

APÉNDICE 17. DISEÑO DE LA RED DE RECOGIDA Y TRANSPORTE DE LOS RECHAZOS PROCEDENTES DE LAS DESALOBRAJAS DEL ÁMBITO REGABLE DE LA C.R.C.C. Y SU POSTERIOR TRATAMIENTO Y VERTIDO AL MAR MEDITERRÁNEO

APÉNDICE 18. ESTADO ACTUAL DE LA PRADERA DE *POSIDONIA OCEÁNICA*

APÉNDICE 19. EVOLUCIÓN RECIENTE MAR MENOR

APÉNDICE 20. EVALUACIÓN FINANCIERA DE LAS ACTUACIONES INCLUIDAS EN EL “ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL OBJETIVO CERO AL MAR MENOR PROVENIENTE DEL CAMPO DE CARTAGENA”

APÉNDICE 17.

DISEÑO DE LA RED DE RECOGIDA Y TRANSPORTE DE LOS RECHAZOS PROCEDENTES DE LAS DESALOBRAJADORAS DEL ÁMBITO REGABLE DE LA C.R.C.C. Y SU POSTERIOR TRATAMIENTO Y VERTIDO AL MAR MEDITERRÁNEO



ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

DISEÑO DE LA RED DE RECOGIDA Y TRANSPORTE DE LOS RECHAZOS PROCEDENTES DE LAS DESALOBRAJADORAS DEL ÁMBITO REGABLE DE LA C.R.C.C. Y SU POSTERIOR TRATAMIENTO Y VERTIDO AL MAR MEDITERRÁNEO



Comunidad de Regantes
Campo de Cartagena

Í N D I C E

ÍNDICE	2
01 RESUMEN EJECUTIVO	6
02 ANTECEDENTES	10
02.01 BALANCE HÍDRICO ACTUAL DE LA CRCC	10
02.02 ESTADO ECOLÓGICO DEL MAR MENOR	11
02.03 RED DE SALMUERODUCTOS ORIGINAL	12
03 PROMOTOR DEL ESTUDIO	15
04 OBJETO DEL ESTUDIO	16
05 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO	16
05.01 ÁMBITO GEOGRÁFICO	16
05.02 DESCRIPCIÓN	17
06 DATOS DE PARTIDA	18
06.01 RECURSOS SUBTERRÁNEOS DISPONIBLES	18
06.02 CONDICIONANTES MEDIOAMBIENTALES	20
06.03 OTROS CONDICIONANTES DE PARTIDA	21
07 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DEL ESTUDIO	22
08 RED DE SALMUERODUCTOS	25
08.01 HIPÓTESIS CONSIDERADAS PARA EL DISEÑO HIDRÁULICO DE LA RED	25
08.02 ANÁLISIS HIDRÁULICO	27
08.03 ELEMENTOS DE CONEXIÓN DE LA RED CON EL USUARIO	30
08.04 ELEMENTOS DE CONEXIÓN DE LAS REDES PRIMARIAS A COLECTOR PRINCIPAL	32
08.05 VALORACIÓN DE LOS COSTES DE INVERSIÓN	33
08.06 MATERIALES A EMPLEAR	34
09 TRATAMIENTO DE DESNITRIFICACIÓN DE LA SALMUERA	36
09.01 SITUACIÓN ACTUAL	36
09.02 HIPÓTESIS CONSIDERADAS	39
09.02.01 OPCIONES DE DIMENSIONAMIENTO	40
09.02.02 GRADO DE DESNITRIFICACIÓN	41
09.02.03 VALORACIÓN DE LOS COSTES DE INVERSIÓN	42
09.02.04 VALORACIÓN DE LOS COSTES DE EXPLOTACIÓN	45
COSTES FIJOS	45
COSTES VARIABLES	47
VOLÚMENES DE AGUA TRATADA	49
RESUMEN DE COSTES	50

10 PUNTOS DE VERTIDO	51
10.01 VIABILIDAD AMBIENTAL	51
10.02 EMISARIOS SUBMARINOS	53
11 SUPERFICIE NECESARIA	57
11.01 NECESIDADES DE ESPACIO	57
11.02 PUNTO DE VERTIDO NORTE	58
11.03 PUNTO DE VERTIDO SUR	58
11.04 VALORACIÓN DE LOS TERRENOS ADSCRITOS AL TRATAMIENTO	58
12 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS	59
12.01 ALTERNATIVA 0 (NO ACTUACIÓN)	59
12.02 ALTERNATIVA 80.1:	61
12.03 ALTERNATIVA 80.2:	61
12.04 ALTERNATIVA 80.3:	61
12.05 ALTERNATIVA 40.1:	62
12.06 ALTERNATIVA 40.2:	62
12.07 ALTERNATIVA 40.3:	62
13 VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS	63
14 PRIMERAS CONCLUSIONES	66
15 DESALOBRACIÓN SECUNDARIA	67
15.01 INFORMACIÓN PREVIA	67
15.02 BASES DE DISEÑO	68
15.03 CARACTERIZACIÓN DE AGUA BRUTA	68
15.04 CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE	69
15.05 COSTES DE INVERSIÓN	70
15.05.01 COSTES DE INVERSIÓN DE LA PLANTA MODULAR DE IASUR	70
15.06 COSTES DE EXPLOTACIÓN	71
15.06.01 CONSIDERACIONES INICIALES	71
15.06.02 COSTES FIJOS	73
15.06.03 COSTES VARIABLES	74
15.06.04 RESUMEN DE COSTES DE EXPLOTACIÓN	74
15.07 COSTE DE LOS TERRENOS NECESARIOS	75
15.08 RESUMEN DE COSTES	76
15.09 EFECTOS EN LA DESNITRIFICACIÓN	78
15.10 CONCLUSIONES	79
16 INCORPORACIÓN AGUA PRODUCTO AL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	80

16.01 IMPULSIÓN AGUA PRODUCTO PARA UNA CAPACIDAD DE 40.000 M3/DÍA	81
16.02 IMPULSIÓN AGUA PRODUCTO PARA UNA CAPACIDAD DE 80.000 M3/DÍA	83
17 SOLUCIÓN PROPUESTA	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos obtenidos de la Tabla 13 Anejo 6 del PHDS.....	10
Tabla 2: Datos obtenidos de la Tabla 25 Anejo 6 PHDS.....	11
Tabla 3: Ficha del Anexo I del Anejo 10 del PHDS 2015/21.....	14
Tabla 4: Estructura de la zona regable de la CRCC.....	16
Tabla 5: Recursos hídricos subterráneos considerados.....	20
Tabla 6: Cuadro resumen de las alternativas del estudio.....	24
Tabla 7: Distribución de demandas hídricas por meses	26
Tabla 8: Resumen de valoración del coste ejecución red hidráulica (capacidad 100%).....	34
Tabla 9: Resumen de valoración del coste ejecución red hidráulica (capacidad 50%).....	34
Tabla 10: Alternativas consideradas sobre tamaños de plantas de desnitrificación	41
Tabla 11: Alternativas consideradas sobre grados de desnitrificación	42
Tabla 12: Inversión estimada en función de la capacidad de la planta de desnitrificación.....	43
Tabla 13: Superficie plantas desnitrificación en relación a su tamaño	44
Tabla 14: Estimación del coste eléctrico fijo en plantas de desnitrificación en función de su capacidad	45
Tabla 15: Cálculo de Costes de personal en plantas de desnitrificación en función de su capacidad	46
Tabla 16: Resumen hipótesis de costes fijos en plantas de desnitrificación en función de su capacidad.....	46
Tabla 17: Alternativas consideradas sobre grados de desnitrificación	47
Tabla 18: Coste ácido acético, caso escenario e desnitrificación DN 1.....	48
Tabla 19: Resumen costes variables, caso escenario de desnitrificación DN 1.....	48
Tabla 20: Distribución mensual de caudales de salmuera.	49
Tabla 21: Volúmenes tratados en las plantas de desnitrificación.	49
Tabla 22: Ratio de coste fijo por m3 desnitrificado	50
Tabla 23: Ratio de coste Total por m3 desnitrificado.	50
Tabla 24: Alternativas de caudal para los emisarios.	55
Tabla 25: Valoración alternativas emisario Norte.....	55
Tabla 26: Valoración alternativas emisario Sur.....	56
Tabla 27: Superficie de las plantas desnitrificación en relación a su tamaño.	57
Tabla 28: Superficie total de las parcelas necesarias para cada alternativa.....	57
Tabla 29: Coste de adquisición de terrenos en función del tamaño de la planta y la ubicación.....	58
Tabla 30: Cuadro resumen de las alternativas del estudio.....	63
Tabla 31: Desnitrificación. Resumen de costes (incluida la amortización de las inversiones).....	64
Tabla 32: Análisis tipo para el diseño de la instalación desalobración secundaria.	69

Tabla 33: Caracterización química del efluente en desalobración secundaria	70
Tabla 34: Costes de inversión desalobración secundaria. Instalación SIN desnitrificación previa.....	70
Tabla 35: Costes de inversión desalobración secundaria. Instalación CON desnitrificación previa.....	71
Tabla 36: Desalobración secundaria. Relación entre el tamaño de la planta y el factor de funcionamiento .	72
Tabla 37: Desalobración secundaria. Costes fijos en función del tamaño y caudal.....	73
Tabla 38: Desalobración secundaria. Costes fijos en función del tamaño y el caudal.....	74
Tabla 39: Desalobración secundaria. Costes de explotación. Instalación CON desnitrificación previa.	75
Tabla 40: Desalobración secundaria. Relación entre el tamaño de la planta y el factor de funcionamiento.	75
Tabla 41: Costes de inversión desalobradoras SIN desnitrificación previa.	76
Tabla 42: Costes de amortización desalobradoras SIN desnitrificación previa.	76
Tabla 43: Cálculo de Tarifa Fija para desalobración SIN desnitrificación previa.....	76
Tabla 44: Costes totales para desalobración SIN desnitrificación previa, con y sin amortización.	77
Tabla 45: Costes de inversión desalobradoras CON desnitrificación previa.	77
Tabla 46: Costes de amortización desalobradoras CON desnitrificación previa.....	77
Tabla 47: Cálculo de Tarifa Fija para desalobración CON desnitrificación previa.	77
Tabla 48: Costes totales para desalobración CON desnitrificación previa, con y sin amortización.	78
Tabla 49: Coste ácido acético, caso grado de desnitrificación DN 3	79

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Área regable CRCC.....	15
Ilustración 2: Mapa procedente de: caracterización de las fuentes de contaminación de aguas subterráneas mediante técnicas multisotópicas.	18
Ilustración 3: Ubicación Pozos considerados en este estudio.....	20
Ilustración 4: Representación esquemática de un punto de conexión al usuario.....	31
Ilustración 5: Representación esquemática de un punto de conexión red primaria a red principal.....	32
Ilustración 6: Mapa de concentración de nitratos en puntos de la red de calidad. Promedio Nitratos 2007-2008.....	37
Ilustración 7: Reacción de oxidación (nitrificación) y de reducción (desnitrificación) que tienen lugar en el proceso de tratamiento NDN.....	38
Ilustración 8: Desnitrificación. Relación entre tamaño de planta y ratio de inversiones necesarias.	43
Ilustración 9: Desnitrificación. Superficie. EDARes en relación a su capacidad de tratamiento.	44
Ilustración 10: Atlas de las praderas marinas de España. Elaboración: IEO	51
Ilustración 11: Vista Emisario Norte	52
Ilustración 12: Vista Emisario Sur.....	53
Ilustración 13: Cuadro resumen de las alternativas del estudio.	59

01 RESUMEN EJECUTIVO

La búsqueda de soluciones que compatibilicen la explotación de los recursos hídricos subterráneos con la influencia que esta práctica ejerce sobre la calidad del agua del Mar Menor lleva a la **Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena (CRCC)** a realizar el encargo a **Arada Ingeniería, S.L.** de la elaboración de un ESTUDIO DE ALTERNATIVAS para el “**DISEÑO DE LA RED DE RECOGIDA Y TRANSPORTE DE LOS RECHAZOS PROCEDENTES DE LAS DESALOBRAJAS DEL ÁMBITO REGABLE DE LA C.R.C.C. Y SU POSTERIOR TRATAMIENTO Y VERTIDO AL MAR MEDITERRÁNEO**”

En consecuencia, el presente estudio analiza desde los puntos de vista técnico, ambiental y económico el diseño de un sistema de recogida, tratamiento y vertido de salmueras procedentes de la desalobración de los recursos extraídos de los acuíferos de la Masa de Agua subterránea “Campo de Cartagena” (070.052). Dicha extracción se produce a través de pozos que disponen de aprovechamientos autorizados e inscritos en el registro de aguas de la CHS y que se localizan sobre el ámbito geográfico de la CRCC.

Estos recursos subterráneos suponen un total de **67,1 hm³ anuales**, cantidad muy significativa en relación a los recursos totales disponibles de la CRCC pero con una baja aptitud para el uso agrícola, dado su alto contenido en sales en la mayoría de las zonas. El empleo de estas aguas subterráneas, sin un tratamiento previo de desalobración o una mezcla con otros recursos de mayor calidad, provocaría una paulatina degradación del suelo, con el correspondiente deterioro de su estructura, fertilidad y, en definitiva, capacidad productiva.

Esta circunstancia ha provocado la proliferación en los últimos años de numerosas instalaciones de desalobración, de carácter privado, extendidas de forma diseminada por el campo de Cartagena.

A la fecha de hoy dichas instalaciones se encuentran paradas, ya que la CHS ha desmantelado gran parte de las redes de salmueroconductos existentes que, por su precariedad o mal funcionamiento, estaban produciendo vertidos incontrolados de salmuera que acababan llegando al Mar Menor, con las consecuentes afecciones sobre la laguna.

Esta situación impide que buena parte de los aprovechamientos subterráneos autorizados puedan ser utilizados mientras no se disponga de una solución global que permita una adecuada gestión de la salmuera, que es lo que se analiza en el presente estudio. Esta solución debe concluir con un vertido autorizado al Mar Mediterráneo.

Debe saberse que gran parte de lo abordado en este estudio forma parte de una actuación recogida como “**de interés general**” en la **DISPOSICIÓN ADICIONAL Vigésima octava** de la **Ley 26/2009**, de 23

de diciembre, de Presupuestos Generales del Estado para el año 2010.

Además, el **Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura PHD 2015/21**, en su Programa de Medidas que se deben adoptar para alcanzar los objetivos de la planificación Hidrológica, incluye la **medida 283** denominada **“Construcción de Salmueroductos que recojan los vertidos de la desalinizadoras privadas del Campo de Cartagena”** lo que permite afirmar que existe amparo legal y administrativo a las propuestas que posteriormente se exponen en este estudio de alternativas.

Por otro lado, otras instituciones como el Instituto Geológico y Minero de España han publicado estudios que recomiendan incrementar de forma controlada los bombeos en el acuífero cuaternario como actuaciones conducentes a mitigar y reducir la transferencia subterránea de nitratos y otros contaminantes al Mar menor. La constante recarga del acuífero, con retornos de riego, aumenta el nivel piezométrico si no se producen extracciones, favoreciendo el gradiente hidráulico entre las dos masas de agua y contribuyendo a aumentar la contaminación difusa de la laguna salada.

Así pues, la puesta en marcha de los pozos y desalobradoras existentes, en unas condiciones de funcionamiento adecuadas (captación, tratamiento y vertido de salmuera), compatibilizaría el uso agrícola de los recursos subterráneos con un impacto positivo sobre la calidad del agua del Mar Menor.

Como datos globales de partida para elaborar este Estudio de Alternativas hemos considerado que el proceso de desalobración en origen (desalobración primaria) genera un **25 %** de salmuera cuyo destino debe ser el vertido al Mar Mediterráneo. La caracterización de esta salmuera muestra, por lo general, altos contenidos en Nitratos, por lo que se requiere un tratamiento de **desnitrificación** previo a su vertido final. En este estudio se considera el límite de la concentración de nitratos en **85 mg/l** por prescripción de la administración regional competente en Medio Ambiente.

El tratamiento considerado para la desnitrificación ha sido mediante la **digestión biológica con aporte de materia orgánica** (Ácido Acético), si bien dejamos constancia en este informe de los estudios llevados a cabo recientemente por la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), a través de su Cátedra de Agricultura Sostenible para el Campo de Cartagena, acerca de un sistema de desnitrificación a realizar por cada usuario “en origen” mediante biorreactores de madera (astillas de cítricos). Dicho tratamiento podría contribuir a reducir notablemente el contenido de nitratos en la salmuera inyectada en la red, lo que reduciría ostensiblemente los costes de explotación considerados en el estudio.

En el estudio también se ha analizado la implementación de una desalobración secundaria, previa o posterior al tratamiento de desnitrificación, para recuperar parte de esa salmuera como agua de

riego, dado que su contenido en sales sigue siendo inferior al del mar y podría intuirse un coste más competitivo respecto a la desalinización marina. En este caso, el ratio de recuperación considerado ha sido del 45 % y requeriría de una impulsión del agua producto al canal de Trasvase para su distribución posterior.

En resumen, el presente estudio plantea el diseño a las siguientes infraestructuras:

- Diseño de la red de captación y transporte hasta los puntos de tratamiento.
- Diseño de las plantas de tratamiento de desnitrificación.
- Diseño de emisarios para el vertido al mar Mediterráneo del efluente.
- Implementación de tratamiento adicional de desalobración secundaria y de las actuaciones que se derivan de esta solución (impulsión al Canal del Trasvase del agua producto).

Para dimensionar estas infraestructuras establecemos los siguientes criterios:

- La incertidumbre que todavía se tiene sobre los volúmenes de agua susceptibles de ser tratados y evacuados lleva a considerar una envolvente máxima y otra mínima, atendiendo a la totalidad (100 %) de los aprovechamientos subterráneos disponibles o a la mitad (50 %). Las premisas de partida para ambos casos consideran una concentración en el mes de máxima demanda del 14,4 % de los volúmenes anuales y de un periodo de funcionamiento diario de 12 horas, dando lugar a dos escenarios de **80.000 y 40.000 m³/día** de caudales máximos para el diseño de la red de captación y transporte, las estaciones de desnitrificación y los emisarios submarinos. Estos datos coinciden con las demandas hídricas y su distribución temporal.
- Los posibles puntos de vertido al mar Mediterráneo requerirán de la ejecución de emisarios submarinos que permitan el vertido de salmuera adecuadamente tratada de tal forma que se produzcan impactos compatibles con el medio marino. Ello nos lleva a proponer en el estudio dos posibles localizaciones: una al norte de la CRCC, en **El Mojón**, utilizando un emisario de 5 km, y otra al sur, junto a **Cabo de Palos**, mediante un emisario de 2,1 Km. de longitud.
- Los dos puntos de vertido posibles conllevan tres posibles alternativas para el diseño del sistema: un sistema que disponga de una única salida al norte, una única salida al sur, o una doble salida por el norte y por el sur.

Para el dimensionado de las infraestructuras de desalobración se ha contado con una empresa

especializada en este tipo de procesos IASUR, S.L. En el caso del diseño de los emisarios submarinos se ha contado con la experiencia de INCREA, S.L.

Se han justificado las soluciones empleadas para las distintas alternativas, llegando a valorar los costes de inversión para cada una de ellas y los costes de explotación de los tratamientos a realizar. Para ello se ha considerado periodos de vida útil de 20 años para la desalobración (mayor presencia de equipos electromecánicos) y 30 años para el resto de infraestructuras (obra civil, principalmente).

