedales asociados al Mar Menor han sido caracterizados como criptohumedales litorales. En su ribera interna se incluyen el Saladar de Lo Poyo, la Marina del Carmolí y Playa de la Hita. Siguiendo la tipología de la Directiva Hábitats (92/43/CEE), la unidad estepa salina está compuesta en un 95% por el hábitat 1510 "Estepas salinas mediterráneas (*Limonietalia*)", de interés prioritario. La unidad de saladar se compone en su mayoría por el hábitat 1420 (Matorrales halófilos mediterráneos y termoatlánticos, *Sarcocornetea fruticisi*), de interés comunitario. Finalmente, la tercera comunidad está compuesta por el carrizal (*Phragmites australis*), no incluido en dicha Directiva. Los humedales situados en ambientes áridos suelen presentar condiciones hipersalinas y escasas láminas de agua (criptohumedales). Estas

características por un lado son muy vulnerables a los cambios hidrológicos y por otro dan lugar a una biodiversidad singular y considerada como rara en el contexto europeo.

4.3 PRINCIPALES PROCESOS EN LA LAGUNA DEL MAR MENOR

4.3.1 Interconexión con el Mar Mediterráneo

El aislamiento del Mar Menor con respecto al Mediterráneo, junto con las condiciones ambientales extremas, generó en la laguna una serie de comunidades dominadas por especies que toleran alta salinidad y temperatura. Sin embargo, las conexiones de la laguna con el Mediterráneo eliminan o suavizan alguna de las grandes barreras biológicas, como la alta salinidad o las temperaturas extremas.

Una de las actuaciones humanas con un mayor impacto en el funcionamiento del ecosistema del Mar Menor, tanto desde el punto de vista hidrodinámico, como del biológico, fue el ensanche y dragado del canal de El Estacio en los años 70. Ello supuso un cambio drástico en las tasas de intercambio con el Mediterráneo y una reducción de los tiempos de residencia, con la consiguiente variación en sus condiciones ambientales (salinidad y temperatura) y una clara "mediterraneización" de las aguas (Tabla 79 y Figura 95).

Tabla 79 Incidencia del agrandamiento del canal de El Estacio en algunas características hidrográficas del Mar Menor (Pérez-Ruzafa, Marcos, & Ros, 1991)

	1970	1980	1988
Salida de agua al Mediterráneo (m^3)	3.6×10^8	6.1×10^8	6.4×10^8
Entrada de agua desde el Mediterráneo (m^3)	4.5×10^8	7.2×10^8	7.3×10^8
Tiempo de residencia (años)	1.28	0.81	0.79
Rango de temperatura (ºC)	7.5 – 29	12 - 27.5	12 - 30.5
Rango de salinidad	48.5 -53.4	43 - 46	42 - 45

Este proceso, tuvo como consecuencia la entrada de nuevas especies que no toleraban las condiciones ambientales originales de la laguna. Algunas de estas especies actúan como invasoras compitiendo con las especies existentes, transformando el paisaje sumergido y generando una pérdida de singularidad.

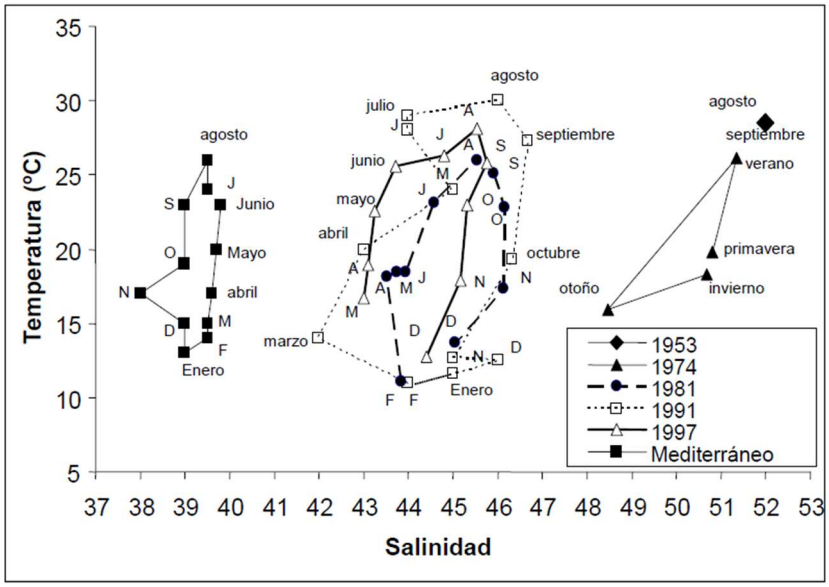


Figura 95: Ciclo anual de los valores de T-S (valores medios mensuales) en el Mar Menor durante las últimas décadas, comparado con el de las aguas costeras del cabo de Palos.

Puede observarse el progresivo acercamiento a valores propios del (Pérez Ruzafa & Marcos Diego, 2016)

4.3.2 Cambios e intensificación de usos

Las condiciones climáticas en la zona determinan un limitado aporte de agua a la red de drenaje de manera natural, lo que determinó en un pasado reciente un paisaje agrícola dominado por secano y una escasa contribución al balance hídrico de la laguna como fuente receptora de dicha red de drenaje. Posteriormente, la entrada a la cuenca del Mar Menor de aportes externos de agua procedentes del Trasvase Tajo-Segura, a partir de los años 1990, provocó un importante cambio en el uso del suelo, sufriendo una transformación de zonas de secano a regadío con el consecuente incremento del flujo hídrico. Esta transformación afectó a saladares y criptohumedales, desplazando hábitats salinos por otros dominados por el carrizal.

Por otro lado, desde principios de la década de los 70, el desarrollo turístico se asoció al incremento de la demanda de usos recreativos, induciendo la creación de nuevas playas, puertos y canales. Muchas de estas actuaciones llevaron a cambios ambientales, que afectaron a la biota y provocaron cambios en la configuración de la laguna.

Asimismo, la entrada de contaminantes orgánicos como los plaguicidas o metales traza también pueden estar afectando a la distribución de las distintas especies en la laguna.

4.3.3 Calentamiento global

El cambio climático está causando el calentamiento de los océanos y la acidificación en el medio marino. Los trabajos de seguimiento del Instituto Español de Oceanografía (Vargas Yáñez & otros, 2010) muestran el calentamiento del agua en la cuenca mediterránea en las últimas décadas. Este incremento de la temperatura, tanto superficial como de aguas profundas, afecta al funcionamiento general del ecosistema marino.

Por un lado, el cambio climático puede afectar a la estructura de algunas comunidades marinas, como las praderas de angiospermas y de ciertas algas bentónicas, en general un importante sumidero de carbono. Por otro lado, favorece y acelera muchos de los mecanismos implicados en los procesos de eutrofización, incluyendo el incremento de los episodios torrenciales y el consiguiente lavado general de la cuenca, que constituyen una importante vía de entrada de nutrientes en los ecosistemas litorales. Además, la laguna del Mar Menor está considerada una de las áreas de la costa española más amenazadas por la potencial subida del nivel del mar.

4.3.4 Dinámica de nutrientes

En la laguna del Mar Menor, originalmente de naturaleza oligotrófica, debido a los cambios e intensificación de usos en su entorno y en el Campo de Cartagena, se ha venido produciendo un incremento en el aporte de nutrientes, procedentes de las prácticas agrarias y de las aguas urbanas no depuradas, lo que ha provocado un proceso de eutrofización.

A finales de la década de 1980, las concentraciones de nitratos en las aguas de la laguna eran relativamente bajas y se mantenían durante todo el año por debajo de 0,62 mg/L, contrastando con valores más altos de fosfatos. Los nitratos entraban en la laguna vía escorrentía, principalmente en invierno, y el fósforo vía descargas urbanas, principalmente en verano.

Para finales de los 90 las concentraciones de nitratos ya eran del orden de diez veces más altas (de hasta 5 mg/L), especialmente durante la primavera y el verano y próximas a la desembocadura de las ramblas del Albujón y Miranda.

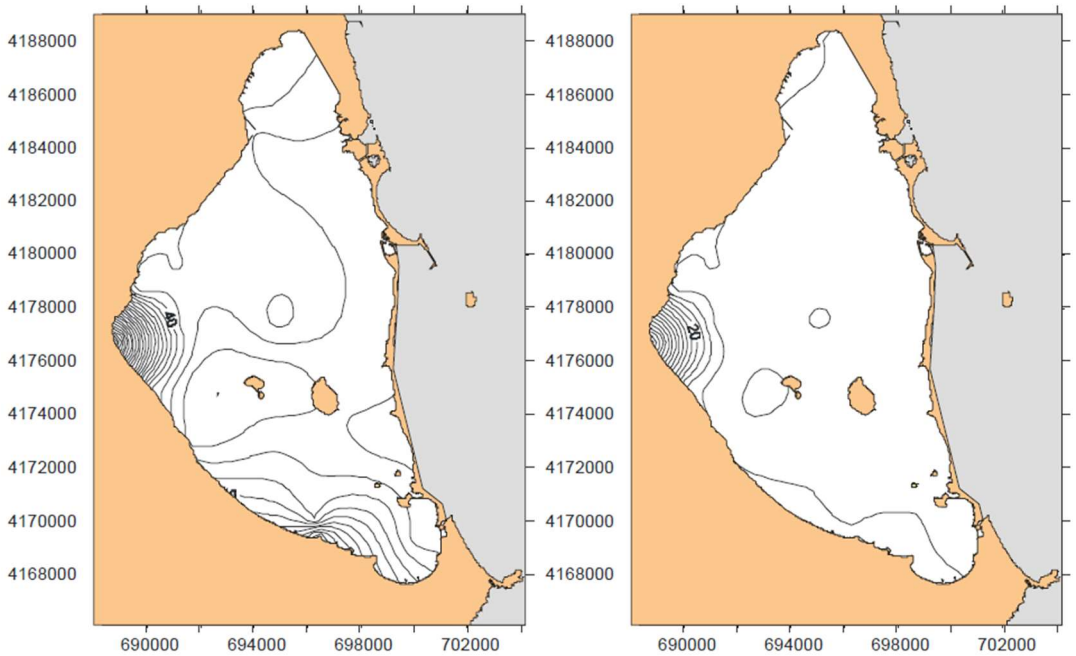


Figura 96: Distribución espacial de los valores máximos (izquierda) y medios (derecha) de concentración de nitratos en las aguas superficiales del Mar Menor durante 2007 (µmol L-1)

Desde entonces, aunque con fluctuaciones, se han medido valores de nitratos disueltos siempre por encima de los registrados en los años 80. En 2010 y 2012, se encontraron niveles altos (mayores de 1 mg/L) a lo largo de las costa occidental de la laguna, principalmente asociados a la descarga del Albujón (Baudron & otros, 2015). En las campañas de seguimiento del Mar Menor realizadas a partir del año 2016, se han llegado a obtener valores medios de concentración de nitratos por encima de 4 mg/L, durante la primavera de 2017 ((Pérez-Ruzafa, 2017a); (Pérez-Ruzafa, 2017b))

En general, las mayores concentraciones de nitratos se han venido localizando principalmente en la costa oeste de la laguna, cerca de la desembocadura de las principales ramblas, mientras que las concentraciones más bajas se han observado en la costa interna de La Manga y en la zona de influencia del canal de El Estacio, confirmando que las entradas de nitratos proceden de la actividad agrícola del Campo de Cartagena.

El aumento de los nutrientes en el Mar Menor ha estimulado el crecimiento de algas fitoplanctónicas de gran tamaño. Sin embargo, los cambios en la entrada de nutrientes no se tradujeron en un incremento significativo en la concentración de clorofila, debido al control que, sobre el plancton, ejercían dos especies de medusas (*Cotylorhiza tubercultata* y *Rhizostoma pulmo*) que habían colonizado la laguna tras el ensanche de El Estacio. En el Mar Menor, la concentración de *clorofila a* muestra una relación negativa con la concentración de nutrientes y positiva con la abundancia de ictioplancton, sugiriendo que el fitoplancton controla la concentración de nutrientes, mientras que los herbívoros son controlados por las larvas de peces. Además, la elevada disponibilidad de nutrientes ha favorecido la expansión de ciertas especies oportunistas, especialmente de macroalgas bentónicas. Este proceso está afectando tanto al funcionamiento ecológico de la laguna como al uso turístico de la misma.

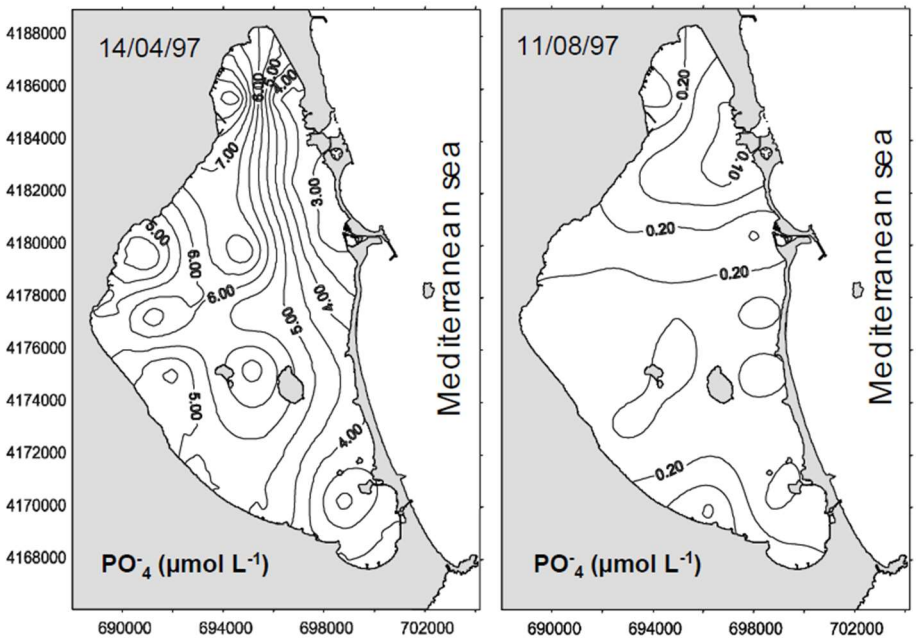


Figura 97: Concentraciones de fosfato en las aguas superficiales del Mar Menor en 1997 (Pérez Ruzafa & Marcos Diego, 2016)

4.3.5 Proceso de eutrofización

La eutrofización es un proceso que se inicia con el incremento de las concentraciones de nutrientes en el agua. En condiciones oligotróficas, como las originales de la laguna, la vegetación dominante consiste en fanerógamas marinas. El aporte de materia orgánica al sedimento es reducido y éste se mantiene bien oxigenado, albergando una microflora de cianofíceas que capta también los nutrientes en la interfase agua-sedimento. Con el aumento de nutrientes en el agua, las fanerógamas marinas son recubiertas por epífitos y, poco a poco, sustituidas por macroalgas que tienen la capacidad de captar los nutrientes directamente de la columna de agua y son de crecimiento más rápido. Si la entrada de nutrientes es superior a la capacidad de ser asimilados por el sistema, se produce la proliferación del fitoplancton, que tiene tasas de crecimiento mucho más elevadas. Si los nutrientes son muy abundantes, el fitoplancton constituido por células pequeñas es reemplazado por especies con células grandes y su proliferación continúa hasta que su densidad es tal que el agua adquiere un color verde intenso y se produce el sombreado del fondo, limitando el crecimiento de la vegetación sumergida, con la descomposición de la materia orgánica bentónica y la subsecuente producción de anoxia en el sedimento y luego en la columna de agua.

Las descargas urbanas se consideran habitualmente como la principal fuente de fósforo en los sistemas acuáticos y muchas lagunas costeras mediterráneas, mientras que la agricultura suele ser considerada la principal fuente de nitrógeno.

4.3.5.1 Estado original del Mar Menor – laguna oligotrófica

El aislamiento del Mar Menor con respecto al Mediterráneo, junto con las condiciones ambientales extremas, generaron en la laguna una serie de comunidades dominadas por especies eurihalinas y euritermas, que constituyen paisajes insólitos con respecto a las zonas mediterráneas próximas.

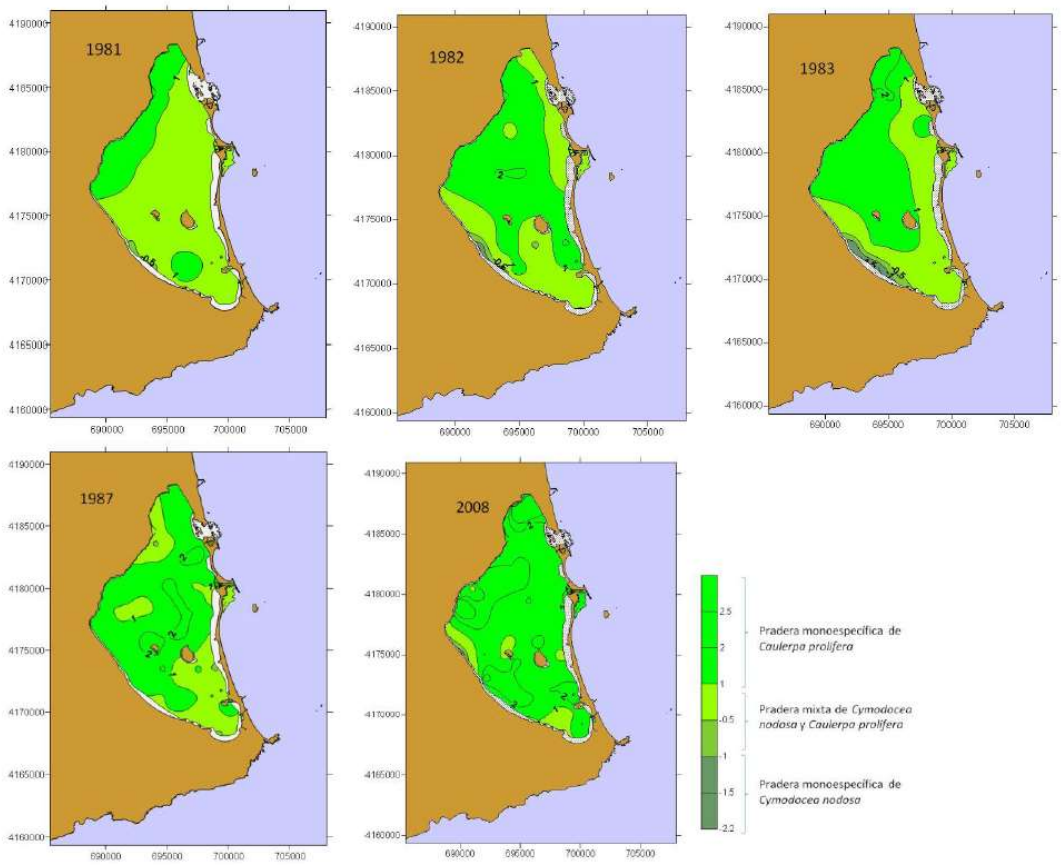


Figura 98: Evolución de las praderas de macrófitos en el Mar Menor desde el dragado del canal de El Estacio (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017)

Hasta la década de 1970, el Mar Menor era marcadamente oligotrófico y la producción primaria era principalmente bentónica. Praderas de *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina* y *Zostera nana* dominaron los fondos. El ensanchamiento y dragado del canal de El Estacio en 1972-73, provocó la modificación de las tasas de renovación de agua, reduciendo la salinidad y suavizando las temperaturas extremas, lo que permitió la entrada y asentamiento de especies menos tolerantes a las condiciones ambientales originales. Durante los primeros años de la década de 1980, los fondos se cubrieron de una pradera mixta de *Cymodocea nodosa-Caulerpa prolifera*. Hacia principios de la década de 1990, una pradera densa de la macroalga *Caulerpa prolifera* cubría ya la mayor parte de los fondos, restringiendo la fanerógama *Cymodocea nodosa* a manchas más o menos reducidas en las áreas someras. La elevada biomasa bentónica de macrófitos contrastaba con la baja densidad fitoplanctónica y la oligotrofia de las aguas. Según datos de mediados de la década de 1980, se estimó que el 63,18 % de la producción primaria total de la laguna se debía a *Caulerpa prolifera*, el 0,42% a *Cymodocea nodosa*, el 0,24% a las algas fotófilas, el 11,62 % al microfitobentos y el 24,53% al fitoplancton (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017)).

4.3.5.2 Estado alterado del Mar Menor – laguna eutrófica en equilibrio

Hasta aproximadamente la primera mitad de 2015, la vegetación bentónica de los fondos blandos del Mar Menor consistía, principalmente, en una pradera monoespecífica de *Caulerpa prolifera* sobre los sustratos fangosos y algunos rocosos, cubriendo más del 80% de los fondos, favoreciendo altos contenidos en materia orgánica en el sedimento y concentraciones bajas de oxígeno. *Cymodocea nodosa* aparecía asociada a *C. prolifera* en forma de pradera mixta o

formando manchas dispersas y restringidas a los fondos arenosos someros. Además, algunas manchas más o menos densas de *Ruppia cirrhosa* se observaban en las zonas más someras y protegidas del hidrodinamismo.

El estado ambiental de la laguna se ha considerado como relativamente bueno hasta hace pocos años, atendiendo a los principales parámetros fisicoquímicos, presentando valores relativamente bajos de nutrientes o clorofila (0,76-5,61 mg/m^3 de *clorofila a*), y biológicos (estructura y composición del fitoplancton), lo que parecía indicar una relativa oligotrofia de sus aguas (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017). Este hecho además contrastaba con otras lagunas costeras, en las que se habían descrito procesos de eutrofización con altas concentraciones de nutrientes y fitoplancton. La amplia cobertura del fondo de la laguna y altos valores de biomasa de *Caulerpa prolifera*, evidenciaban la importancia de la producción bentónica en el Mar Menor, en comparación con otras lagunas mediterráneas. El exceso de nutrientes procedentes de la actividad agrícola y aguas residuales, era eliminado parcialmente de la columna de agua y almacenado en el sedimento. Como resultado de este marcado control del sistema por parte del bentos se explican las bajas concentraciones de nutrientes y fitoplancton descritas en la laguna durante años, favoreciendo la claridad de sus aguas.

Tabla 80: Escala de valores del estado trófico en los cuerpos de agua Fuente: Modificado de (Carlson, 1977); TSI o IET: Índice de Estado Trófico

Estado de eutrofia	TSI	D_s(m)	P_t(mg/m^3)	Clorf a (mg/m^3)
Oligotrófico (TSI < 30)	0	64	0.75	0.04
	10	32	1.5	0.12
	20	16	3	0.34
	30	8	6	0.94
Mesotrófico (30 < TSI < 60)	40	4	12	2.6
	50	2	24	6.4
	60	1	48	20
Eutrófico (60 < TSI < 90)	70	0.5	96	56
	80	0.25	192	154
	90	0.12	384	427
Hipereutrófico (90 < TSI < 100)	100	0.06	768	1183
Relación de los parámetros de eutrofización.		$\frac{TSI_{DS}}{2}$	$2 \times TSI_{P_T}$	$\sqrt{7.8} TSI_{Clof_a}$

La expansión de *Caulerpa prolifera* a expensas de las praderas monoespecíficas de *Cymodocea nodosa* ha sido progresiva desde la apertura del canal de El Estacio, comenzando en la cubeta norte con estadios intermedios consistentes en praderas mixtas de *Cymodocea-Caulerpa* (Pérez-Ruzafa, Ros, Marcos, Pérez-Ruzafa, & Ballester, 1989), no habiéndose detectado relación de competencia entre las dos especies de praderas. La colonización inicial de *C. prolifera* se produjo por la suavización de las temperaturas mínimas, ya que este alga no puede tolerar las temperaturas por debajo de 10 °C (Meinesz, 1979) que se alcanzaban frecuentemente antes del dragado de El Estacio. *Caulerpa prolifera*, por otro lado, tiene crecimiento casi continuo durante todo el año y una elevada capacidad de generación vegetativa de talo nuevo a partir de cualquier fragmento arrancado por el hidrodinamismo, lo que le confiere una alta tasa de colonización. A partir de ahí, la progresiva variación de las condiciones ambientales de la laguna y, quizás, el incremento del estrés en los sedimentos y de nutrientes en el agua, en una segunda fase, que favorecerían al alga y tal vez perjudicaran a la fanerógama *C. nodosa*, serían los procesos responsables de la expansión de *Caulerpa*. El

incremento de la anoxia de los sedimentos tras la colonización por *C. prolifera* no es un factor que explique por sí mismo la regresión de *Cymodocea nodosa*, ya que esta especie presenta adaptaciones a vivir en ambientes anóxicos (Terrados, y otros, 1999), pero sí podría haber contribuido a acelerar la regresión de *Cymodocea* en las zonas en que la planta estuviera sometida a cierta limitación por luz. De hecho, la inestabilidad de los sedimentos también provee de ventajas competitivas a las macroalgas frente a las fanerógamas y la interacción entre la limitación de luz y la anoxia del sedimento ha demostrado tener efectos negativos sobre diversas especies de fanerógamas marinas (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017).

En cualquier caso, resulta evidente el importante papel que ha estado jugando el macrófito en el control de la calidad de las aguas de la laguna, evitando durante años que los nutrientes activasen crecimientos explosivos de fitoplancton. Los altos niveles de nutrientes procedentes de las actividades antrópicas, vertidos urbanos en la década de los 60 y posteriormente la intensa actividad agraria en la cuenca del Mar Menor, han sido la causa del importante crecimiento de *Caulerpa prolifera* y la proliferación de medusas como indicadores de alteración trófica y de la inestabilidad de los parámetros de la laguna. Sucesos que deben ser interpretados como parte del proceso de eutrofización ocurrido en el Mar Menor.

4.3.5.2.1 Fitoplancton

En los años 80 la masa de agua de la laguna podía considerarse oligotrófica por sus bajos niveles de nutrientes (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017). Con el cambio en la concentración de nutrientes a lo largo de los años, la composición del fitoplancton ha venido sufriendo cambios, desplazándose hacia el microplancton (mayor de 20 µm). Las comunidades planctónicas son altamente dependientes del estado de los nutrientes, por lo que los poblamientos dominados por flagelados de pequeño tamaño (*Rhodomonas* y *Cryptomonas*) en invierno, y diatomeas y dinoflagelados desde la primavera al otoño, se han visto sustituidos por diatomeas grandes como *Coscinodiscus spp*. y *Asterionella spp*., presentes durante todo el año. A raíz de estos cambios en el estado trófico de las aguas, desde 1995, durante el verano tiene lugar una fuerte proliferación de las medusas *Rhyzostoma pulmo* y *Cotylorhiza tuberculata*. *Aurelia aurita*, la única especie autóctona del Mar Menor, es ahora la menos abundante y tiene su máxima densidad en primavera (abril y mayo). Por su parte, *R. pulmo* comienza a proliferar en mayo, mientras que *C. tuberculata* tiene su pico de abundancia en junio y julio, alcanzando más de 12 individuos por 100 m^3. A mediados del verano de 1997 se estimó una población de medusas en toda la laguna del orden de 40 millones de individuos.

Mientras que el origen de las diatomeas grandes puede ser explicado como consecuencia directa de las entradas de nitratos, la abundancia de tintínidos, el segundo componente en importancia numérica en los contenidos estomacales de las medusas, hay que explicarla de otro modo ya que se alimentan principalmente de bacterias, flagelados heterotróficos y pequeñas células de fitoplancton. El efecto de las medusas extrayendo tintínidos puede considerarse un mecanismo de control *top-down* indirecto sobre las fracciones pequeñas del espectro de tamaños. Mediante el ramoneo de copépodos, las medusas también actúan indirectamente sobre el fitoplancton pequeño, reduciendo el control *top-down* que realizarían aquellos sobre esta fracción. Esta combinación de factores puede explicar por qué algunos sistemas eutrofizados mantienen poblaciones viables de fitoplancton de células pequeñas y grandes poblaciones de zooplancton grande gelatinoso (medusas). Por otro lado, la eliminación de las diatomeas grandes tiene un efecto indirecto sobre los niveles de nutrientes en la medida en la que ellas extraen nutrientes inorgánicos de la columna de agua, pero la eliminación simultánea de herbívoros como los ciliados y copépodos reduce la presión ramoneadora sobre el fitoplancton pequeño. La combinación de efectos directos e indirectos

sobre distintos tramos del espectro de tamaños y de los mecanismos de control como la competencia por los recursos disponibles (*bottom-up*) y la depredación (*top-down*) se traduce en una estructura de tamaños diferente a la que cabría esperar bajo condiciones de eutrofia.

El ictioplancton también juega su papel regulador de la red trófica, actuando sobre todo sobre las poblaciones de copépodos y otros herbívoros de pequeño tamaño. De este modo, cuando la densidad de larvas de peces aumenta, también lo hace la concentración de clorofila a todas las escalas temporales. Así pues, se observa que los niveles superiores de la red trófica, en este caso el plancton gelatinoso y el ictioplancton, ejercen un control de arriba a abajo (*top-down*), que mantiene bajos los niveles de clorofila, aunque eso sí, sosteniendo poblaciones muy elevadas de medusas y con un cierto repunte en la producción pesquera.

La existencia en el Mar Menor de los mencionados mecanismos homeostáticos, aunque es una salvaguarda para resistir las agresiones humanas, hace que la detección de los impactos sea más difícil, al enmascarar los síntomas de eutrofización y no manifestarse en los indicadores habituales.

4.3.5.2.2 Ostra plana

La caída de la población de la ostra plana (*Ostrea edulis*) del Mar Menor coincide en el tiempo con las proliferaciones masivas de *Cotylorhiza tuberculata* y *Rhizostoma pulmo* (Franco, 2016). Aunque quizá no sea esta la única causa de este descenso poblacional, es evidente la competencia que ejercen los escifozoos sobre el recurso alimentario de la ostra, ya que las medusas son también organismos filtradores y se alimentan básicamente de fitoplancton y microzooplancton, al igual que las ostras. Por otro lado, las medusas son depredadores directos de las larvas de ostra, habiéndose llegado a contabilizar más de 5.000 larvas en el contenido gástrico de algún ejemplar de *Aurelia aurita*. Estudios realizados en otros lugares ha demostrado que la depredación ejercida por las medusas llevó a la producción de larvas de ostra a cero.

4.3.5.2.3 Caballito de mar

La población de caballito de mar (*Hippocampus guttulatus*) del Mar Menor disminuyó de forma alarmante desde los años 80 hasta casi su desaparición en 2009 (Barcala, Mena, Vivas, & López Giraldo, 2016). Posteriormente, se ha observado cierta recuperación de la especie pero con oscilaciones muy marcadas de su abundancia en la laguna entre años. A la luz de los resultados parciales de los censos visuales realizados por la Asociación Hippocampus y el Instituto Español de Oceanografía (IEO) desde 2006 hasta el 2011 (en torno a 0,00027 individuos/m^2 en 2007), las densidades de los caballitos en esta laguna son muy inferiores a las encontradas en otras localidades para la misma especie y para otras especies de caballitos.

Las obras costeras (construcción de espigones, dragados, regeneración de playas, etc.) han provocado el enfangamiento de ciertas áreas, con la desaparición de fanerógamas como la *Cymodocea nodosa*, lo que ha supuesto la destrucción de sus hábitats en partes de la laguna. Esto puede afectar de forma directa a las poblaciones lagunares de caballitos debido a su alta fidelidad a una zona y a sus desplazamientos lentos y reducidos. Por otro lado, en el Mar Menor se produce una elevada pesca accidental por las redes de los pescadores y las redes anti-medusas que se fondean entorno a las playas durante el verano.

4.3.5.2.4 Especies de interés pesquero

A pesar del incremento de la biodiversidad en la laguna, como consecuencia de los procesos de colonización ocurridos con la apertura de la gola artificial de Marchamalo en el siglo XIX y, posteriormente, tras el agrandamiento del canal de El Estacio en la década de 1970, el

aumento en el número de especies en la laguna ha ido vinculado a un descenso en las capturas de las principales especies comerciales, principalmente de los mújoles (*Mugil spp*.), en el primer caso, y nuevamente de este grupo y de las doradas (*Sparus aurata*), en el segundo. Este hecho ha sido relacionado con el incremento en la competencia interespecífica y los cambios en las características del sedimento y el ambiente del fondo.

En la década de 1990, el proceso de eutrofización y la entrada masiva de nutrientes ha permitido el aumento de las capturas, pero a costa de una pérdida importante de la calidad de las aguas y de las proliferaciones de medusas.