Las conclusiones principales del estudio de alternativas son las siguientes:

1. Diseñar las infraestructuras para poder aprovechar el **100 %** de los recursos subterráneos disponibles implica inversiones muy cuantiosas (entre **128** y **136** millones de €) aunque permitirían utilizar **50 hm³/año** de agua para riego de calidad.
2. El diseño para aprovechar el **50 %** supone inversiones más asumibles (entre **83** y **76** millones de €) permitiendo aprovechar **25 hm³/año** de recursos subterráneos con buena calidad agronómica.
3. Los costes de la desnitrificación oscilan entre los **55** y los **60 céntimos** de € por cada m³ de salmuera inyectada en la red (incluyendo los costes de amortización de la inversión).
4. No se aprecian ventajas significativas en los costes unitarios (por m³ de salmuera) por aprovechamiento de las economías de escala.
5. Cualquier alternativa que implique vertido en la zona Sur (Cabo Palos) es incompatible con una desalobración secundaria, dada la impulsión necesaria del agua recuperada y la gran distancia existente hasta el Canal del Trasvase.
6. Los costes de la desalobración secundaria resultan similares a los actuales para la desalinización marina.
7. Resulta razonable pensar que tanto la red de captación de salmuera como los emisarios submarinos deben construirse sobredimensionados (considerando los máximos volúmenes previstos) para poder asumir circunstancias futuras cambiantes o no conocidas en la actualidad. Por contra, parece conveniente hacer un diseño modulado de los sistemas de tratamiento, empezando por capacidades más pequeñas para ir ampliándose en función de las necesidades, adaptándose a nuevos desarrollos tecnológicos y basándose en la experiencia progresivamente adquirida.

02 ANTECEDENTES

La escasez de recursos hídricos para cubrir las demandas de agua de riego, provocada por los años de sequía precedentes, junto con el empeoramiento de la calidad de las aguas del Mar Menor, motiva a la **Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena (CRCC)** a promover este estudio.

Su objetivo, la búsqueda de propuestas viables técnica, ambiental y económicamente, con la intención de compatibilizar el aprovechamiento de los recursos subterráneos disponibles con la eliminación de las causas que, desde la actividad agrícola, pudieran afectar a las condiciones ambientales de la laguna salada.

Los acuíferos del campo de Cartagena almacenan recursos hídricos en cantidades elevadas si se comparan con el resto de los recursos disponibles, si bien, su alta conductividad y la presencia de nitratos merman su calidad para el uso agrícola y contribuyen a la contaminación difusa de la masa de agua del Mar Menor.

Cómo aprovechar estos recursos para la agricultura, sin afección ambiental para la laguna, exige plantear varias propuestas sobre su gestión, transporte, tratamiento y vertido.

Ante este escenario la CRCC promueve la redacción del presente **Estudio de Alternativas**, a fin de disponer de un documento base donde se exponen, analizan y evalúan un número de propuestas tales que permitan la toma de decisiones ante los problemas planteados.

02.01 BALANCE HÍDRICO ACTUAL DE LA CRCC

El PLAN HIDROLÓGICO DE LA DEMARCACIÓN DEL SEGURA 2015/21 incorpora, en su ANEJO 6, las demandas agrarias y el déficit hídrico de cada Unidad de Demanda Agraria (**UDA**). Las correspondientes al regadío del Campo de Cartagena se designan como, **UDA's 58 y 75**, y los datos que aparecen en dicho Plan son reproducidos a continuación para los escenarios temporales de **2015** y **2021**.

UDA		Escenario 2015. Serie corta	
		(hm ³ /año)	
		Demanda Bruta	Déficit Total
58	Regadíos redotados en ZRT Campo Cartagena	131,8	52,5
75	Cota 120 Campo Cartagena	39,4	2,7
		171,2	55,2

Tabla 1: Datos obtenidos de la Tabla 13 Anejo 6 del PHDS.

		Escenario 2021. Serie corta	
		(hm ³ /año)	
UDA		Demanda Bruta	Déficit Total
58	Regadíos redotados en ZRT Campo Cartagena	131,8	52,5
75	Cota 120 Campo Cartagena	39,4	1,4
		171,2	53,9

Tabla 2: Datos obtenidos de la Tabla 25 Anejo 6 PHDS.

Parte de los recursos considerados proceden de las aguas subterráneas del Campo de Cartagena (a día de hoy se encuentran inscritos con derecho de aprovechamiento unos 49,9 hm³/año, que sumados a los 17,1 hm³/año procedentes de los pozos de sequía solicitados, resultan un total de **67 hm³/año**), suponiendo un volumen muy importante dentro de los recursos disponibles totales.

Ahora bien, su baja calidad en cuanto a los parámetros físico-químicos, hace que su aprovechamiento quede muy limitado para la mayoría de los cultivos. Una alta conductividad eléctrica hace que su aprovechamiento sólo sea posible, en la mayor parte de los casos, con un tratamiento previo de desalobración o mezclando con otras fuentes de mejor calidad.

Esto implica que el déficit real sea aún mayor que el reflejado en el Plan de Cuenca. Además, su valor también es variable en función de la disponibilidad de recursos procedentes del trasvase Tajo-Segura que, en los periodos de sequía como los que se han producido en el último año, apenas aporta volúmenes trasvasados.

02.02 ESTADO ECOLÓGICO DEL MAR MENOR

El Mar Menor y toda su zona de influencia se caracteriza por presentar un gran dinamismo socioeconómico con una gran confluencia de actividades como la agricultura, el turismo, la pesca, antiguas explotaciones mineras, etc. Estas actividades han operado como fuerzas motrices generadoras de presiones que han acabado generando impactos en la laguna salada durante décadas:

- La puesta en marcha de una agricultura intensiva de regadío con la llegada en 1979 de las aguas del Trasvase ha incrementado los vertidos de aguas agrícolas y la entrada de nutrientes al Mar Menor. De manera superficial por la escorrentía, principalmente a través de la Rambla del Albuñón, y de manera subterránea.
- El desarrollo urbano-turístico ha dado lugar a un importante volumen de aguas residuales, parte del cual se ha vertido al Mar Menor hasta fechas muy recientes, aportando contaminación orgánica y de nutrientes.

- Las actuaciones de dragados y rellenos de terrenos para la generación de nuevas playas, junto con la construcción de paseos marítimos y puertos han dado lugar a la modificación de las características de los fondos de la laguna y las comunidades asociadas, produciendo una sustitución de los fondos arenosos por fondos fangosos
- El canal de El Estacio fue dragado y ensanchado en 1973, esta actuación ha producido el mayor impacto ecológico en el Mar Menor hasta la masiva entrada de nutrientes por la rambla del Albuñón en los años 90. El incremento en las tasas de renovación del agua produjo una reducción de la salinidad, lo que permitió la colonización de nuevas especies marinas.

Además, gran parte de los acuíferos subterráneos del Campo de Cartagena presentan una elevada concentración de nitratos. La extracción de este recurso a través de pozos para alimentar las instalaciones de desalobración provocaba que el rechazo del tratamiento (salmuera) contuviera concentraciones aún mayores de estos nitratos. De ahí su carácter nocivo en caso de llegada incontrolada, directa o indirectamente, hasta el Mar Menor.

La consecuencia más evidente de todos estos impactos ha sido el notable empeoramiento de la calidad de sus aguas, que ha conducido a su progresiva eutrofización y a alteraciones de sus hábitats y su biodiversidad.

02.03 RED DE SALMUERODUCTOS ORIGINAL

Otro de los factores que ha podido contribuir a generar este deterioro ha sido la existencia de un sistema de recogida de las salmueras de diversas instalaciones de desalobración distribuidas por el Campo de Cartagena cuyo deficiente estado provocaba roturas y vertidos que acababan llegando a la laguna a través de las ramblas.

La red para recogida de salmueras fue construida, junto con las instalaciones de transporte y tratamiento en el Mojón, en San Pedro del Pinatar, en la última década del siglo XX por la Confederación Hidrográfica del Segura (en adelante, CHS), en un proyecto que fue denominado *“PROYECTO DE DESAGÜES QUE CONTEMPLAN LA RED DE LA ZONA REGABLE DEL CAMPO DE CARTAGENA.”*

En junio de 2016 se publicó en el Boletín Oficial del Estado (BOE) una notificación del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, en la que se ordenaba a la CHS a que llevara a cabo la clausura de las conducciones del proyecto mencionado anteriormente.

Un inadecuado funcionamiento de esta red obligó a intervenir puntualmente a la CHS mediante sellados y obturaciones en dichas conducciones pero, finalmente, llevó a cabo el desmantelamiento

de la mayor parte de la red construida previamente.

Sin una red que reúna las necesarias condiciones técnicas para garantizar la recogida de los efluentes de salmuera de las desalobradoras del Campo de Cartagena, su transporte, el tratamiento y su posterior vertido al mar Mediterráneo, no es posible el aprovechamiento de gran parte de las aguas subterráneas de los acuíferos, lo que equivaldría a renunciar a este recurso en una zona con importante déficit hídrico, así como a obtener las autorizaciones de vertido que posibilitarían la legalización de dichas instalaciones.

Debe saberse, además, que se trata de una actuación recogida como “de interés general” en la Ley 26/2009, de 23 de diciembre, de Presupuestos Generales del Estado para el año 2010:

“DISPOSICIÓN ADICIONAL Vigésima octava. Declaración de interés general de determinadas obras de infraestructuras hidráulicas con destino a la recuperación y gestión medioambiental de los recursos hídricos, mejora de la garantía de los usos y gestión de los riesgos frente a sequías e inundaciones.

- Recogida y eliminación de las salmueras procedentes de la red de desalobradoras del Campo de Cartagena y su vertido al Mar Mediterráneo.”

De hecho, en el Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura 2015/21 (en adelante PHDS 2015/21) se revisa y actualiza el contenido del PHDS 2009/15, conteniendo un Programa de Medidas que se deben adoptar para alcanzar los objetivos de la planificación Hidrológica, encontrándose entre ellas la que se contempla en el presente estudio:

DATOS BÁSICOS DE LA MEDIDA					
COD.	283	NOMBRE	Construcción de salmueroconductos que recojan los vertidos de las desalinizadoras privadas del Campo de Cartagena.		
GRUPO	Atención de las demandas				
CARÁCTER DE LA MEDIDA:					Complementaria
v) controles de emisión,					
CLASIFICACIÓN IPH	01.01.04	Construcción y mejora o reparación de colectores y bombeos de aguas residuales			
CLASIFICACIÓN KTM	01	Construcción o mejora de plantas de tratamiento de aguas residuales			
ART. DMA	v	ART. RPH	45; 55	INTERÉS GENERAL	NO
ORIGEN	Medida PHCS 09/15				
ÁMBITO TERRITORIAL					
ÁMBITO DE AFECCIÓN			Actuación específica		
PRESENCIA DE LA MEDIDA (PESOS) EN LAS CCAA	REGIÓN DE MURCIA	COMUNIDAD VALENCIANA	CASTILLA LA MANCHA	ANDALUCÍA	
	1.00	0.00	0.00	0.00	
COSTES PREVISTOS					
COSTE INVERSIÓN (€)	20,344,828	COSTES EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO (€)	244,138	COSTE ANUAL EQUIVALENTE (€)	1,191,194
COSTE INVERSIÓN HORIZONTES (€)	ANTES 2016	2016-2021	2022-2027	POST.2027	
	0		20,344,828		
HORIZONTE	2022-2027	ESTADO ACTUAL DE EJECUCIÓN			
No iniciado					
ADMINISTRACIONES COMPETENTES - FINANCIACIÓN					
AGENTE					FINANCIACIÓN (%)
Usuarios-					100
FONDO UE					FINANCIACIÓN (%)
Sin fondos europeos					
PRESIONES ELIMINADAS O MITIGADAS POR LA APLICACIÓN DE LA MEDIDA					
Fuentes puntuales - Vertidos industriales de plantas No IED					
PLANES QUE CONTEMPLAN LA MEDIDA					
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA					
Ejecución de una red de salmueroconductos que recojan los vertidos de salmuera de las desalinizadoras privadas del Campo de Cartagena, para su vertido posterior al Mar Mediterráneo.					

Tabla 3: Ficha del Anexo I del Anejo 10 del PHDS 2015/21

03 PROMOTOR DEL ESTUDIO

Este estudio está promovido por la Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena (CRCC), cuyos datos son los siguientes:

- Presidente: D. Manuel Martínez Madrid.
- C.I.F: G-30.607.345
- Dirección: Paseo Alfonso XXII, 22. (Palacete del Regidor), 30201 Cartagena.
- Teléfono de contacto: 968 51 42 00
- Correo electrónico: mariano.soto@crcc.es

Esta comunidad fue constituida en 1952 y dispone, en la actualidad, de una superficie regable de 41.920 ha, contando con 9.678 comuneros.

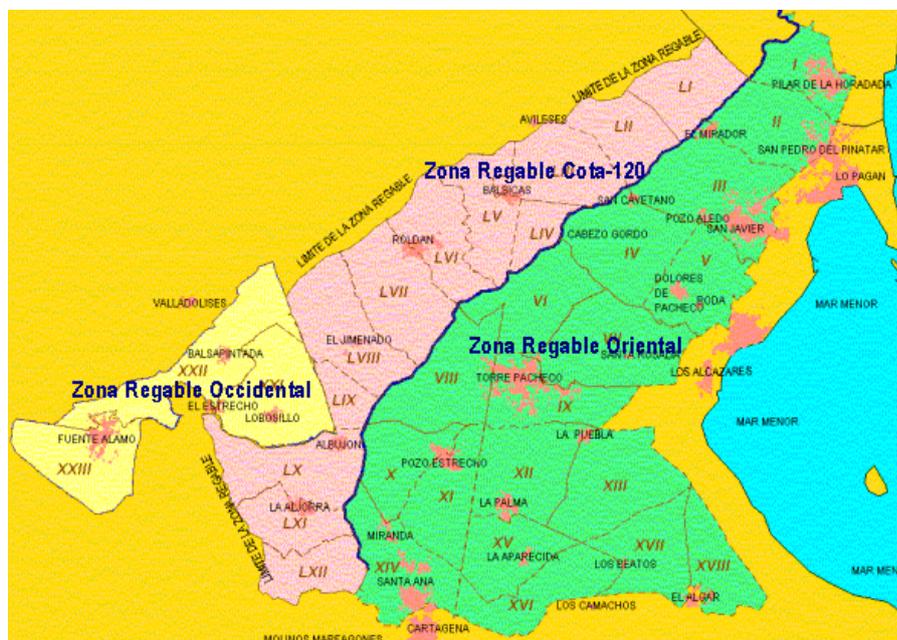


Ilustración 1: Área regable CRCC

Gran parte de las instalaciones de desalobración mencionadas anteriormente pertenecen a comuneros de la CRCC, las cuales permiten aprovechar los recursos provenientes de los acuíferos del campo de Cartagena. De ahí la lógica preocupación de los representantes de dicha comunidad por buscar soluciones viables a esta problemática situación, conscientes de que cualquier propuesta deberá satisfacer un compromiso medioambiental.

Como se ha visto en el capítulo anterior, se trata de una actuación que debería ser promovida por la administración pública estatal. Sin embargo, dada la urgencia de las circunstancias, ha sido la CRCC la que ha decidido tomar la iniciativa, comenzando con este estudio de alternativas.

04 OBJETO DEL ESTUDIO

Consiste en el análisis de las alternativas de mayor viabilidad técnica, económica y ambiental para dar solución a la recogida de vertidos de salmuera de las numerosas desalobradoras del campo de Cartagena, el transporte, el tratamiento de desnitrificación y/o recuperación (si se considerara oportuno) y su posterior vertido al mar Mediterráneo a través de emisarios submarinos.

El principal objetivo que se persigue es posibilitar el aprovechamiento de un recurso hídrico subterráneo cuyas condiciones actuales de calidad impiden su utilización directa sin un tratamiento previo de desalobración o mezclando con otras fuentes de mayor calidad, contribuyendo además a reducir el nivel freático del acuífero y, por tanto, la contaminación difusa por nitratos del Mar Menor.

05 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

05.01 ÁMBITO GEOGRÁFICO

La Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena (CRCC) se ubica en la Comarca del Campo de Cartagena.

ZONAS	SUPERFICIE REGABLE (HA)	SUPERFICIE REGADA (HA)	PARCELAS	PROPIETARIOS	REGANTES
Zona Regable Oriental	24.492	22.431	14.745	6.154	2.967
Zona Regable Occidental	5.136	4.453	3.139	1.389	599
Zona Regable Cota-120	12.006	11.166	6.313	2.570	1.571
Zona Integración EDARs	287	269	49	22	15
Total	41.920	38.319	24.246	9.678	4.719

Tabla 4: Estructura de la zona regable de la CRCC

El ámbito geográfico al que se circunscriben las actuaciones que se contemplan es el correspondiente a las zonas regables de la CRCC. Tanto la red hidráulica como las plantas para el tratamiento se ubicarán dentro de este ámbito.

Actualmente 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.

Solamente las infraestructuras correspondientes al vertido de la salmuera ocuparán terrenos fuera del ámbito geográfico indicado, por tratarse en este caso de trazados de conducciones con destino al mar Mediterráneo (emisarios submarinos)

05.02 DESCRIPCIÓN

Dividimos el estudio en tres partes: una Primera en la que se plantean los antecedentes, se define su objeto y se explican las condiciones de partida e hipótesis consideradas, una Segunda en la que se describen las alternativas contempladas y una Tercera donde se realiza un resumen y un análisis comparativo entre ellas.

El presente estudio comprende:

1. El diseño de una red de colectores en presión para recoger los vertidos (salmuera) procedentes de las desalobradoras particulares del ámbito regable de la CRCC, valorándola en PEAD y PVC orientado.
2. El análisis de transportar dichos caudales de salmuera hasta uno o dos puntos de tratamiento de desnitrificación y desalobración secundaria, con el objeto de recuperar parte de esos rechazos e incorporarlos a la red de distribución de la CRCC y poder, así, verter el efluente final al mar Mediterráneo cumpliendo los requisitos medioambientales de concentración de nitratos. También, la valoración de los costes de inversión y explotación.
3. La búsqueda de puntos de vertido en el Mar Mediterráneo viables medioambientalmente y la valoración de diversas opciones de construcción y explotación de emisarios submarinos.

06 DATOS DE PARTIDA

06.01 RECURSOS SUBTERRÁNEOS DISPONIBLES

La masa de agua subterránea Campo de Cartagena se comporta como un sistema acuífero multicapa, constituido por una serie de formaciones acuíferas superpuestas entre sí y, en mayor o menor medida, separadas por tramos de litologías impermeables.

A excepción del acuífero superficial cuaternario, el resto de tramos acuíferos presentan un carácter fundamentalmente confinado, con escasas superficies de recarga (afloramientos reducidos).

Con el tiempo, la explotación por bombeo se ha ido trasladando a los acuíferos inferiores, por presentar mayor capacidad de bombeo y en ocasiones mejor calidad.

El acuífero cuaternario ha sido objeto de una explotación por bombeo relativamente reducida, pero su papel en el funcionamiento global del sistema es esencial ya que recibe la mayor parte de la recarga por infiltración del agua de lluvia y retornos de riego, además de presentar conexión hidráulica con el Mar Menor y el mar Mediterráneo.

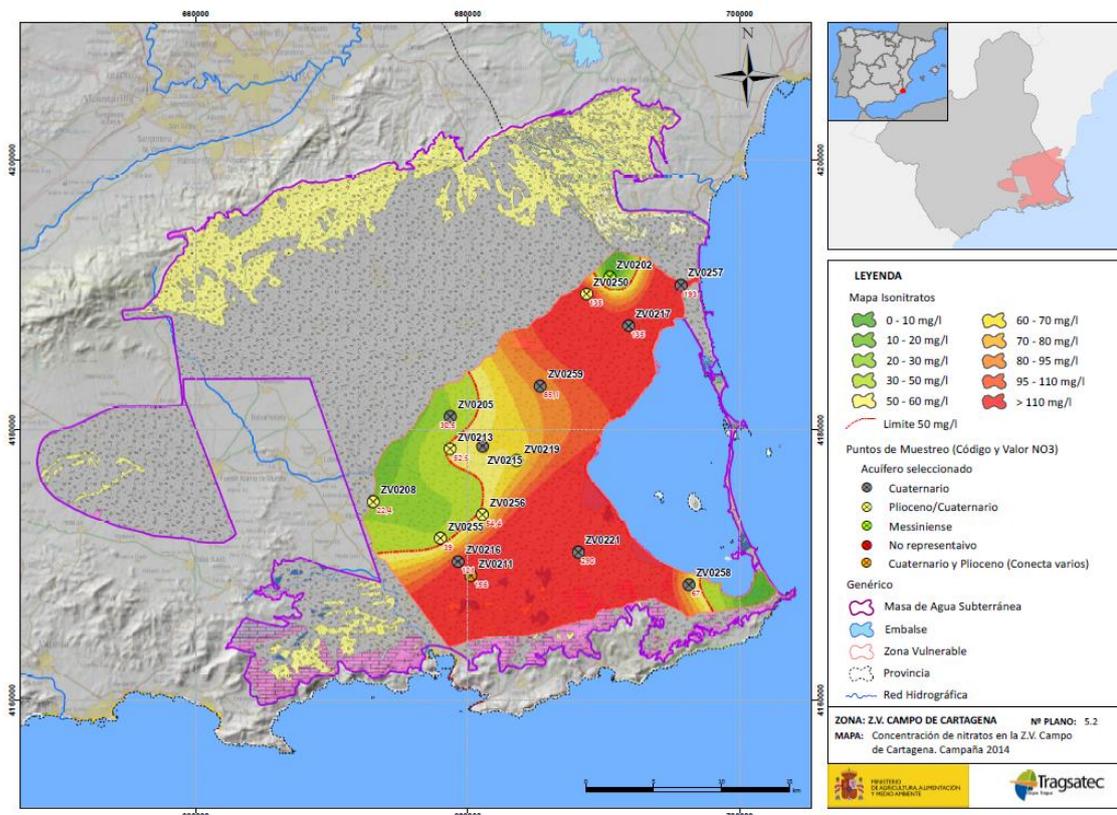


Ilustración 2: Mapa procedente de: caracterización de las fuentes de contaminación de aguas subterráneas mediante técnicas multisotópicas.

Las aguas subterráneas del Campo de Cartagena presentan, por lo general, una elevada salinidad.

Ésta tiene lugar por los procesos de evapoconcentración y la presencia de materiales evaporíticos en los acuíferos, uniéndose a estos fenómenos los producidos por las actividades agrarias que generan procesos de recirculación de los retornos de riego, sobre todo en los acuíferos más superficiales, como es el cuaternario. El acuífero Messiniense tiene valores de salinidad altos quizás por la relación con los materiales del basamento Bético y la elevada temperatura que alcanza dada su profundidad.

En consecuencia, disponemos de un recurso con un contenido elevado de sales, principalmente cloruros, con conductividad eléctrica que sobrepasa a menudo los 6.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (los valores medios estimados para el conjunto son de **3.970 $\mu\text{S}/\text{cm}$**). El uso continuado de aguas con estos niveles de salinidad producen un deterioro de la estructura y fertilidad del suelo. La FAO establece un riesgo de Salinidad de un suelo "MUY ALTO" cuando la conductividad eléctrica sobre pasa el valor de 3.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Como datos de partida del presente estudio se han utilizado los aprovechamientos subterráneos inscritos en el Registro Público de Aguas de la CHS para el ámbito de la zona regable de la CRCC y los "pozos de sequía" solicitados por esta misma Comunidad al amparo del "*Real Decreto de Sequía, RD 356/2015, de 8 de mayo, por el que se declara la situación de sequía en el ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Segura y se adoptan medidas excepcionales para la gestión de recursos hídricos*". (Se acompaña listado completo como **ANEJO 01**)

Una vez depurada la información recibida por parte de la CHS, pues había algunos datos duplicados y otros incompletos, se ha procedido a ubicarlos según sus coordenadas para:

1. Confirmar que se encuentran dentro del ámbito geográfico del estudio.
2. Conocer el grado de dispersión/concentración que presentan.

Resultan un total de 755 pozos, distribuidos de la siguiente forma:

- 470 pozos dentro del área regable de la CRCC.
- 86 pozos fuera de los límites geográficos del área regable de la CRCC pero muy cercanos a ella.
- 199 pozos de sequía (dentro del ámbito del estudio y que no estén duplicados).

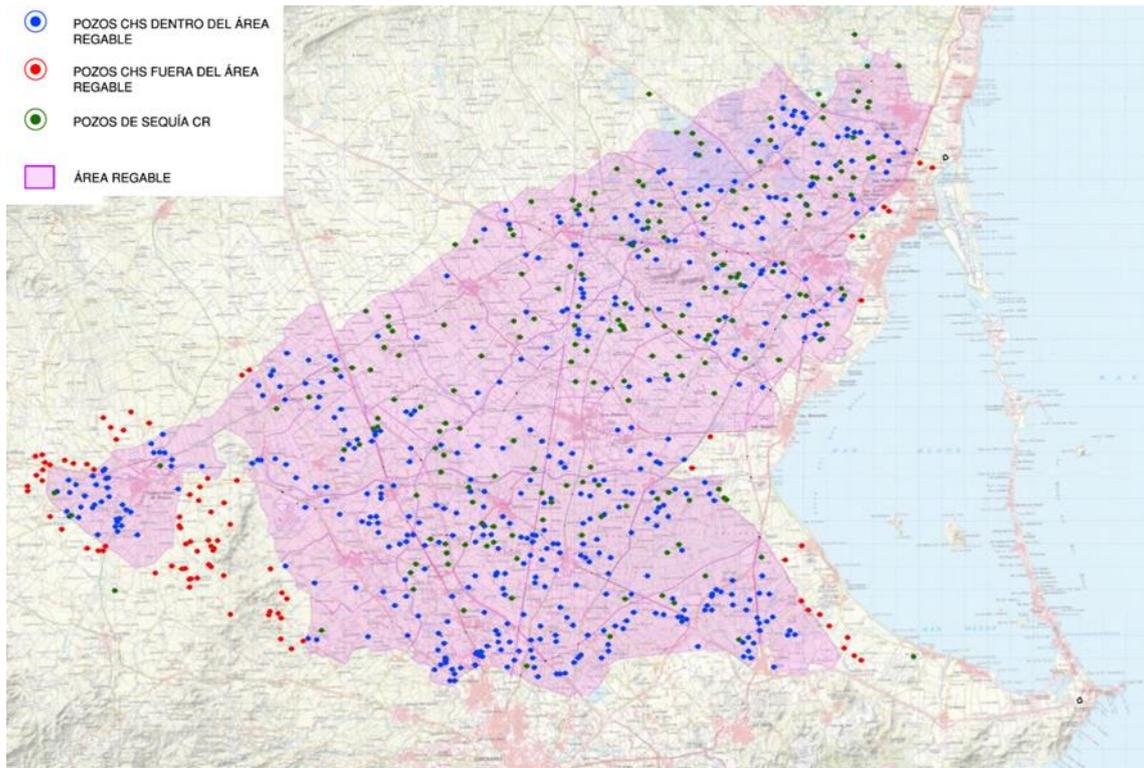


Ilustración 3: Ubicación Pozos considerados en este estudio

Resultando unos aprovechamientos anuales totales de **67,1 hm³**:

RECURSOS SUBTERRÁNEOS PREVISTOS CRCC		
	(m3/año)	pozos
Aprovechamiento pozos dentro del área regable	47.141.989	470
Aprovechamiento pozos cercanos al área regable	2.804.263	86
Aprovechamiento pozos de sequía	17.130.464	199
TOTAL	67.076.716	755

Tabla 5: Recursos hídricos subterráneos considerados

06.02 CONDICIONANTES MEDIOAMBIENTALES

Los condicionantes medioambientales constituyen el marco fundamental en el que debe circunscribirse el planteamiento de las alternativas del presente estudio:

1. La primera premisa es el “VERTIDO CERO” al Mar Menor de cualquier tipo de efluente de rechazo procedente de las instalaciones particulares de desalobración del ámbito regable de la CRCC.
2. Tampoco podrá generarse ninguna afección ambiental al entorno de la laguna salada como consecuencia de la construcción de la red de colectores prevista.
3. Como el Mar Mediterráneo será el medio receptor final de los mencionados efluentes no

aprovechables para riego, deberá asegurarse que no se produzca ningún impacto negativo como consecuencia de ello. Por eso es fundamental la adecuada elección de los puntos de vertido, así como el absoluto cumplimiento de las limitaciones impuestas por la administración medioambiental a las características de dichos vertidos (ver listado completo de limitaciones en **ANEJO 02**).

06.03 OTROS CONDICIONANTES DE PARTIDA

Al tratarse de una actuación que se desarrollaría en un importante ámbito geográfico, hay afecciones muy diversas que se han tenido en cuenta desde el principio en las alternativas finales consideradas:

- Disponibilidad de terrenos. Aprovechando en la medida de lo posible los derechos de la CRCC de sus propias infraestructuras.
- Interferencias con otras infraestructuras.
- Interferencias con actividades de acuicultura, pesqueras, tráfico marítimo, etc.

07 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DEL ESTUDIO

En el presente estudio se plantean distintas alternativas para la solución de los objetivos perseguidos. Su fin, poder analizar y comparar aquellos parámetros que permitan una toma de decisiones optimizando las variables técnicas, económicas y ambientales de cada una de ellas.

Para el planteamiento de las posibles alternativas establecemos los siguientes escenarios.

- a) **En cuanto al caudal a considerar:** la elección de esta variable afectará al dimensionado de toda la infraestructura. Fijamos para este estudio dos valores que permitan conocer la envolvente en la que se encontraría una solución optimizada. Establecemos para ello un valor máximo y otro mínimo.
- El **volumen máximo** a desalobrar por los usuarios se corresponde con el **100 %** de los volúmenes autorizados en sus concesiones o aprovechamientos, es decir todos los usuarios desalobran el total de su volumen autorizado y todas ellas producen un **25 %** de rechazo (factor de funcionamiento adoptado para las desalobradoras).

Esto supone (**OPCIÓN 1**):

Volumen considerado = $67.076.717 \text{ m}^3/\text{año} \times 0,25 = 16.769.179 \text{ m}^3/\text{año}$

El caudal máximo diario que resulta (según se justifica más adelante) para este caso es de **80.000 m³/d.**

- El **volumen mínimo** es aquel que supone el **50 %** del anterior (**OPCIÓN 2**):

Volumen considerado = $67.076.717 \text{ m}^3/\text{año} \times 0.125 = 8.384.589 \text{ m}^3/\text{año}$

El caudal máximo diario que resulta para este caso es de **40.000 m³/d.**

- b) **En cuanto al material de las redes de evacuación:** Las redes deben ser diseñadas con materiales anticorrosivos. Si bien las tuberías metálicas disponen de recubrimientos internos anticorrosivos, solamente consideramos para este estudio el **Polietileno** y el **PVC orientado** por considerar que ofrece mayor garantía.

Por tanto para el diseño de la red planteamos dos alternativas, una con Polietileno de alta densidad PE-100 y otra PVC orientado

Dado que los suministradores de PE limitan el PN-16 a partir de DN 630 mm, en el primer caso consideramos PVC-orientado a partir de estos diámetros.

En el caso de superar los diámetros comerciales de PVC se opta por disponer una doble tubería bajo la misma zanja que tenga una sección equivalente a la obtenida en el cálculo hidráulico.

No obstante, la variable material no aparece en el cuadro general de alternativas aunque sí se estudia en el apartado correspondiente de la red de salmueroductos.

- c) **En cuanto al tratamiento de la salmuera:** ésta deberá ser desnitrificada en todos los casos propuestos a fin de cumplir con los valores límite establecidos para el vertido. En función de las distintas opciones se estudiarán diversos tamaños de planta.

El tratamiento de desalobración se analiza posteriormente como una variable opcional y podrá ser implantado, en tal caso, de forma previa o posterior al tratamiento de desnitrificación.

Tendremos, por tanto, dos opciones adicionales que se estudiarán al final del documento:

- Tratamiento de desnitrificación + tratamiento de desalobración.
- Tratamiento de desalobración + tratamiento de desnitrificación.

- d) **En cuanto a los puntos de vertido al mar Mediterráneo:** se plantean tres soluciones, ambas compatibles con la ejecución de emisarios submarinos y donde el vertido de salmuera genere impactos admisibles en el medio marino. La primera de ellas es evacuar la totalidad del efluente por una salida al Norte situada próxima a la zona del Mojón. Otra es la evacuación total por el Sur, junto a Cabo de Palos, y una tercera es la evacuación de una parte por el norte (40% del volumen tratado) y otra parte por el sur (60% del Volumen Tratado). El hecho de que bajo esta última situación no se traten volúmenes iguales se justifica por optimización del transporte atendiendo al cálculo hidráulico.

Para designar las distintas alternativas atendemos al siguiente criterio:

ALTERNATIVA [CAUDAL MÁXIMO $\times 10^{-3}$ – Nº DE ALTERNATIVA]

Enumeramos como **Alternativa 0**, aquella alternativa que establece como premisa la de no actuar.

A continuación se expone una tabla matriz, a modo de resumen, de las alternativas consideradas y que se irán analizando a lo largo del estudio:

	HIPÓTESIS DE CAUDAL EN RED (m3/d)	VERTIDO	CAPACIDAD PLANTA DESNITRIFICACIÓN (m3/d)
ALTERNATIVA 80.1	80.000	100% NORTE	80.000
ALTERNATIVA 80.2	80.000	100% SUR	80.000
ALTERNATIVA 80.3	80.000	40% NORTE 60% SUR	32.000 48.000
ALTERNATIVA 40.1	40.000	100% NORTE	40.000
ALTERNATIVA 40.2	40.000	100% SUR	40.000
ALTERNATIVA 40.3	40.000	40% NORTE 60% SUR	16.000 24.000

Tabla 6: Cuadro resumen de las alternativas del estudio

08 RED DE SALMUERODUCTOS

08.01 HIPÓTESIS CONSIDERADAS PARA EL DISEÑO HIDRÁULICO DE LA RED

Para el diseño y dimensionamiento de la red se han realizado una serie de hipótesis simplificadoras, dado el nivel de detalle que se requiere en un estudio de alternativas, sin que por ello (en nuestra opinión) se desvirtúen las conclusiones del mismo ni nos alejemos de los objetivos perseguidos:

1. Se ha considerado que cada pozo coincide con la existencia de una estación desalobradoras. De esta forma la red se extiende de la forma más amplia posible contemplando la situación más desfavorable.
2. Se considera que las características del agua extraída son homogéneas en cuanto a conductividad y contenido de nitratos. Esto se traduce en adoptar un coeficiente uniforme de rechazo del 25 % en las instalaciones de desalobración, que es, en definitiva, el caudal máximo a contemplar para los cálculos.
3. El estudio establece dos escenarios en cuanto al caudal a considerar: por una parte se adopta como caudal de aportación al sistema, procedente de cada desalobradoras, el 25 % del caudal instantáneo máximo permitido según la inscripción de aprovechamiento en cada caso. Dado que este umbral superior sería, en nuestra opinión, posible pero no probable en condiciones de uso normal, consideramos un segundo escenario con la mitad de este caudal, es decir un caudal de aportación en este caso, de 12,5 % del caudal instantáneo máximo permitido.
4. Para la determinación de los caudales de salmuera a considerar en la red se ha procedido de la siguiente manera (ver ANEJO 01):
 - a. Se distribuye mensualmente el volumen anual autorizado del aprovechamiento en la misma proporción que los datos de necesidades hídricas mensuales aportados por la CRCC:

MES	%
enero	2,8%
febrero	5,6%
marzo	8,3%
abril	10,0%
mayo	11,1%
junio	14,4%
julio	14,4%
agosto	12,2%

septiembre	8,3%
octubre	6,7%
noviembre	3,9%
diciembre	2,2%
	100,0%

Tabla 7: Distribución de demandas hídricas por meses

- b. Se calcula el mes más desfavorable (Junio, **14,4 %**) y se divide el volumen mensual entre sus 30 días para obtener el caudal diario (m^3/d).
 - c. Se considera un factor de concentración de **2**, es decir, que el volumen diario se extrae en 12 h. De esta forma se pretende simular más fielmente el comportamiento del explotador de la instalación, que intentará aprovechar los periodos eléctricos de menor coste, obteniéndose finalmente un caudal horario (ver ANEJO 01).
5. Sólo se ha contemplado el diseño de la red primaria y secundaria por lo que los titulares de los aprovechamientos tendrán que construir sus conducciones de conexión a las “**tomas**” estratégicamente distribuidas de tal forma que no se alcancen distancias superiores a **750 m** y se reduzcan los puntos de entrada a la red principal.
6. El usuario deberá acometer a un punto de entrada de red, con unas condiciones de presión mínima dependiendo del punto en el que se encuentre y de las condiciones de la red en ese momento. Esta circunstancia deberá ser analizada caso por caso, ya que se cuenta con una presión variable de la salida de la salmuera en las instalaciones particulares de desalobración.
7. Los materiales a emplear en la red quedan limitados a aquellos cuyas características permitan el contacto con salmuera sin que se originen procesos de corrosión. Esto limita el uso a materiales anticorrosivos tales como los plásticos o el Poliéster. Del mismo modo, en el caso de elementos de control y medida de la red se utilizarán siempre materiales anticorrosivos.
8. Para establecer el timbraje de las conducciones se considera la red en condiciones de flujo estático. Bajo esta premisa conoceremos las máximas presiones en los puntos de la red. Dadas las condiciones tan particulares de funcionamiento del sistema hidráulico, en el que cada usuario inyecta con una presión no conocida, la gestión del sistema deberá imponer válvulas limitadoras de presión en determinados puntos a fin de salvaguardar los límites de presión máxima establecidos.
9. El transporte de diluciones salinas sobre conducciones a presión debe ser considerado a los

efectos de su posterior comportamiento, sobre todo en lo que se refiere a obturaciones y cristalización de la sal en las paredes interiores. Aunque las concentraciones, la composición de la sal y la temperatura del agua, pueden afectar a la viscosidad y por lo tanto a la hidrodinámica del flujo, en nuestro caso nos apoyamos en estudios que apuntan a que las salmueras con concentraciones de sal cercanas al límite de saturación y con bajas concentraciones de finos en suspensión no ven modificado el modelo de resistencia al flujo del agua, sino que siguen el mismo patrón. (*Triadú et al. Estudio de la dinámica del transporte de salmueras en tuberías a presión, 2017*).

08.02 ANÁLISIS HIDRÁULICO

El análisis hidráulico de las distintas alternativas estudiadas se ha llevado a cabo mediante la aplicación EPANET 2.0vE

Una vez definidos los trazados de la red, así como la localización de las demandas, se ha utilizado el modelo de análisis EPANET 2.0vE, para una serie de condiciones y premisas de actuación, a fin de corroborar o comprobar los tramos según un modelo de acometidas programado.

EPANET es un software que permite realizar simulaciones de comportamiento hidráulico y de la evolución de la calidad del agua en redes de suministro a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses. EPANET efectúa un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos y los niveles en los depósitos, discretizando en múltiples intervalos de tiempo.

EPANET ha sido desarrollado por la División de Recursos Hídricos y Suministros de Agua (anteriormente División de Investigación del Agua Potable) del Laboratorio de Investigación Nacional para la Gestión de Riesgos, de la Agencia del Medio Ambiente de los Estados Unidos (Water Supply and Water Resources Division of the U.S. Environmental Protection Agency's National Risk Management Research Laboratory).

Para ello se parte de las siguientes condiciones:

- Rugosidad de las tuberías: se establece en $0,007 \text{ pies} \times 10^{-3}$ (Plástico) para la fórmula de DARCY-WEISBACH
- Caudal en l/s
- Peso Específico: Ratio de densidad del fluido de estudio con respecto al agua a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ (adimensional)=1

- Viscosidad Relativa: Ratio de la viscosidad cinemática del fluido con respecto al agua a 20 °C (1.0 centistoke o 0,94 sq ft/día) (adimensional). =1
- Se estudian las pérdidas de carga unitarias, caudales, y velocidad del agua por tramos.
- El dimensionado de las conducciones se realiza para velocidades interiores inferiores a 2 m/s
- En el plano correspondiente a “Resultados del Análisis” de este documento se exponen los valores obtenidos del dimensionado del cálculo del programa EPANET.

El modelo de hidráulico introducido en Epanet considera las demandas base de cada uno de los nudos con signo negativo, lo que se traduce en inyecciones de caudal en la red. La red hidráulica debe disponer de elementos de entrada y salida de aire para los estados de llenado y vaciado, que se presupone serán muy frecuentes, sin que existan succiones y depresiones en la red. A efectos de simulación se han introducido balsas en los extremos de mayor cota de la red y válvulas limitadoras de caudal en los extremos opuestos, previos a la conexión con la arteria principal de transporte, a fin de limitar el caudal de cálculo. Esto permite adaptar la red simulada a las condiciones reales de uso.