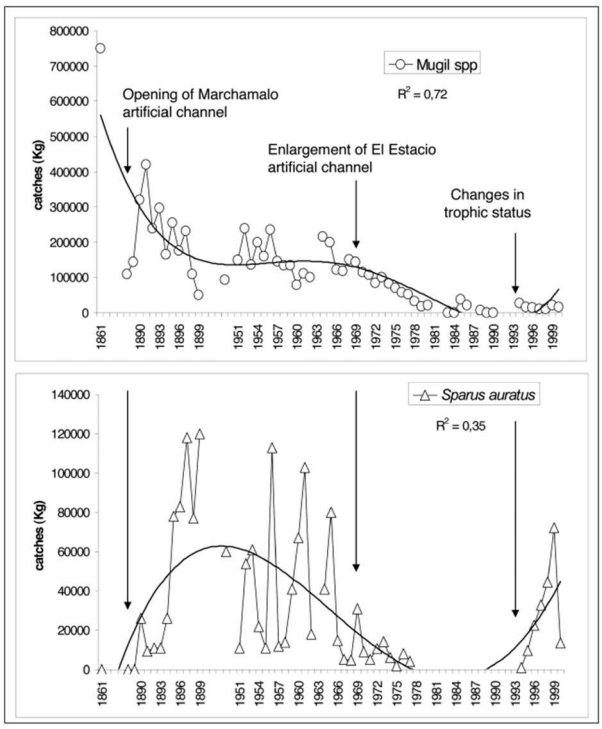


Figura 99: Evolución de las capturas de dos de las principales especies pesqueras del Mar Menor, los mújoles (arriba) y la dorada (abajo) (Pérez-Ruzafa & otros, 2009)

Existen además en la laguna otras especies de gran importancia pesquera, como el langostino (*Penaeus kerathurus*), con evidencias de caídas poblacionales drásticas al igual que las especies anteriores, probablemente en este caso asociado a la perdida de hábitats e incremento de la contaminación.

4.3.5.2.5 Aves acuáticas

Farinós, Robledaño y Carreño en 2016 analizaron la relación de las aves acuáticas con variables ambientales asociadas al proceso de eutrofización (entrada de nutrientes, producción de peces, proliferaciones de medusas), evaluadas a escala local en la laguna costera del Mar Menor. La evolución del sistema puede describirse a través de fases de cambio ambiental más o menos definidas (ver Tabla 81). A lo largo de estas fases, ha habido un aumento progresivo de la carga de nitrógeno entrante a la laguna, acompañado en las últimas fases por la aparición de proliferaciones de medusas, en especial de *Cotylorhiza tuberculata*. Paralelamente y de forma global, las capturas de peces han disminuido, aunque se aprecia una cierta recuperación al final del periodo de estudio.

Tabla 81: Características de las principales fases identificadas por la respuesta de las aves acuáticas a las variables ambientales estudiadas (Farinós, Robledano, & Carreño, 2016)

	Fase 1 1972-79	**Fase 2 1980-87**	**Fase 3 1988-1995**	**Fase 4 1995-(97)-¿?**	**Fase 5 ¿?-(99)-2005**
Nitrógeno	Comienzo y estabilización de los *inputs* de nutrientes	Descarga regular de nutrientes	Incremento moderado en los *input* de nutrientes	Incremento agudo en los *input* de nutrientes	Elevada descarga de nutrientes (fluctuante)
Pesca	Alto rendimiento pesquero, con un declive al final del periodo (¿sobrepesca?)	Muy pocos datos sobre el rendimiento pesquero (probablemente fluctuante y en niveles intermedios)	Rendimiento pesquero fluctuante (niveles intermedios)	Declive agudo del rendimiento pesquero	Rendimiento pesquero estable o fluctuante a nivel bajo
Medusas	Ausente	Ausente	Ausente	Población incipiente	Incremento dramático y valores extremos
Aves acuáticas	Dominancia de *Mergus serrator* Baja diversidad de piscívoros	Dominancia de Phalacrocorax carbo y Mergus serrator	Incremento de *Podicipedidae* (Contribución relativa máxima). Máxima diversidad de piscívoros	Declive de *Podicipedidae*. Dominancia de *Phalacrocorax*	Incremento de herbívoros (*Fulica atra*). Recuperación parcial de *Podicipedidae*

Los podicipédidos (somormujos y zampullines) podrían ser identificados como especies indicadoras de "alerta temprana" de eutrofización, y la focha común como indicadora de etapas más avanzadas. El aumento de piscívoros mientras las capturas de pescado disminuyeron podría reflejar un cambio en la composición o estructura de la comunidad de peces que favoreciera sus preferencias alimenticias. El papel interactivo de las medusas, amortiguando temporalmente la carga de nutrientes, también puede estar relacionado con estos cambios, y al mismo tiempo, media en la respuesta de las aves al enriquecimiento en nutrientes con un efecto negativo (relacionado con un papel de amortiguador natural del proceso de eutrofización).

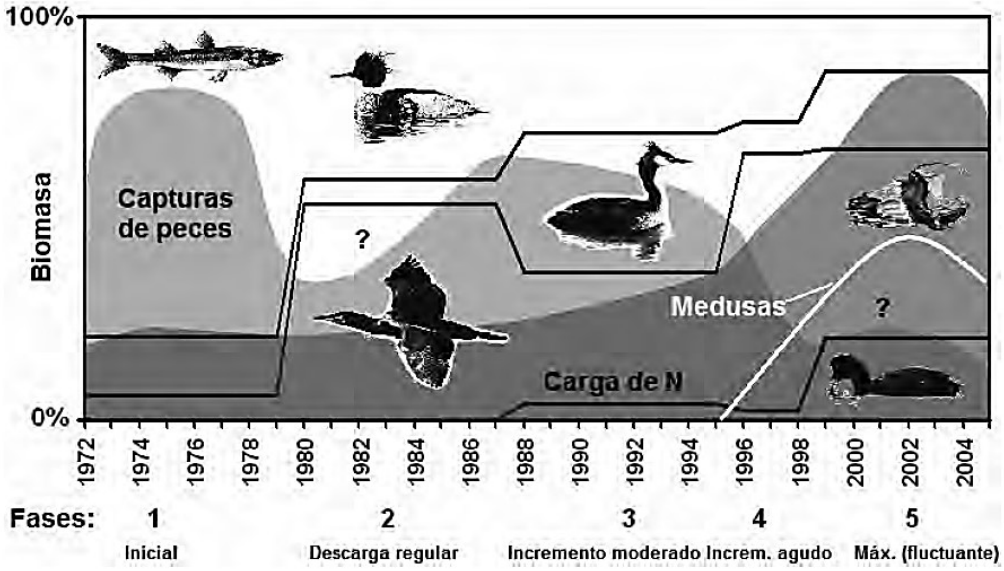


Figura 100: Representación gráfica de las principales fases identificadas por la respuesta de las aves acuáticas a las variables ambientales expresada en porcentaje de biomasa durante más de tres décadas (Farinós, Robledano, & Carreño, 2016)

Por otro lado, el análisis del seguimiento de aves más largo de que se dispone para un humedal en la Región de Murcia (32 censos entre 1972 y 2013), en relación con las variables ambientales utilizadas en otros estudios previos (entrada anual de nitrógeno, poblaciones estivales de medusas y capturas pesqueras de sus presas potenciales *Engraulis sp*. y *Atherina sp*.), actualizadas hasta 2013, muestra como el desempeño de la función de asimilación interna de nutrientes en la masa de agua tiene profundos efectos sobre su biodiversidad. Existe una fase inicial de diversificación de la comunidad (coherente con la respuesta esperable a fenómenos de enriquecimiento en medios oligotróficos), hasta alcanzar un máximo, pero a largo plazo se produce una simplificación y banalización de la comunidad de aves (ver Figura 100 y Figura 101).

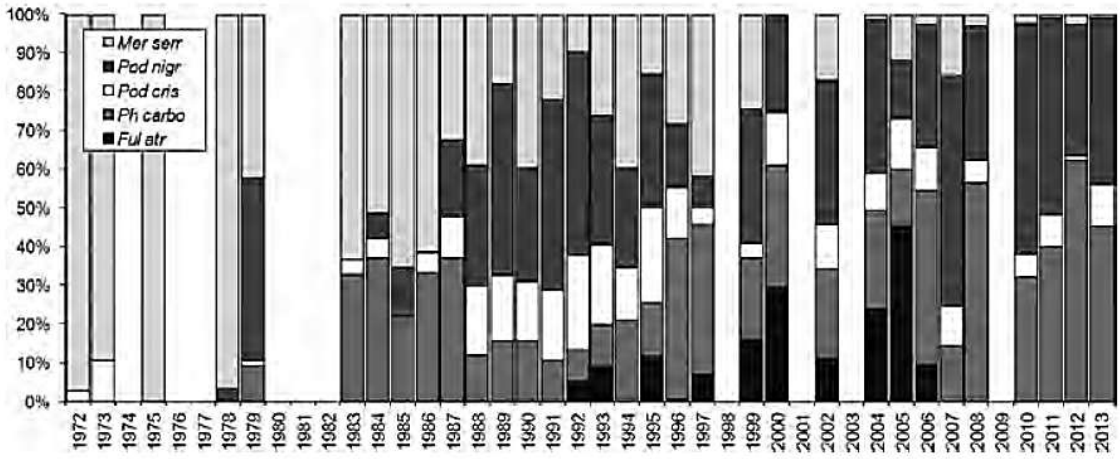


Figura 101: Variación de la contribución de las cinco especies estudiadas a la abundancia acumulada de aves acuáticas en la laguna del Mar Menor (censos de enero)(Farinós, P., Robledano, F., Carreño, Mª F. 2016)

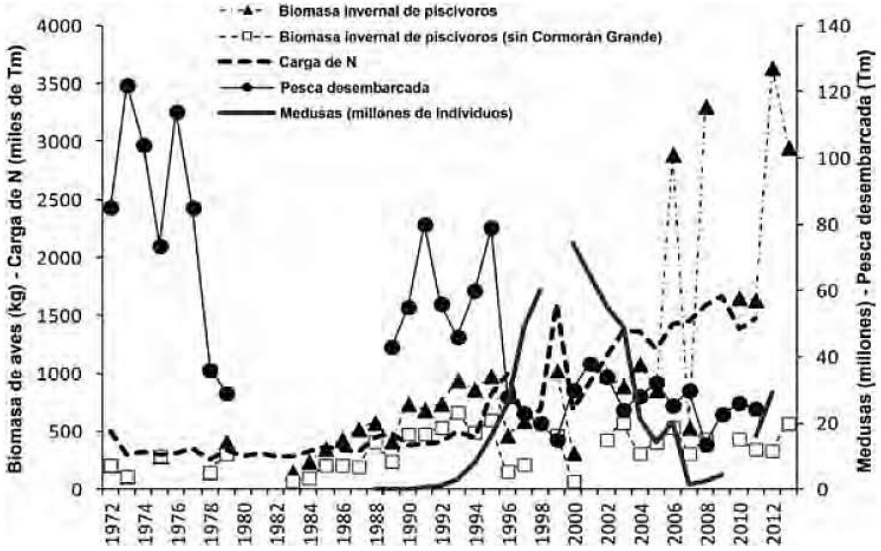


Figura 102: Cambios en las variables ambientales utilizadas en los modelos de regresión, y de dos de las variables indicadoras de uno de los principales componentes de la comunidad ornitológica modelizada (biomasa invernal de aves piscívoras) (Farinós, Robledano, & Carreño, 2016)

En las últimas fases son evidentes las tendencias negativas, hasta desaparecer en algún caso, tanto de las especies que han protagonizado las etapas intermedias (por ejemplo la focha común), como otras genuinas del ambiente hipersalino y oligotrófico original (caso de la serreta mediana). Otras especies como el cormorán grande y el zampullín cuellinegro muestran tendencias demográficas favorables y acaban dominando la comunidad, interpretándose esto en parte como una respuesta a la eutrofización local (y el consecuente aumento de la productividad de sus principales presas).

4.3.5.2.6 Humedales litorales asociados al Mar Menor

Se ha evidenciado una progresiva degradación de estos humedales a consecuencia del incremento general de los flujos hídricos que les afectan, tanto indirectos como directos, ((Carreño, Esteve, Martínez, Palazón, & Pardo, 2008) (Carreño, 2015)), incremento derivado sobre todo de la puesta en regadío de la cuenca del Mar Menor. Este impacto está causado no tanto por los elevados contenidos de nutrientes de las aguas (el N se elimina por desnitrificación y el P queda inmovilizado en el suelo o sedimento) sino por la entrada de grandes volúmenes de aguas relativamente poco salinas, lo que provoca un aumento de la humedad de los suelos y una disminución de su salinidad. Este fenómeno favorece una expansión muy acentuada de la vegetación con menos restricciones a la alta salinidad como carrizales y juncales, a costa de los marjales. El resultado es un incremento de cobertura y biomasa vegetal a costa de una menor biodiversidad y una reducción de espacios abiertos y, por tanto, de la variedad de nichos que albergan hábitats singulares, especialmente los de carácter estepario (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017).

Los cambios han afectado también a la comunidad de aves paseriformes esteparias en la Marina del Carmolí (Robledano, Esteve, Farinós, Carreño, & Martínez, 2010). La reducción progresiva de la estepa salina inducida por el incremento de los flujos hídricos, ha conducido a un declive de la familia *Alaudidae*, estrechamente ligada al hábitat estepario. Esto representa una pérdida de valor desde el punto de vista de la Directiva Aves, como evidencia el marcado declive del índice basado en dicha Directiva. Este declive resulta preocupante, dado que los

valores naturalísticos asociados a la familia *Alaudidae* son los que justamente sustentan la designación de la Marina del Carmolí como ZEPA. Las alteraciones hidrológicas provocadas por el incremento del regadío en la cuenca del Mar Menor se manifiesta en cambios en otras comunidades biológicas de los humedales litorales, como la de coleópteros errantes (Pardo, y otros, 2008)

4.3.5.3 Estado de eutrofización grave del Mar Menor

Como consecuencia de los cambios en el régimen de entrada de nutrientes, la columna de agua en la laguna pasó de ser moderadamente oligotrófica a relativamente eutrófica, proveyendo las condiciones para el crecimiento de células fitoplanctónicas más grandes y los subsiguientes cambios en la estructura trófica que esto conlleva y la reducción en la calidad de las aguas y la penetración de la luz.

En las condiciones actuales, el estado de equilibrio contenido de la ecología lagunar ha evidenciado ser altamente vulnerable a la eutrofización, debido a dos factores principales, que conjuntamente han propiciado una crisis eutrófica grave:

4.3.5.3.1 Incremento progresivo en la carga de nutrientes

Los resultados de Lloret (Lloret, Marín, & Marín-Guirao, 2008) estimaban que la superficie existente en ese momento de *Caulerpa prolifera* (por aquel entonces, la pradera monoespecífica ya había alcanzado su máxima extensión, con una cobertura del 91,7% del fondo de la laguna) era capaz de retener hasta 3.988 Toneladas de N y 420 Toneladas de P al año, cuando las entradas desde el principal curso de agua que fluye hacia la laguna desde el área agrícola adyacente eran de 2.010 toneladas de N al año y 178 toneladas de P al año (Velasco, y otros, 2006). No obstante, otros autores han estimado descargas anuales de nutrientes aún mayores hacia el Mar Menor, con valores variables según los aportes subterráneos, y las concentraciones de nutrientes han seguido incrementándose desde entonces, tanto en el acuífero como en la laguna.

De esta forma, el equilibrio ecológico del sistema lagunar, muy forzado por la excesiva entrada de nutrientes de origen antrópico, estaría altamente condicionado por la capacidad de asimilación de la pradera de *C. prolifera*. Los macrófitos bentónicos representan un importantísimo papel en la resistencia frente al proceso de eutrofización y el mantenimiento de una relativamente alta calidad ambiental en la laguna del Mar Menor. Así, cualquier cambio en las condiciones ambientales que implique una disminución del rendimiento fotosintético de *C. prolifera*, podría desencadenar la pérdida del control trófico del ecosistema por parte del bentos.

4.3.5.3.2 Calentamiento de las masas de agua

Un aumento de la temperatura del agua de mar por encima de 30 °C en los últimos años ha podido ser el detonante de la disminución de la fotosíntesis en *Caulerpa prolifera* y el comienzo de la regresión de la pradera, coincidiendo con lo planteado en 1991 (Terrados & Ros, 1991), tal y como se observa en la cartografía de la laguna realizada en el 2014 (Belando, y otros, 2015). La disminución de la fotosíntesis en *C. prolifera* (o su muerte) tiene como consecuencia la disminución de la absorción de nutrientes, los cuales quedaron disponibles en la columna de agua, originando ya desde la segunda mitad del 2015, con unas temperaturas medias de la laguna inusualmente altas, la masiva proliferación de fitoplancton. Las aguas del Mar Menor experimentaron un drástico cambio en su calidad y la laguna alcanzó un estadio de eutrofización grave y un "colapso ambiental". La alta concentración celular limitaba el paso de la luz a las zonas profundas, impidiendo la fotosíntesis. La vegetación situada por debajo del nuevo umbral fótico murió, al igual que una importante fracción del fitoplancton debido al

agotamiento de los nutrientes, causado por su crecimiento exponencial. Posteriormente, la materia orgánica muerta del fondo se fue descomponiendo debido a la actividad bacteriana, que consume oxígeno. A su vez, esta ausencia de oxígeno provocó la muerte de organismos bentónicos (moluscos, poliquetos, etc.), situación evidenciada por en el trabajo presentado por el Instituto Español de Oceanografía en 2016 (León & Bellido, 2016), donde se ha observado la muerte de grandes filtradores, como *Pinna nobilis*. Los organismos con una relativa movilidad pudieron escapar a zonas litorales menos afectadas, lo que podría explicar la concentración de caballitos de mar en zonas concretas del litoral de la laguna durante los meses de verano del 2016.

El proceso de colapso descrito, demuestra la vulnerabilidad de la laguna del Mar Menor al cambio climático y se destaca la probabilidad de un incremento en los procesos de eutrofización como consecuencia de futuros cambios ambientales.

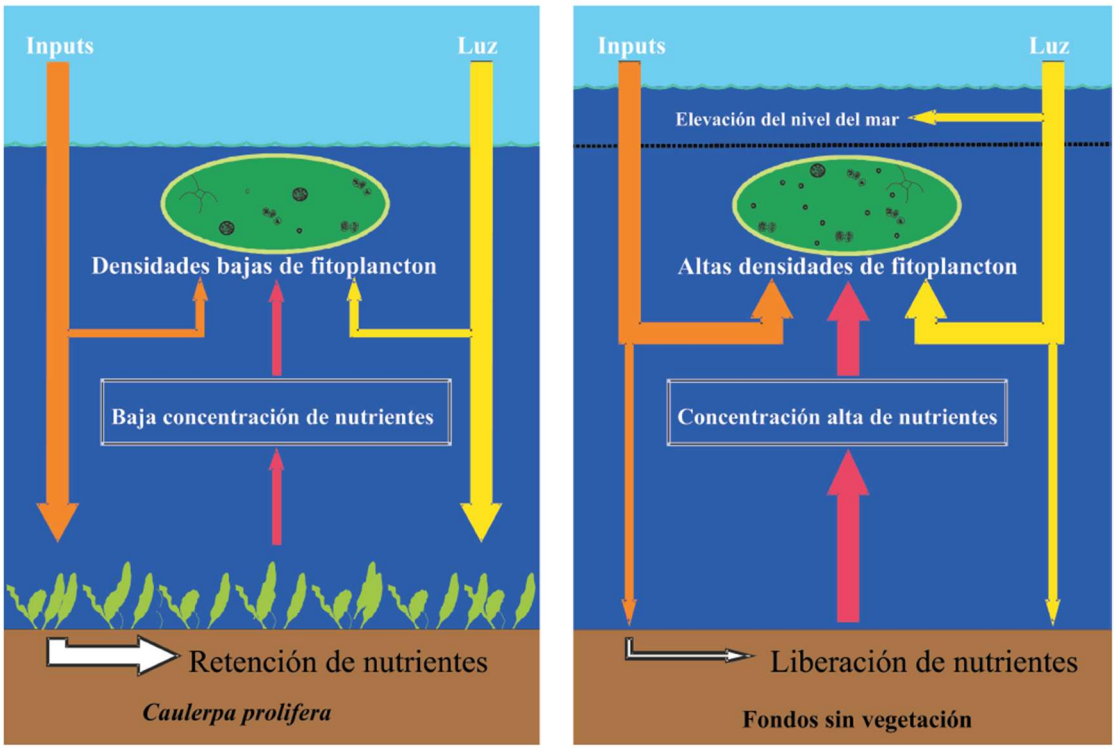


Figura 103: Representación del uso de la luz y los nutrientes por los productores primarios bajo a) Condiciones previas a la crisis eutrófica y b) Presente escenario y futuro (elevación del nivel del mar) (Arnaldo, Millán, Velasco, Lloret, & Marín, 2009)

4.3.5.3.3 Consecuencias en las comunidades bentónicas

En los meses de septiembre y octubre de 2016 se realizó, por parte del IEO y ANSE (IEO, 2016), una actualización del mapa de vegetación de la laguna. Como resultado, se ha comprobado que se ha perdido un 85% de la extensión inicial de praderas marinas del Mar Menor y que el 15% restante se concentra en las partes más someras e iluminadas de la laguna, a profundidades de menos de 2-3 metros. Esto supone un importante cambio en el estado ecosistémico lagunar, con una disminución substancial de la calidad del hábitat y consecuencias aún no evaluadas en la biodiversidad. Se ha constatado una elevada mortandad de invertebrados bentónicos, probablemente debido a situaciones de anoxia en los sedimentos, habiéndose observado la muerte de grandes filtradores, como *Pinna nobilis*.

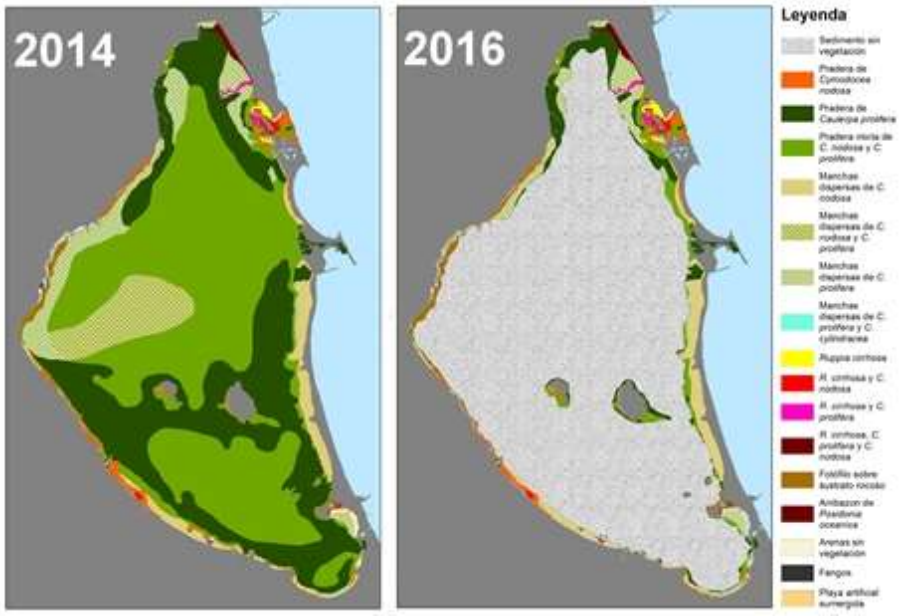


Figura 104: Representación del antes y el después de la crisis de eutrofización grave, en el que se representa la distribución de las praderas marinas del Mar Menor (IEO, 2016)

4.3.5.3.4 Consecuencias en las comunidades planctónicas

Desde el último año, no se ha producido la "fase de aguas limpias" debido a la combinación de una serie de efectos directos e indirectos (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017). De un lado, el aumento de nutrientes ha provocado un incremento del tamaño celular, que junto con las células pequeñas (pico y nano-plancton) provocan un aumento del coeficiente de extinción de la luz en el agua. En los meses de abril-mayo se produjo además un crecimiento masivo de células del tipo *Nannocloropsis* (aislada pero todavía no determinada) impidiendo la penetración de la luz al fondo. La proliferación de fitoplancton de mayor tamaño (principalmente diatomeas o dinoflagelados) produce excreciones de mucílagos en el agua que se acumulan en las intersecciones de corrientes produciendo espumas. La materia orgánica exudada por las células proporciona Nitrógeno Orgánico Disuelto al agua fácilmente asimilable por células de pequeño tamaño, lo que explica la coexistencia de ambas células grandes y pequeñas en el medio. A este aporte de materia orgánica disuelta hay que añadir, de otro lado, la procedente de la descomposición de la pradera de *Caulerpa prolifera*. Adicionalmente, la materia orgánica disuelta oscurece significativamente la columna de agua, aumentando también el coeficiente de extinción de la luz.

Todo parece indicar, que, con los niveles de nutrientes actuales, el fósforo ha pasado a ser el factor limitante de la productividad biológica en la laguna, siendo el nitrógeno excedentario la mayor parte del tiempo. Ello implica que el sistema puede no mostrar respuestas evidentes a pequeñas fluctuaciones en la entrada de compuestos nitrogenados pero que podría reaccionar de forma conspicua a cualquier entrada de fósforo, ya sea procedente de aguas urbanas o de cualquier otro origen.

4.3.5.3.5 Consecuencias en las comunidades ícticas

En la laguna, los hábitats y las comunidades bentónicas suministran refugio y alimento a adultos y juveniles de multitud de especies de peces. Tras los eventos del 2016 se ha detectado una pérdida de talla y calidad de los individuos, lo que achacan los pescadores a la falta de recursos de alimentación, asociados a los procesos de anoxia ocurridos.

4.3.5.3.6 Consecuencias en la avifauna

Con respecto a los cambios ambientales de las especies de aves estudiadas (Farinós, Robledano, & Carreño, 2016), la población de cormorán grande parece gobernada principalmente por factores externos (dinámica poblacional a escala europea). La serreta mediana se ha mostrado relativamente insensible al enriquecimiento de nutrientes, aunque disminuyó a largo plazo. Los *Podiceps* y la focha han respondido positivamente a la entrada de nitrógeno, que aparece como variable significativamente predictora de su biomasa, excepto para la focha común.

Con posterioridad a 2013 (Martínez Fernández & Esteve Selma, 2005) no existe una evaluación equivalente de los posibles cambios de la comunidad de aves acuáticas lagunares en respuesta a las modificaciones recientes que han desencadenado la actual crisis ambiental.

4.3.5.3.7 Consecuencias en la calidad del agua

De unas concentraciones de nitrato en las aguas de la laguna relativamente bajas a finales de la década de 1980, debajo de 0,62 mg/L, se pasa en la década de 1990 a concentraciones diez veces más altas, próximas a la desembocadura de las ramblas del Albujón y Miranda. En los años 2010 y 2012, se encontraron niveles altos de nitratos (por encima de 1 mg/L) a lo largo de la costa occidental de la laguna, también asociados a la descarga del Albujón.

En las campañas de seguimiento del Mar Menor realizadas a partir del año 2016, se han llegado a obtener valores medios de concentración de nitratos por encima de 4 mg/L durante los meses de febrero, marzo y abril de 2017 (Pérez-Ruzafa, 2017a). La *clorofila a* se mantiene baja, limitada principalmente por unos bajos niveles de fósforo (menos de 0,5 mg/L) que condicionan el crecimiento fitoplanctónico. Por otro lado, la transparencia media del agua experimentó una significativa mejoría a mediados de 2017, teniendo en cuenta los valores críticos alcanzados (y mantenidos) en el verano de 2016, aunque volvió a registrar valores preocupantes en septiembre (Figura 105).

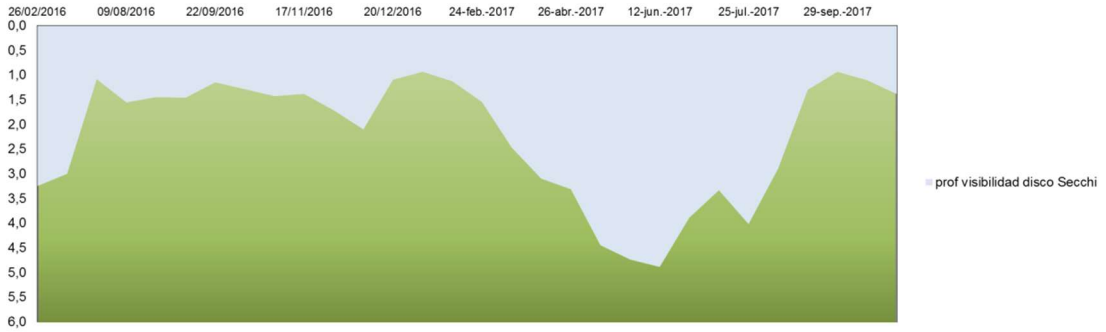


Figura 105: Evolución de la profundidad media de visibilidad del disco de Secchi en las zonas con más de 4 m de profundidad (Pérez-Ruzafa, 2017b)

Los datos aportados por el seguimiento de la calidad de las aguas de la laguna, permiten pensar en la capacidad de respuesta del ecosistema, pero manteniendo la idea de su extrema vulnerabilidad e inestabilidad, siendo aun altamente sensible a factores de estrés como la subida y mantenimiento de temperaturas elevadas o de baja salinidad.

4.4 ESTADO DEL MAR MENOR RESPECTO A LOS OBJETIVOS AMBIENTALES

En este apartado se expone el estado del Mar Menor respecto a los umbrales y objetivos ambientales (estado de referencia) establecidos en la legislación e instrumentos de planificación aplicables.

4.4.1 Directiva Marco del Agua – Masa de agua costera Mar Menor

En el ámbito de actuación, en aplicación de la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (Directiva Marco del Agua, en adelante DMA) se han identificado tres masas de agua. A continuación, se presenta el estado de la masa de agua costera Mar Menor en relación a los valores de referencia que marca la directiva.

La masa de agua costera del Mar Menor es una laguna costera que está incluida en la Red Natura 2000 bajo dos figuras ("Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar", "Espacios Abiertos e Islas del Mar Menor" y "Mar Menor"). Esta masa no presenta el buen estado ecológico (moderado) ni el buen estado químico por lo que el **estado global no alcanza el buen estado**. Esta masa tiene problemas de nitratos y fosfatos porque el contenido se sitúa en 12,90 µmol NO_3/l y 0,76 µmol PO_4/l respectivamente.

La masa de agua costera del Mar Menor ha sido clasificada con Estado Ecológico Moderado, al presentar un estado inferior a bueno, mientras que el Estado Químico de la masa de agua superficial del Mar Menor no alcanza el Buen Estado.

La consecución del Buen Estado para esta masa de agua ha sido aplazada a 2027.

4.4.2 Estrategias Marinas: Demarcación marina Levantino-Balear

Las Estrategias Marinas establecen un conjunto de niveles de referencia y definiciones del Buen Estado Ambiental (BEA), asociados a una serie de criterios establecidos para cada descriptor en la Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de protección del medio marino (trasposición al derecho español de la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina). En la Tabla 82, se recogen los referidos al Descriptor 1 Biodiversidad (Ruiz & otros, 2012) para las lagunas costeras de la Demarcación marina Levantino-Balear, juntamente con una valoración de su estado actual respecto a 2012.

Tabla 82: Estado actual del Mar Menor respecto a los niveles de referencia establecidos para el Descriptor 1 de la Ley 41/2010 de protección del medio marino

Criterio	Nivel de Referencia (NR) año 2012 según lo dispuesto en la Estrategia Marina	Buen Estado Ambiental	Estado actual respecto al NR
Distribución del hábitat (general para toda la demarcación)	Número de lagunas costeras actuales	Mantenimiento del número de hábitats de lagunas existentes en la actualidad y la recuperación de aquellos que han disminuido considerablemente su extensión debido a la sobreexplotación de los acuíferos circundantes	Estable

Criterio	Nivel de Referencia (NR) año 2012 según lo dispuesto en la Estrategia Marina	Buen Estado Ambiental	Estado actual respecto al NR
Extensión del hábitat (general para toda la demarcación)	La superficie actual de las lagunas y su vegetación ribereña asociada	Mantenimiento de la extensión de las lagunas existentes en la actualidad, excepto en aquéllas en las que se pueda recuperar parcial o totalmente la superficie mediante la gestión adecuada de los acuíferos que las alimentan y de los usos de sus riberas	Estable
Características del hábitat (Mar Menor)	Respecto a las especies y comunidades características asociadas: Tras la apertura del canal de El Estacio, la mayor influencia del agua del Mediterráneo propició la extensión de *Caulerpa prolifera* por toda la laguna, alterando de forma irreversible la naturaleza del fondo y de las comunidades que lo habitaban. Por otro lado, la presencia de grandes praderas de esta alga favorece el control de la eutrofización, permitiendo la existencia de aguas predominantemente claras y la ausencia de crisis distróficas. Por lo tanto, **el nivel de referencia a considerar será la situación establecida como tal en la Estrategia Marina Levantino-Balear, elaborada en 2012,** pero evitando los vertidos de cualquier tipo a la laguna y la puesta en marcha de planes de desarrollo de una agricultura respetuosa con el medio ambiente	No especificado	**Alejado** tras la crisis de 2015-2016: Se ha perdido un 85% de la extensión inicial de praderas marinas
	Respecto a las condiciones físicas, hidrológicas y químicas: No se disponen datos cuantitativos. No obstante, según recogen los objetivos generales fijados, las modificaciones producidas en muchas lagunas son irreversibles, de manera que **el estado de referencia es el que presentan en la actualidad** (2012) y hay que intentar que no empeore	No especificado	**Alejado** tras la crisis de 2015-2016: Empeoramiento de la calidad del agua
Daños físicos en relación con las características del substrato (general para toda la demarcación)	La situación actual de aquellas lagunas en las que los impactos sean irreversibles	No especificado	Estable

Criterio	Nivel de Referencia (NR) año 2012 según lo dispuesto en la Estrategia Marina	Buen Estado Ambiental	Estado actual respecto al NR
Estado de la comunidad bentónica (Mar Menor)	No especificado	No especificado	No puede ser determinado, al no estar establecido un NR; probablemente muy **alejado** del estado previo a la crisis de 2015-2016: Se ha constatado una elevada mortandad de invertebrados bentónicos, debido a situaciones de anoxia

En relación al criterio "*estado de la comunidad bentónica*", las Estrategias Marinas no especifican un Nivel de Referencia para la laguna costera del Mar Menor. El resultado de la valoración del estado ecológico del Mar Menor, desde el punto de vista de la Directiva Marco del Agua, lo sitúa en un estado "Moderado/Aceptable". Sin embargo, según se recoge en la Estrategia Marina para la Demarcación marina Levantino-Balear, esta calificación no coincide con valoraciones realizadas con los criterios de la Directiva Hábitat y tampoco refleja el Estado Ambiental de este hábitat (*sensu* DMEM). A la hora de valorar el Estado Ecológico del hábitat lagunar habría que tener en cuenta la profunda transformación de la composición y distribución de las comunidades en las últimas décadas, a consecuencia del impacto humano, y sólo por esto no es adecuado considerar como "aceptable" el estado de sus comunidades.

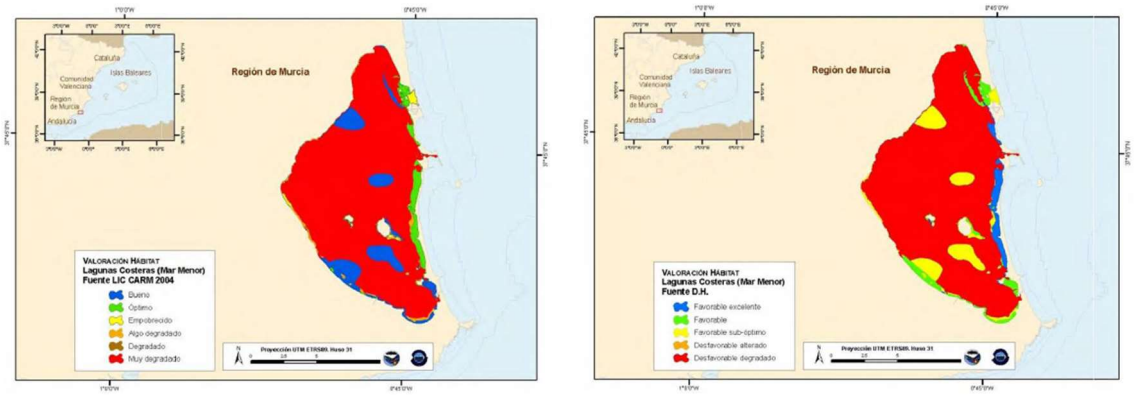


Figura 106: Descriptor 1: Biodiversidad de las Estrategias Marinas: evaluación inicial, buen estado ambiental y objetivos ambientales. Demarcación Levantino-Balear (Ruiz & otros, 2012)

Según la valoración realizada para declarar el Mar Menor como LIC, a pesar de existir algunas comunidades (praderas más o menos densas de *Cymodocea nodosa*, *Ruppia cirrhosa*) en estado de conservación bueno y óptimo, la mayoría de la laguna presenta un estado "muy degradado", debido a la presencia de praderas de *Caulerpa prolifera* muy densas sobre fangos anóxicos.

Por otro lado, según los criterios de valoración del Anexo III de la **Directiva Hábitat**, los expertos han clasificado el Mar Menor mayoritariamente como "Desfavorable-Degradado".

4.4.2.1 Objetivos fijados en las EE.MM. para el criterio características del hábitat

Para alcanzar el Buen Estado Ambiental, y/o mantener el nivel de referencia fijado, la Estrategia Marina tiene establecidos de forma genérica, para las lagunas costeras de la Demarcación marina Levantino-Balear, los siguientes objetivos (siempre referidos a las condiciones existentes en el momento de la elaboración de las estrategias, es decir, previas al estado de eutrofización grave del Mar Menor tras la crisis sufrida entre 2015 y 2016).

- Respecto a las especies y comunidades características asociadas:
    - Mantenimiento de los niveles actuales de riqueza específica y diversidad, como mínimo.
    - Implementación de medidas de gestión que reviertan en lo posible la degradación y pérdida de la riqueza específica y la diversidad que presentan algunas lagunas. Seguimiento de la evolución y establecimiento como nivel de referencia aquel en el que se estabilice el valor.
- Respecto a las condiciones físicas, hidrológicas y químicas:
    - Las modificaciones producidas en muchas lagunas son irreversibles, de manera que el estado de referencia es el que presentan en la actualidad y hay que intentar que no empeore.

4.5 CONCLUSIONES DE SITUACIÓN ECOLÓGICA

4.5.1 Factores determinantes

Los factores determinantes del estado actual de la lagua del Mar Menor son:

4.5.1.1 Aportes superficiales al Mar Menor

Se han inventariado al menos 36 puntos de vertido al Mar Menor (Pérez Ruzafa & Marcos Diego, 2016), incluyendo ramblas naturales, vertidos no canalizados y vertidos canalizados, existiendo dos tipos de vertidos claramente diferenciados: aquéllos en los que hay un alto contenido en metales pesados en los sedimentos (principalmente Pb y Cd) y aquéllos otros en los que domina la concentración de nutrientes en el agua (especialmente fosfatos y amonio, indicando que se trata de aguas principalmente urbanas, y en algunos casos nitratos, de origen probablemente agrícola). El máximo representante del primer tipo es la rambla del Beal y del segundo la rambla del Albujón. En general, las ramblas de la cubeta sur tienden a tener concentraciones altas de metales pesados en los sedimentos, atribuible a la actividad minera de las pasadas décadas. El resto de los vertidos se caracteriza principalmente por aportes más o menos importantes de nutrientes, excepto las zonas con actividad náutica, que muestran ciertas concentraciones de Cu en los sedimentos.

4.5.1.2 Intercambio de agua con el Mar Mediterráneo

En un artículo de Francisco de Asis Cabezas (Cabezas Calvo-Rubio, 2009), el autor construye un primer modelo del balance hídrico del Mar Menor de tipo conceptual. Según éste, existe un flujo de intercambio equilibrado de entradas-salidas entre la laguna y el Mediterráneo con oscilaciones anuales entre 500 y 800 hm^3/año y un valor medio en las últimas décadas de 670 hm^3/año. Estos valores prácticamente duplican los anteriores a los años 70. La razón de este cambio es la modificación del canal de El Estacio, que tras aumentar su sección ha permitido la circulación de mayores caudales.

Según otros dos autores (Pérez Ruzafa & Marcos Diego, 2016), los volúmenes de agua intercambiados entre el Mar Menor y el Mediterráneo suponen una tasa de renovación muy baja para lo que es habitual en otras lagunas costeras (de entre 1,8 y 2,4 años según datos preliminares del último estudio acometido por el IEO). Aunque estos elevados tiempos de residencia y baja conectividad son en buena medida responsables de la elevada heterogeneidad y diversidad ambiental del Mar Menor y de sus sofisticados mecanismos de autorregulación y defensa contra la eutrofización, también hacen que cualquier sustancia introducida en la laguna pueda permanecer meses antes de abandonarla, permitiendo una mayor exposición por parte de los seres vivos y una mayor capacidad potencial de dispersión interna.

4.5.1.3 Acuíferos en conexión con el Mar Menor

De acuerdo con la información disponible, el único acuífero que presenta conexión hidráulica directa con el Mar Menor es el Cuaternario. En régimen natural, la recarga se producía únicamente por infiltración de la lluvia útil sobre los afloramientos que ocupan la mayor parte del Campo de Cartagena y las descargas se producían probablemente a cauces en el sector litoral y fundamentalmente, de forma subterránea, al Mar Menor y Mar Mediterráneo a lo largo de todo el borde costero. En la actualidad la recarga es significativamente mayor que en régimen natural y las descargas se siguen realizando al Mar Menor y Mar Mediterráneo, si bien estarán condicionadas por el bombeo existente y la eventual transferencia a los acuíferos profundos de forma natural o a través de sondeos.

La descarga de agua dulce (salobre) hacia la laguna se produce, por tanto, a lo largo del borde costero en una franja relativamente estrecha de la orilla, y es función de la piezometría y de los parámetros hidráulicos. En el "Estudio hidrogeológico del Campo de Cartagena" (IGME, 1991), se indica que las salidas al Mar Mediterráneo y Mar Menor representan un mínimo de 5 hm^3/año. La cifra indicada ha sido sistemáticamente mantenida y referida en numerosos estudios a lo largo de los años para las entradas de agua subterránea al Mar Menor, y continúa siendo la cifra actual oficial que se maneja en el vigente Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura.

No obstante, se dispone de algunos valores indirectos y estudios posteriores que indican que, probablemente, los caudales de descarga sean significativamente mayores, aunque aún deberían ser validados. En el otro extremo, estaría un artículo científico (Jiménez-Martínez, y otros, 2016), donde se indica que, para el periodo 2000-2011, la descarga subterránea (fundamentalmente al Mar Menor, aunque en parte también al Mar Mediterráneo) podría alcanzar unos 68 hm^3/año, si bien se manifiesta que son datos indirectos con una elevada incertidumbre.

4.5.1.4 Entrada de nutrientes

A partir de 1979 las expectativas creadas por el Trasvase inducen un espectacular incremento del regadío en el Campo de Cartagena. El aumento de la superficie de regadío genera un notable aumento de la entrada de nitrógeno y fósforo de origen agrícola al Mar Menor en las últimas décadas hasta situarse, según modelo dinámico (Martínez Fernández & Esteve Selma, 2003), en unos valores medios anuales en torno a las 2.000 toneladas anuales en el caso del nitrógeno y 60 toneladas anuales en el caso del fósforo, cifras ya entonces consideradas muy importantes, debido al volumen de la laguna, su grado de confinamiento y el origen oligotrófico de sus aguas. Por aquel entonces, la contribución de las salmueras a la exportación total de nutrientes era relativamente reducida en términos absolutos, si bien ya se consideraba que podía constituir un problema por tratarse de un vertido concentrado y por el elevado potencial de crecimiento a corto y medio plazo.

Otros autores (Velasco, y otros, 2006) estudiaron la desembocadura de la rambla del Albujón y una canal de drenaje agrícola próximo que descarga en la laguna. Estimaron las entradas anuales en la laguna del Mar Menor, procedentes del Campo de Cartagena, en unas 2.010 toneladas anuales de nitrógeno inorgánico disuelto y de 178 toneladas anuales de fósforo reactivo soluble, considerando la rambla del Albujón como el principal contribuyente, aunque condicionado a eventos de avenidas. Los autores concluyeron que la entrada de nutrientes depende en gran medida de las lluvias torrenciales y de la estacionalidad de la actividad agrícola, siendo mayor cuando ambas tienen lugar a la vez.

Desde el año 2009, el IGME ha venido participando en proyectos con diferentes objetivos en los que se han tomado algunas muestras de la rambla del Albujón. En muestreos de campo realizados desde al menos 2011 y hasta el verano de 2016, se ha constatado que el agua que sale directamente al Mar Menor ha procedido de forma mayoritaria del vertido de salmueras procedentes de desalobración de aguas subterráneas, posiblemente del sector de La Palma-Rambla de Miranda. El contenido medio en nitratos en 2014-2016 fue de 350 mg/L, y los caudales de descarga de la rambla del Albujón se estimaron de forma grosera en unos 300 L/s, de tal manera probablemente se alcanzó un cifra de vertido de unas 3.300 toneladas/año de forma directa.

A partir de un modelo de simulación dinámica sobre los cambios de uso y sus efectos en los flujos de nutrientes en la cuenca del Mar Menor (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017), se han estimado los valores de entrada total de nitrógeno y fósforo a la laguna procedente de la cuenca. Estos valores se sitúan en un valor medio interanual en torno a unas 1.000 toneladas anuales en el periodo 2000-2005, con grandes fluctuaciones entre 700 y 1.600 toneladas anuales, y en torno a unas 240 toneladas anuales de fósforo.

Por sus condiciones de afloramiento, carácter libre y escasa profundidad del nivel freático, el acuífero Cuaternario es el más vulnerable a procesos de contaminación. La facies hidroquímica es clorurada-sulfatada mixta. El contenido medio en nitratos en pozos del Cuaternario cercanos al Mar Menor (menos de 1 km del borde costero), en la zona declarada vulnerable, supera los 200 mg/L. Si se tiene una descarga subterránea de tan sólo 5 hm^3/año (IGME, 1991), las entradas al Mar Menor serían de 1.000 toneladas/año de nitrógeno expresado como nitrato, pero esta cifra podría llegar a ser de 13.600 toneladas/año, si se considera una descarga media de 68 hm^3/año.

Por último, como ya se ha mencionado, los contenidos en nitratos en las aguas subterráneas del acuífero Cuaternario presentan valores superiores a 200 mg/L, como consecuencia de los lixiviados de fertilizantes y de los procesos de recirculación y evapo-concentración actuando durante décadas. Es de esperar que con estos valores de entradas de nitratos a las aguas subterráneas y las reservas estimadas para el acuífero Cuaternario (unos 1.800 hm^3, que resultarían de considerar 55 m de espesor saturado por 674 km^2 de zona regable y 4-5% de porosidad eficaz), el nitrato acumulado durante décadas en el acuífero debe superar las 300.000 toneladas, sin contar aquel que está presente en el suelo y en tránsito por la zona no saturada.

4.5.1.5 Temperatura del agua

La macroalga *Caulerpa prolifera* es especialmente sensible a un incremento de la temperatura del agua por encima de los 30 °C, como reflejan los resultados publicados en la revista Oecologia aquatica (Terrados & Ros, 1991). Los modelos indican (Arnaldo, Millán, Velasco, Lloret, & Marín, 2009) que la fotosíntesis neta alcanza valores negativos con pequeños incrementos del coeficiente de extinción de la luz. El efecto conjunto del incremento de la temperatura del agua y el del coeficiente de extinción de la luz en verano, revela que

pequeños incrementos de la temperatura originan una marcada disminución de los valores críticos para dicho coeficiente en esta estación del año.

Como se refleja en los resultados de (Lloret, Marín, & Marín-Guirao, 2008), cualquier aumento en la atenuación de la luz no tiene que ser alta para afectar a *C. prolifera* en la laguna. Además, antes de la crisis distrófica la mayor parte de la biomasa de macroalgas del Mar Menor se encontraba por debajo de los 5 metros de profundidad, donde incluso pequeños incrementos en la atenuación de la luz provocan una gran disminución de la disponibilidad de la luz en el fondo. La pérdida de estas masas profundas de *C. prolifera* representa aproximadamente el 54% de la biomasa total estimada y, por lo tanto, la absorción de nutrientes de *C. prolifera* en la laguna se ha visto profundamente afectada y podrá verse igualmente en el futuro.

El periodo de verano parece ser una época crítica del año para el funcionamiento de la laguna, dado que las mayores concentraciones de fitoplancton se encuentran en esta estación y, como consecuencia, la disminución de luz en la columna de agua aumenta. Si se mantiene la situación actual, las praderas de macrófitos se verán seriamente limitadas en su crecimiento. Así, la consiguiente disminución en su absorción de nutrientes probablemente originará una aún mayor proliferación de fitoplancton en la laguna, ya que estarían disponibles mayores concentraciones de nutrientes. Como consecuencia, los valores críticos de la atenuación de la luz podrían alcanzarse fácilmente en la temporada siguiente y *C. prolifera* podría no llegar a recuperarse.

4.5.1.6 Conclusiones finales

Hasta los primeros años 1970, el Mar Menor era marcadamente oligotrófico con una producción primaria principalmente bentónica, siendo las fanerógamas marinas los macrófitos dominantes.

El ensanche y dragado del canal de El Estacio en 1972-73, propició una mayor influencia del agua del Mediterráneo y la extensión de la macroalga *Caulerpa prolifera* por toda la laguna, alterando de forma irreversible la naturaleza del fondo y por lo tanto de las comunidades que lo habitaban, así como la colonización de otras especies alóctonas menos tolerantes a las condiciones ambientales originales.

En los años 1980, se acometieron obras costeras para la regeneración de playas. Desde entonces, debido a los cambios e intensificación de usos en el entorno del Mar Menor y en el Campo de Cartagena, se ha venido produciendo un aumento en el aporte de nutrientes a la laguna, procedentes de las prácticas agrarias y de las aguas urbanas no depuradas, habiéndose incrementado considerablemente las concentraciones de estas sustancias en la columna de agua.

Excepto las ramblas de la cubeta sur, cuyos sedimentos muestran concentraciones altas de metales pesados probablemente de origen histórico, los componentes más preocupantes en la gran mayoría de los vertidos, independientemente de su procedencia, son los nutrientes inorgánicos (principalmente nitratos y fosfatos). Las mayores concentraciones de nitratos se han venido localizando generalmente en la costa oeste de la laguna, cerca de la desembocadura de las principales ramblas, confirmando que las entradas de este nutriente proceden de la actividad agrícola del Campo de Cartagena.

En 1988, las concentraciones de nitratos en las aguas de la laguna eran bajas y se mantenían siempre por debajo de 0,62 mg/L, contrastando con valores más altos de fosfatos. Los nitratos entraban en la laguna vía escorrentía, principalmente en invierno, y el fósforo vía descargas urbanas, principalmente en verano. En 1997 las concentraciones de nitratos eran diez veces

más altas. En las campañas de seguimiento del Mar Menor, se han llegado a obtener valores medios de concentración de nitratos por encima 4 mg/L en algunas zonas, en 2017.

Dados los niveles existentes de nutrientes, siendo el nitrógeno excedentario la mayor parte del tiempo, el fósforo es actualmente el factor limitante en la productividad biológica de la laguna.

Hacia principios de la década de 1990, una densa pradera de *C. prolifera* cubría ya la mayor parte de los fondos. La elevada biomasa bentónica de macrófitos contrastaba con la baja densidad fitoplanctónica y la oligotrofia de las aguas. Esta situación se ha mantenido hasta aproximadamente la primera mitad de 2015, cuando la pradera monoespecífica de *C. prolifera* cubría más del 80% de los fondos y favorecía altos contenidos de materia orgánica en el sedimento y concentraciones bajas de oxígeno.

Se sugiere que la elevada biomasa del principal productor primario (*C. prolifera*) incrementó la resistencia de la laguna frente a los procesos de eutrofización. El exceso de nutrientes era eliminado parcialmente de la columna de agua y almacenado en los sedimentos. Como resultado de este marcado control del sistema por parte del bentos, se explican las bajas concentraciones de nutrientes y fitoplancton descritas en la laguna durante años, favoreciendo la claridad de sus aguas. No obstante, el equilibrio ecológico del sistema lagunar, muy forzado por la excesiva entrada de nutrientes, estaría altamente condicionado por el rendimiento fotosintético y la capacidad de asimilación de la pradera de *C. prolifera*.

Por otro lado, el control ejercido desde los niveles superiores de la red trófica, como el plancton gelatinoso y el ictioplancton, han ayudado a mantener bajos los niveles de clorofila, aunque a costa de soportar elevadas poblaciones de medusas mediterráneas *Cotylorhiza tubercultata* y *Rhizostoma pulmo*. La existencia en el Mar Menor de los mencionados mecanismos homeostáticos, aunque es una salvaguarda para resistir las agresiones externas, hace que la detección de los impactos sea más difícil, al enmascarar los síntomas de eutrofización.

Caulerpa prolifera es especialmente sensible a un incremento de la temperatura del agua por encima de los 30 °C. En la segunda mitad del 2015, un aumento de las temperaturas medias inusualmente altas, propició la disminución de su capacidad fotosintética y el comienzo de la regresión de la pradera. El exceso de nutrientes quedó disponible en la columna de agua, originando una masiva proliferación de fitoplancton. Las aguas del Mar Menor experimentaron un drástico cambio en su calidad y la laguna alcanzó un estadio de eutrofización grave y un "colapso ambiental". La rotura del sistema supuso la pérdida de los mecanismos homeostáticos y la transición rápida hacia un estado de elevado deterioro ecológico y de la calidad del agua y del sedimento.

Como resultado, se ha comprobado que se ha perdido un 85% de la extensión inicial de praderas marinas del Mar Menor. A su vez, los procesos de anoxia desencadenados provocaron una elevada mortandad de organismos bentónicos. Por otro lado, desde el último año se ha constatado una pérdida generalizada y sostenida en el tiempo de la tradicional transparencia de las aguas de la laguna, sin que se haya alcanzado plenamente la "fase de aguas limpias".

En las condiciones actuales, el estado de equilibrio contenido de la ecología lagunar ha evidenciado ser altamente vulnerable a la eutrofización, habiéndose alejado significativamente del nivel de referencia a considerar respecto a las características del hábitat, que establece la Estrategia Marina de la Demarcación Levantino-Balear para el Mar Menor.

Partiendo de que se ha perdido el 85% de la superficie ocupada por las praderas de macrófitos bentónicos del Mar Menor, la limitación del exceso de nutrientes posibilitaría la paulatina

recuperación del control trófico por parte del bentos, en las nuevas condiciones ecosistémicas. En este sentido, habría que tener en cuenta que, según algunas estimaciones, el nitrato acumulado en el acuífero libre en contacto con el lecho de la laguna podría superar las 300.000 toneladas. En consecuencia, se considera que el control de los aportes externos de fósforo podría ser decisivo.

En relación con el estado de la masa de agua costera del Mar Menor respecto a los objetivos ambientales se concluye lo siguiente:

Directiva Marco del Agua-Masa de agua costera Mar Menor: El estado global de la masa de agua costera, según lo dispuesto en la DMA, **no alcanza el buen estado:**

- No presenta el buen estado ecológico. La masa de agua costera del Mar Menor ha sido clasificada con Estado Ecológico Moderado.
- No alcanza el buen estado químico.

La consecución del Buen Estado para esta masa de agua ha sido aplazada a 2027.

En las condiciones actuales, el estado de la laguna se ha alejado significativamente del nivel de referencia a considerar respecto a las características del hábitat, que establece la Estrategia Marina de la Demarcación Levantino-Balear para el Mar Menor, fijadas para el año 2012.

5 IDENTIFICACIÓN DE FACTORES CON INFLUENCIA EN LA DEGRADACIÓN DEL MAR MENOR, INTERACCIONES Y PRINCIPALES PRESIONES Y AFECCIONES RELACIONADAS

Como resultado del diagnóstico realizado en el presente documento, y con objeto de sintetizar dicha información en el presente apartado de conclusiones, se identifican y resumen en este apartado el conjunto de factores que influyen en la degradación del Mar Menor. Las interacciones entre estos factores da lugar a una serie de presiones y afecciones sobre el medio (laguna y cuenca vertiente), las cuales también han sido desarrolladas en los apartados previos y que procede a listarse a continuación.

Para la elaboración del citado listado se ha considerado la siguiente clasificación:

- Los **factores** que influyen en la degradación del Mar Menor y por tanto que determinan las presiones y afecciones sobre la laguna. Estos se han clasificado en cuatro categorías según el índice del diagnóstico (Actividades desarrolladas en la cuenca vertiente, Sistema hídrico- mecanismos de transmisión de contaminantes al Mar Menor, Actividades en el Mar Menor y Situación ecológica de la masa). Las categorías determinan la posición conceptual y territorial que ocupan los factores en la cadena de causas y efectos determinantes de la situación actual.
- Los **ámbitos** territoriales y funcionales (regadío, explotaciones ganaderas, etc.) con los que se relaciona cada factor.
- Las **características**, tanto de las actividades que inciden sobre el Mar Menor, como del medio trasmisor de la contaminación y del propio ecosistema lagunar.

Actividades desarrolladas en la cuenca vertiente del Mar Menor

- Regadío
  - **Dimensión y tipología del regadío**
  - Insumo de agroquímicos y abonos orgánicos
  - Volumen y calidad de la dotación hídrica
  - Riego y gestión del agua en la explotación
  - Generación y manejo *in situ* de residuos
  - Vertido de contaminantes de origen agrícola y arrastre o lavado de suelos
  - Transporte de contaminantes a través de las conducciones de efluentes del regadío
- Explotaciones ganaderas
  - **Dimensión y tipología de la cabaña ganadera**
  - Generación y manejo de residuos ganaderos a nivel de explotación
  - Transporte, vertido e incorporación al medio de contaminantes de origen ganadero
- Asentamientos urbanos y turísticos
  - **Dimensión y tipología de los asentamientos urbanos**
  - Producción y gestión de aguas residuales y pluviales en entornos urbanos

    - Producción y gestión de otros residuos potencialmente contaminantes
    - Producción y gestión de residuos sólidos urbanos
- Sierra minera
    - Emisión de contaminantes de antiguas zonas mineras

Sistema hídrico - Mecanismos de transmisión de contaminantes al Mar Menor

    - Aguas superficiales
    - Aguas subterráneas (acuífero multicapa)

Actividades desarrolladas directamente sobre el espacio del Mar Menor

- Mar Menor y su entorno litoral
    - Instalaciones portuarias y conexión con mar abierto
    - **Tipología y volumen de actividades**
    - Actividades en el borde del litoral

Situación ecológica de la laguna

- Mar Menor y su entorno litoral
    - Alteración hidromorfológica e hidrodinámica
    - Alteraciones fisicoquímicas de aguas y sedimentos
    - Alteración de las comunidades biológicas
    - Alteración de los ecosistemas periféricos

El **análisis de interacciones** entre los diferentes factores que definen la situación actual del Mar Menor (actividades desarrolladas en la cuenca, funcionamiento del sistema hídrico, características de la laguna, etc.) **permiten delimitar las presiones y afecciones** con incidencia sobre la laguna del Mar Menor e **identificar las posibles soluciones aplicables para su corrección**. Estas presiones y afecciones, así como los factores que las condicionan se han analizado con detalle en el presente documento de Diagnóstico, por lo que a continuación sólo se refieren de forma muy breve (numeradas del 1 al 32), de modo que pueda seguirse la relación entre los factores y las presiones y afecciones.

5.2 DIAGRAMA REPRESENTATIVO DE LAS INTERACCIONES ENTRE LAS CAUSAS QUE INFLUYEN EN LA DEGRADACIÓN DEL MAR MENOR

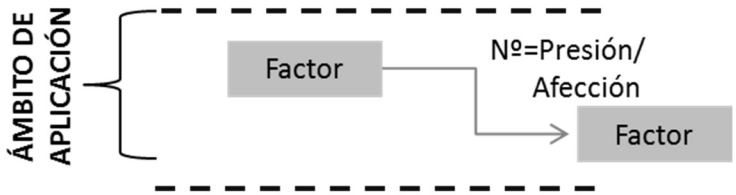
En el diagrama de flujos que se ofrece seguidamente se exponen las **interacciones** (principales y secundarias) entre los **factores** con influencia en la degradación del Mar Menor **correspondientes a diferentes ámbitos** territoriales y funcionales.

A continuación, se muestra la leyenda que se ha utilizado para identificar el tipo de ámbito e interacción:

Tabla 83: Ámbitos de aplicación e interacciones de factores del estudio

ÁMBITOS DE APLICACIÓN			INTERACCIONES	
			PRINCIPAL	SECUNDARIA
Actividades desarrolladas en la cuenca vertiente del Mar Menor	Regadío			
	Explotaciones ganaderas			
	Asentamientos urbanos y turísticos			
	Sierra Minera			
Sistema hídrico - Mecanismos de transmisión de contaminantes al Mar Menor	Aguas superficiales			
	Aguas subterráneas (acuífero multicapa)			
Actividades desarrolladas directamente sobre el espacio del Mar Menor	Mar Menor y su entorno litoral			
Situación ecológica de la laguna				

El esquema que se ha seguido para diseñar el diagrama de flujos figura aquí abajo.



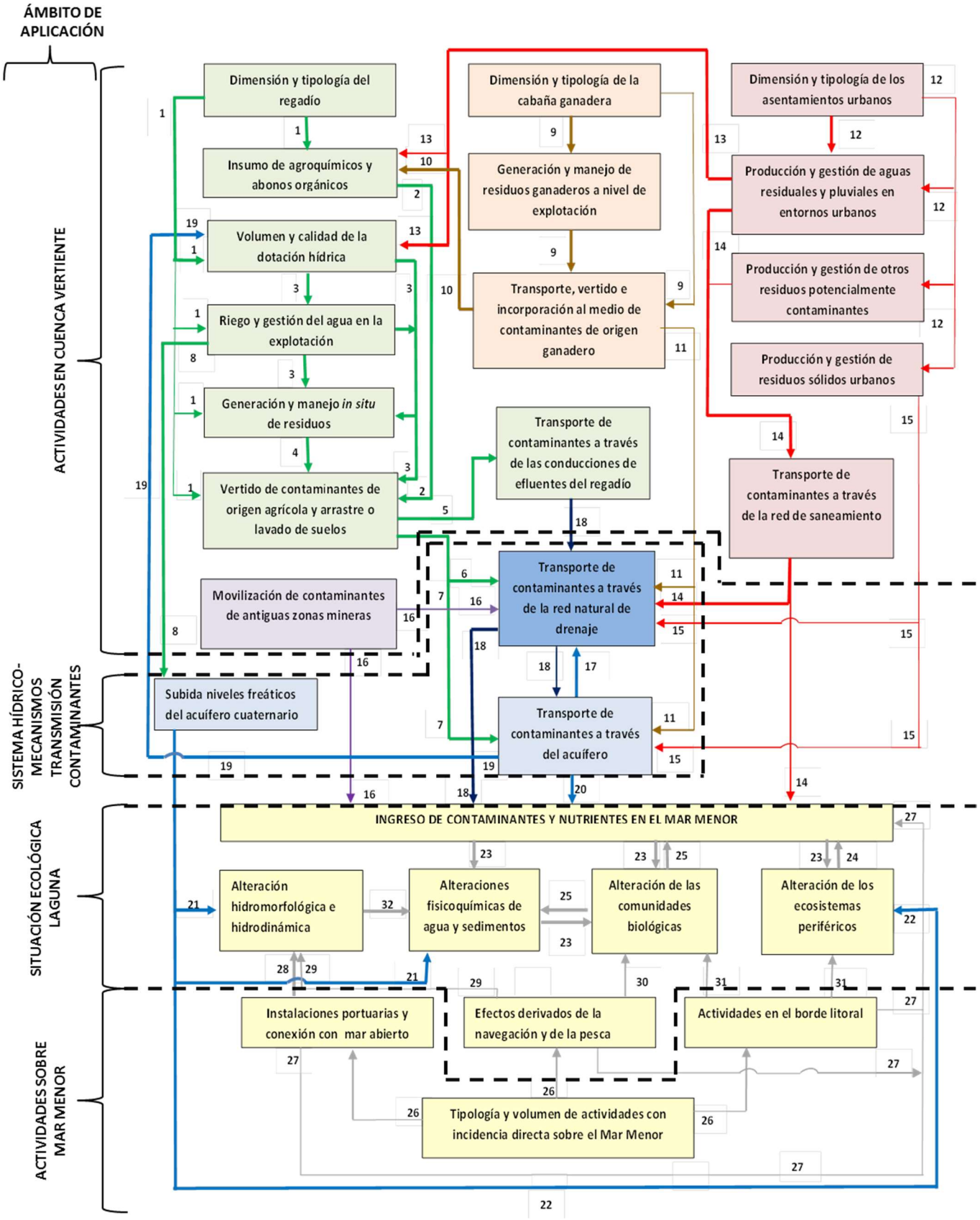


Figura 107: Diagrama de flujo de interacciones entre factores que influyen en la degradación del Mar Menor

5.3 DESCRIPCIÓN DE PRINCIPALES PRESIONES (P) Y AFECCIONES (A) RELACIONADOS CON LA DEGRADACIÓN DEL MAR MENOR

PRESIONES Y AFECCIONES RELACIONADAS CON LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA CUENCA VERTIENTE DEL MAR MENOR

REGADÍO

1.-(P). Presión sobre el sistema hídrico derivado de la dimensión y tipología de regadío desarrollado en el Campo de Cartagena.