Se han modelizado tres escenarios bajo dos premisas de asignación de caudal diferentes. En total disponemos de 6 situaciones distintas.

Asignación de caudal: Consideramos que el factor de conversión en la desalobración es de 25%, consideramos por una parte el 100% del uso de los recursos subterráneos y por otra el 50%.

PRODUCCIÓN DE SALMUERA (FC = 25%)		
Uso recursos subterráneos	100%	50%
Producción de salmuera al día durante el mes de junio (m3/d)	80.740	40.370
Producción de salmuera en m3/h concentrada en 12 horas	6.728	3.364

ESCENARIOS CONSIDERADOS	DOS SALIDAS	UNA SALIDA 100/NORTE	UNA SALIDA 100% SUR
VOLUMEN = 67.076.716 m3	Q _{60% SUR} =1.121 l/s	Q _{100% NORTE} =1.868 l/s	Q _{100% SUR} =1.868 l/s
Q TOTAL = 6.728 m3/h < > 1.868 l/s	Q _{40% NORTE} =748 l/s		
VOLUMEN = 33.538.358 m3	Q _{60% SUR} =561 l/s	Q _{100% NORTE} =934 l/s	Q _{100% SUR} =934 l/s
Q TOTAL = 3364 m3/h < > 934 l/s	Q _{40% NORTE} =374 l/s		

Situación 1: Se considera que el sistema evacua a través de un colector principal, el cual queda abierto por dos salidas en sus extremos una al norte y otra al sur. Los caudales a evacuar suponen el 25 % del total de los volúmenes autorizados por cada uno de los pozos, atendiendo a una distribución por meses que concentra el volumen mensual en un 14,4 % del volumen total anual y en un tiempo de concentración diario de 12 horas.

$$Q = (14,4 / 100) \times 67.076.716 / 30 * 0,25 = 80.740 \text{ m}^3/\text{día} <> 6.728 \text{ m}^3/\text{h}$$

Bajo estas condiciones el caudal ficticio continuo a considerar total es de 1.868 l/s.

La orografía y la propia estructura del sistema hidráulico una vez implantado hacen que la salida al Sur evacue mayor cantidad de agua. Esto lleva a establecer que los caudales asociados a cada una de las dos salidas supongan un 60 % en la salida Sur y un 40 % en la salida Norte, es decir un caudal de 1.121 l/s será evacuado por el Sur y un caudal de 748 l/s será evacuado por el norte.

Situación 2: Se considera que el Colector principal que recoge las conducciones primarias solo mantiene abierta una salida hacia el norte, por lo que el caudal a desaguar será el total indicado de 1.868 l/s.

Situación 3: En este caso el colector solamente dispone de una salida hacia el sur, por lo que por ésta debe desaguar el caudal total de 1.868 l/s.

Situación 4: Es igual que la situación 1 pero con la mitad de caudal ya que las premisas para esta opción sitúan el volumen total a evacuar como la mitad del volumen máximo a producir. El caudal en estos casos de 561 l/s para ser evacuado por el Sur y un caudal de 374 l/s para ser evacuado por el norte.

Situación 5: Se considera que el Colector principal que recoge las conducciones primarias solo mantiene abierta una salida hacia el norte, por lo que el caudal a desaguar será el total indicado de 937 l/s.

Situación 6: Se considera que el Colector principal que recoge las conducciones primarias solo mantiene abierta una salida hacia el Sur, por lo que el caudal a desaguar será el mismo que en el caso anterior, 937 l/s.

Como conclusión podemos indicar que la red hidráulica, bajo las premisas impuestas, permite desaguar los caudales indicados, si bien se detectan una serie de anomalías que deben ser cuidadosamente tenidas en cuenta a la hora del diseño definitivo. Éstas son:

- Se trata de una red hidráulica a presión con un funcionamiento atípico o poco usual en grandes redes de distribución. Es decir, al ser una red captadora de agua, su servicio a

distintos usuarios se realiza recibiendo el agua que estos inyectan en la red. Por lo tanto, deben vencer la presión existente en su interior. Esta presión será muy variable dado que dependerá del caudal y presión con que otros usuarios estén usando la red. También dependerá de la ubicación relativa y la cota que tenga su conexión dentro del sistema.

- El sistema hidráulico debe permitir la constante carga y vaciado de la red. El modelo de simulación requiere mantener abierta la red en sus puntos más altos mediante balsas o ventosas, a fin de que no aparezcan succiones o presiones negativas que pudiesen dañar la instalación. Si no garantizamos en la “cola” la entrada de agua o aire al sistema, se generan en estos extremos presiones negativas de gran importancia. Este fenómeno se deberá controlar con la instalación de ventosas situadas en cada uno de los puntos de conexión, o bien con balsas o depósitos de cola.
- Mantener la red en carga de forma permanente se considera una ventaja para fijar las condiciones de funcionamiento: de esta forma se limitan los efectos transitorios (GDA), se eliminan pérdidas de sección por acumulaciones de aire, se mantienen las condiciones de presión en los puntos de acometida, ... etc. Esto se podrá conseguir mediante dispositivos de control de presión en puntos estratégicos de la red y accionamiento eléctrico de válvulas motorizadas para apertura y cierre o bien mediante la instalación de válvulas hidráulicas de pistón pilotadas hidráulicamente, manteniendo seccionada la conducción hasta una presión de tarado dada.

08.03 ELEMENTOS DE CONEXIÓN DE LA RED CON EL USUARIO

La acometida de cada usuario a la red se realizará a través de elementos de conexión instalados en una arqueta en superficie, la cual quedará provista de varias tomas de conexión para distintos usuarios. Se prevé que desde el exterior de la arqueta el usuario pueda manipular una válvula de cierre y un filtro, el cual deberá ser limpiado periódicamente por éste cuando el manómetro situado a continuación así lo indique.

La naturaleza y características del fluido pueden variar de unos a otros usuarios por lo que se requerirá la gestión, por su parte, de una zona de la conexión en donde pueda verificar la presión de la red y limpiar un filtro que garantice la ausencia de sólidos en suspensión que sobrepasen una cierta granulometría.

Esta conexión, además, irá provista de una válvula de retención que impida el flujo hacia el usuario y de un contador para cuantificar los volúmenes que cada usuario introduce en la red.

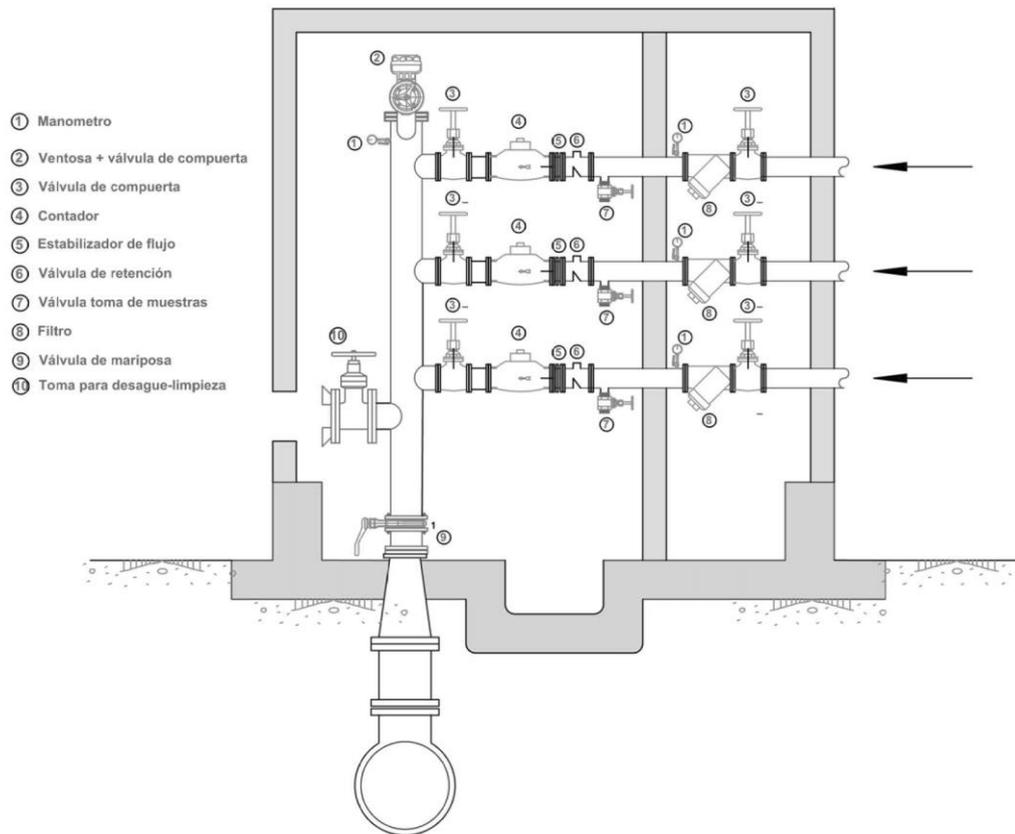
Cada una de las tomas dispondrá de una salida para poder realizar tomas de muestras y poder caracterizar del vertido que se está inyectando en la red.

Un armario de telecontrol podrá telecomandar los pulsos del contador a la central.

Las tomas se dispondrán a ambos lados de un colector vertical, el cual estará provisto en su parte más alta de una ventosa de al menos 3 “.

En cuanto a los aspectos constructivos de la arqueta, ésta deberá disponer de un cubeto de hormigón que recoja los posibles vertidos incontrolados de los elementos instalados, (ventosas, toma de muestras, etc.), ya que el vertido continuado de la salmuera directamente al terreno podría generar perjuicios en las parcelas colindantes.

Se prevé una toma para poder realizar tareas de mantenimiento permitiendo el desague de la conducción o inyectando agua con reactivos para limpieza.



- ① Manometro
- ② Ventosa + válvula de compuerta
- ③ Válvula de compuerta
- ④ Contador
- ⑤ Estabilizador de flujo
- ⑥ Válvula de retención
- ⑦ Válvula toma de muestras
- ⑧ Filtro
- ⑨ Válvula de mariposa
- ⑩ Toma para desague-limpieza

ARQUETA DE ACOMETIDA PARA SERVICIO

Ilustración 4: Representación esquemática de un punto de conexión al usuario.

08.04 ELEMENTOS DE CONEXIÓN DE LAS REDES PRIMARIAS A COLECTOR PRINCIPAL

La estructura de la red hidráulica requiere conectar las conducciones principales que integran a las tomas de servicio al colector principal.

En estos nudos se deberán instalar los siguientes elementos:

- Contador de medida del flujo, que permitirá totalizar los volúmenes medidos por todos los contadores instalados aguas arriba.
- Toma de conexión rápida para poder desaguar la red y poder tomar muestras del fluido
- Una válvula de retención impedirá el flujo inverso al objeto de mantener aisladas cada una de las conducciones principales del resto.
- Ventosas y elemento de control de presión.
- Instalación de unidad de telecontrol para lectura del contador.

Al igual que el caso anterior, la arqueta deberá disponer de un cubeto de hormigón que recoja los posibles vertidos incontrolados de los elementos instalados, (ventosas, toma de muestra, etc.), ya que el vertido continuado de la salmuera directamente al terreno podría generar perjuicios en los terrenos colindantes.

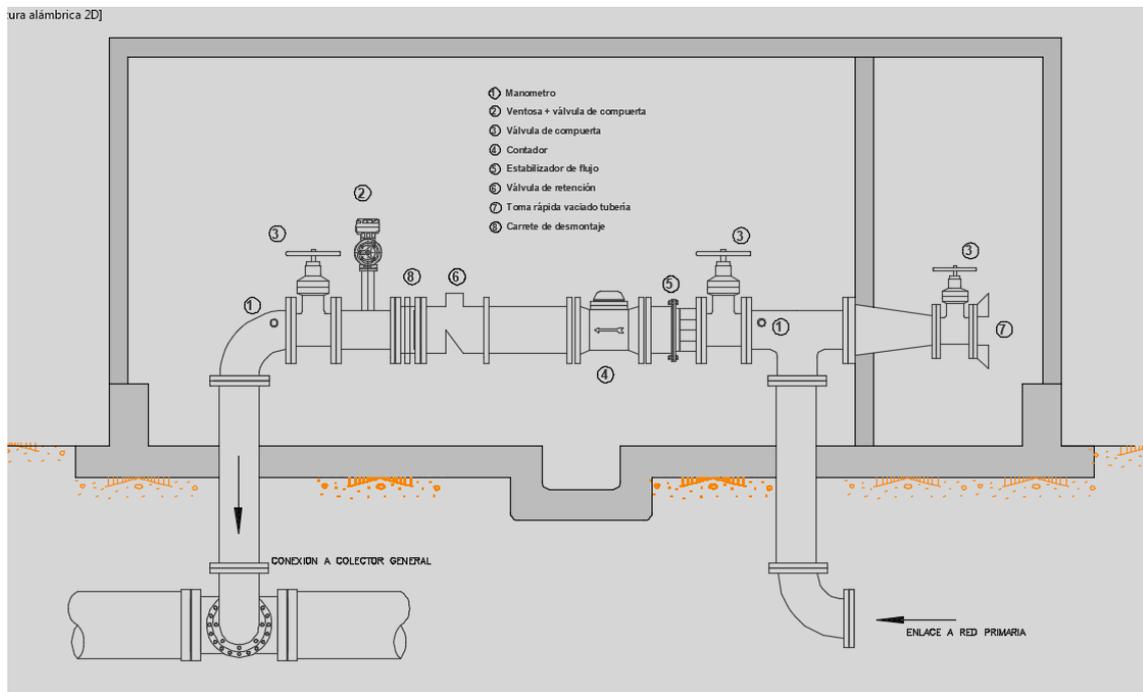


Ilustración 5: Representación esquemática de un punto de conexión red primaria a red principal.

08.05 VALORACIÓN DE LOS COSTES DE INVERSIÓN

Para valorar el coste de la inversión, correspondiente a la red hidráulica de captación, partimos de precios de materiales facilitados por los proveedores nacionales a la fecha de realización de este documento y de las mediciones realizadas a los trazados grafiados sobre la cartografía disponible, a escala 1/5000, sobre fotografía aérea.

A partir de dichos datos, se han estimado los costes asociados a la instalación de las conducciones (15 % sobre el coste de material a pie de obra) y se han añadido los siguientes conceptos:

- Instalación de accesorios, válvulas de seccionamiento, ventosas, macizos de anclaje (28 % coste de instalación en caso de PVC y 18 % en caso PE).
- Ejecución de pasos especiales mediante perforaciones horizontales bajo infraestructuras existentes (hincas): se han contabilizado los metros lineales y se ha asignado un precio medio de 400 €/m en caso de DN < 500 mm y 600 €/m para diámetros superiores.
- Reposición de Servicios: Se ha realizado una estimación del coste de reposición de servicios en base a otras actuaciones similares de redes de regadíos, que nos pueden dar una aproximación en esta fase de estudio a lo que podría suponer esta partida.

Ésta se estima en 8 €/m de conducción instalada en los diámetros hasta DN 500 mm. Para el colector de la red general este valor sube hasta 14 €/m, ya que se trata de áreas más urbanizadas donde existen más infraestructuras.

- Expropiaciones: este dato se estima a partir de una superficie necesaria a expropiar (servidumbre de paso y ocupación temporal). A falta de un trabajo más detallado, se han distinguido para realizar una estimación entre la red primaria y el colector principal. En el primer caso, dado que se ocuparán en su mayor parte los propios terrenos de la CRCC, el valor de expropiación se asocia a los metros de conducción a instalar. En el segundo caso, donde la conducción discurre por tramos ajenos a la CRCC, este valor se establece fijando una franja de 4 m de servidumbre, que se valora a 9 €/m, y 8 m de ocupación temporal, que se valora a 4 €/m.

VALORACIÓN EXPROPIACIONES	Ancho franja m	Coste estimado €/m ²	Total €/m de traza
SERVIDUMBRE DE PASO	4	9	36
OCUPACIÓN TEMPORAL	8	4	32
SUMA			68

- Arquetas de servicio y de conexión a red principal.

Se valoran un total de 184 arquetas para servicio a conexión con el usuario en 8.500 €/unidad

En el caso de las conexiones de la red primaria a la red principal se estiman un total de 18 arquetas de conexión y se estima su valor unitario en 10.000 €/unidad.

A continuación se expone el resumen de costes de inversión (PEM) para cada uno de los casos estudiados:

	CAPACIDAD DE RECOGIDA 100% SALMUERA PRODUCIDA					
	MATERIAL RED DN< 630 = PE-100			MATERIAL RED = PCV-O		
	2 SALIDAS	SALIDA NORTE	SALIDA SUR	2 SALIDAS	SALIDA NORTE	SALIDA SUR
TOMAS DE CONEXIÓN ACOMETIDAS REDES PARTICULARES	1.564.000,00	1.564.000,00	1.564.000,00	1.564.000,00	1.564.000,00	1.564.000,00
EJECUCIÓN DE LA RED PRIMARIA	13.921.747,16	13.921.747,16	13.921.747,16	10.561.476,71	10.561.476,71	10.561.476,71
HINCAS	886.800,00	886.800,00	886.800,00	886.800,00	886.800,00	886.800,00
ACCES MACIZOS VENTOSAS Y VALVULAS DE SECCIONAMIENTO 28%	2.505.914,49	2.505.914,49	2.505.914,49	2.957.213,48	2.957.213,48	2.957.213,48
TOMAS PARA CONEXIÓN REDPRINCIPAL	180.000,00	180.000,00	180.000,00	180.000,00	180.000,00	180.000,00
ESTIMACION EXPROPIACIONES (7% PEM CONDUCCIONES)	994.213,00	994.213,00	994.213,00	994.213,00	994.213,00	994.213,00
REPOSICION DE SERVICIOS	2.545.372,72	2.545.372,72	2.545.372,72	2.545.372,72	2.545.372,72	2.545.372,72
TOTAL RED PRIMARIA	21.034.047,37	21.034.047,37	21.034.047,37	18.125.075,90	18.125.075,90	18.125.075,90
COLECTOR PRINCIPAL	12.000.482,04	11.799.393,10	18.886.372,80	12.000.482,04	11.799.393,10	18.886.372,80
HINCAS ADICIONALES	93.600,00	-	187.200,00	93.600,00	-	187.200,00
ACCES MACIZOS VENTOSAS Y VALVULAS DE SECCIONAMIENTO 28%	3.360.134,97	3.303.830,07	5.288.184,38	3.360.134,97	3.303.830,07	5.288.184,38
ESTIMACION EXPROPIACIONES (7% PEM CONDUCCIONES)	3.135.407,92	2.155.799,92	3.135.407,92	3.135.407,92	2.155.799,92	3.135.407,92
REPOSICION DE SERVICIOS	645.525,16	443.841,16	645.525,16	645.525,16	443.841,16	645.525,16
TOTAL COLECTOR PRINCIPAL	19.235.150,09	17.702.864,24	28.142.690,27	19.235.150,09	17.702.864,24	28.142.690,27
TOTAL	41.833.197,46	40.300.911,61	50.740.737,63	38.924.226,00	37.391.940,15	47.831.766,17

Tabla 8: Resumen de valoración del coste ejecución red hidráulica (capacidad 100%)

	CAPACIDAD DE RECOGIDA 50% SALMUERA PRODUCIDA					
	MATERIAL RED DN< 630 = PE-100			MATERIAL RED = PCV-O		
	2 SALIDAS	SALIDA NORTE	SALIDA SUR	2 SALIDAS	SALIDA NORTE	SALIDA SUR
TOMAS DE CONEXIÓN ACOMETIDAS REDES PARTICULARES	1.564.000,00	1.564.000,00	1.564.000,00	1.564.000,00	1.564.000,00	1.564.000,00
EJECUCIÓN DE LA RED PRIMARIA	8.964.331,02	8.964.331,02	8.964.331,02	6.817.805,14	6.817.805,14	6.817.805,14
HINCAS	775.950,00	775.950,00	775.950,00	775.950,00	775.950,00	775.950,00
ACCES MACIZOS VENTOSAS Y VALVULAS DE SECCIONAMIENTO 28%	1.613.579,58	1.613.579,58	1.613.579,58	1.908.985,44	1.908.985,44	1.908.985,44
TOMAS PARA CONEXIÓN REDPRINCIPAL	925.000,00	925.000,00	925.000,00	925.000,00	925.000,00	925.000,00
ESTIMACION EXPROPIACIONES (7% PEM CONDUCCIONES)	994.213,00	994.213,00	994.213,00	994.213,00	994.213,00	994.213,00
REPOSICION DE SERVICIOS	2.449.688,16	2.449.688,16	2.449.688,16	2.449.688,16	2.449.688,16	2.449.688,16
TOTAL RED PRIMARIA	13.273.073,61	13.273.073,61	13.273.073,61	11.421.953,58	11.421.953,58	11.421.953,58
COLECTOR PRINCIPAL	7.801.684,70	6.570.450,19	9.169.863,42	7.801.684,70	6.570.450,19	9.169.863,42
HINCAS ADICIONALES	93.600,00	-	93.600,00	93.600,00	-	93.600,00
ACCES MACIZOS VENTOSAS Y VALVULAS DE SECCIONAMIENTO 28%	2.184.471,72	1.839.726,05	2.567.561,76	2.184.471,72	1.839.726,05	2.567.561,76
ESTIMACION EXPROPIACIONES (7% PEM CONDUCCIONES)	3.037.011,92	2.208.972,52	2.898.744,80	3.037.011,92	2.208.972,52	2.898.744,80
REPOSICION DE SERVICIOS	625.267,16	454.788,46	596.800,40	625.267,16	454.788,46	596.800,40
TOTAL COLECTOR PRINCIPAL	13.742.035,49	11.073.937,22	15.326.570,37	13.742.035,49	11.073.937,22	15.326.570,37
TOTAL	28.579.109,10	25.911.010,83	30.163.643,98	26.727.989,08	24.059.890,80	28.312.523,96

Tabla 9: Resumen de valoración del coste ejecución red hidráulica (capacidad 50%)

08.06 MATERIALES A EMPLEAR

Analizando los datos expuestos en los apartados anteriores se considera una opción razonable la de utilizar polietileno de alta densidad hasta diámetros DN 630 mm. Este material es suministrado por la mayoría de los fabricantes hasta PN-16, en este rango de diámetros, de forma habitual.