Desde la puesta en marcha del Trasvase Tajo-Segura (ATS) en 1979, en los últimos 40 años, se ha producido una drástica intensificación de la agricultura. De las 31.708 ha en 1998 se ha incrementado la superficie de regadío entre un 150% (Tragsatec, 2018) y un 191% según fuentes (Carreño, 2015) acompañado de una tendencia a la tecnificación y la intensificación. Según datos basados en el Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC) del año 2016, la superficie de regadío (con coeficiente de regadío superior al 1%) es de 47.440,40 ha (60% de la superficie agrícola total). La Fiscalía y el informe del Comité Científico cifra en unas 15 a 20.000 ha la superficie de regadío no controlada de manera oficial pero cuya actividad incrementa la presión sobre el sistema.

La gran extensión y el carácter intensivo del regadío desarrollado en el Campo de Cartagena determinan una presión que se ha manifestado insostenible debido a la elevada carga contaminante que incide sobre el acuífero cuaternario, de alta fragilidad. La descarga de nitratos al Mar Menor implica de 1.000 t/año a 13.600 t/año, proporcional a descarga subterránea, 5-68 hm^3/año (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, 2017)

2 (A).- Incorporación al suelo de fertilizantes y fitosanitarios.

La gran extensión e intensidad productiva del regadío (2 a 3 cosechas de hortícolas sobre al menos 3.320 ha de invernaderos y 5.200 de acolchados), e incluso las 23.317 ha de secano, requiere altas dosis de agroquímicos que pueden haberse visto incrementadas por una deficiente gestión lo que origina una importante incorporación al medio de nutrientes y otros contaminantes de origen agrario entre los hay que considerar la utilización de purines y lodos de EDAR.

Se debe apuntar que el aporte no tendría que ser necesariamente excesivo en términos normativos y agronómicos, aunque efectivamente lo sea. La alta vulnerabilidad del sistema puede suponer un problema ante aportes que no sean necesariamente excesivos.

La intensificación de la agricultura ha llevado consigo un aporte excesivo de abonado, estimándose un excedente neto de nitrógeno del orden de 10-70 kg/ha y año sin considerar la aportación procedente de lodos de EDAR (85 t/año de uso directo para toda la CARM en 2017) y de purines (producción de 6y 9 millones de kg/año de purines solo en porcino). Esta cifra podría ser muy superior según estimaciones de la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería y Pesca de la Región de Murcia.

3 (A).- Incorporación de contaminantes con el agua de riego y generación de rechazos procedentes de su tratamiento (salmueras).

Buena parte del agua para riego que se consume en la cuenca vertiente del Mar Menor es de origen subterráneo. De hecho, la concesión anual de agua subterránea es de 98,20 hm^3 – agua extraída de pozos 88,2 hm^3. De manera general, esta agua de origen subterráneo presenta serios problemas de calidad, concentraciones muy elevadas de nitratos y una elevada salinidad, en parte de origen natural, que la hacen poco apta para el riego.

La concentración media de nitratos en las aguas subterráneas supera los 200 mg/l en un porcentaje muy alto de los puntos muestreados en las redes oficiales y con valores que exceden puntualmente los 300 mg/l. El sector de la "Zona regable oriental del Trasvase Tajo-Segura y el sector litoral del Mar Menor" de la masa de agua subterránea del Campo de Cartagena lleva desde 2001 declarado como zona vulnerable a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias.

PRESIONES Y AFECCIONES RELACIONADAS CON LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA CUENCA VERTIENTE DEL MAR MENOR

Los valores de conductividad eléctrica suelen estar por encima 5.000 µS/cm en las formaciones acuíferas profundas (Plioceno y Andaluciense) y por encima de los 3.500 µS/cm en zonas alejadas del mar en el acuífero Cuaternario. En las últimas décadas, especialmente a partir de la sequía de 1995, han proliferado las desalobradoras privadas, que permiten el empleo de aguas subterráneas para el riego. Los rechazos del proceso de desalobración (salmueras) generan un importante problema de contaminación.

Por otro lado, los procesos de circulación y evapotranspiración actuando durante décadas en las explotaciones agrarias, van aumentando la concentración de contaminantes en el agua. Esta retroalimentación por lavado de la zona no saturada y la persistencia de un freático alto y suelo húmedo en riego constante (invernadero) no permite que el nitrato se fije en el suelo o se desnitrifique.

4.-(P). Vertido incontrolado de salmueras y de otros residuos agrícolas en las propias explotaciones.

La gestión de las salmueras no ha ofrecido niveles adecuados de seguridad ambiental, (pozos abandonados, cauces de la red de drenaje natural, conducciones en mal estado, etc.) produciéndose importantes vertidos al medio.

Aunque no existen datos referentes al volumen de aguas subterráneas sometidas a desalobración, considerando que la totalidad del agua que se extrae del acuífero 88,2 hm^3, se desalobra y que la tasa de rechazo es del 25%, el volumen promedio de salmuera generado sería de 22 hm^3/año. Parte de estas salmueras se incorpora al sistema como aporte superficial y parte al acuífero mediante infiltración o inyección directa a pozos, lo que genera un incremento de salobridad en las aguas subterránea; las salmueras pueden tener una concentración de 600 mg/L.

El rechazo de la desalobración de las aguas subterráneas deberá gestionarse como residuo sea cual sea el sistema que se utilice para su alumbramiento.

Otros residuos agrícolas cuya gestión inadecuada afectan a la contaminación son: envases, restos de cosecha, plásticos, etc., aunque su incidencia en el Mar Menor es proporcionalmente mucho menor.

5 (P).- Incorporación y difusión de efluentes agrícolas contaminados en las conducciones de drenaje del regadío.

Parte de las aguas de rechazo, en cantidades no conocidas directamente, junto con los retornos de riego estimados en 18,2 hm^3/año cargados de sustancias fertilizantes y otros agroquímicos se han estado evacuando a través de la red de drenaje del regadío. La red de conducciones que evacuan los excedentes de agua en las parcelas agrícolas hacia los colectores naturales, deberían evitar el encharcamiento del suelo y la generación de escorrentías en la superficie de cultivo. Sin embargo, el estado deficiente de la red de drenaje con pérdida de la conectividad y funcionalidad, favorece los problemas de difusión de los contaminantes por infiltración al subsuelo.

6 (P). - Vertido de efluentes agrícolas contaminados a la red natural de drenaje, incluyendo aportaciones generadas en episodios torrenciales.

Los retornos del regadío junto con las aportaciones contaminantes procedentes de la erosión y lavado de los suelos agrícolas alcanzan finalmente los cauces de las ramblas que desembocan en el Mar Menor. Las aportaciones superficiales ligadas a avenidas (el valor medio de aportaciones estimado en episodios de avenidas es de **35-40 hm^3/año**) tienen importancia en el estado del Mar Menor por la carga de sedimentos que en episodios de lluvias torrenciales son arrastrados al interior de la laguna y por las elevadas concentraciones de contaminantes (nitratos, fosfatos, metales pesados etc…) que contienen. Destaca la mayor presencia de nutrientes con reducida movilidad, como es el caso de los fosfatos.

7 (A).- Infiltración de retornos de riego contaminados hasta el acuífero Cuaternario.

Buena parte de los retornos de aguas de riego que se generan en las zonas de regadío se infiltran en el acuífero. Estos retornos presentan una salinidad elevada por efecto de procesos de evapoconcentración. Además, también registran altas concentraciones de nitratos y otros productos

PRESIONES Y AFECCIONES RELACIONADAS CON LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA CUENCA VERTIENTE DEL MAR MENOR
agroquímicos aplicados a los cultivos que ocasionan daños ambientales a los acuíferos. La declaración como Zona Vulnerable a la Contaminación por Nitratos no ha conseguido en más de 15 años contener ni reducir la elevada contaminación agraria de la cuenca ni sus afecciones sobre el Mar Menor. El problema de la contaminación del acuífero Cuaternario es que incide de forma directa sobre el Mar Menor, ya que existe una conexión hidráulica con la laguna. **8 (A).- Sobrelevación de los niveles freáticos por la recarga artificial asociada a los retornos del regadío.** La aportación de recursos externos a la cuenca (Trasvase Tajo-Segura), la infiltración de retornos de riego y el vertido de efluentes agrícolas han producido un ascenso artificial en los niveles freáticos del acuífero Cuaternario, incrementando sus descargas en superficie, muy contaminadas por nitratos. De hecho, la rambla del Albujón y la de Miranda (que en régimen natural no deberían tener caudal permanente) presentan un flujo continuo en su desembocadura, derivado del aumento de los niveles freáticos.

PRESIONES Y AFECCIONES RELACIONADAS CON LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA CUENCA VERTIENTE DEL MAR MENOR

EXPLOTACIONES GANADERAS

9 (P).- Presión de la cabaña ganadera en el Campo de Cartagena.

La ganadería porcina intensiva alcanza grandes densidades en algunos sectores del Campo de Cartagena, generando importantes producciones de purín que implican una elevada carga contaminante potencial para las masas de agua locales. El censo ganadero incluye alrededor de 786.000 cabezas de porcino, 1 M avícola, 9.800 bovinas, 19.000 cunícolas y 125.000 ovino-caprinas. En la cuenca vertiente del Mar Menor existen 446 explotaciones intensivas de porcino con un censo de ganado de 786.484 cabezas (la mayor parte en el término municipal de Fuente Álamo).

10 (P).- Incorporación masiva de purines a los suelos agrícolas

Actualmente la salida mayoritaria de los purines es su incorporación a terrenos agrícolas. Este hecho, junto con la elevada vulnerabilidad del medio determina un impacto potencialmente significativo, aun en el supuesto de que la aplicación fuese correcta. Se estima que la ganadería porcina en al Campo de Cartagena podría llegar a generar entre 6.000 y 9.000 toneladas de nitrógeno procedente de los purines. Una buena parte de estos purines producidos se incorporan a los terrenos agrícolas del entorno como fertilizante, sumándose al importante *input* de nutrientes del regadío.

El exceso de aplicación es unos de los problemas detectados por la superficie agraria asociada a las explotaciones dada la alta densidad concentrada en 2 municipios y que el coste del transporte no hace rentable su aplicación en parcelas alejadas.

11 (P).- Vertido incontrolado de purines, incluyendo episodios producidos por precipitaciones torrenciales.

Las instalaciones de recogida, almacenamiento y transporte de purines pueden ocasionar vertidos incontrolados sobre el terreno y la red de drenaje, especialmente con motivo de precipitaciones intensas, al desbordarse las balsas de almacenamiento.

Este problema se debe mayoritariamente a las deficiencias en las instalaciones (recogida de vertidos y distribución a balsa, sellado de las balsas de almacenaje), pero podría persistir, en menor grado, con instalaciones adecuadas, debido a la torrencialidad del régimen de precipitaciones. Es algo análogo a lo que sucede con las instalaciones de saneamiento urbano: en episodios extremos no pueden evitarse completamente vertidos al medio.

ASENTAMIENTOS URBANOS Y TURÍSTICOS

12 (P).- Presión global derivada de la carga contaminante asociada a los asentamientos urbanos y turísticos.

Análogamente a la situación del regadío, el enorme desarrollo urbano-turístico experimentado por el entorno del mar menor supone una presión que puede traducirse en distintos impactos concretos ya que el funcionamiento de los sistemas de saneamiento y depuración no alcanza una efectividad del 100% de forma permanente.

El importante desarrollo urbano y turístico experimentado en el entorno del Mar Menor ha supuesto históricamente un importante riesgo de contaminación para la laguna, debido a los vertidos residenciales y urbanos. En la actualidad existe un alto nivel de control sobre estas presiones gracias al desarrollo experimentado por las infraestructuras de saneamiento y depuración Sólo un 0,9% de la población aparece sin saneamiento, correspondiente a 12.835 habitantes equivalentes localizados de forma muy dispersa, dando lugar a 92 aglomeraciones urbanas sin tratamiento. Aunque en algunos casos (Cabezo Beazo, Fuente Álamo y La Unión) las capacidades de diseño de las estaciones depuradoras han sido superadas ya que la población equivalente es inferior a la población servida, además las

PRESIONES Y AFECCIONES RELACIONADAS CON LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA CUENCA VERTIENTE DEL MAR MENOR

instalaciones cuentan con 14-15 años de antigüedad.

13 (A).- Incorporación de nutrientes en las explotaciones agrícolas del Campo de Cartagena por reutilización de aguas residuales depuradas.

Buena parte de las aguas residuales urbanas producidas en el Campo de Cartagena son reutilizadas para riego tras su depuración. El volumen máximo anual inscrito de agua depurada para riego es de 38 hm^3/año. Los nutrientes u otros contaminantes que puedan persistir pese al tratamiento, marginalmente, en estas aguas tratadas, se incorporan también a los cultivos.

14 (P).- Vertido de aguas residuales y pluviales de origen urbano, incluyendo aportaciones procedentes del desbordamiento de la red en episodios torrenciales.

Pese a que la cobertura del sistema de saneamiento y depuración en la cuenca vertiente del Mar Menor es prácticamente del 100%, se siguen produciendo vertidos a los cauces. El sistema de saneamiento empleado de forma mayoritaria es unitario, que consiste en la mezcla de los vertidos de aguas pluviales y residuales en un mismo colector, por lo que se producen desbordamientos del sistema durante los eventos de precipitación intensa debido a la superación de la capacidad de desagüe de los colectores. Como consecuencia se produce la descarga al Mar Menor de vertidos sin el tratamiento correspondiente. Estos episodios pueden ser relevantes en lo referente a las aportaciones de carbono orgánico total, fósforo, pero también para fármacos persistentes (1, 1 kg/año analgésicos, 0,5 kg psicofármacos, 5,2 antibióticos…) (León, Moreno-González, & Campillo, 2017)

15 (A).- Vertido de lixiviados procedentes de residuos sólidos urbanos.

Los lixiviados procedentes de vertederos clausurados de residuos sólidos urbanos en el Campo de Cartagena pueden incorporar pequeñas aportaciones adicionales de nutrientes y otros contaminantes al sistema hídrico tanto superficial como subterráneo.

Entre las presiones a las que están expuestas las masas de agua subterráneas, en el PHS los vertederos son tratados como fuentes de contaminación puntual (presiones de tipo cualitativo) y para el Campo de Cartagena se han inventariado filtraciones de vertederos. Aunque no se considera una fuerza motriz significativa respecto a las anteriormente citadas, pueden suponer de forma individual o agregada un afección en la masa de agua que ponga en riesgo el cumplimiento de los objetivos medioambientales de la DMA).

PRESIONES Y AFECCIONES RELACIONADAS CON LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA CUENCA VERTIENTE DEL MAR MENOR
SIERRA MINERA
16 (P).- Movilización y arrastre de contaminantes procedentes de antiguas zonas mineras. Los caudales sólidos procedentes de la erosión en las áreas mineras abandonadas desde 1991 (550 ha zonas incultas afectados directamente) sin recuperación del terreno y desprovistas de protección frente a lluvias torrenciales constituyen una fuente relevante de metales pesados a la red superficial de drenaje y, finalmente, al Mar Menor. Los cauces de las ramblas situadas en la cubeta sur del Mar Menor (desde la rambla del Miedo hasta la rambla de Carrasquilla) presentan elevadas concentraciones en metales pesados (Pb, Cu, Zn, Sn etc.). El principal vector de transmisión de este tipo de contaminación es la rambla de El Beal. La distribución de los residuos minero-metalúrgicos cartografiables muestra que, el 60% en volumen se encuentra en las cuencas de las ramblas que vierten al Mar Menor. El volumen de residuos mineros dentro de la cuenca pueden alcanzar 119,68 Mm^3. Las concentraciones en sedimentos de ciertos metales (Pb, Cd, Cu, Zn, Fe y Mn) sobrepasan los valores guía de calidad. Se ha constatado la relevancia de los humedales como trampas de sedimentos (Rodríguez Pacheco, 2010).

PRESIONES Y AFECCIONES RELACIONADAS CON EL SISTEMA HÍDRICO Y LOS MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DE CONTAMINANTES AL MAR MENOR

AGUAS SUPERFICIALES

18 (A).- Contaminación de los recursos hídricos superficiales y transporte de contaminantes por la red de drenaje superficial hasta el Mar Menor, incluyendo aportaciones asociadas a avenidas.

El deterioro de las masas de agua superficiales continentales es un efecto en el que concurren diversas causas: aportaciones de sólidos procedentes de la movilización de suelos, lixiviados de origen agrícola que alcanzan la red de drenaje, vertidos urbanos ligados a episodios torrenciales, aportaciones de sedimentos contaminados procedentes de la Sierra Minera…

Todas esas aportaciones contaminantes (de origen agrícola, ganadero, urbano y minero) recibidas por la red hidrográfica de drenaje son conducidas finalmente hasta el Mar Menor, especialmente en episodios de avenida, en los que además de los solutos más móviles, como los nitratos, se incorporan otros contaminantes de menor movilidad (K y metales pesados) a través de las aportaciones de caudales sólidos.

La entrada de nutrientes estimada por las avenidas al Mar Menor es de 1.500 t/año de nitrógeno inorgánico disuelto, 147 t/año de fósforo, 10.000 t/año sólidos suspendidos y 340 t/año de materia orgánica particulada (Velasco, y otros, 2006)

AGUAS SUBTERRÁNEAS (ACUÍFERO MULTICAPA)

17 (A).- Descarga de aguas subterráneas contaminadas en el curso bajo de las ramblas.

La sobreelevación del nivel freático en el acuífero cuaternario, que produce una zona saturada cargada de nutrientes, se debe a los retornos procedentes de la agricultura de regadío, estimados en 18 hm^3/año. La sobreelevación del nivel freático es consecuencia del incremento en la disponibilidad de recursos hídricos procedentes de la importación al sistema mediante el ATS y a las extracciones de aguas subterráneas de los niveles profundos del acuífero multicapa. Esta sobre elevación del nivel freático, junto con diversos vertidos no controlados, produce una descarga estimada en 18 hm^3/año en el curso bajo de las ramblas con altas concentraciones de nitratos.

La rambla del Albujón, como principal cauce de la cuenca vertiente al Mar Menor (60 L/s), presenta, en determinados momentos del año un caudal de base en su los últimos 5 km cuyo volumen de descarga estimado entre **5-68 hm^3/año** (**32** según modelo Tragsatec 2018). La concentración de nitratos en la desembocadura del Albujón presenta valores similares a los del acuífero cuaternario, por encima de los **200 mg/l**. Esta circunstancia se produce también en otras ramblas de la cuenca vertiente tales como Miranda, Beal, etc. En estas ramblas, el aporte de nitratos no es tan elevado aunque sólo fuera por su propio flujo menor (0,5-7 L/s) pero sí el de contaminantes mineros (Zn, Cd, Pb) y sulfatos con un pH ácido.

19 (A).- Contaminación de los niveles profundos del acuífero que abastecen a las captaciones para riego.

La densidad media de captaciones en el Campo de Cartagena es muy elevada, estimada según el Instituto Geológico y Minero de España en 1,2 pozos por km^2 aumentando hacia la costa (IGME, 1991). La gran mayoría de estas captaciones (cerca del 80%) se han construido sin aislar el acuífero superior, lo que ha originado la conexión directa entre los niveles acuíferos atravesados, estimándose en 38-46 hm^3/año.

Por ello, se ha producido un importante flujo de contaminantes desde el acuífero cuaternario aluvial hasta los niveles más profundos de la masa de agua subterránea. Esta situación ha determinado la contaminación de las aguas subterráneas empleadas para riego, lo que cierra el círculo contaminante extracción-riego-infiltración-extracción. Los niveles profundos del acuífero no inciden directamente

PRESIONES Y AFECCIONES RELACIONADAS CON EL SISTEMA HÍDRICO Y LOS MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DE CONTAMINANTES AL MAR MENOR

sobre el Mar Menor, pero el verdadero problema es que las extracciones para riego de los niveles profundos, al estar también contaminadas, inciden a través del regadío sobre el acuífero cuaternario y sobre las aguas superficiales y, finalmente, sobre la laguna.

20 (A).- Descarga contaminada del acuífero cuaternario al Mar Menor.

Los recursos hídricos totales estimados de la formación del acuífero del Cuaternario son de 1.800 hm^3 por lo que se estima que en esta masa de agua existen 300.000 t de nitratos que siguen liberándose al MM por su frente de contacto. El problema es que el flujo de contaminantes que entra al acuífero, descarga finalmente en el Mar Menor. Si esta descarga no existiese, o fuese de menor entidad, la problemática del Mar Menor sería diferente, aun con los mismos niveles de contaminación en el acuífero. De hecho, la contaminación de los inferiores no tiene conexión directa con el MM y no le afectarían si no se fuera porque sus contaminantes vuelven al MM por retornos al cuaternario.

Las descargas desde el acuífero Cuaternario, con cotas piezométricos anormalmente altas, al Mar Menor se producen en forma de transferencia de caudal y de masa (carga contaminante en las aguas). La cuantificación de ambos parámetros es de suma importancia en el diseño de soluciones para reducir los vertidos al Mar Menor.

Los datos disponibles referentes a la cuantificación de los caudales de descarga presentaban una elevada incertidumbre, con un intervalo que va desde los 5 hm^3/año (IGME, 1991) a los 68 hm^3/año (Jiménez *et al*., 2016). Actualmente, en el marco de los presentes trabajos de diagnóstico y estudio de soluciones para el Mar Menor, se ha estimado de manera provisional un volumen de descarga de 32 hm^3/año. No obstante, la descarga no es homogénea a lo largo de la línea de costa estimándose mayor en la zona central de la ribera del mar que en la zona norte y sur.

El contenido medio de nitratos en los pozos del Cuaternario cercanos al Mar Menor (menos de 1 km del borde costero) supera los 200 mg/l, superando en algunos puntos los 350 mg/l.

En el informe del Comité Científico se ha hecho una estimación en función de los datos disponibles: Para una concentración de 200 mg/l (contenido medio en pozos a 1 Km de la costa) y una descarga entre 5 hm^3/año y 68 hm^3/año. El aporte sería entre 1.000 y 13.500 t/año. El IGME ha hecho un ensayo en el que estima unas aportaciones de 3.000 t/año

21 (A).- Incremento en la aportación de agua dulce al Mar Menor.

La descarga de agua dulce (salobre) hacia la laguna del Mar Menor desde el acuífero Cuaternario se produce a lo largo del borde costero en una franja relativamente estrecha de la orilla, y es función de la piezometría y de los parámetros hidráulicos. Esta descarga, que ha aumentado por la elevación de los niveles piezométricos, afecta a las condiciones de salinidad y otros parámetros hidroquímicos importantes del ecosistema lagunar como disminución de la salinidad, aumento del calado, mayor turbidez o aporte de fangos. Esto condiciona la temperatura y calidad de agua y la evolución de los procesos ecológicos de una laguna hipersalina hacia un golfo marino.

22 (A).- Incremento en la aportación de agua dulce contaminada a los humedales periféricos que rodean el Mar Menor.

Los humedales litorales asociados al Mar Menor suelen presentar condiciones hipersalinas y escasa lámina de agua, lo que les confiere una notable singularidad en el contexto europeo. Son sistemas muy vulnerables a los cambios hidrológicos que se han visto afectados por la descarga del acuífero aluvial, desvirtuando estos ecosistemas y modificando su composición y estructura.

Se ha evidenciado una progresiva degradación de estos humedales (Marina Punta Galera-Playa Hita, Marina del Carmolí y Saladar de lo Poyo) a consecuencia del incremento general de los flujos hídricos que les afectan. Esta afección está causada, no tanto por los elevados contenidos de nutrientes de las aguas, sino por la entrada de grandes volúmenes de agua dulce, lo que provoca disminución de su carácter salino favoreciendo la expansión de vegetación más generalista como carrizales y juncales, a

PRESIONES Y AFECCIONES RELACIONADAS CON EL SISTEMA HÍDRICO Y LOS MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DE CONTAMINANTES AL MAR MENOR
costa de los marjales. El resultado es un incremento de cobertura y biomasa vegetal a costa de una menor biodiversidad y una reducción de hábitats singulares, especialmente los de carácter salino-estepario que han pasado primero a marjal-saladar y posteriormente a carrizal-juncal con un aumento de la fijación vegetal de nitratos pero una disminución de endemismos adaptados a la estacionalidad de la alternancia de ciclos secos y encharcados y a la alta salinidad.

PRESIONES Y AFECCIONES RELACIONADAS CON LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS DIRECTAMENTE SOBRE EL ESPACIO DEL MAR MENOR Y SITUACIÓN ECOLÓGICA DE LA LAGUNA

MAR MENOR Y ENTORNO LITORAL

23 (A).- Eutrofización de la masa de agua del Mar Menor, con proliferación de fitoplancton, incremento de la turbidez y anoxia.

Desde la década de los años 80 se ha venido constatando un aumento en el aporte de nutrientes desde la cuenca al Mar Menor, habiéndose incrementado sus concentraciones en la columna de agua. En 1988, las concentraciones de nitratos eran bajas y se mantenían siempre por debajo de 0,62 mg/l. En 1997 las concentraciones de nitratos eran del orden de nueve veces más altas. En las campañas de seguimiento del Mar Menor, se han llegado a obtener valores medios de concentración de nitratos por encima 4 mg/l en algunas zonas, en 2017.

El estado ambiental de la laguna se había considerado relativamente bueno hasta hace pocos años, atendiendo a los principales parámetros fisicoquímicos, presentando valores relativamente bajos de nutrientes o clorofila (0,76-5,61 mg/m^3 de clorofila a), y biológicos (estructura y composición del fitoplancton), lo que parecía indicar una relativa oligotrofia de sus aguas. Este hecho contrastaba con la amplia cobertura del fondo de la laguna y altos valores de biomasa de *Caulerpa prolifera*, evidenciando la importancia de la producción bentónica. El exceso de nutrientes, era eliminado parcialmente de la columna de agua y almacenado en el sedimento. Como resultado de este marcado control del sistema por parte del bentos, se explican las bajas concentraciones de nutrientes y fitoplancton descritas en la laguna durante años, favoreciendo la claridad de sus aguas.

Pero como consecuencia de los cambios en el régimen de entrada de nutrientes, la columna de agua en la laguna pasó de ser moderadamente oligotrófica a relativamente eutrófica, dándose las condiciones para el crecimiento de células fitoplanctónicas más grandes y los subsiguientes cambios en la estructura trófica que esto conlleva, la reducción en la calidad de las aguas y la penetración de la luz, así como fenómenos de anoxia en el sedimento.

La masiva entrada de nutrientes en el Mar Menor ha alterado gravemente el funcionamiento trófico del ecosistema, incrementando su vulnerabilidad ante otras perturbaciones (fundamentalmente temperatura y turbidez). Esta situación ha desembocado en una crisis eutrófica de tipo explosivo con graves consecuencias sobre todos los parámetros del ecosistema lagunar.

24 (A).- Reducción del efecto filtro ejercido por los humedales periféricos y curso bajo de las ramblas.

Las presiones de distinto tipo (ocupaciones, transformaciones, contaminación, descargas de agua dulce, etc.) experimentadas por los sistemas periféricos del Mar Menor han desvirtuado estos espacios, mermando la función protectora que ejercían sobre la laguna (retirada de nutrientes y metales pesados).

25 (A).- Desaparición de la cubierta vegetal sumergida del Mar Menor y trasferencia de nutrientes desde la biomasa vegetal y los sedimentos a la columna de agua.

En la segunda mitad del año 2015, con una temperatura del agua de la laguna inusualmente alta, se produce una disminución de la capacidad fotosintética y muerte de la pradera *Caulerpa prolifera*. Este hecho lleva consigo una disminución de la absorción de nutrientes, los cuales quedaron disponibles en la columna de agua. Las aguas del Mar Menor experimentaron un drástico cambio en su calidad y la laguna alcanzó un estadio de eutrofización grave y un "colapso ambiental". La vegetación situada por debajo del nuevo umbral fótico murió. Se ha comprobado que se ha perdido un 85% de la extensión inicial de praderas marinas del Mar Menor y que el 15% restante se concentra en las partes más someras e iluminadas de la laguna, a profundidades de menos de 2-3 metros.

Al aumento de nutrientes en la columna de agua, hay que añadir los procedentes de la descomposición de la pradera de *Caulerpa prolifera.* Esto ha desencadenado una proliferación de fitoplancton, que junto

PRESIONES Y AFECCIONES RELACIONADAS CON LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS DIRECTAMENTE SOBRE EL ESPACIO DEL MAR MENOR Y SITUACIÓN ECOLÓGICA DE LA LAGUNA

con la materia orgánica disuelta oscurecen significativamente la columna de agua, aumentando también el coeficiente de extinción de la luz.

26 (P).- Presiones derivadas del crecimiento turístico y de otras actividades desarrolladas en el entorno litoral del Mar Menor.

La gran intensidad de las actividades que se desarrollan en el Mar Menor y en su entorno implica una situación de estrés que puede contribuir a agravar los procesos de deterioro ambiental que sufre la laguna, mermando la capacidad de respuesta del ecosistema.

Destaca en gran medida la actividad urbana ligada al desarrollo turístico, que se ha centrado en la creación de segundas residencias, con una marcada estacionalidad, multiplicando por más de cinco la población en la época estival respecto a los restantes meses del año.

Ligado al proceso de urbanización del litoral y del intenso uso turístico, en las últimas décadas se ha llevado a cabo un considerable número de obras costeras: 41 espigones, 7 diques de encauzamiento, 12 ocupaciones de terrenos intermareales, 4 estructuras longitudinales de defensa, 4 diques exentos, 1 obra de protección de márgenes y 15 playas artificiales.

La regeneración de playas, motivada en parte por la demanda de zonas de baño, puede traer asociadas una serie de problemas como la relocalización de compuestos (p. ej. metales pesados), cambios en la granulometría, variación de la tasa de sedimentación de partículas suspendidas o la dilución de los nutrientes.

27 (A).- Aportación de contaminantes al Mar Menor por las actividades desarrolladas en la laguna y su entorno inmediato.

Los pequeños vertidos puntuales o difusos, asociados a los usos turísticos del litoral, navegación, actividades portuarias, etc., que por sí mismos no revisten especial gravedad, pueden suponer un factor adicional de deterioro en el contexto actual. El carácter de sistema cerrado del Mar Menor acentúa el problema de contaminación por hidrocarburos, ya que es más difícil la dispersión de los mismos.

28 (A).- Cambios en la hidromorfología e hidrodinámica de la laguna derivados de las golas e instalaciones portuarias.

Las condiciones de comunicación entre el Mar Menor y el Mar Mediterráneo constituyen un factor con gran incidencia en el funcionamiento hídrico del sistema y, por tanto, en las concentraciones de nutrientes y otros parámetros físico-químicos de la masa de agua (salinidad, temperatura, etc.)

Una de las actuaciones con una mayor afección en el funcionamiento del ecosistema del Mar Menor, tanto desde el punto de vista hidrodinámico, como del biológico, fue el ensanche y dragado del canal de El Estacio en el año 1969. Ello supuso un cambio drástico en las tasas de intercambio con el Mediterráneo y una reducción de los tiempos de residencia, con la consiguiente variación en sus condiciones ambientales (salinidad y temperatura) y una clara “mediterraneización” de las aguas.

Por otro lado, una de las actividades relacionadas con el turismo que presenta una afección más directa sobre el Mar Menor es la actividad náutica de recreo. En el Mar Menor hay un total de 10 puertos deportivos. El número de puertos por kilómetro de costa en la laguna es casi cinco veces superior al de las Islas Baleares y el número de amarres por kilómetro de costa solo es superado por los encontrados en la costa de Barcelona.

29 (A).- Afecciones hidromorfológicas originadas por la navegación.

La navegación puede provocar un agravamiento de la problemática existen en el lecho lagunar (remoción de fangos, fondeaderos, etc…). La laguna cuenta con 3.937 amarres disponibles, siendo la mayoría para embarcaciones con eslora inferior a 10 metros (supone el 65% de la oferta en toda la Comunidad Autónoma). Los sedimentos han reflejado contenidos en contaminantes como los metales

PRESIONES Y AFECCIONES RELACIONADAS CON LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS DIRECTAMENTE SOBRE EL ESPACIO DEL MAR MENOR Y SITUACIÓN ECOLÓGICA DE LA LAGUNA

pesados que son biotóxicos en solución.

30 (A).- Afecciones sobre las comunidades biológicas de la laguna derivadas de la navegación y la pesca.

El acusado estrés experimentado por las comunidades biológicas de la laguna puede reducir su tolerancia frente a actividades como la navegación o la pesca que previamente no originaban afecciones relevantes. Sin embargo, el control de las actividades que pudieran incidir directamente en fondos (amarres, fondeaderos, circulación de naves a motor) y el fomento de las que han mostrado hasta el momento una buena adaptación al mantenimiento de los valores del espacio protegido (pesca artesanal) son buenas razones para establecer medidas preventivas y mitigadoras.

31 (A).- Alteración física directa de los espacios litorales de la laguna.

Las actividades desarrolladas en el entorno inmediato del Mar Menor han supuesto una importante reducción y alteración de los ecosistemas que rodeaban la laguna, mermando su efecto protector. La urbanización y consiguiente ocupación del suelo en La Manga y en todo el perímetro costero del Mar Menor, ha llevado consigo la desaparición de dunas fósiles, el deterioro de humedales litorales y saladares, así como el retroceso y pérdida de playas.

Además, el desarrollo de actividades recreativas sobre los espacios litorales de interés para la conservación, como son los saladares, suponen una presión sobre los mismos.

32 (A).- Alteración de las características fisicoquímicas y biológicas de la masa de agua lagunar por cambios en su hidromorfología e hidrodinámica.

La modificación en las aportaciones continentales por elevación del nivel freático cuaternario o de las aportaciones marinas asociadas a cambios en las golas que comunican la laguna con el Mediterráneo, pueden producir alteraciones importantes en las peculiares condiciones físico-químicas y biológicas del Mar Menor. Los cambios sufridos en hidromorfología e hidrodinámica en los últimos tiempos se han reflejado en la cubierta de los fondos (fanerógamas por algas), la alternancia de especies marinas según la salinidad (medusas y peces de interés económico), movilidad de especies endémicas (caballito y fartet)…

6 BIBLIOGRAFÍA

AEMET. (2009). *Informe sobre el episodio de lluvias intensas en zonas del este y.* Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.

AEMET. (18 de Octubre de 2017). *Proyecciones climáticas para el siglo XXI*. Obtenido de http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat

AEMET. (2018). *Series de precipitación diaria 1970-2017.* Madrid.

Alcón, F. (2007). *Adopción y difusión de tecnologías de riego en la Región de Murcia. serie Técnica de Estudios, 33.* Murcia: Consejería de Agricultura y Agua de la región de Murcia.

Álvarez Carreño, S., & Salazar Ortuño, E. (2013). Derecho y políticas ambientales Región Murcia. *Revista catalana de dret ambiental Vol. IV Núm. 2*, 1-7.

Álvarez-Rogel, J., Jiménez-Cárceles, F., Roca, M., & 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, FJ, & Nicolás, C. (2006). Phosphorus and Nitrogen Content in the Water of a Coastal Wetland in the Mar Menor Lagoon (Se Spain): Relationships With Effluents From Urban and Agricultural Areas. *Water Air Soil Pollut 173: 21*, 21-38.

Álvarez-Rogel, J., Ramos-Aparicio, M., Delgado-Iniesta, M., & Arnaldos-Lozano, R. (2004). Metals in soils and above-ground biomass of plants from a salt marsh polluted by mine wastes in the coast of the Mar Menor Lagoon, SE Spain. *Fresenius Environmental Bulletin 13*, 274-278.

Arnaldo, M., Millán, A., Velasco, J., Lloret, J., & Marín, L. (2009). Interacciones tierra-mar en la laguna costera del Mar Menor. En F. y. Cabezas, *Mar Menor: estado actual del Conocimiento científico.* Instituto Euromediterráneo del Agua.

Barcala, E., Mena, C., Vivas, M., & López Giraldo, J. (2016). El caballito de mar en el Mar Menor: valoración de algunos riesgos para su supervivencia. En V. y. Leon, *Mar Menor: una laguna singular y sensible. Evaluación científica de su estado. Temas de Oceanografía, 9* (pág. 414). Instituto Español de Oceanografía, Ministerio de Economía y Competitividad.

Baudron, P., & otros. (2015). Combining radon, short-lived radium isotopes and hydrodynamic modeling to assess submarine groundwater discharge from an anthropized semiarid watershed to a Mediterranean lagoon (Mar Menor, SE Spain). *Journal of Hydrology, 525*, 55-71.

Belando, M. G., Belando , M., García Muñoz, R., Ramos Segura, A., Franco Navarro, I., García Moreno, P., & Ruíz, J. (2015). *Distribución y abundancia de las praderas de macrófitos bentónicos y las poblaciones de nacra (Pinna nobilis) en el Mar Menor.* Murcia: Instituto Español de Oceanografía y Asociación de Naturalistas del Sureste.

Buitrago, M. (27 de Noviembre de 2017). La CHS destripa el Campo de Cartagena. *La verdad*, págs. http://www.laverdad.es/murcia/destripa-campo-cartagena-20171127002000-ntvo.html.

Buitrago, M. (27 de Noviembre de 2017). *La Verdad*. Obtenido de Hemos descubierto 40 entronques ilegales»: http://www.laverdad.es/murcia/descubierto-entronques-ilegales-20171127001921-ntvo.html

Cª de Agua, Agricultura y Medio Ambiente. (29 de septiembre de 2017). *Evolución de la aportación de los distintos subsectores a la producción de la rama agraria.* Recuperado el 21 de febrero de 2018, de http://econet.carm.es/web/crem/inicio/-/crem/sicrem/PU590/sec66.html

Cabezas Calvo-Rubio, F. (2009). Balance hídrico del Mar Menor. En *El Mar Menor: estado actual del conocimiento científico* (págs. 167-209). Instituto Euromediterráneo del Agua.

Calatrava, J., & Martínez-Granados, D. (2012). El valor de uso del agua en el regadío de la cuenca del Segura y en las zonas regables del TTS. *Economía Agraria y Recursos Naturales 12 (1)*, 5-32.

Carlson, R. (1977). A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr. 22*, 361-369.

CARM. (2017). *Inversión Territorial Integrada (ITI) del Mar Menor.* Murcia: Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Carreño, M. (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.* Murcia: Universidad de Murcia.

Carreño, M., Esteve, M., Martínez, J., Palazón, J., & Pardo, M. (2008). Habitat changes in coastal wetlands associated to hydrological changes in the watershed. *Estuarine, Coastal and Shelf Science, 77*, 475-483.

Carrión Vilches, M. (2005). *Lugares de Interés Botánico de la Región de Murcia.* Murcia: Dirección General de Medio Natural de la Región de Murcia.

CEBAS-CSIC. (2017). *Monitorización de la red de drenaje de la cuenca vertiente al Mar Menor e indicadores de descarga del acuífero'.* Murcia: Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente.

CEDEX. (2010). *Evaluación del cambio climático sobre los recursos hídricos en régimen natural.* Madrid: Dirección General del Agua, MAPAMA.

CEDEX. (2012). *Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua. Ficha 1 Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural.*

Celdrán, E. (2017). *Aportaciones de la Comunidad de Regantes "Arco Sur Mar Menor" para la elaboración del proyecto "Análisis de Soluciones para el Objetivo de Vertido Cero al Mar Menor.* Cartagena: Comunidad de Regantes "Arco sur Mar Menor".

Centro Regional de Estadística de Murcia. (21 de febrero de 2018). *CREM.* Obtenido de http://econet.carm.es/

CEPYC-CEDEX. (2012). *Estrategia Marina Demarcación Marina Levantino-Balear.* Madrid: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.

Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor. (2017). *Informe integral sobre el estado ecológico del Mar Menor.* Murcia: Cª de Agua, Agricultura y medio Ambiente. Espacios Naturales. Región de Murcia. .

Comunidad Autónoma Región de Murcia. (21 de Febrero de 2018). *ESARM (Encuestas de superficies agrarias de la Región de Murcia).* Recuperado el 2018, de Estadística Agraria Regional: https://www.carm.es/

Conesa, H., María-Cervantes, A., Álvarez-Rogel, J., & González-Alcaraz, M. (2011). Influence of soil properties on trace element availability and plant accumulation in a Mediterranean salt marsh polluted by mining wastes: Implications for phytomanagement. *Science of the Total Environment, 409,*, 4470-4479.

Confederación Hidrográfica del Segura. (1998). *Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura.* RD 1664/1998 de 24 de julio, Murcia.

Confederación Hidrográfica del Segura. (2013). *Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura 2009/2015. Memoria. Diciembre de 2013.* . Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Confederación Hidrográfica del Segura. (2015). *Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura 2015-2021.* Murcia.

Confederación Hidrográfica del Segura. (Mayo de 2017). *Trabajos de campo de toma de muestras y análisis de la red integrada de control de calidad de aguas subterráneas del Segura (RICCASS).* Obtenido de Informe estado quimico 2015-2017: https://www.chsegura.es/export/descargas/cuenca/redesdecontrol/calidadenaguassubterraneas/docsdescarga/Informe_estado_quimico_2015-2017.pdf

Consejería de Agricultura y Agua. (2009). *Plan de gestión de la anguila en la región de Murcia.* Murcia: Region de Murcia.

Consejería de Agricultura y Agua CARM. (2018). *ESAM web*. Recuperado el 22 de 2 de 2018, de Listados Oficiales Superficies: https://caamext.carm.es/esamweb/faces/vista/seleccionSuperficiesInternet.jsp

Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente Región de Murcia. (Junio de 2016). *Plan de Gestión Integral de los Espacios Protegidos del Mar Menor y la Franja Litoral Mediterránea de la Región de Murcia*. Obtenido de Volumen IV: Anexos: http://www.murcianatural.carm.es/alfresco/d/a/workspace/SpacesStore/4e51af18-a479-46a0-8c4c-b6fe21659248/05%20API002_Anexos.pdf?guest=true

Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio. (27 de febrero de 2012). Obtenido de Líneas estratégicas para la ordenación de los puertos deportivos de la Región de Murcia: https://www.carm.es/web/integra.servlets.Blob?ARCHIVO=Presentaci%F3n.pdf&TABLA=ARCHIVOS&CAMPOCLAVE=IDARCHIVO&VALORCLAVE=83714&CAMPOIMAGEN=ARCHIVO&IDTIPO=60&RASTRO=c669$m8860,37472,37486

Consejo de Gobierno CARM. (13 de febrero de 2018). *Ley n.º 1/2018, de 7 de febrero, de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor.* Obtenido de BORM: https://www.borm.es/borm/documento?obj=anu&id=764855

Cortes, D., & otros. (2012). *Estrategias Marinas: evaluación inicial, buen estado ambiental y objetivos ambientales. Demarcación Levantino-Balear. Descriptor 5: Eutrofización.* Madrid: Instituto Español de Oceanografía / Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

CR Campo Cartagena. (2017). *Plan de vertido 0 Mar menor. Obtención nuevos recursos Campo Cartagena.* Comunidad de Regante Campo de Cartagena.

CR Campo de Cartagena. (2011). *Comunidad de Regantes Campo de Cartagena*. Recuperado el 26 de Febrero de 2018, de Estructura Agraria: http://www.crcc.es/informacion-general/estructura-agraria/

Custodio, E., Andreu-Todes, J., Aragón, R., Estrela, T., Ferrer, J., García-Aróstegui, J., . . . del Villar, A. (2016). Groundwater intensive use and minimg in South-Eastern peninsular Spain: Hydrogeological and economical aspects. *Science of the Total Environment, 559*, 302-316.

David, M., Gentry, L., & Kovacic, D. S. (1997). Nitrogen balance in and export from an agricultural watershed. *Journal of Environemntal Quality, 26*, 1038-1048.

de Paz, J. M. (3 de Mayo de 2010). *Jornadas riego S. Miguel de Salinas.* Recuperado el 27 de Febrero de 2018, de Salinidad y Sodicidad de las aguas y los suelos en la vega baja del Segura, factores a tener en cuenta en el manejo del riego: http://www.ivia.es/jmpaz/pdf/congresos_abstracts/Jornadas_riego_san_miguel_depaz.pdf

Denuncia de la Fiscalía Superior de la CARM, Diligencias de investigación nº74/16 (Juzgado de instrucción decano de los de Murcia 7 de Diciembre de 2017).

DG de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura. (2017). *Actividad ganadera en las zonas incluidas en el ámbito del decreto-Ley 1/2017 de 4 de abril de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar menor.* Murcia: Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente.

DG Desarrollo Rural. (2001). *Plan Nacional de regadíos Horizonte 2008.* Madrid: Ministerio de Agricultura. Pesca y Alimentación.

Dirección General de Medio Ambiente CARM. (Noviembre de 2008). *Geocatálogo de la Región de Murcia*. Obtenido de Índice de Geo-servicios de Patrimonio Rural y Biodiversidad: http://www.murcianatural.carm.es/geocatalogo/index.html

Dirección General de Transportes, Costas y Puertos de la Consejería de Fomento, Obras Públicas y Ordenación del Territorio. (2014). *Informe sobre la Estrategia de Gestión Integrada de Zonas Costeras en el Mar Menor y su entorno.* Murcia: Región de Murcia.

Dong, H., Mangino, J., & McAllister, T. A. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Recuperado el 28 de Febrero de 2018, de Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf

Dupuis, I. (2012). *Producción y consumo sostenibles y residuos agrarios.* Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Erena, M., & Montesinos, S. (2007). *Cálculo de la demanda agraria mediante SIG y Teledetección: Aplicación al Campo de Cartagena.* Murcia: Master en Planificación y Gestión de recursos hídricos, Tomo II, 2ªEdición pp315-330.

ESAMUR. (2017). *Aprovechamiento de los lodos procedentes de depuración en agricultura en la Región de Murcia*. Recuperado el 28 de febrero de 2018, de http://www.esamur.com/lodos-edar

Espejo Marín, C., & García Martín, R. (2010). Tratamiento de purines de ganado porcino en España para minimizar la contaminación de suelos y su impacto ambiental. Murcia: Universidad de Murcia.

Esteve, M., & Calvo, J. (2000). Conservación de la naturaleza y biodiversidad en la Región de Murcia. En M. Esteve, & F. López Bermúdez, *Biodiversidad. Contribución a su conocimiento y conservación en la Región de Murcia.* Murcia: Instituto del Agua y Medio Ambiente. Servicio Publicaciones Universidad de Murcia.

Esteve, M., Carreño, M., Robledano, F., Martínez-Fernández, J., & Miñano, J. (2008). Dynamics of coastal wetlands and land use changes in the watershed: implications for the biodiversity. En R. E. (Ed.), *Wetlands: Ecology, Conservation and Restoration* (págs. 133-175). Nueva York: Nova Science Publishers.

Farinós, P., Robledano, F., & Carreño, M. (2016). Las aves acuáticas del Mar Menor: respuesta al cambio ambiental a distintas escalas. En V. y. Leon, *Mar Menor: una laguna singular y sensible. Evaluación científica de su estado* (pág. 414). Madrid: Instituto Español de Oceanografía, Ministerio de Economía y Competitividad.

Fenoll-Serrano, J., & Sironi, S. (2009). Cuantificación y evolución de la carga contaminente de nutrientes y plaguicidas en aguas del Mar Menor y su relación con los aportes hídricos de la Rambola del Albujón y otros aportes subterráneos. En *El Mar Menor: Estado actual del conocimiento Cientifico* (págs. 245-284). Murcia: Fundación-Instituto Euromediterráneo del Agua.

Fernández Carrillo, M., & Soria Alfonso, A. (2012). *La contaminación de las aguas por nitratos procedentes de fuentes de origen agrario.* Murcia: Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Consejería de Agricultura y Agua.

Ferreras Fernández, C. (2004). *Inundaciones y sequías en la cuenca del río Segura.* Murcia: Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Fraile-Nuez, E., & otros. (2017). *Estudio Oceanográfico Integral de Alta Resolución de la Laguna Costera del Mar Menor, Murcia.* Murcia: Instituto Español de Oceanografía / CARM.

Franco, I. (2016). 20 años de seguimiento e investigación sobre las poblaciones de medusas en el Mar Menor: Experimentos de laboratorio. En V. y. Leon, *Mar Menor: una laguna singular y sensible. Evaluación científica de su estado. Temas de Oceanografía, 9* (pág. 414). Madrid: Instituto Español de Oceanografía, Ministerio de Economía y Competitividad.

Future Water. (2017). *Cuantificación de la descarga subterránea al Mar Menor mediante modelización hidrogeológica del acuífero superficial Cuaternario.* Memoria Final, Murcia.

García Aróstegui, J., Aragón Rueda, R., Hornero Díaz, J., Trujillo Toro, C., Guardiola Albert, C., & Fornés García Aróstegui, J. A. (2009). *Caracterización del acuífero Cuaternario Campo de Cartagena y modelización matemática en el Caracterización del acuífero Cuaternario Campo de Cartagena y modelización matemática en el contacto contacto con el Mar Menor.* Obtenido de http://info.igme.es/SIDIMAGENES/155000/322/155322_0000001.PDF

García Lorenzo, M. (2009). *Evaluación de la contaminación por vía hídrica elementos traza en áreas con influencia de actividades minero-metalúrgicas. Aplicación a la Sierra Minera de Cartagena-La Unión.* Murcia: Universidad de Murcia.

García, C. (2004). *Impacto y riesgo ambiental de los residuos minero-metalúrgicos de la Sierra de Cartagena-La Unión, Murcia-España).* Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

García, C., & Olivares, P. (1968). *La huerta de Murcia en los siglos XII y XIII.* Murcia: Secretariado de Publicaciones.

García, C., Faz, Á., & Conesa, H. M. (2003). Selection of autochthonous plant species from SE Spain for soil lead phytoremediation purposes. *Water, Air and Soil Pollution, 3*, 243-250.

García-Aróstegui, J., Jiménez-Martínez, J., Baudron, P., Martínez-Vicente, D., Senent, M., & Guerra, J. (2012). Geometría del acuífero del campo de cartagena e implicaciones en el funcionamineto hidrogeológico. En IGME, *Nuevas aprtaciones al conocimiento de los acuíferos costeros. hidrología y Aguas Subterráneas 29* (págs. 439-450). Madrid: Inistituto Geológico y Minero de España.

García-Pintado, J., Martínez-Mena, M., Barberá, G., Albadalejo, J., & Castillo, V. (2006). Anthropogenic nutrient sources and loads from a Mediterranean catchment into a coastal lagoon: Mar Menor, Spain. *Sci. Total Environ. 373(1):*, 220-239.

González Barberá, G., Sallent Sánchez, A., & Martínez Ródenas, J. (2018). *Evolución de la concentración y carga de nitrato en la descarga de agua observable en superficie del Campo de Cartagena al Mar Menor. Febrero de 2017 a Enero de 2018.* Murcia: CSIC-CEBAS.

González Ortiz, J. (1999). *Geografía de la Región de Murcia. Colección Monografías regionales 3.* Murcia: Editora Regional de Murcia. Consejería de Educación y Cultura.

González-Barberá, & Sallent-Sánchez. (2017). *Monitorización de la actividad hidrológica de la red de drenaje de la cuenca vertiente al Mar Menor e indicadores de descarga de los acuíferos del Campo de Cartagena.* 2017: CEBAS-CSIC.

IEO. (2014). *Mar Menor: una laguna singular y sensible. Evaluación científica de su estado.* Instituto Español de Oceanografía.

IEO. (28 de Noviembre de 2016). *Noticias IEO.* Obtenido de El 85% de las praderas marinas del Mar Menor han desaparecido desde 2014: http://www.ieo.es/es/web/ieo/noticias-ieo?p_p_id=ieolistadosestructuramain_WAR_IEOListadoContenidosPorEstructuraportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_ieolistadosestructuramain_WAR_IEOList

IGME. (1989). *Geometría de los acuíferos del campo de Cartagena.*

IGME. (1991). *Estudio hidrogeológico del Campo de Cartagena.* Recuperado el 23 de febrero de 2017, de http://info.igme.es/SidPDF%5C067000%5C228%5CTomo%201%20Memoria%5C67228_0001.pdf

IGME. (1994). *Las aguas subterráneas del Campo de Cartagena.*

IMIDA. (2013). *Gestión Integrada del agua en la Región de Murcia. El caso de Cartagena.* Murcia: Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo (IMIDA).

IMIDA Equipo SIGYT. (2017). *Informe sobre la evolución de Las Encañizadas del Mar Menor (2009-2017) Borrador.* Murcia: Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA), Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente de la Región de Murcia.

INE. (2015). *Estadísticas sobre el uso del agua*. Recuperado el 26 de febrero de 2017, de Encuesta sobre el uso del agua en el sector agrario. Resultados nacionales y por comunidades autónomas. Serie 2000-2015: http://www.ine.es

INE. (1 de Julio de 2017). Obtenido de Cifras de población y Censos demográficos: http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica_P&cid=1254735572981

Infoenviro. (2008). Planta de tratamiento de purines de Alhama de Murcia, capaz de tratar 105.000m³/año y con cogeneración asociada de 15 MW. *Infoenviro nº37*, 99-106.

Ingeniería del Entorno Natural. (2017). *Proyecciones de cambio climático en la cuenca hidrográfica de la Rambla del Albujón.*

Instituto Euromediterráneo del agua. (2009). *El Mar Menor estado actual del conocimiento científico.*

Instituto Euromediterráneo del Agua. (4 de Marzo de 2018). *Murcia Digital.* Obtenido de Región de Murcia, Digital Naturaleza, Mar Menor: http://www.regmurcia.com/servlet/s.Sl?sit=c,365,m,2584

Jiménez-Martínez, J., García-Aróstegui, J., Hunink, J., Contreras, S., Baudron, P., & Candela, L. (2016). The role of groundwater in highly human-modified hydrosystems: A review of impacts and mitigation options in the Campo de Cartagena-Mar Menor coastal plain (SE Spain). *Environmental Reviews, 24(4), http://dx.doi.org/10.1139/er-2015-0089*, 377-392.

Jiménez-Martínez, J., Molinero, J., & Candela, L. (2009). *Estimación de la recarga por retorno de riego a través de la ZNS en áreas de agricultura intensiva bajo clima semiárido. Análisis de sensibilidad.*

Jiménez-Martínez, J., Molinero, J., & Candela, L. (2011). The role of leaky boreholes in the contamination of a regional confined aquifer. A case study: the Campo de Cartagena region, Spain. *Water, Air, & Soil Pollution V215, Issue 1-4*, 311-327.

León, V. M., & Bellido, J. M. (2016). *Mar Menor: una laguna singular y sensible. Evaluación científica de su estado. Temas de Oceanografía, 9.* Madrid: Instituto Español de Oceanografía, Ministerio de Economía y Competitividad.

León, V., Moreno-González, R., & Campillo, J. (2017). *Entrada de pesticidas y otros contaminantes orgánicos por la rambla del Albujón al MM y su distribución en la laguna.* Obtenido de Murcia Natural: http://www.murcianatural.carm.es/c/document_library/get_file?uuid=591c2b7a-f5ba-411a-899c-bb6cb9047d15&groupId=14

Llona, M., & Faz, A. (2006). Efectos en el sistema suelo-planta después de tres años de aplicación de purín de cerdo como fertilizante en un cultivo de bróculi. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal, vol. 6 (1)*, 41-51.

Lloret, J., Marín, A., & Marín-Guirao, L. (2008). Is coastal lagoon eutrophication likely to be aggravated by global climate change? *Estuarine, Coastal and Shelf Science, 78*, 403-412.

Lloret, J., Marín, A., Marín-Guirao, L., & Velasco, J. (2005). Changes in macropytes distribution in a hypersaline coastal lagoon associated with the development of intensively irrigated agriculture. *Ocean & Coastal management 48*, 828-842.

López Castejón, F. (2017). *Caracterización de la hidrodinámica del Mar Menor y los flujos de intercambio con el Mediterráneo mediante datos in situ y modelado numérico.* Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

Lorenzo Rodríguez Pacheco, R., García-García, C., & Manteca, J. (2006). *Cartografía e inventario en zonas mineras.* Obtenido de In book: Los Residuos minero-metalúrgicos en el medio ambienteEditors: Rodriguez R, García-Cortes A: https://www.researchgate.net/publication/263747027_Cartografia_e_inventario_en_zonas_mineras

Mantilla Orduz, W. (2010). *Desertificación de zonas agrícolas por degradación química en ambientes semiáridos: aplicación Campo de Cartagena (Murcia).* Murcia: Universidad de Murcia.

MAPA. (2001). *Plan Nacional de Regadios.* Recuperado el 27 de Febrero de 2018, de Programas de actuación. Inversiones: http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/apartado5-9_tcm7-9799.pdf

MAPAMA. (1997-2007). *Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3).* Recuperado el 5 de marzo de 2017, de http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/inventario-cartografia/inventario-forestal-nacional/

MAPAMA. (2009). *Mapa de Cultivos y Aprovechamientos 2000-2010.* Recuperado el 5 de marzo de 2017, de MCA 2000-2009: http://www.mapama.gob.es/es/cartografia-y-sig/publicaciones/agricultura/mac_2000_2009.aspx

Marguí, E., Salvadó, V., Queralt, I., & Hidalgo, M. (2004). Comparison of three-stage sequential extraction and toxicity characteristic leaching tests to evaluate metal mobility in mining wastes. *Analytica Chimica Acta, Volume 524, Issues 1–2,*, 151-159.

Marín-Guirao, & otros. (2008). Carbon and nitrogen stable isotopes metal concentrationin food webs from a mining-impacted coastal lagoon. impacted coastal lagoon. *Science of Totañ Environment, 393*, 118-130.

Marín-Guirao, L. (2008). *Aproximación ecotoxicológica a la contaminación por metales pesados en la laguna costera del Mar Menor.* Murcia: Universidad de Murcia.

Marín-Guirao, L., Cesar, A., Marín, A., & Vita, R. (2005). Valoración de la contaminación por metales en los sedimentos laguna costera del Mar Menor (SE de España): Distribución de metales, toxicidad, bioacumulación y estructura de las comunidades bentónica. *Ciencias Marinas 31(2)*, 413-428.

Martínez Álvarez, V. (2015). *Diferenciación de la red de desagües naturales y los canales de drenaje agrícola en el Campo de Cartagena.* Cartagena: Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena.

Martínez Álvarez, V. (2017). *Informe sobre los aspectos de hidrología superficial recogidos en el Decreto-Ley n.º 1/2017 y en las enmiendas presentadas por los Grupos Parlamentarios Socialista, Podemos y Ciudadanos.* Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

Martínez Fernández, J., & Esteve Selma, M. (2003). El papel de las aguas subterráneas en la exportación de nutrientes de origen agrícola hacia la laguna del Mar Menor. En J. Fornés, & R. (. Llamas, *Conflictos entre el desarrollo de las aguas subterráneas y la conservación de los humedales: litoral mediterráneo* (págs. 191-213). madrid: Mundi-Prensa.

Martínez Fernández, J., & Esteve Selma, M. (2005). Estimación de la contaminación agrícola en el Mar Menor mediante un modelo dinámico. En C. C. Blanc, *Mediterránea Serie de Estudios Biológicos, Época II, nº 18.* Alicante: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alicante.

Martínez López, S. (2010). *El arsénico en suelos con influencia minera en ambientes esemiáridos.* Murcia: Universidad de Murcia.

Martínez Sánchez, M., & Pérez Sirvent, C. (2009). *Manual de procedimientos para el diagnóstico y la monitorización de la desertificación mediante indicadores de degradación química (Método IADQS). Desertification diagnosis and monitoring by way of chemical degradation indicators produre handbook. Proyect.* Murcia: Consejería de Agua, Agricultura y medio Ambiente.

Martínez Sánchez, M., & Pérez Sirvent, J. (2005). *Desertificación: Monitorización mediante indicadores de degradación química. Programa de iniciativa comunitaria INTERREG IIIB ESPACIO MEDOCC. Proyecto Desernet. Acción piloto Región de Murcia.* Murcia: Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente.

Martínez-Alvarez, V., & otros. (2011). Simultaneous solution for water, heat and salt balances in a Mediterranean coastal lagoon (Mar Menor, Spain). *Estuarine, Coastal and Shelf Science, 91(2)*, 250-261.

Martínez-Orozco, J., Valero-Huete, F., & González-Alonso, S. (1993). Environmental problems and proposals to reclaim the areas affected by mining exploitations in the Cartagena mountains (southeast Spain). *Landscape Urban Plan 23*, 195-207.

Meinesz, A. (1979). Contribution à l'étude de Caulerpa prolifera (Forskal) Lamouroux (Chlorophycée, Caulerpales). III. Biomasse et productivité primaire dans une station des côtes continentals françaises de la Méditerranée. *Bot. Mar. 22 (2)*, 123-128.

Ministerio de la Presidencia. (11 de Marzo de 2006). *Real Decreto 287/2006, de 10 de marzo, por el que se regulan las obras urgentes de mejora y consolidación de regadíos, con objeto de obtener un adecuado ahorro de agua que palie los daños producidos por la sequía.* Recuperado el 26 de febrero de 2018, de BOE : https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2006-4415

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2010). *Guía para la Aplicación del R.D. 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas.* Madrid: Secretaría Genetral Técnica. Centro de Publicaciones.

MMAMRM. (1997). *Comarcalización agraria de España*. Obtenido de Comarcas agrarias: http://www.mapama.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agricultura/

Mora, V., Rodríguez, T., & Aragón, R. (1988). Intrusión marina fósil en el Campo de Cartagena (Murcia). *Tecnología de la intrusión en los acuíferos costeros (TIAC).*

Morales, A., Rico, A., & Hernández, M. (2005). El trasvase Tajo-Segura. *Observatorio Medioambiental 8*, 73-110.

Morales, F. (2013). El impacto de la actividad turística sobre el paisaje de La Manga del Mar Menor (Murcia). *Estudios Geográficos, Vol. LXXIV, 275*, 523-556.

Morales, F. (2013). El impacto de la actividad turística sobre el paisaje de La Manga del Mar Menor (Murcia). *Estudios Geográficos, Vol. LXXIV, 275*, 523-556.

Moreno González, R., & León, V. (2017). Presence and distribution of current-use pesticides in surface marine sediments from a Mediterranean coastal lagoon (SE Spain). *Environ Sci Pollut Res Int. 2017 Mar;24(9)*(Environ Sci Pollut Res Int. 24(9):8033-8048), 8033-8048.

Moreno González, R., Rodríguez Mozaz, S., Gros, M., Pérez Casanovas, D., & León, V. (2014). Seasonal input of regulated and emerging organic pollutants through surface

watercourses into a Mediterranean lagoon (Mar menor, SE Spain): sources and seasonal variations. *Sci Total Environ. 2014 Aug 15, 1*(Sci. Total Environ. 490), 59-72.

Navarro Hervas, C. (2004). *Movilidad y biodisponibilidad de metales pesados en el emplazamiento minero Cabezo Rajao (Murcia).* Murcia: Universidad de Murcia.

Navarro, G., Jeréz, S., Farinós, P., Robledano, F., & Motas, M. (2010). Evaluación de la exposición a elementos inorgánicos (CR, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Se, Cd y Pb) en cormoranes grandes (Phalacocrorrax carbo sinensis) de la laguna costera del Mar Menor de Murcia. *Anales de Veterinaria 26*, 97-110.

Oen, I., Fernandez, J., & Manteca, J. (1975). The lead-zinc and associated ores of La Union, Sierra de Cartagena, Spain. *Econ. Geol. 70*, 1259-1278.

Oficina Española de Cambio Climático. (2008). *Plan de Adaptación al Cambio Climático. Primer programa de trabajo. Primer Informe de Seguimiento.* Obtenido de Ministerio de Medio Ambiente y Medio rural y Marino: http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/1_informe_seguimineto_pnacc_tcm7-197097.pdf

Oliva Paterna, J., Ruiz Navarro, A., & Torralva Forero, M. (2016). Las comunidades de peces de las zonas someras del Mar Menor y humedales adyacentes: más de 10 años de estudios. En M. León, & J. Bellido (Eds), *Mar Menor: una laguna singular y sensible. Evaluación científica de su estado. Temas de Oceanografía, 9* (pág. 414). Madrid: Instituto Español de Oceanografía, Ministerio de Economía y Competitividad.