Además de esta cuestión, la unión soldada a tope de estos tubos se comporta mejor que el PVC-O con junta elástica, sobre todo en aquellos tramos en donde la carga y descarga de la red de forma frecuente puede provocar esfuerzos externos que comprometan el comportamiento mecánico de la instalación. Esta misma opción nos lleva a utilizar PVC orientado en aquellos tramos donde el

diámetro excede de DN 630 mm con PN 16. La fabricación, en estos casos, es bajo pedido y pocos proveedores ofrecen este material a precios competitivos.

Por lo tanto, en relación al material a emplear en la red, proponemos el PE-100 para diámetros iguales o inferiores a DN 630 mm y PVC para diámetros superiores DN 800 mm y DN 1000 mm.

Descartamos, a priori, en este estudio otros materiales que, por su vulnerabilidad a la corrosión, pudieran ser empleados.

En cuanto a los elementos hidromecánicos a considerar, tales como Válvulas, ventosas, contadores, etc., la mayor parte de los fabricantes disponen de series aptas para el contacto con aguas saladas. Éstas utilizan revestimientos epoxídicos, vitrocerámicos o materiales de acero inoxidable tipo dúplex, que muestran su aptitud para ser utilizados en este tipo de instalaciones. Los precios de estos materiales suponen un aumento de coste con respecto a los fabricados con materiales standard, cuestión que ha sido tenida en cuenta a la hora de estimar el valor de la red en su conjunto.

09 TRATAMIENTO DE DESNITRIFICACIÓN DE LA SALMUERA

09.01 SITUACIÓN ACTUAL

El agua tratada en las estaciones de desalobración diseminadas en la zona regable de la CRCC, procede de los acuíferos de la masa de agua “Campo de Cartagena”, los cuales presentan (en gran parte) una importante contaminación por nitratos.

Teniendo en cuenta la extensión e intensidad del regadío existente en la zona y la distribución de la contaminación por nitratos, el principal origen de la misma puede estar relacionado con la agricultura (foco difuso), aunque no se descartan focos puntuales de contaminación asociados a explotaciones ganaderas, residuos mineros o aguas residuales, teniendo en cuenta los valores máximos de concentración que se registran en algunos puntos.

Ante la ausencia de información fiable sobre el contenido de nitratos en las salmueras procedentes de las distintas estaciones de desalobración, se ha calculado la concentración en el efluente a partir de una hipótesis de concentración media en el agua extraída del acuífero y un coeficiente de eficiencia del 75 % en el proceso.

Dicha hipótesis se ha basado en datos procedentes de la red de calidad del MAGRAMA, en la que se recopila toda la información disponible de parámetros químicos de las aguas en diversas redes de control a lo largo del territorio nacional.

El promedio de concentración de nitratos que se registró entre 2012 y 2013 es de 148 mg/l (165 mg/l en el Cuaternario y 140 mg/l en el Plioceno), tomándose medidas en un total de 18 puntos, todos ellos dentro de la Zona Vulnerable del Campo de Cartagena.

Para el estudio de la evolución del contenido en nitratos se dispone de los datos registrados en las estaciones seleccionadas de la red de calidad con registro disponible desde el febrero del 2002 hasta septiembre de 2012.

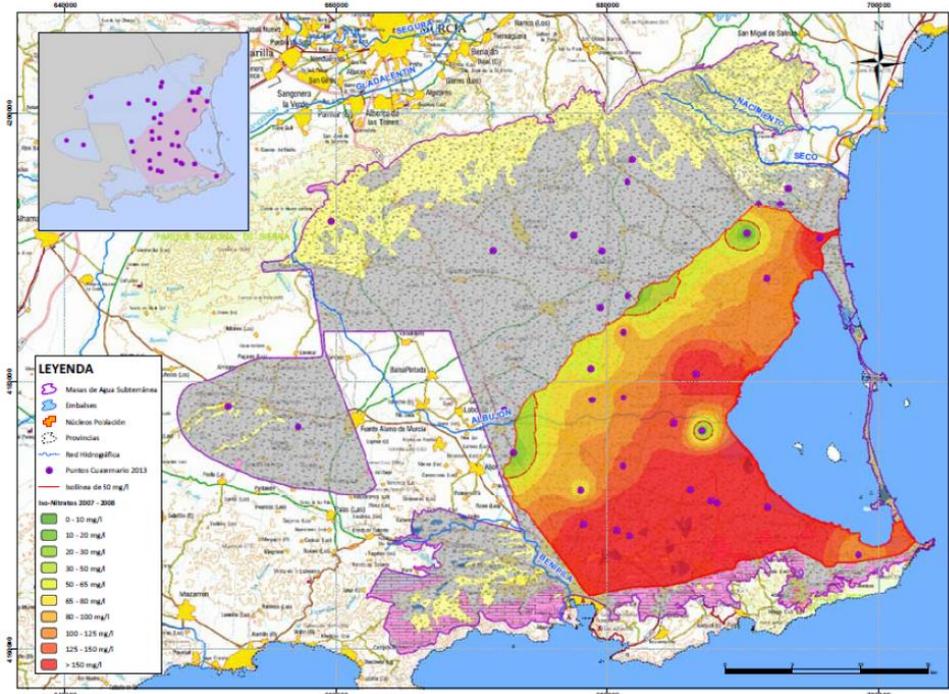


Ilustración 6: Mapa de concentración de nitratos en puntos de la red de calidad. Promedio Nitratos 2007-2008

Si se observa la ilustración 6, se aprecia como los mayores niveles de nitratos se localizan en las zonas de regadío más cercanas a la línea de costa y la zona sur y suroriental.

En cualquier caso, del lado de la seguridad, se adopta la hipótesis de **150 mg/l** de concentración de NO_3 de forma uniforme en toda la masa de agua.

Durante el proceso de desalobración los nitratos son retenidos por las membranas de ósmosis inversa, produciéndose en el efluente (rechazo) un incremento de la concentración de NO_3 hasta los **600 mg/l** (considerando un coeficiente de conversión del **75 %** en las desalobradoras particulares).

Por tanto, la salmuera resultante de las estaciones de desalobración presentará concentraciones muy elevadas de este elemento.

El nitrógeno reduce el oxígeno disuelto de las aguas superficiales, es tóxico para el ecosistema acuático, entraña un riesgo para la salud pública y, junto al fósforo, es responsable del crecimiento desmesurado de organismos fotosintéticos (eutrofización).

Una vez recogida la salmuera por la red de conducciones contemplada en el presente estudio, se transportará hasta una o dos plantas de tratamiento para ser sometida a un proceso de desnitrificación. Esto es necesario para cumplir los requisitos medioambientales establecidos por la administración competente y poder obtener las autorizaciones de vertido necesarias.

Existen diversas tecnologías y procedimientos para reducir la cantidad de nitratos o de nitrógeno total de un fluido acuoso. Sin embargo, a día de hoy, la experiencia adquirida se basa en la depuración de aguas residuales a través de un doble proceso biológico de nitrificación y desnitrificación.

- En la primera etapa, la de nitrificación, el amonio es convertido primero en nitrito y éste, a su vez, en nitrato, mediante un consorcio de bacterias nitrificadoras que utilizan carbono inorgánico como fuente de carbono y obtienen la energía necesaria para su crecimiento de las reacciones químicas de la nitrificación.
- La segunda etapa, la de desnitrificación, consiste en la conversión del nitrato en nitrógeno gas, el cual se libera a la atmosfera. Esta conversión la llevan a cabo unas bacterias en condiciones anaerobias, las cuales utilizan el nitrato como aceptor final de electrones y la materia orgánica presente en el agua como fuente de carbono.

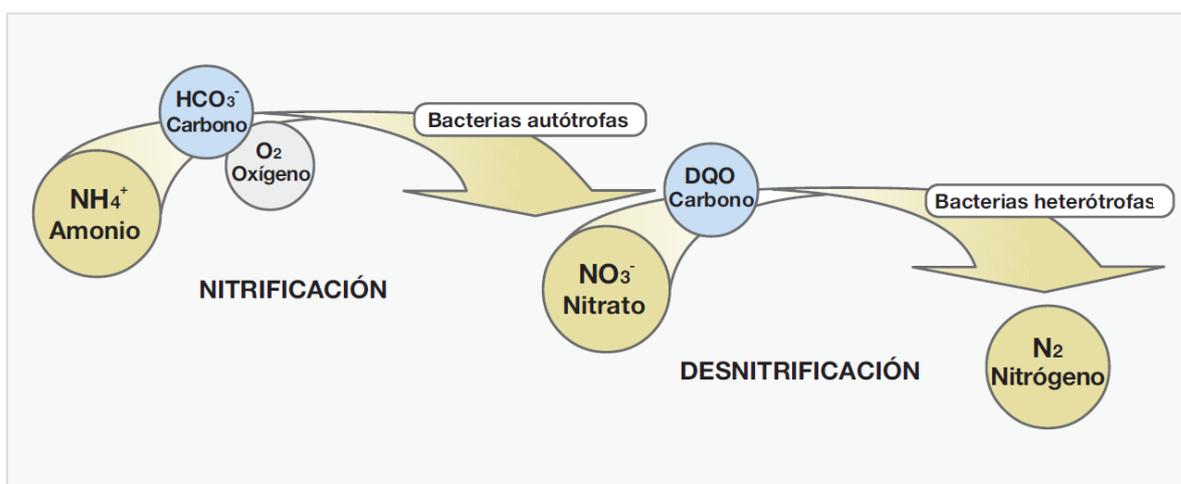


Ilustración 7: Reacción de oxidación (nitrificación) y de reducción (desnitrificación) que tienen lugar en el proceso de tratamiento NDN.

En la etapa de nitrificación es necesario que haya una cierta concentración mínima de oxígeno disuelto en el agua, aunque es suficiente con garantizar una buena mezcla u homogeneización entre el fango y el agua a desnitrificar y que no se produzca decantación en el reactor. Por otro lado, en el proceso de desnitrificación se consume materia orgánica, factor que obliga a disponer de una recirculación interna (más consumo energético) o bien la dosificación de una fuente de carbono externa cuando la existente en el agua residual no es suficiente.

Llegados a este punto, es importante resaltar que la salmuera procedente de las desalobradoras apenas presenta dicha materia orgánica ya que las aguas provienen de los acuíferos subterráneos del Campo de Cartagena. Se trata de un agua muy particular, con una relación DQO/Nt, muy

desequilibrada y baja, lo que obliga a recurrir a esas “fuentes externas” de carbono, como pueden ser ácido acético, melaza, metanol, etc.

La **Universidad Politécnica de Cartagena** (UPCT), a través de su **Cátedra de Agricultura Sostenible** para el Campo de Cartagena, está investigando un sistema de desnitrificación “en origen” mediante biorreactores de madera (astillas de cítricos) que puede contribuir a reducir notablemente el contenido de nitratos en la salmuera inyectada en la red de captación por cada desalobrador. Recientemente se ha publicado un informe con las primeras conclusiones de la investigación.

Esta alternativa de tratamiento no se ha contemplado en el presente estudio pero es evidente que su implantación supondrá una reducción progresiva de los costes de explotación calculados, al disminuir la concentración de nitratos en la salmuera de entrada a las plantas desnitrificadoras.

Además, su implantación sería totalmente compatible con las instalaciones planteadas en el estudio, por lo que consideramos que es una interesante medida complementaria a tener en cuenta en el futuro.

Se acompaña como ANEJO 05 el informe de la Cátedra recientemente publicado.

09.02 HIPÓTESIS CONSIDERADAS

Existen diversos estudios con diferentes fuentes de carbono y cada una de éstas presenta velocidades de reacción diferentes. Algunos autores señalan que con ácido acético se consiguen mayores velocidades que con glucosa, metanol o etanol.

Un dato muy extendido en el ámbito de la depuración de aguas residuales es el ratio **de 4 g de DQO por 1 g de Nitrógeno eliminado**, y es el que se ha seguido en este estudio.

Además, hay que aportar los microorganismos que posibilitan el proceso (normalmente a partir de fangos de depuradoras de aguas residuales).

Apenas hay experiencias sobre tratamientos de desnitrificación aplicados a salmueras, y mucho menos a la escala necesaria para tratar los volúmenes que resultan de las estimaciones realizadas.

Por tanto, a la hora de estimar costes de inversión y explotación, así como superficie de terrenos necesarios, se ha partido de la experiencia adquirida en los procesos convencionales de depuración biológica, realizando algunas matizaciones.

Una planta de desnitrificación biológica es una EDAR simplificada en la que no hay Pretratamiento (pues se trata de agua limpia en nuestro caso) ni aireación forzada. Básicamente hay un reactor biológico, una separación sólido/líquido (decantación), y una línea de fangos.

Para el dimensionamiento y valoración de los costes de inversión y explotación de la/s planta/s de desnitrificación, es necesario conocer los caudales a tratar, la caracterización del agua de entrada y los objetivos de concentración de salida en los parámetros del agua producto. Estos datos van a ser variables en función de las alternativas que se van a considerar en el presente estudio. Concretamente, dependerán de:

1. Las opciones de caudal recogido en la red de captación.
2. La localización de los puntos de vertido.
3. La existencia de un tratamiento adicional de desalobración secundaria.

Se considera que la mayor o menor conductividad del agua de entrada a las plantas no afecta a los costes de desnitrificación, si bien es cierto que las oscilaciones de la misma perjudican al proceso. En cualquier caso, no se han contemplado porque no se prevé que estas oscilaciones se presenten de forma significativa y por la difícil cuantificación de sus efectos.

09.02.01 OPCIONES DE DIMENSIONAMIENTO

En cuanto al caudal de dimensionamiento de las plantas se consideran 2 opciones: 80.000 (100 % del máximo extraíble de pozos, después de pasar por las desalobradoras particulares) y 40.000 m³/d (50 %). Si el caudal considerado va a ser sometido a un tratamiento de desnitrificación (previo a su vertido al mar Mediterráneo) en un **único** punto geográfico, las instalaciones correspondientes deberán tener una capacidad equivalente de **80.000 y 40.000** m³/d.

Ahora bien, si el desagüe al Mediterráneo se va a producir por dos puntos simultáneamente (uno en la zona norte del Mar Menor y otro en la zona sur), se ha comprobado que el funcionamiento hidráulico deriva un 60 % de los caudales hacia la salida sur y un 40 % hacia la norte. Ello implica tamaños de plantas diferentes: **48.000 y 32.000** m³/d (caso de 100 % de caudal) y **24.000 y 16.000** m³/d para cuando se considere el 50 % del caudal máximo posible.

Por otro lado, si se realizara un tratamiento de desalobración, previo a la desnitrificación, con una conversión del 45 %, el tamaño de las plantas podría reducirse al 55 % de las anteriores, pero este factor no se tendrá en cuenta en el estudio, ya que el funcionamiento de la desalobración podría ser ocasional y discontinuo, en función de las necesidades.

	VERTIDO	CAPACIDAD PLANTA (m ³ /d)
100 % RECURSOS 80.000 m ³ /d	ÚNICO	80.000
	60% SUR	48.000
	40% NORTE	32.000
50 % RECURSOS 40.000 m ³ /d	ÚNICO	40.000
	60% SUR	24.000
	40% NORTE	16.000

Tabla 10: Alternativas consideradas sobre tamaños de plantas de desnitrificación

09.02.02 GRADO DE DESNITRIFICACIÓN

Como ya se justificó al comienzo de este capítulo, la concentración de nitratos esperada en la salmuera procedente de las desalobradoras se estima en torno a **600 mg/l**.

El límite máximo admisible de vertido al mar Mediterráneo, según la administración competente de medio ambiente de la Región de Murcia, es de **85 mg/l** para dicho compuesto.

Por tanto, el primer escenario de desnitrificación se establece en un **86 %** de reducción, como paso previo, para que las salmueras puedan ser finalmente vertidas al mar a través de uno o dos emisarios submarinos.

Ahora bien, si se considera una etapa de desalobración secundaria, antes o después del tratamiento de desnitrificación, el grado de desnitrificación se incrementa de la siguiente forma:

1. **Desalobración previa al tratamiento de desnitrificación:** Las salmueras captadas por la red son sometidas a un nuevo proceso de desalobración mediante osmosis inversa con el objeto de recuperar parte de esos caudales para riego. El rechazo de este tratamiento contendrá las sales retenidas en las membranas, produciéndose un aumento de la concentración de nitratos (entre otros elementos) y, también, una reducción del caudal a desnitrificar. En el estudio se ha considerado una conversión del 45 % para esta segunda etapa de desalobración por lo que es previsible alcanzar una concentración en torno a **1.100 mg/l** de nitratos en el mencionado caudal de rechazo.

Será necesario someter a esta salmuera “secundaria” un tratamiento posterior de desnitrificación de tal forma que pueda reducir su concentración de nitratos hasta el límite establecido de **85 mg/l** antes de su vertido al mar. Es decir, el segundo escenario de desnitrificación será del **93 %**.

2. **Desalobración posterior al tratamiento de desnitrificación:** En este caso, la reducción en la concentración de nitratos debe ser tal que prevea el incremento que se producirá en el

rechazo del posterior tratamiento de desalobración, de tal forma que no llegue nunca a superar el límite comentado de 85 mg/l.

Para ello, teniendo en cuenta la conversión prevista en la desalobración del 45 %, se deduce que el contenido de nitratos a la salida del tratamiento de desnitrificación debe ser de **45 mg/l**, es decir, la misma reducción del caso anterior, del **93 %**.

En resumen:

ESCENARIO DESNITRIFICACIÓN	DESALOBRACIÓN PREVIA	DESALOBRACIÓN POSTERIOR	NO ₃ mg/l (ENTRADA)	NO ₃ mg/l (SALIDA)	REDUCCIÓN
DN 1	NO	NO	600	85	86%
DN 2	SÍ	NO	1.100	85	93%
DN 3	NO	SÍ	600	45	93%

Tabla 11: Alternativas consideradas sobre grados de desnitrificación

Estos distintos escenarios afectarían a los costes variables de explotación, como se verá más adelante, aunque no lo tendremos en cuenta en un primer análisis comparativo de costes ya que el efecto de la desalobración se estudiará aparte.