Ortega, M., Nicolás, E., Esteve, M., Torres, A., & Ramírez-Díaz, L. (1993). Prioridades en la restauración e integración paisajística de la Sierra Minera de La Unión y Cartagena (Murcia, Sureste de España): inventario, cartografía y tipología de cortas, balsas y escombreras. En O.-S. R. (Ed.), *Problemática Ambiental y Desarrollo, tomo I.V Reunión Nacional de Geología ambiental y Ordenación del Territorio.* (págs. 307-316). Murcia: Sociedad Española de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio.

Pacto por el Mar Menor. (22 de mayo de 2018). *Pacto por el Mar Menor*. Obtenido de Diferencias entre medidas urgentes del Decreto-Ley de abril 2017 y las de la Ley del Mar Menor que se votaría el 1 de febrero 2018: https://pactoporelmarmenor.blogspot.com.es/2018/01/diferencias-entre-medidas-urgentes-del.html

Pardo, M. T., Esteve, M., Giménez, A., Martínez-Fernández, J., Carreño, M., & Miñano, J. (2008). Assessment of the hydrological alterations on wandering beetle assemblages (coleopter:Carabidae and Tenebrionidae) in coastal wetlands of arid mediterranean systems). *Journal of Arid Environments, 72*, 183-193.

Pato, A., Condés, L., Noguera, M., Vicente FE, & Soria, A. (2006). *Fertirrigación en la zona vulnerable de Campo de Cartagena.* Murcia: Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Consejería de Agricultura y Agua.

Pérez Ruzafa, A., & Marcos Diego, C. (2016). *Efectos de la rambla del Albujón sobre el ecosistema lagunar del Mar Menor.* Murcia: Grupo de investigación "Ecología y Ordenación de Ecosistemas Marinos Costeros". Departamento de Ecología e Hidrología. Universidad de Murcia.

Pérez Ruzafa, A., Gilabert, J., Gutiérrez, A., Fernández, A., Marcos, C., & Sabah, S. (2002). Evidence of a planktonic food web response to changes in nutrient input dynamics in the Mar Menor coastal lagoon, Spain. *Hydrobiologia 475/476*, 359-369.

Pérez Ruzafa, A., Navarro, S., Barba, A., Marcos, C., Camara, M., Salas, F., & Gutierrez, J. (2000). Presence of pesticides through compartiments of the food web in the Mar Menor lagoon (SE of Spain). *Marine Pollution Bulletin 40 (2)*, 140-151.

Pérez-Ruzafa, A. (2017a). *Valoración de la situación del Mar Menor – 12 julio de 2017.* Murcia: Universidad de Murcia.

Pérez-Ruzafa, A. (2017b). *Valoración de la situación del Mar Menor – 27 octubre de 2017.* Murcia: Universidad de Murcia.

Pérez-Ruzafa, A., Ros, J., Marcos, C., Pérez-Ruzafa, I., & Ballester, R. (1989). Distribution and biomass of the macrophyte beds in a hypersaline coastal lagoon (the Mar Menor, SE Spain) and its recent evolution following major environmental changes. En M. A. Ch.-F., *International Workshop on Posidonia Beds 2. G.I.S.* (págs. 49-62). Marsella: Posidonie Publisher.

Pérez-Ruzafa, A., & otros. (2009). 30 años de estudios en la laguna costera del Mar Menor: de la descripción del ecosistema a la comprensión de los procesos y la solución de los problemas ambientales. En F. y. Cabezas, *Mar Menor: estado actual del Conocimiento científico.* Instituto Euromediterráneo del Agua.

Pérez-Ruzafa, A., Marcos, C., & Ros, J. (1991). Environmental and Biological Changes Related to Recent Human Activities in the Mar Menor. *Marine Pollution Bulletin, 23*, 747-751.

Redacción CIMBRA. (abril de 2006). *El Plan de Choque para la modernización de regadíos beneficiará a cerca de 291.000 regantes.* Recuperado el 26 de febrero de 2018, de CITOP. Revista Cimbra 368. Artículos de Opinión: http://www.citop.es/publicaciones/documentos/Cimbra368_10.pdf

Robledano, F., Esteve, M., Farinós, P., Carreño, M., & 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.

Robles-Arenas, V., García, C., Rodríguez, R., Manteca, J., & Candela, L. (2006). *Afecciones al medio hídrico por minería en zonas semiáridas: el ejemplo de la Sierra de Cartagena-La Unión.* Obtenido de Roberto Rodríguez y Ángel García Cortés (Eds.), LOS RESIDUOS MINERO-METALÚRGICOS EN EL MEDIO AMBIENTE: https://www.researchgate.net/publication/263744561_Estudio_del_agua_subterranea_de_una_zona_minera_abandonada_en_clima_mediterraneo_semiarido_la_Sierra_de_Cartagena-La_Union_Murcia_Espana

Rodríguez Estrella, T. (2009). El Mar Menor: Geología y sus relaciones co las aguas subterráneas del continente. En C. &. (Eds), *Mar Menor. Estado actual del conocimiento científico* (págs. 47-84). Murcia: Fundación Cluster-Instituto Euromediterráneo .

Rodríguez Pacheco, R. (Enero de 2010). *Integral analysis of pollution by Pb, Cd, Zn, Cu, Fe and Mn in hypersaline coastal lagoon (Mar Menor) in the Mediterranean Sea. Spain.* Obtenido de Conference paper: https://www.researchgate.net/publication/281457241

Rodríguez-Puente, C., Guerrero, J., García, I. M., & Jornet, A. (2001). *Estudio sobre niveles y efectos de compuestos órgano-estánnicos y metales pesados en el Mar Menor.* Murcia: Instituto Español de Oceanografía. España: Informe interno de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia.

Ruiz, J., & otros. (2012). *Estrategias Marinas: evaluación inicial, buen estado ambiental y objetivos ambientales. Demarcación Levantino-Balear. Descriptor 1: Biodiversidad.* Madrid: Instituto Español de Oceanografía / Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

San Martín, E. (2011). *Un análisis económico de los trasvases de agua intercuencas: El Trasvase Tajo-Segura.* Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Sánchez Martínez, M. (2002). Modelos y Aproximaciones para la Estimacion de la Evapotranspiración con Información Satelital. *Revista de Geografía Norte Grande (29)*, 107-120.

Saura, M. (2018). *Los pies en la Tierra.* Obtenido de La verdad: http://lospiesenlatierra.laverdad.es/noticias/4082-el-mar-menor-apunta-sintomas-de-recuperacion-la-corto-o-medio-plazor.html

Secretaríal General e IMIDA. (2017). *Informe sobre Impacto Ambiental del Mar Menor.* Murcia: Cª Agua, Agricultura y Medio Ambiente.

Senent, M., Martínez-Vicente, D., Cabezas, F., García-Aróstegui, J., & Baudron, P. (2009). Aproximación mediante modelización matemática a la evaluación de las descargas del acuífero cuaternario del Campo de Cartagena del Mar Menor (Murcia) . En *El Mar Menor. Estado actual del conocimiento científico* (pág. 540). Murcia: Fundación-Instituto Euromediterráneo del Agua.

Senent-Aparicio, J., Pérez-Sánchez, J., García-Aróstegui, J., Bielsa.Artero, A., & Domingo-Pinillos, J. (2015). Evaluating groundwater management sustainability under limited data availability in semiarid zones. *Water, 7(8)*, 4305-4322.

SEO-Birdlife. (2011). *IBAs areas importantes para la conservacion de las aves.* Recuperado el 14 de marzo de 2018, de Manual IBA completo Internet: https://www.seo.org/wp-content/uploads/2013/07/Manual-IBA-completo-Internet-1_B.pdf

Simonneau, J. (1973). *Mar Menor evolution sedimentologique récente du remplissage.* Toulousse: Univerdsidad de Toulousse.

Soto García, M., Martínez Álvarez, V., & Martín Górriz, B. (2014). *El regadío en la Región de Murcia. Caracterización y análisis mediante indicadores de gestión.* Murcia: Sindicato Central de Regantes del Acueducto Tajo-Segura.

Terrados, J., & Ros, J. (1991). Production dynamics in a macrophyte-dominated ecosystem: The Mar Menor coastal lagoon (SE Spain). *Oecologia aquatica 10:*, 255.

Terrados, J., Duarte, C., Kamp-Nielsen, L., Agawin, N., Gacia, E., Lacap, C., . . . Greve, T. (1999). re seagrass growth and survival constrained by the reducing conditions of the sediment? *Aquatic Botany 65*, 175-197.

Tragsatec. (2008). *Informe técnico de apoyo, asesoramiento y control hidrogeológico para la ejecución de la red de zanjas drenantes en la zona de influencia de la CCRR Arco Sur Mar menor.* Madrid.

Tragsatec. (2009). *Informe técnico sobre el control hidrogeológico para la ejecución de la red piezométrica de control y vigilancia de la intrusión salina, y 5 sondeos hidrogeológicos de investigación en la zona de influencia de la CCRR. Arco Sur Mar Menor. T.M. Cartagena y.* Madrid: TRAGSA.

Tragsatec. (2015). *Caracterización de las fuentes de contaminación de aguas subterráneas mediante técnicas multisotópicas. ZV C Cartagena.* Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Traverso-Soto, J., Lara-Martín, P., González-Mazo, E., & León, V. (2015). Distribution of anionic and nonionic surfactants in a sewage-impacted Mediterranean coastal lagoon: inputs and seasonal variations. *Science of the Total Environment, 503-504*, 87-96.

Valero Palmero, J. (1972). Artes y sistemas de pesca del Mar Menor. *Papeles del Departamento de Geografía 4*, 79-102.

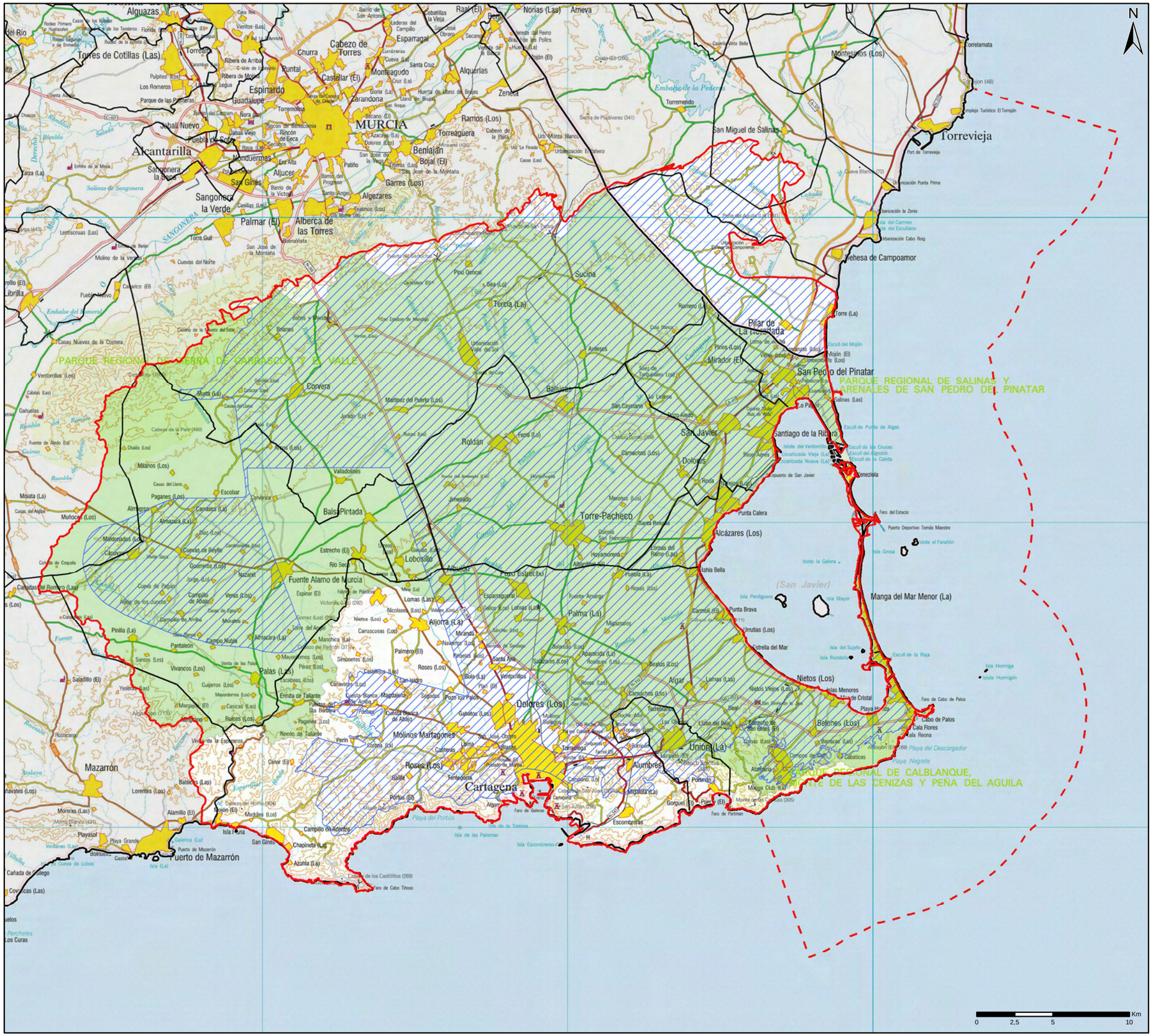
Vargas Yáñez, M., & otros. (2010). *Cambio Climático en el Mediterráneo español. Segunda edición actualizada.Temas de Oceanografía, 3.* Madrid: Instituto Español de Oceanografía, Ministerio de Ciencia e Innovación.

Varios Autores. (2010). *Guía práctica de la fertilización de los cultivos en España. Partes I y II.* Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Secretaría General Técnica.

Velasco, J., Lloret, J., Millan, 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.

Vidal-Abarca, M., & Esteve, M. S. (2003). *Los humedales de la Región de Murcia.* Murcia: Dirección General del Medio Natural. Consejería de Agricultura, Agua y medio Ambiente.

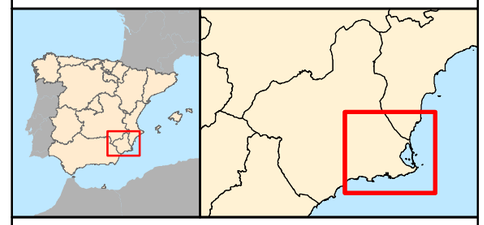
Xue, Y., David, B., Gentry, E., & Kovacic, D. (1998). Kinetics and modelling of dissolved phosphorusexport from a tile-drained agricultural watershed. *Journal of Environmental Quality 27*, 917-922.


N
PARQUE REGIONAL DE SIERRA DE CARRASCOY Y EL VALLE
PARQUE REGIONAL DE SALINAS Y ARENALES DE SAN PEDRO DEL PINATAR
PARQUE REGIONAL DE CALBLANQUE, MONTE DE LAS CENIZAS Y PEÑA DEL AGUILA
Mar Menor
Embalse de la Pedrera
Embalse del Romeral
Embalse de Puentes
Murcia
Cartagena
Alcantarilla
Torrevieja
Alcázares (Los)
Manga del Mar Menor (La)
San Pedro del Pinatar
San Javier
Mazarrón
Puerto de Mazarrón
Fuente Alamo de Murcia
Torre-Pacheco
Sucina
Balsicas
Roldán
Dolores (Los)
Molinos Marfagones
Unión (La)
Alumbres
Pilar de la Horadada
Mirador (El)
Sangonera la Seca
Sangonera la Verde
Palmar (El)
Alberca de las Torres
Beniaján
Bojal (El)
Garres (Los)
Algezares
Zeneta
Ramos (Los)
Torreagüera
Monteagudo
Cabezo de Torres
Torres de Cotillas (Las)
Jabalí Nuevo
Puebla de Soto
Espinardo
Guadalupe
Churra
Esparragal
Alquerías
Castellar (El)
Runtal
Zarandona
Casillas (Las)
Aljucer
San Ginés
Era Alta
Monteagudo
Corvera
Valladolises
Baños y Mendigo
Torreblanca
Avileses
Martínez del Puerto (Los)
Campillo de Adentro
Isla Plana
Playa del Portús
Isla de las Palomas
Isla Escombreras
Escombreras
Portmán
Gorguel (El)
Molinete
Cabo de Palos
Cala Reona
Playa del Descargador
Playa Negrete
Islas Menores
Nietos (Los)
Belones (Los)
Estrella del Mar
Urrutias (Los)
Punta Brava
Isla Perdiguera
Isla Mayor
Isla Grosa
Isla Hormiga
Islote Hormigón
Islote el Farallón
Punta Calera
Bahía Bella
Puerto Deportivo Tomás Maestre
Faro del Estacio
Faro de Cabo de Palos
Faro de Portmán
Faro de Galeras
Faro de Cabo Tiñoso
Torre-Pacheco
Roda
Pozo Estrecho
Albudeite
Lobosillo
Torremendo
Montesinos (Los)
Torrelamata
Vehesa de Campoamor
Urb. Monte Blanco
Urbanización Entorno Golf
Urb. La Pinada
Urb. Mediterráneo Golf
Urbanización Punta Prima
Urbanización la Zenia
Urbanización Cabo Roig
Urbanización Valle del Sol
Urbanización Entre Golf
Urbanización Balcón de Campoverde
Urbanización Dehesa de Campoamor
Urbanización Playa Paraíso
Urbanización Mediterráneo Golf
Urbanización Entre Golf
Urbanización Valle del Sol

MAPA 2	MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

DIAGNÓSTICO

ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL OBJETIVO DEL VERTIDO CERO AL MAR MENOR PROVENIENTE DEL CAMPO DE CARTAGENA



Leyenda

- Ámbito de estudio terrestre
- Zonas vulnerables a la contaminación de nitratos

Masas de agua subterránea

- Campo de Cartagena
- Otras masas de agua subterráneas adyacentes

1:250.000

Proyección UTM: DATUM ETRS89. Huso 30.

Fecha de realización

Marzo 2018

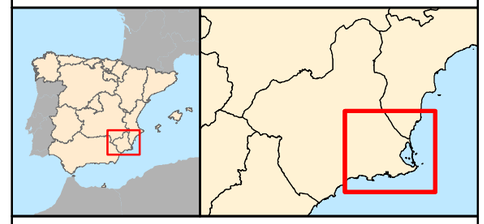
Tragsatec
GrupoTragsa

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO RURAL Y AGUA
DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

MAPA 3	RED HIDROGRÁFICA

DIAGNÓSTICO

ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL OBJETIVO DEL VERTIDO CERO AL MAR MENOR PROVENIENTE DEL CAMPO DE CARTAGENA



Leyenda

- Ámbito de estudio terrestre
- Rambla del Albujón
- Otras ramblas principales

1:250.000

Proyección UTM: DATUM ETRS89. Huso 30.

Fecha de realización

Marzo 2018

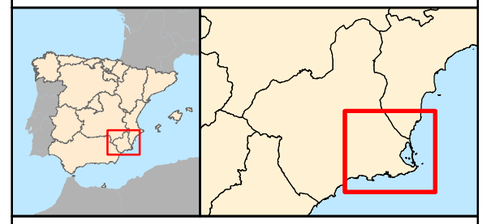
Tragsatec
GrupoTragsa

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO RURAL Y AGUA
DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

MAPA 4	PENDIENTES

DIAGNÓSTICO

ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL OBJETIVO DEL VERTIDO CERO AL MAR MENOR PROVENIENTE DEL CAMPO DE CARTAGENA



Leyenda

- Estaciones meteorológicas
- Ámbito de estudio terrestre
- Parte de subcuenca con pendiente menor de 3%
- Parte de subcuenca con pendiente mayor o igual de 3%

1:250.000

Proyección UTM: DATUM ETRS89. Huso 30.

Fecha de realización

Marzo 2018

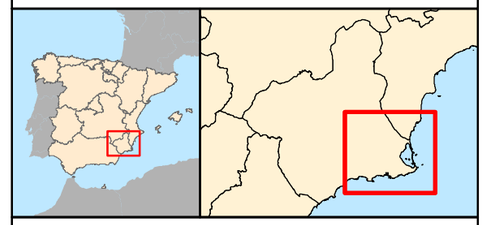
Tragsatec
GrupoTragsa

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO RURAL Y AGUA
DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

MAPA 5	MAPA DE CULTIVOS Y APROVECHAMIENTOS. PERIODO 1980-1990.

DIAGNÓSTICO

ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL OBJETIVO DEL VERTIDO CERO AL MAR MENOR PROVENIENTE DEL CAMPO DE CARTAGENA



Leyenda

- Ámbito de estudio terrestre
- Términos municipales
- Cuenca vertiente al Mar Menor
- Masa de agua subterránea Campo de Cartagena
- Regadío
- Labor Secano
- Frutales en Secano
- Olivar en Secano
- Viñedo en Secano
- Asociación de Olivar y Viñedo
- Prados Naturales
- Pastizal
- Matorral
- Pastizal-Matorral
- Coníferas
- Chopo y Álamo
- Eucalipto
- Otras Frondosas
- Asociación de Coníferas y Eucalipto
- Asociación de Coníferas y Otras Frondosas
- Improductivo
- Improductivo-agua
- Asociación de Frutales y Viñedo

1:250.000

Proyección UTM: DATUM ETRS89. Huso 30.

Fecha de realización

Marzo 2018

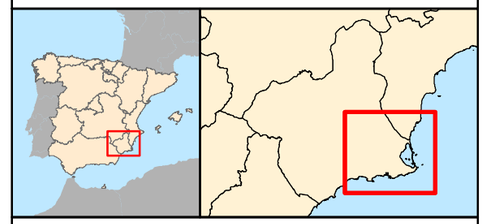
Tragsatec
GrupoTragsa

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO RURAL Y AGUA
DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

MAPA 6	MAPA DE CULTIVOS Y APROVECHAMIENTOS. PERIODO 2000-2009.

DIAGNÓSTICO

ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL OBJETIVO DEL VERTIDO CERO AL MAR MENOR PROVENIENTE DEL CAMPO DE CARTAGENA



Leyenda

- Ámbito de estudio terrestre
- Términos municipales
- Cuenca vertiente al Mar Menor
- Masa de agua subterránea Campo de Cartagena
- Regadío
- Labor Secano
- Frutales en Secano
- Olivar en Secano
- Viñedo en Secano
- Asociación de Olivar y Viñedo
- Prados Naturales
- Pastizal
- Matorral
- Pastizal-Matorral
- Coníferas
- Chopo y Álamo
- Eucalipto
- Otras Frondosas
- Asociación de Coníferas y Eucalipto
- Asociación de Coníferas y Otras Frondosas
- Improductivo
- Improductivo-agua
- Asociación de Frutales y Viñedo

1:250.000

Proyección UTM: DATUM ETRS89. Huso 30.

Fecha de realización

Marzo 2018

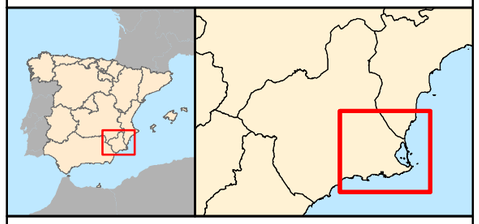
Tragsatec
GrupoTragsa

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO RURAL Y AGUA
DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

MAPA 7	SUPERFICIE DE REGADÍO SIGPAC (2007)

DIAGNÓSTICO

ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL OBJETIVO DEL VERTIDO CERO AL MAR MENOR PROVENIENTE DEL CAMPO DE CARTAGENA



Leyenda

- Ámbito de estudio terrestre
- Términos municipales
- Cuenca vertiente al Mar Menor
- Masa de agua subterránea Campo de Cartagena
- Regadío

1:250.000

Proyección UTM: DATUM ETRS89. Huso 30.

Fecha de realización

Marzo 2018

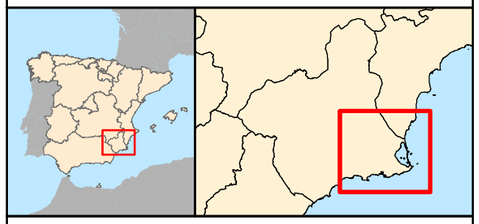
Tragsatec
GrupoTragsa

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO RURAL Y AGUA
DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

MAPA 8	SUPERFICIE DE REGADÍO SIGPAC (2017)

DIAGNÓSTICO

ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL OBJETIVO DEL VERTIDO CERO AL MAR MENOR PROVENIENTE DEL CAMPO DE CARTAGENA



Leyenda

- Ámbito de estudio terrestre
- Términos municipales
- Cuenca vertiente al Mar Menor
- Masa de agua subterránea Campo de Cartagena
- Regadío

1:250.000

Proyección UTM: DATUM ETRS89. Huso 30.

Fecha de realización

Marzo 2018

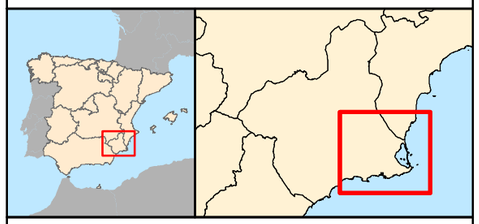
Tragsatec
GrupoTragsa

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO RURAL Y AGUA
DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

MAPA 9	AGRUPACIÓN DE USOS DEL SUELO SIGPAC (2007)

DIAGNÓSTICO

ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL OBJETIVO DEL VERTIDO CERO AL MAR MENOR PROVENIENTE DEL CAMPO DE CARTAGENA



Leyenda

- Ámbito de estudio terrestre
- Cuenca vertiente al Mar Menor
- Masa de agua subterránea Campo de Cartagena
- Términos municipales
- Tierras de cultivo
- Cultivos permanentes
- Pastos
- Forestal
- Superficie no agrícola

1:250.000

Proyección UTM: DATUM ETRS89. Huso 30.

Fecha de realización

Marzo 2018

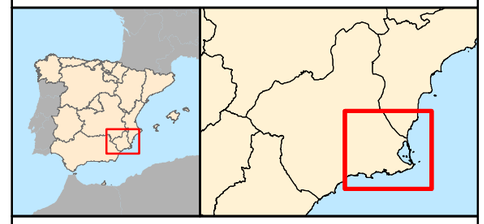
Tragsatec
GrupoTragsa

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO RURAL Y AGUA
DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

MAPA 10	USOS DEL SUELO SIGPAC (2007)

DIAGNÓSTICO

ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL OBJETIVO DEL VERTIDO CERO AL MAR MENOR PROVENIENTE DEL CAMPO DE CARTAGENA



Leyenda

- Ámbito de estudio terrestre
- Cuenca vertiente al Mar Menor
- Masa de agua subterránea Campo de Cartagena
- Términos municipales
- Cítricos
- Asociación Cítricos - Frutal
- Corrientes de agua
- Edificaciones
- Forestal
- Frutos secos
- Frutos secos - Viñedo
- Asociación Frutales - Frutos secos
- Asociación Frutos secos - Olivar
- Frutales
- Huerta
- Improductivos
- Invernaderos
- Olivar
- Asociación Olivar - Cítricos
- Asociación Olivar - Frutal
- Pastizal
- Pasto
- Pasto con arbolado
- Tierra
- Islas
- Viales
- Viñedo
- Asociación Viñedo - Frutal
- Zona Urbana
- Zona concentrada no incluida en la ortofoto
- Zona censurada

1:250.000

Proyección UTM: DATUM ETRS89. Huso 30.

Fecha de realización

Marzo 2018

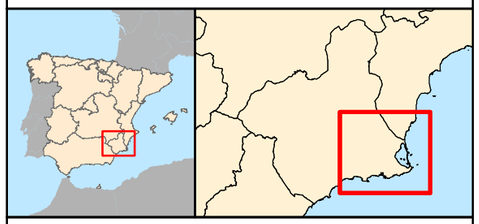
Tragsatec
GrupoTragsa

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO RURAL Y AGUA
DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

MAPA 11	AGRUPACIÓN DE USOS DEL SUELO SIGPAC (2017)

DIAGNÓSTICO

ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL OBJETIVO DEL VERTIDO CERO AL MAR MENOR PROVENIENTE DEL CAMPO DE CARTAGENA



Leyenda

- Ámbito de estudio terrestre
- Cuenca vertiente al Mar Menor
- Masa de agua subterránea Campo de Cartagena
- Términos municipales
- Tierras de cultivo
- Cultivos permanentes
- Pastos
- Forestal
- Superficie no agrícola

1:250.000

Proyección UTM: DATUM ETRS89. Huso 30.

Fecha de realización

Marzo 2018

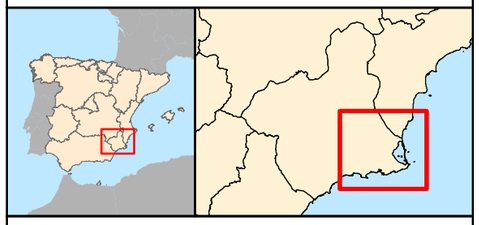
Tragsatec
GrupoTragsa

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO RURAL Y AGUA
DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

MAPA 12	USOS DEL SUELO SIGPAC (2017)

DIAGNÓSTICO

ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL OBJETIVO DEL VERTIDO CERO AL MAR MENOR PROVENIENTE DEL CAMPO DE CARTAGENA



Leyenda

- Ámbito de estudio terrestre
- Cuenca vertiente al Mar Menor
- Masa de agua subterránea Campo de Cartagena
- Términos municipales
- Cítricos
- Asociación Cítricos - Frutal
- Corrientes de agua
- Edificaciones
- Forestal
- Frutos secos
- Frutos secos - Viñedo
- Asociación Frutales - Frutos secos
- Asociación Frutos secos - Olivar
- Frutales
- Huerta
- Improductivos
- Invernaderos
- Olivar
- Asociación Olivar - Cítricos
- Asociación Olivar - Frutal
- Pastizal
- Pasto
- Pasto con arbolado
- Tierra
- Viales
- Viñedo
- Zona Urbana

1:250.000

Proyección UTM: DATUM ETRS89. Huso 30.

Fecha de realización

Marzo 2018

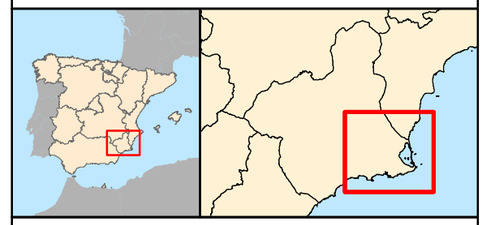
Tragsatec
GrupoTragsa

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO RURAL Y AGUA
DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

MAPA 13	UNIDADES DE DEMANDA AGRARIA

DIAGNÓSTICO

ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL OBJETIVO DEL VERTIDO CERO AL MAR MENOR PROVENIENTE DEL CAMPO DE CARTAGENA



Leyenda

- Ámbito de estudio terrestre
- Términos municipales
- Cuenca vertiente al Mar Menor
- Masa de agua subterránea Campo de Cartagena
- Canal Tajo - Segura
- Canal Taibilla
- UDA51 - Regadíos mixtos de acuíferos y depuradas Sur de Alicante
- UDA56 - Regadíos redotados del TTS de la ZRT La Pedrera
- UDA57 - Resto Campo de Cartagena, regadío mixto de acuíferos, depuradas y desalinizadas
- UDA58 - Regadíos redotados del TTS de la ZRT Campo de Cartagena
- UDA75 - Cota 120 Campo de Cartagena

1:250.000

Proyección UTM: DATUM ETRS89. Huso 30.

Fecha de realización

Marzo 2018

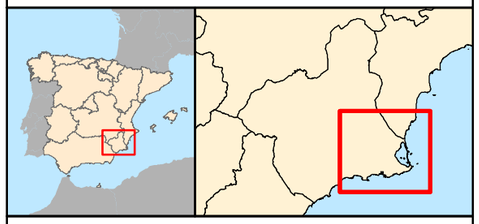
Tragsatec
GrupoTragsa

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO RURAL Y AGUA
DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

MAPA 14	COMUNIDADES DE REGANTES

DIAGNÓSTICO

ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL OBJETIVO DEL VERTIDO CERO AL MAR MENOR PROVENIENTE DEL CAMPO DE CARTAGENA



Leyenda

- Ámbito de estudio terrestre
- Términos municipales
- Cuenca vertiente al Mar Menor
- Masa de agua subterránea Campo de Cartagena
- Canal Tajo - Segura
- Canal Taibilla
- Comunidad de Regantes Campo de Cartagena
- Comunidad de Regantes Arco Sur

1:250.000

Proyección UTM: DATUM ETRS89. Huso 30.

Fecha de realización

Marzo 2018

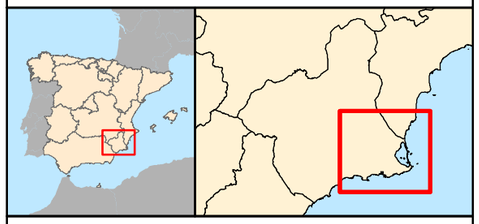
Tragsatec
GrupoTragsa

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO RURAL Y AGUA
DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

MAPA 15	RED NATURA 2000

DIAGNÓSTICO

ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL OBJETIVO DEL VERTIDO CERO AL MAR MENOR PROVENIENTE DEL CAMPO DE CARTAGENA



Leyenda

- Ámbito de estudio terrestre
- Lugares de Importancia Comunitaria (LIC)
- Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA)
- Hábitats de interés comunitario prioritarios
- Hábitats de interés comunitario

1:250.000

Proyección UTM: DATUM ETRS89. Huso 30.

Fecha de realización

Marzo 2018

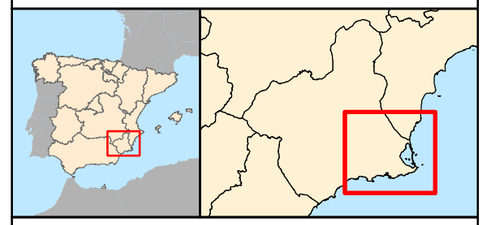
Tragsatec
GrupoTragsa

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO RURAL Y AGUA
DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

MAPA 16	ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS

DIAGNÓSTICO

ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL OBJETIVO DEL VERTIDO CERO AL MAR MENOR PROVENIENTE DEL CAMPO DE CARTAGENA



Leyenda

- Ámbito de estudio terrestre
- Lugares de Interés Geológico
- Microrreservas
- Paisaje Protegido
- Parque Regional

1:250.000

Proyección UTM: DATUM ETRS89. Huso 30.

Fecha de realización

Marzo 2018

Tragsatec
GrupoTragsa

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO RURAL Y AGUA
DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

APÉNDICE 2.

ANÁLISIS DEL DOCUMENTO DE ALCANCE

RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL Y ANÁLISIS DEL DOCUMENTO DE ALCANCE EMITIDO POR DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

1. JUSTIFICACIÓN LEGAL

La **Ley 4/2009, de 14 de mayo**, de protección ambiental integrada, de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, establece lo siguiente:

> **Artículo 84**. Proyectos sometidos a evaluación ambiental de proyectos:
>
> *Serán objeto de evaluación de impacto ambiental ordinaria y simplificada en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia únicamente los proyectos comprendidos en la legislación básica estatal.*

Así, según lo dispuesto en el artículo 7 de la **Ley 21/2013**, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental:

> **Artículo 7**. Ámbito de aplicación de la evaluación de impacto ambiental.
>
> **1.** *Serán objeto de una **evaluación de impacto ambiental ordinaria** los siguientes proyectos*:
>
> […]
>
> **d) *Los proyectos incluidos en el apartado 2, cuando así lo solicite el promotor***.
>
> 2. *Serán objeto de una evaluación de impacto ambiental simplificada*:
>
> […]
>
> b) *Los proyectos no incluidos ni en el anexo I ni en el anexo II que puedan afectar de forma apreciable, directa o indirectamente, a Espacios Protegidos Red Natura 2000.*

El proyecto objeto de evaluación no forma parte de los proyectos incluidos en el anexo I ni en el anexo II de la Ley 21/2013, pero se considera que puede afectar de forma apreciable, directa o indirectamente, a los espacios protegidos de Red Natura 2000 presentes en el ámbito de actuación. Por todo ello, al amparo del artículo 7.1.d de la Ley 21/2013, el promotor solicitó el sometimiento del proyecto al procedimiento de **evaluación de impacto ambiental ordinaria**, iniciándose con las actuaciones previas a las que se refiere el artículo 34 de la citada Ley 21/2013, con objeto de posibilitar una amplia participación pública de personas, organismos, instituciones y administraciones que puedan estar interesadas.

Las actuaciones previas referidas en el citado artículo 34, suponen presentar al órgano sustantivo (Dirección General del Agua) el Documento inicial del “Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena", al objeto de que el órgano ambiental (DGCEAMN) determine el alcance del correspondiente estudio de impacto ambiental (EsIA).

Las graves repercusiones que han acontecido sobre el Mar Menor, hacen adoptar de manera urgente pero planificada las soluciones que atañen a todos los sectores de actividad que confluyen en este espacio territorial y marino, para evitar el deterioro de las masas de agua.

El presente EsIA lleva a definir un sistema complejo de actuaciones que componen un proyecto diversificado y que responde al concepto que recoge el artículo 5.3 apartado b de la citada Ley 21/2013:

> Proyecto: *cualquier actuación que consista en la ejecución o explotación de una obra, una construcción, o instalación, así como el desmantelamiento o demolición o cualquier intervención en el medio natural o en el paisaje, incluidas las destinadas a la explotación o al aprovechamiento de los recursos naturales o del suelo y del subsuelo así como de las aguas marinas.*

Entre estas actuaciones se considera la aplicación rigurosa del programa de actuación en zonas vulnerables con objeto de prevenir y reducir la contaminación causada por los nitratos de origen agrario, el control de los vertidos, las actuaciones de restauración ambiental de las numerosas ramblas que desembocan en el Mar Menor, la potencial afección a espacios integrados en la Red Natura 2000, la importancia del Mar Menor y los humedales asociados, el litoral sumergido y los hábitats protegidos terrestres y marinos, las eventuales nuevas obras e infraestructuras que se pudieran tener que acometer o desmantelar pero, sobre todo, la necesidad de que las actuaciones responden a las siguientes exigencias partiendo de un diagnóstico preciso de la situación actual y sus causas (información sobre el diagnóstico incluida en Anexo):

- Eliminación del exceso de nutrientes en origen a través del programa de actuación en zonas vulnerables.
- Recuperación de las masas de agua.
- Aplicación del principio “quien contamina paga”.
- Mantenimiento o recuperación del buen estado de conservación de poblaciones de especies animales y vegetales así como de sus hábitats.
- Mantenimiento o recuperación de la funcionalidad de los espacios naturales protegidos, espacios de Red Natura 2000 y espacios naturales protegidos por instrumentos internacionales, en el entorno del Mar Menor.

Por ello, se hace necesario abordar el análisis de alternativas y la evaluación de los potenciales impactos desde un planteamiento de conjunto y coordinado de todas las actuaciones en los diversos sectores. Esta justificación es la que los promotores del proyecto estiman para solicitar su sometimiento al procedimiento de evaluación de impacto ambiental ordinaria, dando así cumplimiento a la legislación aplicable.

Por su parte, la evaluación de las repercusiones sobre Red Natura 2000 se realiza a través del procedimiento de evaluación de impacto ambiental (EIA), atendiendo a lo dispuesto en la Ley 21/2013 y, en conformidad con lo contemplado en el artículo 6 de la Directiva 92/43/CEE y artículo 46 de la Ley 42/2007.

2. FASE DE CONSULTAS PREVIAS Y DETERMINACIÓN DEL ALCANCE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

2.1. ENTRADA DOCUMENTACIÓN INICIAL

Con fecha 14 de julio de 2016 tiene entrada en la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural del MAPAMA el documento inicial del proyecto objeto de evaluación.

En el Documento inicial tras una introducción se definen las características y ubicación del proyecto y se desarrolla el diagnóstico territorial y ambiental. El análisis de la situación actual estructura la información disponible en seis bloques principales: el origen de la contaminación del Mar Menor, el modelo de funcionamiento del acuífero multicapa, los humedales principales, la red hidrográfica, el medio marino y la planificación territorial y ambiental.

A la propuesta de actuaciones a evaluar del catálogo de soluciones de sostenibilidad se acompaña un análisis de impactos ambientales y una reseña sobre la afección a la Red Natura 2000.

Como anexo al documento inicial figura el documento de "Protocolo General entre el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia sobre Gestión Integrada del Mar Menor" firmado por las partes el 4 de octubre de 2013.

2.2. CONSULTAS PREVIAS. RELACIÓN DE CONSULTADOS Y DE CONTESTACIONES

Con fecha de 27 de julio de 2016 se inició el periodo de consultas a organismos y entidades. En el cuadro siguiente figuran los organismos que fueron consultados y en la columna "respuestas recibidas" se señalan con una "X" aquellos que han respondido:

Tabla 1: Lista de organismos consultados en la fase previa de la EIA

Organismos Consultados	Respuestas recibidas
AYUNTAMIENTO DE ALCÁZARES (LOS)	-
AYUNTAMIENTO DE SAN JAVIER	X
AYUNTAMIENTO DE SAN PEDRO DEL PINATAR	-
AYUNTAMIENTO DE TORRE-PACHECO	X
CENTRO OCEANOGRÁFICO DE MURCIA	-
INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA - IEO	-
WWF/ADENA	-
SEO/BIRDLIFE	-
FEDERACIÓN NACIONAL DE COMUNIDADES DE REGANTES DE ESPAÑA	-
D.G. DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y VIVIENDA CONSEJERÍA DE FOMENTO E INFRAESTRUCTURAS REGIÓN DE MURCIA	X
D.G. DE TRANSPORTES, COSTA Y PUERTOS. CONSEJERÍA DE FOMENTO E INFRAESTRUCTURAS ORDENACIÓN DEL TERRITORIO REGIÓN DE MURCIA	-
D.G. DEL AGUA. CONSEJERÍA DEL AGUA, AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE REGIÓN DE MURCIA	-
D.G. DE AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA Y ACUICULTURA. CONSEJERÍA DE AGUA, AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE REGIÓN DE MURCIA	-

Organismos Consultados	Respuestas recibidas
D.G. DE DESARROLLO RURAL Y FORESTAL. CONSEJERÍA DE AGUA, AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE REGIÓN DE MURCIA	-
INSTITUTO DE TURISMO DE LA REGIÓN DE MURCIA. CONSEJERÍA DE DESARROLLO ECONÓMICO, TURISMO Y EMPLEO REGIÓN DE MURCIA	X
DELEGACIÓN DEL GOBIERNO EN MURCIA	-
FEDERACIÓN NACIONAL DE COFRADÍAS DE PESCADORES	-
FEDERACIÓN DE MUNICIPIOS DE LA REGIÓN DE MURCIA - FMRM	-
ECOLOGISTAS EN ACCIÓN DE LA REGIÓN MURCIANA	X
CONSEJERÍA DE SANIDAD REGIÓN DE MURCIA	-
MANCOMUNIDAD DE LOS CANALES DEL TAIBILLA	-
INSTITUTO MEDITERRÁNEO DE ESTUDIOS AVANZADOS (IMEDEA-CSIC)	-
CENTRO MEDITERRÁNEO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y AMBIENTALES (CMIMA-CSIC)	-
D.G. DE ENERGÍA Y ACTIVIDAD INDUSTRIAL MINERA. CONSEJERÍA DE DESARROLLO ECONÓMICO, TURISMO Y EMPLEO REGIÓN DE MURCIA	X
D.G. DE SOSTENIBILIDAD DE LA COSTA Y DEL MAR MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE	X
UNION DE PEQUEÑOS AGRICULTORES Y GANADEROS - UPA	X
OFICINA ESPAÑOLA DE CAMBIO CLIMÁTICO	X
D.G. DE SALUD PUBLICA Y ADICCIONES CONSEJERÍA DE SANIDAD REGIÓN DE MURCIA	X
DIVISIÓN PARA LA PROTECCIÓN DEL MAR Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN MARINA. D.G. SOSTENIBILIDAD DE LA COSTA Y MAR MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE	-
CONSEJERÍA DE AGUA, AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE REGIÓN DE MURCIA	-
FUNDACIÓN A.N.S.E. (ASOCIACIÓN DE NATURALISTAS DEL SURESTE)	-
D.G DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL CONSEJERÍA DE AGUA, AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE REGIÓN DE MURCIA	-
D.G DE BIENES CULTURALES CONSEJERÍA DE CULTURA Y PORTAVOCÍA REGIÓN DE MURCIA	-
D.G. DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y M. NATURAL. S.G. DE MEDIO NATURAL MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE	-
ENTIDAD DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES CONSEJERÍA DE AGUA, AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE REGIÓN DE MURCIA	-
D. MIGUEL ANGEL ESTEVE SELMA GRUPO INVESTIGACIÓN ECOSISTEMAS MEDITERRÁNEOS DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA E HIDROLOGÍA FACULTAD DE BIOLOGÍA. CAMPUS UNIVERSITARIO DE ESPINARDO	X
D. ANGEL PEREZ RUZAFA GRUPO INVESTIGACIÓN ECOLOGÍA Y ORD. TERR DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E HIDROLOGIA FACULTAD DE UNIVERSITARIO DE ESPINARDO	-
D. ANDRES MILLAN SANCHEZ GRUPO INVESTIGACIÓN DE ECOLOGÍA ACUÁTICA DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA E HIDROLOGÍA FACULTAD DE UNIVERSITARIO DE ESPINARDO	-

Organismos Consultados	Respuestas recibidas
DÑA. Mª LUISA SUAREZ ALONSO GRUPO INVESTIACION ECOLOGIA AGUAS CONTIN DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E HIDROLOGIA FACULTAD DE UNIVERSITARIO DE ESPINARDO	-
DÑA. ROSA GOMEZ CEREZO GRUPO INVESTIACION ECOLOGIA AGUAS CONTIN DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E HIDROLOGIA FACULTAD DE UNIVERSITARIO DE ESPINARDO	-
D. JOSE ANTONIO GARCIA-CHARTON GRUPO INVESTIGACIÓN ECOL. Y CONSERVACIÓN MARINA DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA E HIDROLOGÍA FACULTAD DE UNIVERSITARIO DE ESPINARDO	-
OFICINA IMPULSO SOCIOECONÓMICO DEL MEDIO AMBIENTE. CONSEJERÍA DE AGUA, AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE REGIÓN DE MURCIA	-
PLATAFORMA PACTO POR EL MAR MENOR	X

El traslado de consultas al promotor se realizó el 16 de febrero de 2017. En el expediente figuraban 14 organismos que remitieron respuesta a la fase potestativa. Entre ellos se recibe también una contestación conjunta de FECOAM-COAG-UPA, pese a haber enviado UPA otra a título particular.

Aparte de las consultas y el documento de alcance se han recibido tres documentos adicionales sobre propuestas de actuaciones urgentes de dos de los principales actores con opiniones divergentes sobre la gestión de la zona (asociaciones agrarias y ecologistas) a tenor de la puesta en marcha de la EIA de este proyecto.

A partir de las consultas realizadas se relacionan a continuación una síntesis de las respuestas recibidas.

Los aspectos ambientales más relevantes de las respuestas a dichas consultas figuran a continuación:

2.2.1. UPA Unión de Pequeños Agricultores

La Unión de Pequeños Agricultores y Ganaderos (UPA) realiza una serie de observaciones y comentarios en 34 puntos siguiendo el orden de contenido del propio documento inicial. A continuación se resumen los principales puntos:

- Descontento con el foco, a su parecer excesivo en el documento inicial, sobre las causas procedentes del sector agrario del estado actual del Mar Menor en relación con otros sectores productivos en la zona (turismo, minería). Se achaca también la falta de puesta en marcha de infraestructuras adecuadas a las demandas de este sector.
- Poca receptividad a la adopción de medidas limitantes de la actividad aunque no a la mejora de eficiencia y racionalización. Se destacan los sellos de calidad y medioambientales de las empresas productoras.
- Preocupación del regadío sobre la exigencia de eliminación del nitrato en desalobradoras respecto lo propuesto en PHDS y el Plan de Sequía.
- Dificultad a la hora encontrar información sobre la situación real y contradicción entre las conclusiones de algunos trabajos científicos sobre el tema de los vertidos agrarios.
- El estudio de impacto debe ser extensivo y abarcar tanto el Mar Menor como el Mediterráneo de cara a posibles soluciones futuras.

- Consideración de la CR Arco-Sur y otras parcelas en la cuenca vertiente en el EsIA con actualización de superficies de riego y arbolado.
- Mayor reflejo del peso social y económico real y papel como sumidero de CO_2 del sector agrario en la comarca y la región.
- Problemática entre aporte de datos para estudio y riesgo de sanción por administración según experiencias previas.
- Diferenciación de los datos referentes al Acueducto Tajo-Segura (ATS) entre dotación teórica y real.
- Diagnóstico ajustado a la realidad (extracciones subterráneas, pozos, ATS, desalobradoras, regeneradas, aportes de agua y nitratos…) para evaluación de soluciones sostenibles y definitivas.
- Inclusión de TTMM de Cartagena, La Unión, Águilas y Mazarrón en el ámbito del proyecto.
- Sensibilidad a la reducción de superficies y cambios productivos y remisión a lo expresado en el Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura (PHDS) vigente y en los permisos otorgados para los emisarios al Mediterráneo.
- Cumplimiento de los Planes de Actuación de la Zona Vulnerable a la contaminación agraria difusa. Fomento del reaprovechamiento y de la búsqueda de nuevas fuentes de agua. Resistencia a la recentralización de extracción y desalobración y a la reestructuración que amenace riqueza y empleo.

2.2.2. COAG-UPA-FECOAM

Al mismo tiempo, el anterior documento es recibido esta vez firmado no sólo por el mismo sindicato agrario sino también por la Coordinadora de Organizaciones de Agricultores y Ganaderos-Iniciativa Rural de Murcia (COAG-IR) y la Federación de Cooperativas Agrarias de Murcia (FECOAM).

2.2.3. Dirección General de Salud Pública y Adicciones

El Servicio de Salud pública de Cartagena emite un informe para la Dirección General de Salud Pública y Adicciones de la Consejería de Salud de la Región de Murcia en el que no se prevé la existencia de efectos negativos relevantes asociados a la actividad proyectada.

2.2.4. Ayuntamiento de San Javier

El Consistorio en su escrito valora positivamente la iniciativa de la Dirección General del Agua de poner en marcha el proyecto y por otra parte indica que el estudio debería contemplar ciertos aspectos importantes sobre la aplicación de 3 medidas llevadas a cabo dentro del municipio:

- Las medidas de ahorro de agua para recogida de agua de lluvia en invernaderos para su traslado a todo el campo de Cartagena.
- Medidas para evitar descargas de sistemas unitarios (DSU).
- Técnicas de gestión de escorrentía urbana (TGEU).

2.2.5. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental

La Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental de la Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente de la Región de Murcia reúne los dos informes emitidos por el Servicio de Planificación y Evaluación Ambiental y el Servicio de Información e Integración Ambiental.

2.2.5.1 Servicio de Información e Integración Ambiental

Dentro de sus competencias el Servicio indica las siguientes observaciones sobre el contenido del EsIA.

- Establecimiento de un procedimiento coordinado o conjunto para evitar la duplicación de las evaluaciones ambientales
- Análisis pormenorizado de la actividad ganadera.
- Mención a todas las Comunidades de Regantes (CCRR) existentes.
- Consideración de la "Estrategia de Gestión Integrada de Zonas Costeras del Sistema Socio-ecológico del Mar Menor y su entorno" y "Plan de Saneamiento y Depuración de la Región de Murcia.
- Establecer un adecuado diagnóstico tanto de la cuenca como de la laguna.
- Consideración de las alternativas de las soluciones como líneas de actuación a abordar en conjunto.

2.2.5.2 Servicio de Planificación y Evaluación Ambiental

Una vez revisado el documento inicial se realizan varias observaciones al mismo respecto a citas erróneas sobre hábitats, definiciones y legislación ambiental, detalles sobre caudales de riego de desaladoras, afección a otros espacios RN2000 de emisarios, indicadores de evolución de praderas submarinas y excepciones a la Ley 21/2013.

Sobre la amplitud y detalle se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Caracterización territorial según su contribución de nitratos al medio hídrico.
- Inventario y caracterización de extracciones de aguas subterráneas y de vertidos al Dominio Público Hidráulico (DPH).
- Modelización del sistema acuífero-Mar Menor.
- Redefinición de Demanda Hídrica.
- Evaluación de efectividad de medidas de las directivas sobre Zonas Vulnerables y de depuración de residuales.
- Evaluación de entornos marinos afectables por actuaciones de las alternativas contempladas.

En cuanto a las observaciones a tener en cuenta en la evaluación de actuaciones se destacan las siguientes acciones sobre las que será preciso resolver ciertos aspectos y contenidos específicos. A continuación se listan los temas y las alternativas planteadas sin entrar en los detalles que contempla el informe y que deben incluirse en el EsIA.

- Revisión de las dotaciones y demandas hídricas:

  - Ampliación de la desalobradora del Mojón y su red de colectores asociados para la desalinización de los retornos de riego recogidos en los drenajes de Campo de Cartagena.
  - Nuevas infraestructuras para la oferta alternativa hídrica

- Gestión del vertido difuso:
  - Ejecución de una batería de pozos perimetrales en la línea de costa del acuífero campo de Cartagena, con canalización hasta la desalobradora del Mojón o la EDAR Mar menor sur para su posterior vertido por emisario submarino al Mar Mediterráneo.
  - Drenes en la Rambla del Albujón para recoger los retornos de riego y evacuarlos a la IDAM del mojón. Mejora de la actual red de drenes para captación de retornos de riego del CC además de la construcción de drenes laterales en el cauce de la citada Rambla y posterior vertido al Mar Mediterráneo mediante la Desalobradora del Mojón.
  - Construcción de una red de tanques de tormenta en las EDAR que carezcan de esta estructura y las conexiones entre ellos para evacuarlos a través de la Desalobradora del Mojón mediante una ampliación de la misma.
- Eliminación de aportes a la Rambla del Albujón:
  - Desvío del vertido de los salmueroductos de la Rambla del Albujón a la Desalobradora del Mojón
  - Desvío del vertido de los salmueroductos y retorno de riego de la Rambla del Albujón a los emisarios existentes en San Pedro del Pinatar.
  - Desvío del vertido de los salmueroductos de la Rambla del Albujón hacia el colector sur (EDAR Mar Menor Sur)
  - Construcción de nuevos salmueroduictos que recojan vertidos de ñas desalinizadoras privadas del CC.
- Sistemas de depuración de aguas de deficiente calidad (filtros verdes, bioelectrogénesis y otros sistemas)
- Actuaciones de evacuación de efluentes depurados y vertido fuera del MM:
  - Evacuación a través de emisario al mar Mediterráneo con las 3 posibilidades siguientes: Emisario IDAM-MCT o emisario EDAR San Pedro o construcción de un nuevo emisario con capacidad para EDAR+Efluentes de desalobradoras.
  - Colector de vertido cero al Mar Menor norte

2.2.6. Dirección General de Ordenación del territorio, Arquitectura y Vivienda

La Dirección General declara que en el ámbito de las competencias de ordenación del territorio no se observan inconvenientes a las propuestas formuladas en el documento.

2.2.7. Instituto de Turismo de la Región de Murcia

El Instituto de Turismo destaca la relevancia turística en cuanto a oferta hotelera y de playas con certificado de calidad como destino emblemático regional. Por ello se valora positivamente el proyecto por su efecto en la recuperación de la calidad de las aguas y el consiguiente mantenimiento del interés turístico.

2.2.8. Ayuntamiento de Torre Pacheco

El consistorio remite un informe del Concejal Delegado de Urbanismo, Medio Ambiente y Agricultura.

En él se informa que el término municipal cuenta con dos EDAR municipales ubicadas en los núcleos de Roldán y Torre Pacheco, la última cerca de la Rambla del Albujón. Dados los problemas en periodos de lluvia se propone instalar en la segunda un tanque de tormenta y reformar y ampliar la canalización de alcantarillado de entrada a la EDAR en la confluencia del Colector Norte y Sur.

También se señala la existencia de tres núcleos poblados dispersos sin red de saneamiento por lo que propone que se ejecuten los proyectos de colectores generales en esta zona sensible.

2.2.9. Oficina Española de Cambio Climático (OECC)

En relación a la adaptación al cambio climático, la OECC valora positivamente el proyecto por su efecto sobre la minimización de la eutrofización de las aguas incrementada con el auge de la temperatura por el Cambio Climático, la recarga del acuífero impedirá la intrusión marina por elevación del nivel del mar y la prevención de erosión en la cuenca y la instalación de tanques de tormenta reducirán los efectos de la precipitación extrema.

Se recomienda consultar el Plan Nacional de Adaptación al Cambio climático (PNACC), el informe C3E sobre efecto en la costa española, los escenarios regionalizados de la AEMET y los propuestos sobre los recursos hídricos por el CEDEX y el estudio sobre CC y flora española de 2011.

Se considera que el control de los vertidos en el Mar Menor atenuará las emisiones de gases de efecto invernadero y de las directas e indirectas de N_2O por los fertilizantes agrícolas. No obstante, se deberán calcular también las emisiones esperables derivadas de los consumos energéticos de las actuaciones propuestas.

2.2.10. Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar

Tras analizar la documentación se resalta lo siguiente:

- Contribución al cumplimiento de los objetivos ambientales de la Estrategia Marian de la Demarcación Levantino-Balear.
- Inclusión en el EsIA de las actuaciones directas o indirectas sobre el Mediterráneo.
- Se recuerda la presencia de espacios de la RN2000 en el entorno mediterráneo del Mar Menor: ZEPA ES000508 y ZEC ES6200048 por lo que se evaluarán los posibles efectos de forma precisa y actualizada.

- Se cumplirá la ley 41/2010 de protección del medio marino y la ley 22/1988 de Costas y su reglamento.
- En caso de dragado se seguirán las directrices de la Comisión Interministerial de Estrategias Marinas de acuerdo a su publicación en 2014.

2.2.11. Ecologistas en Acción

Se solicita la integración de los planteamientos del documento al procedimiento de EIA.

En primer lugar se critica la inadecuación de la aplicación de la EIA de proyectos a un planteamiento de soluciones estratégicas más cercano a la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE). No se analizan los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) de los Espacios Naturales Protegidos, ni los Planes de Gestión Integral, ni la declaración de vulnerabilidad a nitratos ni los Planes Generales de Ordenación Municipal (PGOM) de los municipios de la cuenca.

Respecto al diagnóstico se señala que no debe confundirse el vertido cero con el flujo cero, la poca atención a los caudales superficiales por precipitación, los flujos subsuperficiales y al papel de las avenidas, el análisis global de las fuentes puntuales y difusas de contaminación y todos los flujos, la falta de referencia a superficies de riego ilegales, la necesidad de una auditoría de los perímetros autorizados, número de desalobradoras, dotaciones procedentes de desaladoras públicas y privadas y de depuradoras, cuantificación de aportaciones de fertilizantes, vertidos de fitosanitarios y plásticos agrarios y al fracaso de las medidas de los Códigos de Buenas Prácticas Agrícolas (CBPA).

Las alternativas se consideran un mero listado sin jerarquía de posibles componentes sin estructura, objetivos, criterios o financiación. Otro tema clave es la reconsideración del uso de los aportes de drenajes para realimentación del riego o para su aporte natural a la laguna tras su depuración.

Desde Ecologistas en Acción se marcan las siguientes líneas de intervención:

- Atajar el descontrol del regadío en el Campo de Cartagena.
- Reducir la contaminación agraria en origen.
- Aplicar la amplia batería existente de medidas basadas en la naturaleza.
- Llevar a cabo actuaciones de recuperación de superficies naturales de humedal en las proximidades de la laguna.
- Aplicar una moratoria urbanística en el entorno del Mar Menor.

En relación a las medidas constructivas como el colector de drenajes y salmueras del Campo de Cartagena se indica una serie de problemas:

- Afecciones a vías pecuarias y espacios protegidos (LIC, parque regional).
- Vertido sobre LIC y ZEC.
- Intercepción de flujos naturales junto a otros antrópicos a los humedales
- Autorizaciones de desalobradoras y s y de sus vertidos de salmueras.
- Irregularidad de la saladora de Arco Sur
- EIA específica para vertido de salmuera a través de emisario actual de la EDAR

- Traslado de problemática del ámbito lagunar al marino con complicaciones jurídicas, técnicas y ambientales
- Irregularidad de los regadíos receptores de posibles dotaciones
- Acumulación de irregularidades en una obra ya en ejecución (falta de EIA, RN2000, tardanza de 20 años en obra de urgencia…)
- Ampliación de la restauración a las otras ramblas que suman el otro 50% aparte de la del Albujón

2.2.12. Plataforma Pacto por el Mar Menor

Se alega, como anteriormente, que el presente proyecto debería haber sido sometido a e Evaluación Ambiental Estratégica por corresponder a la definición contenida en los artículos 5 y 6 de la Ley 21/2013 de 9 de diciembre de evaluación ambiental y someterse a dicho procedimiento según el artículo 17 y siguientes de la Ley 21/2013. Por ello se solicita la reelaboración del Documento inicial de cara al cumplimiento de los requisitos del artículo 18 de la Ley 21/203 párrafo 1ª letras a), b) y c).

No obstante, en relación con los contenidos del EsIA se realizan las siguientes consideraciones:

- Incluir un Plan de prevención de avenidas dentro de la alternativa 6.
- Necesidad de un tanque de emergencias en la alternativa 8.
- Diagnóstico de todos los puertos deportivos y sus instalaciones en la alternativa 6.

Sobre el contenido mínimo del EsIA se menciona:

- Valoración del impacto socioeconómico de la alternativa cero sobre otros sectores productivos aparte del agrícola.
- Análisis y diagnóstico en la alternativa 3 de todas las redes de saneamiento y alcantarillado.
- Estudio hidrogeológico en la alternativa 4 para evaluar el estado actual del acuífero, diagnosticando las dotaciones y la legalidad de las mismas.
- En la alternativa 7 se debe caracterizar le impacto sobre el Mar Mediterráneo y de las infraestructuras terrestres sobre RN2000 y otros valores ecológicos.
- Estudio de toda la cuenca del campo de Cartagena con un estudio profundo sobre la ubicación de filtros de la alternativa 8 y el impacto de las nuevas tecnologías.

2.2.13. Grupo de Investigación de Ecosistemas Mediterráneos

El profesor de Ecología Miguel Ángel Esteve firma este informe en nombre del Grupo Investigador de la Universidad de Murcia. Sobre el documento se centra en tres aspectos:

- Procedimiento de evaluación: Elección inadecuada del procedimiento. Preferible la EAE dadas las alternativas estratégicas barajadas y el ámbito de planificación. No hay “screening” ni supuestos de proyectos dentro de la ley 21/2013
- Diagnóstico de la problemática del Mar Menor. Planteamiento hidrológico parcial centrado en vertidos. No se valora suficientemente el efecto de grandes avenidas en el lavado de cuenca. No se cuantifica suficientemente el regadío fuera de estadísticas oficiales. Esto deriva en una cuantificación errónea de consumos hídricos, pozos,

desaladoras, desalobradoras, salmueras, aportes de fertilizantes, biocidas y residuos de plásticos agrarios… Ausencia de referencias a la declaración de Zona Vulnerable hace 15 años y sus planes de actuación ineficaces desde entonces. Análisis limitado de vertidos urbanos.

- Necesidad de modelización y definición de alternativas: Falta de procedimiento de modelización con herramientas específicas para las distintas fuentes y tipos de contaminación al Mar menor y sus humedales **(Se adjunta el documento "Solución Integral para el Control de nutrientes en la Cuenca del Mar Menor").** Las 11 alternativas no son excluyentes sino complementarias. Esto no se ajusta a un análisis de alternativas bien definido. Se propone el análisis según el modelo Fuerzas motrices, presiones, estado, impacto, respuesta (FM-P-E-I-R) de la Agencia Europea de medio Ambiente (AEMA). Se aportan datos de partida para el esquema (entrada a la laguna de 1000 T de N/año de media incrementado por desalobradoras) y se plantean ejemplos de conjugación de medidas por diferentes porcentajes, la división en medidas comunes dentro de algunas alternativas o la evaluación coste efectividad.

2.2.13.1 Solución Integral para el Control de nutrientes en la Cuenca del Mar Menor

Este documento es una propuesta de anteproyecto redactada por profesores de las Universidades de Murcia, Florida, Politécnica de Cartagena y personal de la empresa MEDIODES. Se propone un plazo de 12 meses con un presupuesto estimado de 206.389€:

- Adaptación y aplicación del modelo hidrológico dinámico-espacial (EML), a la cuenca del Albujón.
- Valoración de medidas de actuación y definición de la solución integral para reducir ña entrada de nutrientes en la unidad del Albujón
- Viabilidad técnico-económica de la solución integral.