09.02.03 VALORACIÓN DE LOS COSTES DE INVERSIÓN

Como ya se comentó al principio de este subcapítulo, hay muy poca experiencia sobre tratamientos de desnitrificación aplicados a salmueras, y mucho menos a la escala necesaria para tratar los volúmenes que resultan de las estimaciones realizadas.

Para estimar los costes de inversión y la superficie de terrenos necesaria, en cada caso, se han empleado datos extraídos de la experiencia adquirida en los procesos convencionales de depuración biológica, con algunas consideraciones.

Una planta de desnitrificación biológica es una EDAR simplificada en la que no hay Pretratamiento (pues se trata de agua limpia en nuestro caso) ni aireación forzada ni Terciario. Básicamente hay un reactor biológico, una separación sólido/líquido (decantación), y una línea de fangos.

Por otro lado, hay un encarecimiento de los materiales empleados por la agresividad del agua de proceso, requiriendo el empleo de acero dúplex y hormigones sulforresistentes.

Para realizar una estimación precisa habría que predimensionar cada una de las plantas de tratamiento de desnitrificación (cinética de las reacciones químicas, tiempo de retención hidráulico, etc.) para calcular los volúmenes de los reactores, decantadores, etc.

Dado el carácter aproximado de un estudio de alternativas, las distintas valoraciones y estimaciones

de superficie se van a realizar en base a datos acumulados por los autores del estudio en cuanto a EDARes ya construidas, relacionando capacidad de tratamiento/costes de inversión/superficies ocupadas, observándose una clara afectación de las economías de escala.

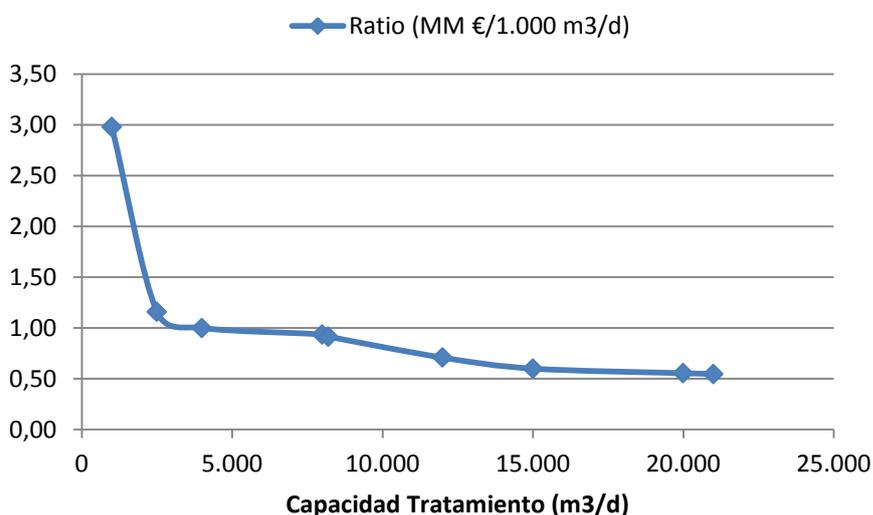


Ilustración 8: Desnitrificación. Relación entre tamaño de planta y ratio de inversiones necesarias.

Se han tenido en cuenta las cuestiones comentadas anteriormente, actualizando los presupuestos con las simplificaciones y encarecimientos necesarios para extrapolar una EDAR a una estación de desnitrificación de salmueras.

En función del tamaño de la planta de desnitrificación aplicamos el ratio correspondiente. Para los tamaños grandes (a partir de 20.000 m3/d) un valor de 0,50 es un escenario conservador, resultando:

CAPACIDAD PLANTA (m3/d)	RATIO ESTIMADO (MM €/1.000 m3/d)	INVERSIÓN ESTIMADA (MM €)
80.000	0,50	40,0
48.000	0,50	24,0
32.000	0,50	16,0
40.000	0,50	20,0
24.000	0,50	12,0
16.000	0,60	9,6

Tabla 12: Inversión estimada en función de la capacidad de la planta de desnitrificación.

En estos importes no están incluidos los costes de adquisición de las parcelas, que se incorporarán en apartados posteriores.

En cuanto a la superficie necesaria para implantar las estaciones de desnitrificación, de igual forma, se ha partido de información relativa a EDARes ya construidas, obteniendo la siguiente curva:

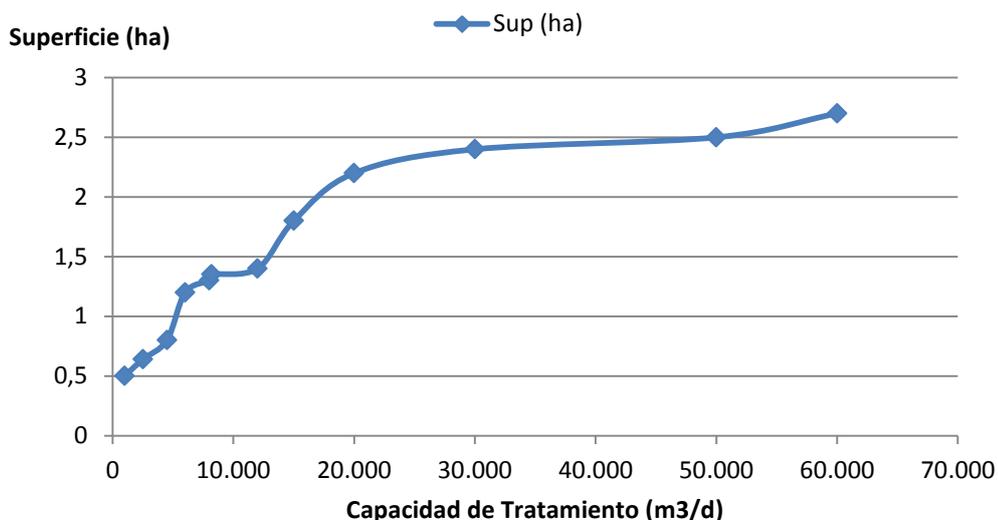


Ilustración 9: Desnitrificación. Superficie. EDARes en relación a su capacidad de tratamiento.

Las plantas de desnitrificación serán algo más pequeñas al no necesitar pretratamiento ni terciario, por lo que se ha considerado un coeficiente corrector del 80%, estimándose las siguientes necesidades de superficie según el caso:

CAPACIDAD PLANTA (m3/d)	SUPERFICIE ESTIMADA (ha)
80.000	3,00
48.000	2,20
32.000	2,00
40.000	2,10
24.000	1,80
16.000	1,45

Tabla 13: Superficie plantas desnitrificación en relación a su tamaño.

Además de todo lo anterior, será necesario dotar a las plantas de un embalse de regulación previo para que puedan optimizarse las condiciones de funcionamiento. Se considera una capacidad de unos 40.000 m3 (dada la superficie disponible) por lo que la regulación disponible dependerá del tamaño de cada planta. Se estima un ratio de coste de 4 €/m3 por lo que habría que añadir unos **160.000 €** a cada opción.

09.02.04 VALORACIÓN DE LOS COSTES DE EXPLOTACIÓN

Como ya se comentó anteriormente, apenas hay experiencias en plantas de tratamiento específico de desnitrificación a la escala necesaria para este estudio, y menos aún con agua salobre.

En cualquier caso, se realizarán estimaciones en base al conocimiento adquirido en EDARes y a algunas pruebas realizadas a pequeña escala.

Dentro de los costes de explotación se distingue entre costes fijos (independientes del volumen tratado en la planta) y costes variables (inherentes al m3 tratado).

COSTES FIJOS

Se incluyen los siguientes:

1. Eléctricos: Término fijo de energía (función de la potencia contratada).
 2. Personal.
 3. Mantenimiento.
 4. Otros.
1. En función del tamaño de la planta se han realizado unas estimaciones de potencia necesaria a contratar, calculando el coste a partir de una tarifa de 6 periodos convencional:

P1	P2	P3	P4	P5	P6
39,139427	19,586654	14,334178	14,334178	14,334178	6,540177

HIPÓTESIS DE CAUDAL EN RED (m3/d)	VERTIDO	CAPACIDAD PLANTA DESNITRIFICACIÓN (m3/d)	COSTE ELÉCTRICO FIJO	
			POTENCIA CONTRATADA (kW)	COSTE POTENCIA (€/año)
80.000	100% NORTE	80.000	400	43.308
80.000	100% SUR	80.000	400	43.308
80.000	40% NORTE	32.000	200	21.654
	60% SUR	48.000	240	25.985
40.000	100% NORTE	40.000	220	23.819
40.000	100% SUR	40.000	220	23.819
40.000	40% NORTE	16.000	120	12.992
	60% SUR	24.000	160	17.323

Tabla 14: Estimación del coste eléctrico fijo en plantas de desnitrificación en función de su capacidad

2. Para el personal, se han hecho hipótesis de recursos necesarios en función de la planta y sus costes laborales, resultando el siguiente cuadro:

HIPÓTESIS DE CAUDAL EN RED (m3/d)	VERTIDO	CAPACIDAD PLANTA DESNITRIFICACIÓN (m3/d)	JEFE PLANTA	TEC. LAB	ADMINISTRATIVO	ELECTROMECAÁNICO	PEÓN ESPECIALIZADO	TOTAL (€/año)
80.000	100% NORTE	80.000	100%	100%	100%	250%	300%	278.000
80.000	100% SUR	80.000	100%	100%	100%	250%	300%	278.000
80.000	40% NORTE	32.000	70%	40%	40%	100%	150%	135.200
	60% SUR	48.000	100%	50%	65%	200%	200%	208.700
40.000	100% NORTE	40.000	100%	50%	50%	150%	200%	188.000
40.000	100% SUR	40.000	100%	50%	50%	150%	200%	188.000
40.000	40% NORTE	16.000	30%	15%	15%	50%	150%	85.200
	60% SUR	24.000	50%	25%	30%	75%	150%	109.900
COSTE LABORAL			50.000	30.000	18.000	36.000	30.000	

Tabla 15: Cálculo de Costes de personal en plantas de desnitrificación en función de su capacidad.

3. Los costes de mantenimiento y “otros” se han estimado proporcionales al tamaño de las plantas. Estos costes se repercuten en el volumen total tratado en la planta por lo que dependen del grado de utilización que se haga de su capacidad.

El resumen de costes fijos se resume en el siguiente cuadro:

	HIPÓTESIS DE CAUDAL EN RED (m3/d)	VERTIDO	CAPACIDAD PLANTA DESNITRIFICACIÓN (m3/d)	COSTES FIJOS				TOTAL (€/año)
				COSTE POTENCIA (€/año)	COSTE PERSONAL (€/año)	MANTENIMIENTO (€/año)	OTROS (€/año)	
ALTERNATIVA 80.1	80.000	100% NORTE	80.000	43.308	278.000	60.000	42.400	423.708
ALTERNATIVA 80.2	80.000	100% SUR	80.000	43.308	278.000	60.000	42.400	423.708
ALTERNATIVA 80.3	80.000	40% NORTE	32.000	21.654	135.200	35.000	16.960	208.814
		60% SUR	48.000	25.985	208.700	45.000	25.440	305.125
ALTERNATIVA 40.1	40.000	100% NORTE	40.000	23.819	188.000	40.000	21.200	273.019
ALTERNATIVA 40.2	40.000	100% SUR	40.000	23.819	188.000	40.000	21.200	273.019
ALTERNATIVA 40.3	40.000	40% NORTE	16.000	12.992	85.200	25.000	8.480	131.672
		60% SUR	24.000	17.323	109.900	30.000	12.720	169.943

Tabla 16: Resumen hipótesis de costes fijos en plantas de desnitrificación en función de su capacidad.

COSTES VARIABLES

Se consideran costes variables aquellos que dependen solamente del caudal de agua tratado, es decir, sólo se presentan si hay entrada y tratamiento de agua en la planta. Se desglosan en los siguientes conceptos:

1. Energía eléctrica.
2. Retirada de fangos.
3. Consumo de Reactivos.

El primer punto hace referencia al consumo eléctrico de los distintos equipos electromecánicos que componen las instalaciones.

En la evacuación de fangos se contemplan los gastos asociados a la retirada y tratamiento de estos subproductos, incluido el consumo de polielectrolito catiónico (deshidratación).

Estos dos factores los estimaremos independientemente de la concentración de nitratos a la entrada.

En la dosificación de reactivos se tendrá en cuenta el coste asociado al consumo de ácido acético, el cual sí depende del contenido inicial de nitratos y del grado de reducción perseguido.

- Para estimar el **coste eléctrico** se han realizado 2 hipótesis basada en la experiencia adquirida en explotación de EDARes corregida con las particularidades de una planta de desnitrificación:
 1. Consumo unitario: **0,20 kWh/m³**.
 2. Coste medio energía: **0,08 €/kWh**.

En consecuencia, el coste considerado es de **0,016 €/m³**.

- Para el coste asociada a la **gestión del fango** se adopta un valor de **0,02 €/m³**, considerando su destino a compostaje y el consumo de polielectrolito.
- En cuanto al coste asociado al consumo de reactivos, consideramos el gasto en ácido acético necesario para que se produzca la desnitrificación. Es el más importante y se ve afectado por el contenido de nitratos del agua de entrada y el grado de reducción buscado. Por ello es importante recordar los distintos escenarios de desnitrificación del presente estudio:

ESCENARIO DESNITRIFICACIÓN	DESALOBRACIÓN PREVIA	DESALOBRACIÓN POSTERIOR	NO ₃ mg/l (ENTRADA)	NO ₃ mg/l (SALIDA)	REDUCCIÓN
DN 1	NO	NO	600	85	86%
DN 2	SÍ	NO	1.100	85	93%
DN 3	NO	SÍ	600	45	93%

Tabla 17: Alternativas consideradas sobre grados de desnitrificación

También se han adoptado 2 hipótesis importantes:

1. Son necesarios 4 g de DQO (ácido acético como sustitutivo) para eliminar 1 g de Nitrógeno.
2. El coste del ácido acético se estima en 615 €/t.

Es conveniente indicar que la conversión entre NO₃ y NO₃-N es de **0,2254**, quedando la tabla anterior de la siguiente forma:

ESCENARIO DESNITRIFICACIÓN	NO ₃ mg/l (ENTRADA)	NO ₃ mg/l (SALIDA)	REDUCCIÓN
DN 1	135,2	19,2	86%
DN 2	247,9	19,2	93%
DN 3	135,2	10,1	93%

De momento sólo se calcula el escenario DN 1, ya que la influencia de una desalobración secundaria quedará para un análisis posterior.

ÁCIDO ACÉTICO						
Grado Desnitrificación	DN 1			DN 1		
Capacidad de la Planta (m ³ /d)	80.000	48.000	32.000	40.000	24.000	16.000
Coste acético (€/t)	615	615	615	615	615	615
Conc. Influyente (mg/l NO ₃ -N)	135	135	135	135	135	135
Conc. Efluente (mg/l NO ₃ -N)	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2
Ratio consumo (kg acético/kg NO ₃ -N)	4	4	4	4	4	4
Días operación/año	365	365	365	365	365	365
Coste ácido acético						
NO ₃ -N desnitrificado (kg/d)	9.264	5.558	3.706	4.632	2.779	1.853
Consumo ácido acético puro (kg/d)	37.056	22.234	14.822	18.528	11.117	7.411
Coste diario (€/d)	22.789	13.674	9.116	11.395	6.837	4.558
Coste anual (€/año)	8.318.146	4.990.887	3.327.258	4.159.073	2.495.444	1.663.629
RATIO (€/m³)	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28

Tabla 18: Coste ácido acético, caso escenario e desnitrificación DN 1.

RESUMEN DE COSTES VARIABLES						
Grado Desnitrificación	DN 1			DN 1		
Capacidad de la Planta (m ³ /d)	80.000	48.000	32.000	40.000	24.000	16.000
Coste eléctrico (€/m ³)	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
Gestión de fangos (€/m ³)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Consumo reactivos (€/m ³)	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285
TOTAL (€/m³)	0,321	0,321	0,321	0,321	0,321	0,321

Tabla 19: Resumen costes variables, caso escenario de desnitrificación DN 1.

VOLÚMENES DE AGUA TRATADA

Como ya se vio para el dimensionamiento hidráulico de la red de captación, se ha realizado una hipótesis de distribución anual de utilización de las desalobradoras particulares en función de la demanda agrícola de producción, lo que se traduce en una curva de producción de salmueras a lo largo del año:

PRODUCCIÓN DE SALMUERA (FC = 25%)				
Uso recursos subterráneos	100%		50%	
	enero	15.026	465.811	7.513
febrero	33.272	931.621	16.636	465.811
marzo	45.078	1.397.432	22.539	698.716
abril	55.897	1.676.918	27.949	838.459
mayo	60.105	1.863.242	30.052	931.621
junio	80.740	2.422.215	40.370	1.211.107
julio	78.136	2.422.215	39.068	1.211.107
agosto	66.115	2.049.566	33.058	1.024.783
septiembre	46.581	1.397.432	23.291	698.716
octubre	36.063	1.117.945	18.031	558.973
noviembre	21.738	652.135	10.869	326.067
diciembre	12.021	372.648	6.010	186.324
	m3/d	16.769.179		8.384.590
		m3/año		m3/año

Tabla 20: Distribución mensual de caudales de salmuera.

El dimensionamiento de las plantas desnitrificadoras debe realizarse para los caudales punta, ya que todo el volumen vertido al Mediterráneo debe cumplir con los límites de concentración establecidos por Medio Ambiente. Esto implica que el factor de funcionamiento de las plantas no será óptimo al quedar gran parte del año infrutilizadas.

	HIPÓTESIS DE CAUDAL EN RED (m3/d)	VERTIDO	CAPACIDAD PLANTA DESNITRIFICACIÓN (m3/d)	VOLUMEN TRATADO (m3/año)	CAPACIDAD MÁXIMA TRATAMIENTO (m3/año)	FACTOR DE FUNCIONAMIENTO (%)
ALTERNATIVA 80.1	80.000	100% NORTE	80.000	16.769.179	29.200.000	57%
ALTERNATIVA 80.2	80.000	100% SUR	80.000	16.769.179	29.200.000	57%
ALTERNATIVA 80.3	80.000	40% NORTE	32.000	6.707.672	11.680.000	57%
		60% SUR	48.000	10.061.507	17.520.000	57%
ALTERNATIVA 40.1	40.000	100% NORTE	40.000	8.384.590	14.600.000	57%
ALTERNATIVA 40.2	40.000	100% SUR	40.000	8.384.590	14.600.000	57%
ALTERNATIVA 40.3	40.000	40% NORTE	16.000	3.353.836	5.840.000	57%
		60% SUR	24.000	5.030.754	8.760.000	57%

Tabla 21: Volúmenes tratados en las plantas de desnitrificación.

RESUMEN DE COSTES

Repercutiendo el coste fijo entre el volumen realmente tratado resulta lo siguiente:

HIPÓTESIS DE CAUDAL EN RED (m3/d)	VERTIDO	CAPACIDAD PLANTA DESNITRIFICACIÓN (m3/d)	COSTE FIJO TOTAL (€/año)	VOLUMEN TRATADO (m3/año)	RATIO COSTE FIJO (€/m3)
80.000	100% NORTE	80.000	423.708	16.769.179	0,025
80.000	100% SUR	80.000	423.708	16.769.179	0,025
80.000	40% NORTE	32.000	208.814	6.707.672	0,031
	60% SUR	48.000	305.125	10.061.507	0,030
40.000	100% NORTE	40.000	273.019	8.384.590	0,033
40.000	100% SUR	40.000	273.019	8.384.590	0,033
40.000	40% NORTE	16.000	131.672	3.353.836	0,039
	60% SUR	24.000	169.943	5.030.754	0,034

Tabla 22: Ratio de coste fijo por m3 desnitrificado

Recopilando los costes fijos y variables obtenemos la siguiente tabla:

HIPÓTESIS DE CAUDAL EN RED (m3/d)	VERTIDO	CAPACIDAD PLANTA DESNITRIFICACIÓN (m3/d)	COSTE FIJO TOTAL (€/año)	VOLUMEN TRATADO (m3/año)	RATIO COSTE FIJO (€/m3)	RATIO COSTE VARIABLE (€/m3)	RATIO COSTE TOTAL (€/m3)
80.000	100% NORTE	80.000	423.708	16.769.179	0,025	0,321	0,346
80.000	100% SUR	80.000	423.708	16.769.179	0,025	0,321	0,346
80.000	40% NORTE	32.000	208.814	6.707.672	0,031	0,321	0,352
	60% SUR	48.000	305.125	10.061.507	0,030	0,321	0,351
40.000	100% NORTE	40.000	273.019	8.384.590	0,033	0,321	0,353
40.000	100% SUR	40.000	273.019	8.384.590	0,033	0,321	0,353
40.000	40% NORTE	16.000	131.672	3.353.836	0,039	0,321	0,360
	60% SUR	24.000	169.943	5.030.754	0,034	0,321	0,355

Tabla 23: Ratio de coste Total por m3 desnitrificado.

10 PUNTOS DE VERTIDO

10.01 VIABILIDAD AMBIENTAL

A la hora de considerar las posibles opciones de vertido de la salmuera final, recogida en la red y tratada en la/s estación/es de desnitrificación, es imprescindible analizar su viabilidad ambiental, además de su viabilidad técnico-económica.

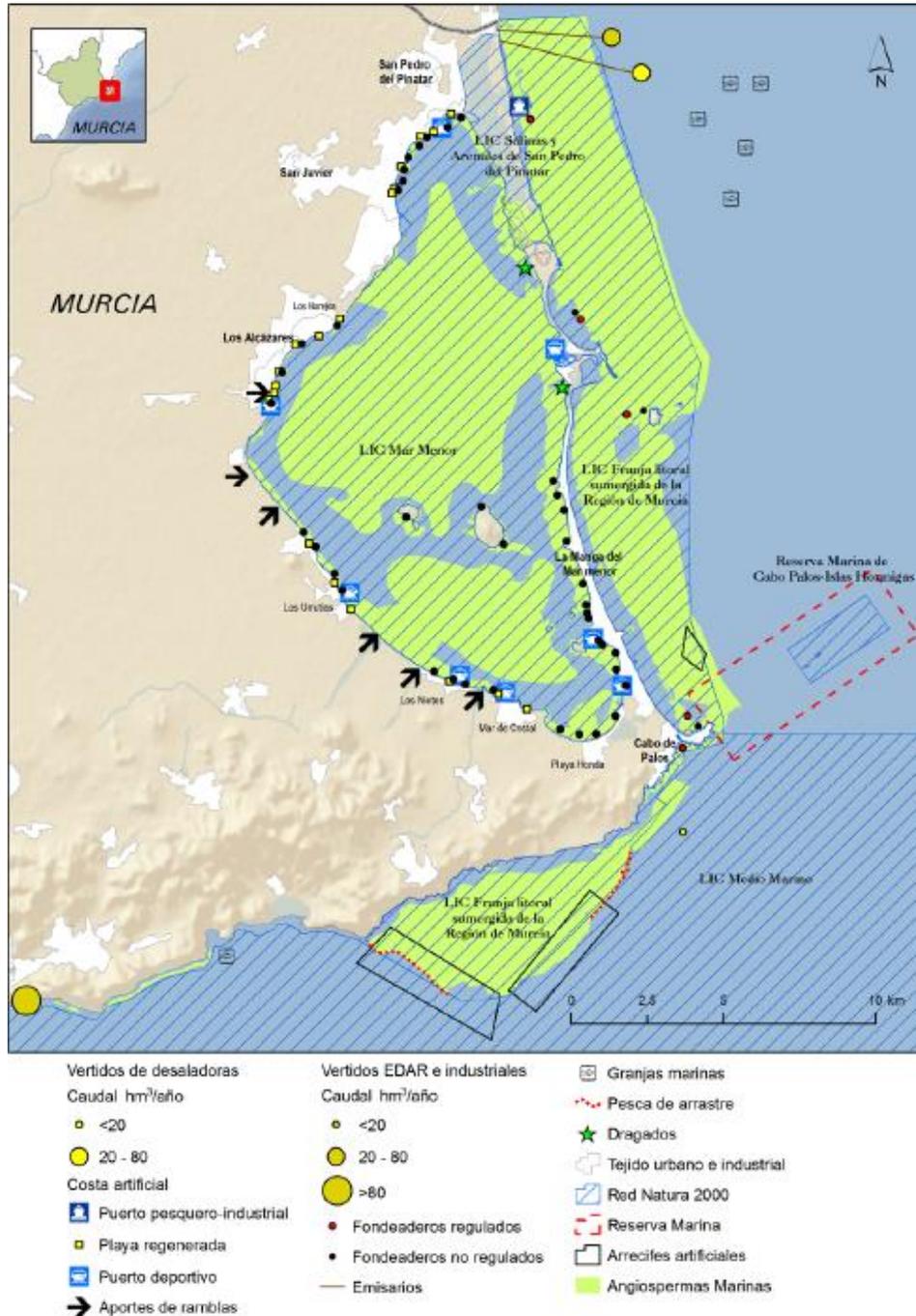


Ilustración 10: Atlas de las praderas marinas de España. Elaboración: IEO

Para ello se ha tenido en cuenta la información disponible en cuanto a:

- Reservas marinas.
- Caladeros.
- Arrecifes artificiales.
- Regulaciones a la navegación.
- Naturaleza del fondo marino.
- Lugares de Importancia Comunitaria (LIC): en concreto, las poblaciones de Angiospermas marinas (*Posidonia Oceánica* y *Cymodocea nodosa*) del LIC “Franja Litoral Sumergida”.

Se han elegido dos zonas, una al norte y otra al sur del Mar Menor, que reúnen condiciones compatibles con la ejecución de emisarios submarinos y donde el vertido de salmuera adecuadamente tratada genere impactos compatibles con el medio marino.

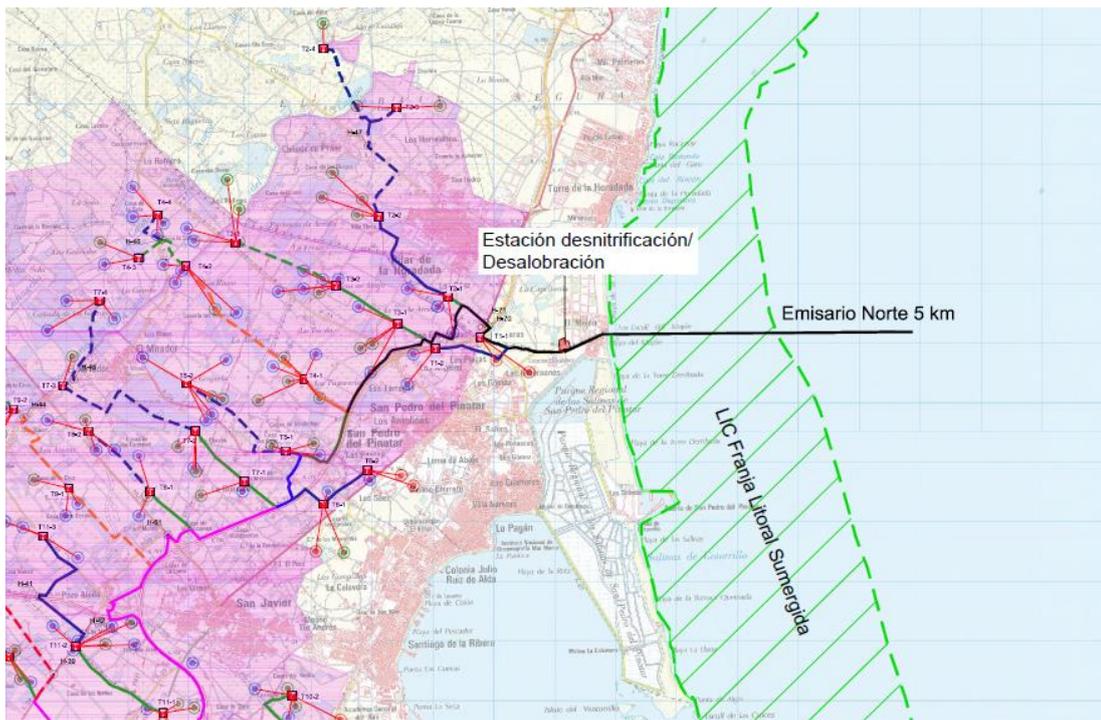


Ilustración 11: Vista Emisario Norte



Ilustración 12: Vista Emisario Sur

A día de hoy, ya existen otros emisarios y puntos de vertido en las cercanías de las zonas previstas en este estudio: el emisario de las desalinizadoras de San Pedro I y II en la zona norte y el de la EDAR Mar Menor Sur y desalobrador de la C.R. Arcosur Mar Menor en la zona sur.

En ambos casos las características del vertido pueden considerarse similares a las de nuestro caso y el seguimiento realizado de los mismos permite confirmar, hasta la fecha, la inocuidad ya prevista en las autorizaciones.

Las características del vertido deberán ser tales que se cumplan las limitaciones establecidas en el listado del **ANEJO 02**. En particular, la concentración de Nitratos no deberá superar los **85 mg/l** o **65 mg/l** de Nitrógeno total.

10.02 EMISARIOS SUBMARINOS

El predimensionamiento hidráulico y la valoración de los emisarios submarinos ha sido realizado por la empresa **INCREA**, especialista en diseño de conducciones submarinas con amplia experiencia nacional e internacional, que ha participado en los emisarios de las desaladoras de Escombreras, Valdelentisco y Águilas. Se incorpora su trabajo al presente estudio de alternativas como ANEJO 03.

En él se han planteado 2 opciones:

- Emisario Norte: en la zona de San Pedro del Pinatar, con un caudal de **80.000 m³/d**. De (diámetro exterior) = **1.400 mm**, **L= 5.000 m** (tramo marino).
- Emisario Sur en la zona de Cabo de Palos, con un caudal de **40.000 m³/d**, saliendo desde Cala Reona. **De = 800 mm**, **L= 1.200 m** (tramo marino).

El material considerado es polietileno de alta densidad (PEAD) con una relación diámetro exterior/espesor de 26 (**SDR 26**).

El resultado de la valoración realizada de cada uno de los emisarios propuestos es:

EMISARIO NORTE				
Unidad	Medición		Coste unitario (€)	Presupuesto (€)
TRAMO MARINO CONDUCCIÓN				
1	DRAGADO	10,600.95 m ³	12.00 €	127,211.46 €
2	CONDUCCIÓN PEAD DN 1.400 MM SDR 26	5,000.00 m	1,100.00 €	5,500,000.00 €
3	LASTRE HORMIGÓN DN 1.400 MM 4,95 t	82 Ud	643.50 €	52,767.00 €
4	LASTRE HORMIGÓN DN 1.400 MM 6,5 t	1,131 Ud	845.00 €	955,695.00 €
5	RELLENO MATERIAL SC2	3,580.87 m ³	25.00 €	89,521.81 €
6	RELLENO CON MATERIAL PROCEDENTE DE DRAGADO	6,279.24 m ³	7.00 €	43,954.68 €
7	PIEZA DIFUSORA PEAD	10.00 Ud	5,000.00 €	50,000.00 €
8	BALIZAMIENTO	1.00 Ud	9,000.00 €	9,000.00 €
9	ANTIARRASTREROS	9.00 Ud	1,500.00 €	13,500.00 €
10	UNIDADES COMPLEMENTARIAS	15.00 %		1,026,247.49 €
			TOTAL	7,867,897.44 €

EMISARIO SUR				
Unidad	Medición		Coste unitario (€)	Presupuesto (€)
TRAMO MARINO CONDUCCIÓN				
1	DRAGADO	1,466.47 m ³	12.00 €	17,597.66 €
2	CONDUCCIÓN PEAD DN 800 MM SDR 26	2,100.00 m	650.00 €	1,365,000.00 €
3	LASTRE HORMIGÓN DN 800 MM 1,62 t	19 Ud	210.60 €	4,001.40 €
4	LASTRE HORMIGÓN DN 800 MM 2,12 t	500 Ud	275.60 €	137,800.00 €
5	RELLENO MATERIAL SC2	414.51 m ³	25.00 €	10,362.69 €
6	RELLENO CON MATERIAL PROCEDENTE DE DRAGADO	998.37 m ³	7.00 €	6,988.56 €
7	PIEZA DIFUSORA PEAD	5.00 Ud	5,000.00 €	25,000.00 €
8	BALIZAMIENTO	1.00 Ud	9,000.00 €	9,000.00 €
9	ANTIARRASTREROS	5.00 Ud	1,500.00 €	7,500.00 €
10	UNIDADES COMPLEMENTARIAS	15.00 %		237,487.55 €
			TOTAL	1,820,737.86 €

Se ha establecido una hipótesis de ubicación de las instalaciones de desnitrificación para poder considerar un punto de arranque del tramo terrestre de los emisarios, pero el emplazamiento definitivo estará sujeto a la disponibilidad de terrenos y a las decisiones que se tomen en función de las conclusiones de este estudio, sobre todo en la salida Sur.

Independientemente de que haya desalobración o no, el emisario debe dimensionarse para aquellos casos en los que no funcionen dichas plantas por el motivo que sea. Por tanto, las hipótesis de caudal a considerar son las relativas exclusivamente a los distintos tamaños de las plantas de desnitrificación.

HIPÓTESIS DE CAUDAL EN RED (m3/d)	VERTIDO	CAPACIDAD HIDRÁULICA EMISARIOS (m3/d)
80.000	100% NORTE	80.000
80.000	100% SUR	80.000
80.000	40% NORTE 60% SUR	32.000 48.000
40.000	100% NORTE	40.000
40.000	100% SUR	40.000
40.000	40% NORTE 60% SUR	16.000 24.000

Tabla 24: Alternativas de caudal para los emisarios.

A partir de la información aportada por **INCREA** (ver ANEJO 03) se han deducido las valoraciones del resto de alternativas planteadas en este estudio, modificando los diámetros pero manteniendo las mismas longitudes y puntos de vertido.

TRAMO MARINO CONDUCCIÓN		EMISARIO NORTE							
		80.000 m3/d DN 1.400 mm		40.000 m3/d DN 1.000 mm		32.000 m3/d DN 900 mm		16.000 m3/d DN 710 mm	
Unidad	Medición	Coste unitario (€)	Presupuesto (€)	Coste unitario (€)	Presupuesto (€)	Coste unitario (€)	Presupuesto (€)	Coste unitario (€)	Presupuesto (€)
DRAGADO	10.600,95 m3	12,00 €	127.211,46 €	12,00 €	127.211,46 €	12,00 €	127.211,46 €	12,00 €	127.211,46 €
CONDUCCIÓN PEAD SDR 26	5.000,00 m	1.100,00 €	5.500.000,00 €	850,00 €	4.250.000,00 €	750,00 €	3.750.000,00 €	600,00 €	3.000.000,00 €
LASTRE HORMIGÓN	82 Ud	643,50 €	52.767,00 €	475,00 €	38.950,00 €	275,60 €	22.599,20 €	210,60 €	17.269,20 €
LASTRE HORMIGÓN	1.131 Ud	845,00 €	955.695,00 €	550,00 €	622.050,00 €	325,60 €	368.253,60 €	275,60 €	311.703,60 €
RELLENO MATERIAL SC2	3.580,87 m3	25,00 €	89.521,81 €	25,00 €	89.521,81 €	25,00 €	89.521,81 €	25,00 €	89.521,81 €
RELLENO CON MATERIAL PROCEDENTE DE DRAGADO	6.279,24 m3	7,00 €	43.954,68 €	7,00 €	43.954,68 €	7,00 €	43.954,68 €	7,00 €	43.954,68 €
PIEZA DIFUSORA PEAD	10,00 Ud	5.000,00 €	50.000,00 €	5.000,00 €	50.000,00 €	5.000,00 €	50.000,00 €	5.000,00 €	50.000,00 €
BALIZAMIENTO	1,00 Ud	9.000,00 €	9.000,00 €	9.000,00 €	9.000,00 €	9.000,00 €	9.000,00 €	9.000,00 €	9.000,00 €
ANTIARRASTREROS	9,00 Ud	1.500,00 €	13.500,00 €	1.500,00 €	13.500,00 €	1.500,00 €	13.500,00 €	1.500,00 €	13.500,00 €
UNIDADES COMPLEMENTARIAS	15,00 %		1.026.247,49 €		786.628,19 €		671.106,11 €		549.324,11 €
TOTAL		7.867.897,44 €	TOTAL 7.867.897,44 €	6.030.816,14 €	TOTAL 6.030.816,14 €	5.145.146,86 €	TOTAL 5.145.146,86 €	4.211.484,86 €	TOTAL 4.211.484,86 €

Tabla 25: Valoración alternativas emisario Norte.

TRAMO MARINO CONDUCCIÓN		EMISARIO SUR							
		80.000 m3/d DN 1.200 mm		48.000 m3/d DN 900 mm		40.000 m3/d DN 800 mm		24.000 m3/d DN 630 mm	
Unidad	Medición	Coste unitario (€)	Presupuesto (€)	Coste unitario (€)	Presupuesto (€)	Coste unitario (€)	Presupuesto (€)	Coste unitario (€)	Presupuesto (€)
DRAGADO	1.466,47 m3	12,00 €	17.597,66 €	12,00 €	17.597,66 €	12,00 €	17.597,66 €	12,00 €	17.597,66 €
CONDUCCIÓN PEAD SDR 26	2.100,00 m	900,00 €	1.890.000,00 €	750,00 €	1.575.000,00 €	650,00 €	1.365.000,00 €	570,00 €	1.197.000,00 €
LASTRE HORMIGÓN	19 Ud	610,00 €	11.590,00 €	275,60 €	5.236,40 €	210,60 €	4.001,40 €	210,60 €	4.001,40 €
LASTRE HORMIGÓN	500 Ud	720,00 €	360.000,00 €	325,60 €	162.800,00 €	275,60 €	137.800,00 €	275,60 €	137.800,00 €
RELLENO MATERIAL SC2	414,51 m3	25,00 €	10.362,69 €	25,00 €	10.362,69 €	25,00 €	10.362,69 €	25,00 €	10.362,69 €
RELLENO CON MATERIAL PROCEDENTE DE DRAGADO	998,37 m3	7,00 €	6.988,56 €	7,00 €	6.988,56 €	7,00 €	6.988,56 €	7,00 €	6.988,56 €
PIEZA DIFUSORA PEAD	5,00 Ud	5.000,00 €	25.000,00 €	5.000,00 €	25.000,00 €	5.000,00 €	25.000,00 €	5.000,00 €	25.000,00 €
BALIZAMIENTO	1,00 Ud	9.000,00 €	9.000,00 €	9.000,00 €	9.000,00 €	9.000,00 €	9.000,00 €	9.000,00 €	9.000,00 €
ANTIARRASTREROS	5,00 Ud	1.500,00 €	7.500,00 €	1.500,00 €	7.500,00 €	1.500,00 €	7.500,00 €	1.500,00 €	7.500,00 €
UNIDADES COMPLEMENTARIAS	15,00 %		350.705,84 €		272.922,80 €		237.487,55 €		212.287,55 €
TOTAL		2.688.744,75 €		2.092.408,11 €		1.820.737,86 €		1.627.537,86 €	

Tabla 26: Valoración alternativas emisario Sur.

En principio, no se considera probable que se imponga un canon de vertido desde la Administración regional, en base a la **Ley 9/2005, de 29 de diciembre, de Medidas Tributarias en materia de Tributos Cedidos y Tributos Propios año 2006:**

“Artículo 33 Exención

1. Estará exento del impuesto el vertido a las aguas litorales ocasionado por la actividad propia de las plantas desaladoras de titularidad pública situadas en la Región de Murcia, cuya producción de agua desalada vaya destinada a la agricultura, riego, industria o consumo humano.

Asimismo, estará exento del impuesto el vertido a las aguas litorales procedente de las plantas desaladoras de titularidad privada situadas en la Región de Murcia cuya producción de agua desalada vaya destinada exclusivamente a la agricultura, industria o consumo humano.”

No obstante, el programa de seguimiento ambiental a los vertidos sí conllevará un coste añadido, difícil de cuantificar al nivel de desarrollo con que se realiza este estudio de alternativas.

11 SUPERFICIE NECESARIA

11.01 NECESIDADES DE ESPACIO

En este apartado exponemos la justificación en cuanto a la ubicación requerida para la implantación de las obras en cada una de las soluciones planteadas.