Se adjunta una presentación en inglés explicando el modelo SIG en la cuenca de la Región de Murcia y a la del Mar Menor y la aplicación de alternativas y su presupuesto a la cuenca de los Everglades del Sur de Florida.

2.2.14. Ayuntamiento de Cartagena

Posteriormente al traslado de consultas se recibió la correspondiente al Consistorio de Cartagena pese a que no estaba incluido en el envío de consultas previas.

Tras analizar las 11 alternativas se proponen los aspectos ambientales más significativos a considerar:

- Condiciones del Decreto Ley 1/2017 de 4 de abril posterior al documento inicial.
- Revisión de proyectos en fase de tramitación o ejecución (Inundaciones o desaladora) en la zona.
- Dotaciones procedentes de desaladoras para riego en tramitación.
- Ampliación de impactos a vertidos contaminantes de residuos mineros o procedentes de embarcaciones recreativas, a labores de conservación de playas o a infraestructuas costeras…
- Inclusión de pluviales en el análisis de redes de depuración y saneamiento.

- Ampliación del análisis de presión urbana a proyectos en tramitación y en ejecución a corto plazo.
- Referencia a otros contaminantes además del nitrato como plaguicidas, metales pesados o sedimentos.
- Impacto del emisario de EDAR Mar Menor Sur en cuanto a propiedad, permisos, estado de conservación y calidad de los vertidos actuales de la CR Arco Sur al ZEC ES6200048.
- Consulta al Ayuntamiento de La Unión.

El ayuntamiento solicita en sus conclusiones la inclusión de todos los aspectos expuestos anteriormente en el Estudio de Impacto Ambiental.

2.3. RESUMEN DE LAS INDICACIONES DADAS POR EL ÓRGANO AMBIENTAL AL PROMOTOR SOBRE LA AMPLITUD Y DETALLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL, Y SOBRE LAS ADMINISTRACIONES AMBIENTALES AFECTADAS.

Con fecha de 16 de febrero de 2017, la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural notificó a la Dirección General del Agua la amplitud y nivel de detalle del estudio de impacto ambiental, así como el traslado de consultas.

En el documento de alcance se requiere que el Estudio de Impacto Ambiental contemple los siguientes aspectos:

- Estudio exhaustivo de caudales superficiales y subterráneos de entrada al MM con cuantificación y caracterización físico-química y biológica en las distintas épocas del año.
- Origen de caudales naturales y antrópicos superficiales y subterráneos y mecanismos de transporte en MM y humedales con cooperación de organismos estatales y autonómicos.
- Medidas según administraciones, ámbito de planificación y normativa.
- Capacidad de carga de la cuenca receptora según sus valores ambientales.
- Medidas basadas en el diagnóstico y según sectores: agrícola, ganadero, urbano, turístico…
- Medidas sobre las causas con preferencia sobre la actuación en origen (Cuenca vertiente al MM) a su traslado de ámbito (Mar Mediterráneo)
- Salvaguarda del buen estado ecológico de las masas de agua como prioridad ante cualquier redirección de caudales.
- Aplicación del Protocolo y Estrategia de Gestión Integrada del Mar Menor.
- Capítulo específico de afección a espacios de RN2000 con apoyo en estudios de campo con la colaboración de sus gestores competentes.
- Coordinación con Plan de Gestión Integral de los Espacios Protegidos del MM y Franja Mediterránea de la CARM
- Compatibilidad con la Estrategia Marina de la Demarcación Levantino-Balear e informe favorable para cualquier actuación de la DG de Sostenibilidad de la Costa y el Mar.
- Consideración del informe C3E sobre Cambio Climático con análisis de sinergias y de las respuestas recibidas durante la fase de consultas previas.

2.4. APORTACIONES DE PROPUESTAS DE ACTUACIONES URGENTES DE LAS PARTES

Aparte de las consultas y el documento de alcance se han recibido tres documentos adicionales sobre propuestas de actuaciones urgentes de dos de los principales actores con opiniones divergentes sobre la gestión de la zona (asociaciones agrarias y ecologistas) a tenor de la puesta en marcha de la EIA de este proyecto.

2.4.1. Propuesta de actuaciones urgentes ante la situación medioambiental del Mar Menor (Asociaciones agrarias y de Pescadores).

Las organizaciones UPS, ASAJA, FECOAM, PROEXPORT, CRCC, SCRATS, CR Arco Sur, FAVCAC y Cofradía de Pescadores de San Pedro redactan y firman una propuesta de actuaciones urgentes.

En la situación actual se plantea que a 29 de mayo de 2017 aún se carecía del EsIA del proyecto, se mantenía la entrada de nutrientes a la laguna por el acuífero y la situación era límite por falta de recursos para riego.

Como bases para la estrategia integral se enuncian los siguientes:

- Simultanear y combinar actuaciones en origen con las globales.
- Aplicar el principio de corresponsabilidad.
- Inversión pública en I+D.
- Aplicación de medidas basadas en la naturaleza en la cuenca.
- Preservar el cumplimiento de las medidas de protección del Mar Menor.

A consecuencia de lo anterior se propone una serie de actuaciones de carácter urgente:

- Puesta en funcionamiento de los pozos y las desalobradoras particulares legales, así como de los pozos de sequía.
- Reparación y adecuación de los salmueroductos existentes y construcciones de nuevos.
- Autorización de todos los sondeos particulares sin generación de salmuera durante el periodo de sequía.
- Acometer nuevas tuberías de impulsión de drenajes en sustitución de las actuales.
- Realizar una instalación de una desnitrificadora para las aguas de dichos drenajes.
- Ampliación de la desalobradora del Mojón, incluida su red de drenaje y captación.
- Construcción de una emisario marino.
- Construcción de una batería de pozos y ampliación de la red de drenes.
- Agilización en la tramitación de la EIA de dos proyectos clave:
    - La conexión de tubería entre Rambla del Albujón y la desaladora de la CR Arco Sur.
    - La autorización de tratamiento de drenajes por parte de la EDAR Mar Menor Sur.

Finaliza la propuesta con cinco consideraciones finales:

- Puesta en marcha de medidas de la estrategia integral.
- Redacción de hoja programada de actuaciones.
- Materialización de las medidas del PHDS.
- Control medioambiental con ampliación de recursos.
- Coordinación entre administraciones.

2.4.2. Razones para no suscribir el documento "Propuesta de actuaciones urgentes ante la situación medioambiental del Mar Menor" firmado por las Organizaciones Agrarias (Ecologistas en Acción)

Con fecha de 6 de junio la asociación de Ecologistas en Acción de la Región Murciana firma un escrito donde critica el documento anteriormente citado y elaborado por las organizaciones agrarias, al considerar que carece de elementos y que incluye actuaciones que no resultan admisibles. Las razones se resumen en los cinco puntos siguientes.

- Ausencia de una visión integral.
- No concreción del principio de corresponsabilidad.
- No aceptación del principio de prevención y actuación en origen.
- Inclusión de actuaciones que pueden generar impactos ambientales negativos o cuyo buen funcionamiento está sujeto a enormes incertidumbres.
- Inclusión de actuaciones sobre las que existen serias dudas en cuanto a su viabilidad jurídica.

2.4.3. Propuesta de actuaciones urgentes ante la situación medioambiental del Mar Menor (Ecologistas en Acción)

Con la misma fecha del documento anterior la asociación de Ecologistas en Acción de la Región Murciana redacta otro informe donde plantea una propuesta de actuaciones urgentes.

El índice de contenido del documento es paralelo al de la primera propuesta de los agricultores. Tras plasmar en los dos primeros puntos unos antecedentes y una situación actual pasa a establecer unas bases para la estrategia en los que indica, un par de criterios generales (actuaciones en origen y principio de corresponsabilidad) y seis componentes de la estrategia integral que son:

- Contención y reordenación de la superficie de regadío.
- Búsqueda de alternativas hídricas para la adaptación de la producción agrícola a las circunstancias hidrológicas.
- Reducción en origen de la contaminación agraria.
- Aplicación de medidas basadas en la naturaleza en el conjunto de la cuenca.

- Recuperación de superficies de humedal natural en las proximidades de la laguna.
- Puesta en marcha de medidas para mitigar la contaminación por residuos mineros.

Seguidamente se plantean las actuaciones de emergencia siguientes:

- Puesta en funcionamiento de los pozos y las desalobradoras particulares legales con influencia medioambiental positiva sobre la disminución de nitratos y otros contaminantes, así como de los pozos de sequía.
- Reparación y adecuación de los salmueroductos existentes.
- Construcción y puesta en marcha del filtro verde junto a la Rambla del Albujón.
- Compromiso de que las actuaciones se realicen bajo la supervisión de agentes ambientales cualificados.
- En paralelo a las medidas de emergencia señaladas en el apartado anterior, se diseñarán y se pondrán en marcha cuanto antes las medidas de la estrategia integral.
- Coordinación, entre las distintas administraciones
- Desbloquear las actuaciones a corto plazo, y acelerar la adopción de medidas a medio y largo plazo con hoja de ruta programada.
- Control medioambiental efectivo

Finalmente se realizan unas consideraciones finales en 6 puntos correspondientes a la ampliación y profundización de estudios científicos y técnicos, zonificación y ordenación de la agricultura y al cumplimiento de medidas ya vigentes.

2.5. CONTENIDO DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL EN RELACIÓN CON LAS INDICACIONES DEL DOCUMENTO DE ALCANCE

El DA indica que el EsIA contendrá, al menos, la información que se requiere en el artículo 35.1 de la Ley 21/2013, en los términos desarrollados en el anexo VI de la citada ley, y contemplar, entre otros, los siguientes aspectos:

- ***Estudio exhaustivo de caudales superficiales y subterráneos de entrada al Mar Menor con cuantificación y caracterización físico-química y biológica en las distintas épocas del año.***

El estudio exhaustivo que se solicita requiere disponer de series temporales largas, que no existen todos los caudales de la cuenca y, aunque se han puesto en marcha distintas iniciativas de seguimiento, no es previsible disponer en un corto plazo de tiempo (compatibles con los plazos administrativos de un procedimiento de evaluación ambiental) de resultados.

No obstante, en el diagnóstico que acompaña este EsIA se ha hecho un exhaustivo análisis de la información disponible y de los numerosos estudios parciales realizados por diferentes grupos de investigación (Instituto Geológico y Minero, Universidades de Murcia, Universidad Politécnica de Cartagena, Instituto Euromediterráneo del Agua, Centro de Edafología y Biología del Segura…). Aun así, existen incertidumbres importantes sobre algunas cuestiones clave en cuanto a la entrada de caudales al Mar Menor:

a) Los volúmenes vertido procedentes de las desalobradoras de la Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena, que a su vez dependen de las extracciones del acuífero, gran parte de las cuales no están controladas. A efectos del diseño de soluciones para Mar Menor se podría estimar un volumen de entorno a los 20-25 hm^3/año con unos valores

de conductividad de 25.000 µS/cm, que equivale a 15,5 g/l, y una concentración de nitratos de unos 600 mg/l.

b) La descarga de aguas sub-superficiales y subterráneas desde el acuífero Cuaternario al Mar Menor. El Informe integral sobre el estado ecológico del Mar Menor (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, febrero de 2017), indica que *"(…)para el periodo 2000-2011, la descarga subterránea (fundamentalmente al Mar Menor, aunque en parte también al Mar Mediterráneo) podría alcanzar un 60% de la recarga (unos 68 hm3/año), si bien se manifiesta que son datos indirectos con una elevada incertidumbre en la cuantificación de todas las variables que componen el balance hídrico, y no se tiene en cuenta el bombeo en el acuífero Cuaternario. En cualquier caso, se considera que la descarga subterránea puede ser superior a las entradas superficiales generadas por escorrentía, estimadas en 8-12 hm3/año*." En el diagnóstico de la problemática del Mar Menor que acompaña el presente EsIA se han incorporado los datos y modelos más actuales. En cualquier caso, esta descarga implica un aporte de nutrientes y contaminantes significativo. El mismo Informe señala que *"(…)el contenido medio de nitratos en pozos del cuaternario cercanos al borde del mar (menos de 1 km del borde costero) supera los 200 mg/l."*

c) *Respecto a los caudales superficiales,* el Informe integral sobre el estado ecológico del Mar Menor (Comité de Asesoramiento Científico del Mar Menor, febrero de 2017), indica que *"(…) un flujo especialmente importantes es el de entrada directa a la alguna durante los episodios de lluvias intensas, como el ocurrido en diciembre de 2016, cuando gran cantidad de la contaminación agraria acumulada en la cuenca, junto con una carga elevada de sedimentos, es arrastrada y entra directamente a la laguna con los grandes caudales de avenida".* En el diagnóstico de la problemática del Mar Menor que acompaña el presente EsIA se han incorporado, por un lado los datos más recientes obtenidos con campañas de campo 2016 y 2017 por el Centro de Edafología y Biología del Segura (CEBAS-CSIC) que estima la descarga superficial o sub-superficial en flujo continuo en el borde litoral (unos 10 hm^3). Respecto a los fenómenos de avenidas se ha realizado una estimación del valor medio de aportaciones máximas en episodios de avenidas (24 hm^3/año)

En cualquier caso, se puede afirmar que existe un conocimiento general de la problemática que afecta al Mar menor en cuanto a los flujos hídricos como para plantear soluciones, al tiempo que se van realizando las investigaciones técnico-científicas necesarias encaminados al conocimiento más profundo de la problemática existente.

- ***Origen de caudales naturales y antrópicos superficiales y subterráneos y mecanismos de transporte de esos caudales hasta el Mar Menor y humedales periféricos, con cooperación de organismos estatales y autonómicos.***

La cuenca del Campo de Cartagena es un sistema profundamente antropizado. En relación a los caudales, puede afirmarse que, prácticamente su totalidad (a excepción de las lluvias) son de origen artificial, como pone de manifiesto el carácter permanente de la rambla del Albujón en su desembocadura, la aparición de manantiales y la dulcificación de los humedales litorales. La aportación de recursos externos a la cuenca (Trasvase Tajo-Segura), unido los bombeos de los acuíferos profundos y a los vertidos de las salmueras parece que ha llevado consigo una elevación del nivel freático, que favorece la descarga de un volumen significativo de agua contaminada a la laguna.

El diagnóstico que acompaña al presente EsIA incluye un capítulo relativo al sistema hídrico en el que se analiza y sintetiza la información aportada por los distintos organismos con

competencias en el ámbito de estudio del proyecto (entre ellos cabe destacar la Confederación Hidrográfica del Segura y diferentes unidades de la Comunidad Autónoma de La Región de Murcia), como aquellos otros organismos de investigación tales son el Instituto Geológico y Minero y el CEBAS-CSIC.

- ***Medidas de ahorro de agua en la agricultura y buenas prácticas agrarias, medidas para la gestión de la escorrentía urbana, nuevos tratamientos de depuración de vertidos, proyectos de filtros verdes, etc. así como la distinta normativa o plantificación territorial aplicable.***

En el análisis de alternativas del proyecto de "Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena" se han incluido específicamente entre las diversas actuaciones previstas, medidas de ahorro de agua en la agricultura y buenas prácticas agrarias, de la gestión de la escorrentía urbana, de tratamientos de depuración de vertidos y filtros verdes, además de otras de control de procesos erosivos y transporte de sedimentos, restauración hidrológica-forestal, mejora en los sistemas de saneamiento, gestión de residuos agrarios, gestión de deyecciones ganaderas, eliminación de vertederos, mejora en la integración ambiental de usos en la laguna, así como de la distinta normativa e instrumentos de planificación aplicable.

Entre la normativa e instrumentos de planificación aplicable que se han tenido en cuenta destacan, entre otros, los siguientes:

- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (Directiva Marco de Aguas)
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- Real Decreto 1/2016 de 8 enero, por el que se aprueba la revisión del Plan Hidrológico de la demarcación del Segura. (Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura 2015-2021)
- Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura.
- Directiva 96/61/CE del Consejo, de 24 de septiembre de 1996, relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación
- Orden de 16 de junio de 2016, de la Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente, por la que se establecen los programas de actuación sobre las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario en la Región de Murcia.
- Orden de la CARM de 3 de diciembre 2003 Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente por la que se aprueba el Código de Buenas Prácticas Agrarias
- Ley 1/2018, de 7 de febrero, de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor.
- Directiva 91/271/CEE, de 21 de mayo, sobre tratamiento de aguas residuales urbanas
- Plan de Saneamiento y Depuración de la Región de Murcia 2015-2025
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados

- Ley 4/2009, de 14 de mayo de Protección Ambiental Integrada de Murcia
- Directiva 2008/56/CE, de 17 de junio de 2008, por la que se establece un marco de acción comunitario para la política del medio marino (Directiva Marco sobre la estrategia marina).
- Ley 40/2010, de 29 de diciembre, de Protección del Medio Marino.
- Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.
- Ley 13/2015, de 30 de marzo, de ordenación territorial y urbanística de la Región de Murcia.
- Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.
- Estrategia marina para la demarcación levantino-balear
- Plan de gestión integral de los espacios protegidos del Mar Menor y la franja litoral mediterránea de la Región de Murcia (en fase de tramitación)
- Directiva 92/43/CEE de 21 de mayo, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres
- Directiva 2009/147/CE, de 30 de noviembre, relativa a la conservación de las aves silvestres.

- ***Capacidad de carga de la cuenca receptora de acuerdo a los valores ambientales que presenta y su funcionamiento. Serán claves el conocimiento de aspectos como, la hidrología, la geología y la ecología del Mar Menor, por lo que se considera conveniente la actualización de este conocimiento y, en su caso, el apoyo en proyectos de investigación en curso o previstos.***

La laguna del Mar Menor es un sistema modificado que ha sufrido en las últimas décadas, hasta el "colapso ambiental" del año 2015 en que se perdieron un 85% de las praderas marinas, una drástica transformación:

- Interconexión con el Mar Mediterráneo. El ensanche y dragado del canal de El Estacio en los años 70 supuso una variación en sus condiciones ambientales (salinidad y temperatura), en la tasa de renovación y en la entrada de nuevas especies (*Caulerpa prolifera*)
- Cambios e intensificación de usos en la cuenca, fundamentalmente una expansión de regadía (Trasvase Tajo-Segura, 1979) con incremento en el aporte de nutrientes a la laguna, procedentes de las actividades agrarias en la cuenca vertiente.
- Desarrollo turístico con la proliferación de intervenciones en la costa (puertos, espigones, regeneración de playas,…)

La capacidad de carga debería establecerse en función, no sólo de la capacidad de autodepuración del Mar Menor, aún por determinar por los diferentes equipos científicos que están estudiando la materia, sino del stock de nutrientes presente en el sistema.

Para la elaboración del diagnóstico que acompaña este EsIA se han analizado la información científica más reciente, fundamentalmente del Instituto Español de Oceanografía y la Universidad de Murcia.

- Ruiz J.M. et al., IEO Centro Oceanográfico de Murcia (COMU), Centro Oceanográfico de Málaga (COMA). "Programa de seguimiento de eutrofización en la laguna costera Mar Menor IEO, 2017".
- Ruzafa-Pérez, A. ;C. Marcos, Situación del Mar Menor Estados de referencia y situación actual. UMU (Universidad de Murcia).
- Ruzafa-Pérez, Valoración de la situación del Mar Menor. UMU (Universidad de Murcia) (2017-2018).
- J., García-Moreno, P., Carreño, F. y Ruiz, J.M. (2017). Evaluación del estado de conservación de las praderas de *Cymodocea nodosa* en la laguna costera del Mar Menor. 2014-2016. Informe del Instituto Español de Oceanografía y la Asociación de Naturalistas del Sureste. Murcia.

En cualquier caso, el escaso periodo de tiempo transcurrido desde la crisis eutrófica y la complejidad de los procesos hacen difícil predecir la evolución del estado ecológico del Mar Menor. Es necesario un periodo de tiempo más dilatado para afinar las predicciones y distinguir si los sucesos observados y los cambios producidos responden a una mejoría en el estado ecológico del Mar Menor o si por el contrario las fluctuaciones son una sucesión de acontecimientos que dirigen el ecosistema a un nuevo punto de equilibrio.

Se puede afirmar que la estabilidad ecológica y la capacidad de resiliencia del Mar Menor son limitadas en estos momentos, estando muy condicionadas por sucesos que puedan producir perturbaciones y aumentar el grado de estrés. Por lo tanto se hace necesario eliminar o minimizar los impactos que se producen sobre la Laguna, especialmente la introducción de nutrientes que posibilite una reducción de la turbidez, con el consecuente incremento de la disponibilidad lumínica a mayores profundidades y que de este modo el ecosistema sea capaz de aumentar su complejidad mediante su propia dinámica y alcanzar un mayor grado de madurez.

- ***Las alternativas que finalmente se analicen en el estudio de impacto ambiental tomarán de base el diagnóstico antes mencionado y establecerán las medidas a aplicar en cada uno de los sectores que intervienen como causa del estado de degradación de este espacio: agrícola, ganadero, urbano, turístico, etc.***

Fruto del diagnóstico realizado, se han analizado un conjunto de alternativas a aplicar en cada uno de los sectores que intervienen en el estado de degradación del Mar Menor. De hecho, esta circunstancia hace que el proyecto evaluado sea muy singular, ya que además de incluir un repertorio de actuaciones que conllevan el desarrollo de infraestructuras y que podrían generar impactos en el medio, se han incluido otras medidas de gestión que podrían contribuir a un cambio de tendencia en cuanto al aporte de nutrientes y otros contaminantes a la Laguna del Mar Menor (fundamentalmente son medidas que afectan al sector agrícola y ganadero).

En la siguiente tabla, se muestra el repertorio de actuaciones consideradas en el proyecto.

Tabla 2: Resumen de la problemática identificada en el diagnóstico y las actuaciones

<table>
<tr><th colspan="4">ACTUACIONES PARA RESOLVER LA LLEGADA DE CONTAMINANTES AL MAR MENOR PROCEDENTES DEL CAMPO DE CARTAGENA A TRAVÉS DE LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS</th></tr>
<tr><th colspan="2">Problemas</th><th colspan="2">Actuaciones para solucionar estos problemas</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Contaminantes</td><td rowspan="2">Aporte excesivo de fertilizantes</td><td colspan="2">1. Mejora de la fertilización mineral y orgánica</td></tr>
<tr><td colspan="2">2. Adaptación de modelo productivo</td></tr>
<tr><td>Deficiencias en instalaciones almacenamiento deyecciones</td><td colspan="2">3. Revisión y adecuación de las instalaciones de almacenamiento</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Subterráneas</td><td rowspan="4">Incorporación de contaminantes a aguas subterráneas

Sobreelevación del nivel freático por los retornos del regadío</td><td colspan="2">4. Establecimiento del régimen de explotación de la masa subterránea de agua</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Extracción de aguas subterráneas para el drenaje del acuífero cuaternario, tratamiento y utilización</td><td>5. Extracción directa para el drenaje del acuífero</td></tr>
<tr><td>6. Extracción por aprovechamiento mediante pozos</td></tr>
<tr><td colspan="2">7. Reducir al mínimo los retornos de agua de riego</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Superficiales</td><td rowspan="2">Procesos erosivos y transporte de sedimentos</td><td rowspan="2">Control procesos erosivos y transporte de sedimentos</td><td>8. Actuaciones a nivel de parcela</td></tr>
<tr><td>9. Actuaciones a nivel de cuenca</td></tr>
<tr><td colspan="2">10. Restauración hidrológico-forestal cuencas mineras</td></tr>
<tr><td>Desbordamiento de sistemas de saneamiento</td><td colspan="2">11. Mejora de los sistemas de saneamiento</td></tr>
<tr><th colspan="4">ACTUACIONES PARA RESOLVER OTROS PROBLEMAS CON INCIDENCIA EN LA SITUACIÓN DEL MAR MENOR</th></tr>
<tr><th colspan="2">Problemas</th><th colspan="2">Actuaciones para solucionar estos problemas</th></tr>
<tr><td colspan="2">Capacidad de depuración insuficiente de las EDAR</td><td colspan="2">12. Ampliación y mejora de los sistemas e instalaciones de depuración</td></tr>
<tr><td colspan="2">Deficiente gestión de residuos agrícolas</td><td colspan="2">13. Gestión de residuos agrícolas</td></tr>
<tr><td colspan="2">Deficiente gestión de las deyecciones ganaderas</td><td colspan="2">14. Gestión de deyecciones</td></tr>
<tr><td colspan="2">Concentración de explotaciones ganaderas intensivas</td><td colspan="2">15. Ordenación y dimensionamiento de la actividad ganadera a escala comarcal</td></tr>
<tr><td colspan="2">Contaminación por residuos sólidos urbanos</td><td colspan="2">16. Eliminación de vertederos en la masa de agua Rambla del Albujón</td></tr>
<tr><td colspan="2">Deficiente estado de la red de drenaje agrícola</td><td colspan="2">17. Adecuación y ampliación de sistemas de drenaje agrícola</td></tr>
<tr><td colspan="2">Contaminación cruzada entre acuíferos</td><td colspan="2">18. Clausura o adecuación de los pozos involucrados en la contaminación cruzada entre acuíferos</td></tr>
<tr><td colspan="2">Presiones por diferentes usos en la masa de agua</td><td colspan="2">19. Mejora en la integración ambiental de usos (navegación, turismo, pesca y actuaciones costeras</td></tr>
<tr><th colspan="4">ACTUACIONES PARA CONTRIBUIR A LA RECUPERACIÓN DEL MAR MENOR</th></tr>
<tr><th colspan="2">Problemas</th><th colspan="2">Actuaciones para solucionar estos problemas</th></tr>
<tr><td colspan="2">Alteración de las condiciones físico-químicas de la laguna</td><td colspan="2">20. Mejora de las condiciones físico-químicas de la laguna (golas, extracción sedimentos y bioextracción y restauración sumergida)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Alteración del estado ecológico de la laguna y de los hábitats asociados</td><td colspan="2">21. Recuperación de hábitats lagunares de gran valor ecológico</td></tr>
</table>

- ***Las medidas, en la medida de lo posible, deberían ir encaminadas a buscar la solución en origen de cada uno de los problemas identificados de cara a garantizar la sostenibilidad de la solución en el futuro, y probablemente implicará la ejecución de las mismas por administraciones diferentes.***

El problema que ha provocado el estado de degradación Mar Menor es la elevada entrada de nutrientes a la laguna procedente de la cuenca. Existe un consenso generalizado sobre que el origen de estos nutrientes deriva de la actividad agraria en el campo de Cartagena: dimensión del regadío, usos de fertilizantes, retornos del regadío y vertidos de salmueras, entre otros.

En el proyecto "Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena" se han incorporado un buen número de actuaciones que tratan de buscar una solución en origen, actuando sobre las prácticas agrarias:

1. Mejora de la fertilización mineral y orgánica
2. Adaptación de modelo productivo
3. Revisión y adecuación de las instalaciones de almacenamiento (de purines)

7. Reducir al mínimo los retornos de agua de riego

13. Gestión de residuos agrícolas

14. Gestión de deyecciones (ganaderas)

15. Ordenación y dimensionamiento de la actividad ganadera a escala comarcal

17. Adecuación y ampliación de sistemas de drenaje agrícola

Sin embargo, actuar sobre el sector agrario no es suficiente, a corto y medio plazo, para revertir el proceso de degradación del Mar Menor, debido a que el reservorio de nitrógeno en el acuífero seguiría contaminando la laguna. El Informe integral sobre el estado ecológico del Mar Menor indica que "(…) *el nitrato acumulado durante décadas en el acuífero debe superar las 300.000 toneladas, sin contar aquel que está presente en el suelo y en tránsito por la zona no saturada*".

Por ello, el proyecto incorpora una serie de actuaciones sobre el acuífero y las ramblas de la red de drenaje, así como la mejora en los sistemas de los sistemas de saneamiento y depuración, que tienen por objeto evitar la descarga, tanto subterránea como superficial, de flujos contaminados que previsiblemente tendrán una contribución positiva en el cumplimiento del objetivo "vertido cero" al Mar Menor en el corto y medio plazo.

Además, se contempla la alternativa de sustituir las captaciones individuales de agua subterránea por un sistema comunitario de bombeo, tratamiento y suministro, lo que garantizaría el uso de agua de calidad para el regadío. Esto, unido a unas prácticas agrarias adecuadas, supondría el cese de contaminación al acuífero cuaternario.

- ***Medidas sobre las causas con preferencia sobre la actuación en origen (cuenca vertiente al Mar Menor) a su traslado de ámbito (mar Mediterráneo).***

No se pretende el traslado del problema de la contaminación del Mar Menor al Mediterráneo. De hecho, en las actuaciones propuestas se contemplan los límites de vertido de contaminantes establecidos por la CARM. Todo vertido de tierras al mar debe contar con su preceptiva autorización y, si procede, con la correspondiente Evaluación Ambiental.

Por otro lado, para conocer el posible efecto del vertido sobre el Mar Mediterráneo adyacente, especialmente sobre la pradera de *Posidonia oceánica*, se ha realizado una modelización del vertido. Con unas condiciones de vertido del lado de la seguridad, tanto en volumen como en calidad, el comportamiento de la pluma es compatible con las praderas marinas.

En el modelo realizado, se observa que la evolución de la pluma de vertido muestra como la flotabilidad del efluente menos salino empuja los contaminantes hacia la superficie, apreciándose en superficie una mancha mucho más ancha y menos concentrada cerca del centro del penacho.

Los valores de la concentración cerca del fondo se reducen rápidamente a un 50% a menos de 50 m de la zona de difusores, y se hacen residuales a poco más de 1 Km o 1.5 Km, tanto en el fondo como en superficie.

Las corrientes obtenidas son débiles, con valores máximos que alcanzan los 25 cm/s en el fondo y los 30 cm/s en la superficie. De este modo, la evolución de la mancha en superficie muestra no sólo una extensión mayor sino que es arrastrada con mayor facilidad por el efecto del viento.

En ningún caso se aprecia que la mancha genere riesgo alguno sobre la zona de praderas de posidonia ya que ni en su aproximación hacia el NW ni hacia el SW (más extensa), los valores de concentración en el fondo o en superficie por ninguno de los contaminantes analizados supera valores de 0.1 mg/l a menos de 1 Km de la batimétrica -25.

- ***Cualquier alternativa encaminada a redirigir los caudales que hoy llegan a la laguna hacia la franja litoral, no deberá implicar una modificación de la masa de agua costera afectada que impidiese lograr su buen estado ecológico***

Los resultados de la modelización del vertido previsto en las alternativas del proyecto indican que éste no implica un cambio del estado ecológico de la masa de agua de la franja litoral que impida alcanzar el buen estado ecológico de la misma, o que implique un cambio en el estado de la misma.

En cualquier caso, el vertido estará supeditado a la correspondiente autorización por parte de la Comunidad Autónoma, y cumpliendo los límites establecidos por la misma, no implicará una afección tal que impida el buen estado ecológico.

- ***Elaborar un capítulo específico de afección a espacios de la Red Natura 2000. Coordinación con Plan de Gestión Integral de los Espacios Protegidos del Mar Menor y Franja Mediterránea de la CARM.***

Para evaluar la incidencia del proyecto sobre los espacios de la Red Natura 2000 se ha elaborado un capítulo específico identificando los elementos del medio afectados (hábitats y especies) y diseñando las medidas preventivas, correctoras o compensatorias que eviten o minimicen su afección. El análisis realizado se ha basado en la información oficial más actualizada.

Por otro lado, teniendo en cuenta que el Plan de Gestión Integral de los Espacios Protegidos del Mar Menor y Franja Mediterránea de la CARM (en tramitación) va a constituir el instrumento de gestión de los espacios de la Red Natura 2000 en buena parte del ámbito territorial del proyecto "Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor procedente del Campo de Cartagena", éste se ha tenido en cuenta, tanto para la caracterización de los espacios como para las diseño de las actuaciones y su correspondiente evaluación.

- ***Compatibilidad con la Estrategia Marina de la Demarcación Levantino-Balear e informe favorable para cualquier actuación de la DG de Sostenibilidad de la Costa y del Mar.***

El proyecto de "Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor procedente del Campo de Cartagena" que se plantee se someterá a informe por parte de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, como ya se ha hecho con el Documento Inicial.

- ***Consideración del Cambio Climático***

Se han considerado los escenarios climáticos regionalizados desarrollados por la Agencia Estatal de Meteorología y los estudios realizados por el CEDEX sobre el efecto del cambio climático en los recursos hídricos en la previsión de las dotaciones hídricas. De hecho se han realizado proyecciones para los escenarios de cambio climático específicamente para el Campo de Cartagena y la cuenca del Tajo (por el trasvase Tajo-Segura).