En relación al trazado de la red de Salmueroductos, se aprovecha la disponibilidad existente en las franjas de terreno aledañas a viales o conducciones donde la CRCC ya dispone de derechos de Paso o Propiedad.

Para calcular y ubicar las parcelas necesarias para las plantas de desnitrificación debemos atender al tamaño de las propias plantas, función de su capacidad de tratamiento, y a prever una reserva de espacio para un embalse de regulación previo, de unos 40.000 m³.

El análisis de las alternativas planteadas nos lleva determinar unas necesidades de terrenos variables que ubicaremos cerca de los puntos de vertido en cada caso.

Para determinar la superficie necesaria en cada uno de los casos elaboramos la siguiente tabla que considera únicamente las necesidades de desnitrificación

CAPACIDAD PLANTA (m ³ /d)	SUPERFICIE ESTIMADA (ha)
80.000	3,00
48.000	2,20
32.000	2,00
40.000	2,10
24.000	1,80
16.000	1,45

Tabla 27: Superficie de las plantas desnitrificación en relación a su tamaño.

A las superficies obtenidas añadimos la superficie requerida para construir la mencionada balsa de regulación, lo que requerirá un espacio estimado adicional de 1,5 ha.

HIPÓTESIS DE CAUDAL EN RED (m ³ /d)	VERTIDO	CAPACIDAD PLANTA DESNITRIFICACIÓN (m ³ /d)	SUPERFICIE ESTIMADA (ha)	EMBALSE 40.000 m ³ (ha)	SUPERFICIE TOTAL (ha)
80.000	100% NORTE	80.000	3,0	1,5	4,5
80.000	100% SUR	80.000	3,0	1,5	4,5
80.000	40% NORTE	32.000	2,0	1,5	3,5
	60% SUR	48.000	2,2	1,5	3,7
40.000	100% NORTE	40.000	2,1	1,5	3,6
	100% SUR	40.000	2,1	1,5	3,6
40.000	40% NORTE	16.000	1,5	1,5	3,0
	60% SUR	24.000	1,8	1,5	3,3

Tabla 28: Superficie total de las parcelas necesarias para cada alternativa.

A continuación se indican las parcelas observadas aptas para su uso desde el punto de vista puramente operacional, sin valorar otros aspectos administrativos, urbanísticos etc.

11.02 PUNTO DE VERTIDO NORTE

Se ha contemplado una zona en el Mojón (T.M. del Pilar de la Horadada) con espacio suficiente para albergar las necesidades de tamaño de las distintas alternativas consideradas en la zona norte.

11.03 PUNTO DE VERTIDO SUR

De igual forma que en el norte, se ha buscado una zona cercana al punto de vertido en las inmediaciones de Cabo Palos, con una superficie adecuada para cubrir la totalidad de las alternativas planteadas en la zona sur.

11.04 VALORACIÓN DE LOS TERRENOS ADSCRITOS AL TRATAMIENTO

A tenor de los datos publicados sobre precios medios de mercado de bienes inmuebles de la Región de Murcia para terrenos no urbanos próximos a núcleos urbanos, los cuales son ponderados en base a consultas realizadas a conocedores del mercado de la zona.

Estimamos los siguientes valores para la adquisición de terrenos en las zonas en las áreas afectadas

- Área del Mojón: 25 €/m²
- Área de Cabo de Palos 23 €/m².

HIPÓTESIS DE CAUDAL EN RED (m ³ /d)	VERTIDO	CAPACIDAD PLANTA DESNITRIFICACIÓN (m ³ /d)	SUPERFICIE ESTIMADA (ha)	EMBALSE 40.000 m ³ (ha)	SUPERFICIE TOTAL (ha)	ZONA EL MOJÓN (€/m ²)	ZONA CABO PALOS (€/m ²)	COSTE DE ADQUISICIÓN TERRENOS (MM €)
80.000	100% NORTE	80.000	3,0	1,5	4,5	25	-	1,13
80.000	100% SUR	80.000	3,0	1,5	4,5	-	23	1,04
80.000	40% NORTE	32.000	2,0	1,5	3,5	25	-	0,88
	60% SUR	48.000	2,2	1,5	3,7	-	23	0,85
40.000	100% NORTE	40.000	2,1	1,5	3,6	25	-	0,90
40.000	100% SUR	40.000	2,1	1,5	3,6	-	23	0,83
40.000	40% NORTE	16.000	1,5	1,5	3,0	25	-	0,74
	60% SUR	24.000	1,8	1,5	3,3	-	23	0,76

Tabla 29: Coste de adquisición de terrenos en función del tamaño de la planta y la ubicación.

12 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS

Una vez analizados los distintos escenarios en cuanto a la red de salmueroductos, las plantas de desnitrificación y los distintos puntos de vertido a través de emisarios submarinos, ya disponemos de las herramientas necesarias para configurar distintas alternativas y evaluar su viabilidad técnica, económica y ambiental. En el **Capítulo 06** de este estudio se establecían las directrices que se iban a seguir para llegar al punto en que nos encontramos.

A continuación se describen, una a una, las distintas alternativas elegidas como combinación de las diferentes opciones estudiadas, conformando el siguiente cuadro:

	HIPÓTESIS DE CAUDAL EN RED (m ³ /d)	VERTIDO	CAPACIDAD PLANTA DESNITRIFICACIÓN (m ³ /d)
ALTERNATIVA 80.1	80.000	100% NORTE	80.000
ALTERNATIVA 80.2	80.000	100% SUR	80.000
ALTERNATIVA 80.3	80.000	40% NORTE 60% SUR	32.000 48.000
ALTERNATIVA 40.1	40.000	100% NORTE	40.000
ALTERNATIVA 40.2	40.000	100% SUR	40.000
ALTERNATIVA 40.3	40.000	40% NORTE 60% SUR	16.000 24.000

Ilustración 13: Cuadro resumen de las alternativas del estudio.

Se ha añadido la **Alternativa 0** para explicar las consecuencias de la No Actuación en el balance de recursos hídricos de la CRCC.

12.01 ALTERNATIVA 0 (NO ACTUACIÓN)

Implica dejar las cosas tal como están a día de hoy, es decir, sin apenas posibilidad de aprovechar las aguas subterráneas de la masa de agua “Campo de Cartagena” por sus, en general, malas características agronómicas.

Como ya se ha justificado anteriormente, dichos recursos hídricos subterráneos se cuantifican en torno a **67 hm³** anuales.

Dada su cuantía, este recurso puede ser considerado como uno de los principales recursos para la dotación hídrica de estos regadíos, contribuyendo a paliar el déficit característico de estas áreas regables.

Por contra, estas aguas presentan una conductividad eléctrica calificable como muy alta en muchos casos, con un contenido medio de entre 4 y 6 gramos de sales totales por litro.

Esta circunstancia ha propiciado que los regantes, usuarios de esta dotación subterránea, tengan que buscar mecanismos que permitan adecuar este recurso para poder utilizarlo. Las enmiendas pasan por disminuir la concentración de sales, lo que lleva a mezclar las aguas de pozos con otras de mejor calidad o implementar tratamientos de desalobración.

Actualmente, la garantía para obtener recursos de buena calidad que permitan la mezcla está muy cuestionada. En periodos de sequía es necesario movilizar la totalidad de los recursos disponibles y es entonces cuando las aguas procedentes del trasvase quedan limitadas o anuladas.

Por otra parte, la implantación de sistemas de tratamiento mediante desalobración genera un volumen de salmuera que no tiene dónde ser vertido. Las antiguas redes de salmuero ductos se han desmantelado dada su precariedad y la salmuera tan solo puede ser retirada por un gestor autorizado, lo que hace que el proceso sea económicamente inviable.

Además de lo indicado, la inviabilidad de la explotación del acuífero en las condiciones actuales es más acuciante debido a la presencia de una alta concentración de Nitratos disueltos, mayor aún en los rechazos de las plantas desalobradoras, que obliga a dar un tratamiento adicional de desnitrificación antes de su vertido al mar Mediterráneo.

Por tanto, podemos concluir que la **No Actuación** contemplada en esta alternativa implicaría disminuir notablemente la disponibilidad de los recursos hídricos subterráneos, sobre todo en periodos de sequía como el que hemos sufrido estos últimos años.

La principal consecuencia de esta **No Actuación** es la imposibilidad de utilizar las desalobradoras existentes, impidiendo poner en valor un importante recurso hídrico.

Otra consecuencia derivada de esta opción -ausencia de extracción de agua subterránea- es la subida de los niveles piezométricos del acuífero. Esto lleva a incrementar el flujo de las aguas contaminadas por nitratos desde el acuífero más superficial (cuaternario) hasta la masa de agua del Mar Menor, lo que supone un serio perjuicio para la calidad de las aguas de la laguna salada.

12.02 ALTERNATIVA 80.1:

Esta opción considera el **100 %** del volumen máximo anual que pueden generar las desalobradoras del Campo de Cartagena (16.769.179 m³), dimensionando la red para captar los caudales totales diarios en 12 h en el mes de máxima demanda (junio) y vertiendo el colector principal en un único punto, al norte del Mar Menor. En este caso el tratamiento de desnitrificación se concentra en una sola planta, en la zona del **Mojón**, con capacidad para tratar **80.000 m³ /día** y reducir un 86 % la cantidad de NO₃ hasta un valor de 85 mg/l. El efluente, una vez tratado, se evacuará al mar mediterráneo por un emisario submarino de **1.400 mm** de diámetro y **5 km** de longitud. Esta solución al igual que las demás, considera los materiales de las conducciones en PE y PVC-0.

12.03 ALTERNATIVA 80.2:

Esta opción considera el **100 %** del volumen máximo anual que pueden generar las desalobradoras del Campo de Cartagena (16.769.179 m³), dimensionando la red para captar los caudales totales diarios en 12 h en el mes de máxima demanda (junio) y vertiendo el colector principal en un único punto, al sur del Mar Menor. En este caso el tratamiento de desnitrificación se concentra en una sola planta, en la zona de **Cabo Palos**, con capacidad para tratar **80.000 m³ /día** y reducir un 86 % la cantidad de NO₃ hasta un valor de 85 mg/l. El efluente, una vez tratado, se evacuará al mar mediterráneo por un emisario submarino de **1.200 mm** de diámetro y **2,1 km** de longitud. Esta solución al igual que las demás, considera los materiales de las conducciones en PE y PVC-0.

12.04 ALTERNATIVA 80.3:

Esta opción considera el **100 %** del volumen máximo anual que pueden generar las desalobradoras del Campo de Cartagena (16.769.179 m³), dimensionando la red para captar los caudales totales diarios en 12 h en el mes de máxima demanda (junio) y vertiendo el colector principal en dos puntos, uno al norte y otro al sur del Mar Menor. En este caso el tratamiento de desnitrificación se reparte en dos plantas, una en la zona del **Mojón** con capacidad para tratar **32.000 m³ /día** y otra en la zona de **Cabo Palos** con capacidad para tratar **48.000 m³ /día** y reducir un 86 % la cantidad de NO₃ hasta un valor de 85 mg/l. El efluente, una vez tratado, se evacuará al mar mediterráneo por dos emisarios submarinos, uno al norte, de **900 mm** de diámetro y **5 Km** de longitud y otro al sur, también en **900 mm** de diámetro y de **2,1 km** de longitud. Esta solución al igual que las demás, considera los materiales de las conducciones en PE y PVC-0.

12.05 ALTERNATIVA 40.1:

Esta opción considera el **50 %** del volumen máximo anual que pueden generar las desalobradoras del Campo de Cartagena (8.384.589 m³), dimensionando la red para captar los caudales totales diarios en 12 h en el mes de máxima demanda (junio) y vertiendo el colector principal en un único punto, al norte del Mar Menor. En este caso el tratamiento de desnitrificación se concentra en una sola planta, en la zona del **Mojón**, con capacidad para tratar **40.000 m³ /día** y reducir un 86 % la cantidad de NO₃ hasta un valor de 85 mg/l. El efluente, una vez tratado, se evacuará al mar mediterráneo por un emisario submarino de **1.000 mm** de diámetro y **5 km** de longitud. Esta solución al igual que las demás, considera los materiales de las conducciones en PE y PVC-0.

12.06 ALTERNATIVA 40.2:

Esta opción considera el **50 %** del volumen máximo anual que pueden generar las desalobradoras del Campo de Cartagena (8.384.589 m³), dimensionando la red para captar los caudales totales diarios en 12 h en el mes de máxima demanda (junio) y vertiendo el colector principal en un único punto, al sur del Mar Menor. En este caso el tratamiento de desnitrificación se concentra en una sola planta, en la zona de **Cabo Palos**, con capacidad para tratar **40.000 m³ /día** y reducir un 86 % la cantidad de NO₃ hasta un valor de 85 mg/l. El efluente, una vez tratado, se evacuará al mar mediterráneo por un emisario submarino de **800 mm** de diámetro y **2,1 km** de longitud. Esta solución al igual que las demás, considera los materiales de las conducciones en PE y PVC-0.

12.07 ALTERNATIVA 40.3:

Esta opción considera el **50 %** del volumen máximo anual que pueden generar las desalobradoras del Campo de Cartagena (8.384.589 m³), dimensionando la red para captar los caudales totales diarios en 12 h en el mes de máxima demanda (junio) y vertiendo el colector principal en dos puntos, uno al norte y otro al sur del Mar Menor. En este caso el tratamiento de desnitrificación se reparte en dos plantas, una en la zona del **Mojón** con capacidad para tratar **16.000 m³ /día** y otra en la zona de **Cabo Palos** con capacidad para tratar **24.000 m³ /día** y reducir un 86 % la cantidad de NO₃ hasta un valor de 85 mg/l. El efluente, una vez tratado, se evacuará al mar mediterráneo por dos emisarios submarinos, uno al norte, de **710 mm** de diámetro y **5 Km** de longitud y otro al sur, también en **630 mm** de diámetro y de **2,1 km** de longitud. Esta solución al igual que las demás, considera los materiales de las conducciones en PE y PVC-0.

13 VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS

Exponemos a continuación el resumen de la valoración de los costes de inversión y de explotación de las alternativas, considerando PE-100 de alta densidad y el PVC-O como material de las conducciones.

	HIPÓTESIS DE CAUDAL EN RED (m ³ /d)	VERTIDO	CAPACIDAD PLANTA DESNITRIFICACIÓN (m ³ /d)
ALTERNATIVA 80.1	80.000	100% NORTE	80.000
ALTERNATIVA 80.2	80.000	100% SUR	80.000
ALTERNATIVA 80.3	80.000	40% NORTE 60% SUR	32.000 48.000
ALTERNATIVA 40.1	40.000	100% NORTE	40.000
ALTERNATIVA 40.2	40.000	100% SUR	40.000
ALTERNATIVA 40.3	40.000	40% NORTE 60% SUR	16.000 24.000

Tabla 30: Cuadro resumen de las alternativas del estudio.

Se ha calculado el coste de amortización de las infraestructuras para un periodo de vida útil de 30 años con el objeto de estimar, junto con los costes fijos de la desnitrificación, una **tarifa fija unitaria** para aquellos usuarios que quisieran estar conectados a la red de captación de salmuera.

Para el **100 %** del máximo caudal posible procedente de las desalobradoras particulares:

COSTES DE INVERSIÓN (MM €)			
ALTERNATIVA	80.1	80.2	80.3
RED DE CAPTACIÓN	40,30	50,74	41,83
DESNITRIFICACIÓN + BALSA	40,16	40,16	40,16
EMISARIOS	7,87	2,69	7,24
TOTAL PEM	88,33	93,59	89,23
GG + BI (19%)	16,78	17,78	16,95
TERRENOS	1,13	1,04	1,73
PEC sin IVA	106,24	112,41	107,91
IVA (21%)	22,31	23,61	22,66
TOTAL	128,55	136,02	130,58

COSTES DE AMORTIZACIÓN (€/año): 30 años			
ALTERNATIVA	80.1	80.2	80.3
	3.503.756,67 €	3.712.403,33 €	3.539.456,67 €

DATOS DE REFERENCIA PARA EL CÁLCULO DE UNA TARIFA FIJA			
COSTES FIJOS DESNITRIFICACIÓN (€/m ³) (1)			
ALTERNATIVA	80.1	80.2	80.3
DESNITRIFICACIÓN	0,025	0,025	0,030
COSTE FIJO TARIFA (€/m ³) (1)+(2)			
ALTERNATIVA	80.1	80.2	80.3
TOTAL	0,234	0,246	0,241

RATIO DE AMORTIZACIÓN (€/m ³) (2)			
ALTERNATIVA	80.1	80.2	80.3
Amortiz. Anual (€)	3.503.757	3.712.403	3.539.457
Volum. Salmuera (m ³)	16.769.179	16.769.179	16.769.179
RATIO (€/m³)	0,21	0,22	0,21

Para el **50 %** del máximo caudal posible procedente de las desalobradoras particulares:

COSTES DE INVERSIÓN (MM €)			
ALTERNATIVA	40.1	40.2	40.3
RED DE CAPTACIÓN	25,91	30,16	28,58
DESNITRIFICACIÓN + BALSA	20,2	20,2	21,8
EMISARIOS	6,03	1,82	5,84
TOTAL PEM	52,10	52,14	56,18
GG + BI (19%)	9,90	9,91	10,67
TERRENOS	0,90	0,83	1,5
PEC sin IVA	62,90	62,88	68,35
IVA (21%)	13,21	13,20	14,35
TOTAL	76,11	76,08	82,71

COSTES DE AMORTIZACIÓN (€/año): 30 años			
ALTERNATIVA	40.1	40.2	40.3
	2.066.633,33 €	2.068.220,00 €	2.228.473,33 €

DATOS DE REFERENCIA PARA EL CÁLCULO DE UNA TARIFA FIJA			
COSTES FIJOS DESNITRIFICACIÓN (€/m3) (1)			
ALTERNATIVA	40.1	40.2	40.3
DESNITRIFICACIÓN	0,033	0,033	0,036
RATIO DE AMORTIZACIÓN (€/m3) (2)			
ALTERNATIVA	40.1	40.2	40.3
Amortiz. Anual (€)	2.066.633	2.068.220	2.228.473
Volum. Salmuera (m3)	8.384.590	8.384.590	8.384.590
RATIO (€/m3)	0,25	0,25	0,27
COSTE FIJO TARIFA (€/m3) (1)+(2)			
ALTERNATIVA	40.1	40.2	40.3
TOTAL	0,279	0,280	0,302

El **coste variable** de la Desnitrificación (ver apartado correspondiente) se ha calculado de **0,32 €/m3**.

COSTE UNITARIO TOTAL DE LAS ALTERNATIVAS INCLUSO AMORTIZACIÓN (€/m3)						
ALTERNATIVA	80.1	80.2	80.3	40.1	40.2	40.3
TARIFA FIJA	0,234	0,246	0,241	0,279	0,280	0,302
VARIABLES	0,321	0,321	0,321	0,321	0,321	0,321
TOTAL	0,555	0,567	0,562	0,600	0,601	0,623

Tabla 31: Desnitrificación. Resumen de costes (incluida la amortización de las inversiones).

Con el objeto de contemplar la posibilidad de aprovechar infraestructuras existentes (emisarios submarinos), desglosamos los datos anteriores para las alternativas de la serie "80":

COSTES DE INVERSIÓN DESGLOSADOS (MM €)			
ALTERNATIVA	80.1	80.2	80.3
PEM RED DE CAPTACIÓN (A)	40,30	50,74	41,83
GG + BI (19%)	7,66	9,64	7,95
PEC sin IVA	47,96	60,38	49,78
IVA (21%)	10,07	12,68	10,45
TOTAL	58,03	73,06	60,23
PEM DESNITRIFICACIÓN (B)	40,0	40,0	40,0
GG + BI (19%)	7,60	7,60	7,60
PEC sin IVA	47,60	47,60	47,60
IVA (21%)	10,00	10,00	10,00
TOTAL	57,60	57,60	57,60
PEM EMISARIOS (C)	7,87	2,69	7,24
GG + BI (19%)	1,50	0,51	1,38
PEC sin IVA	9,37	3,20	8,62
IVA (21%)	1,97	0,67	1,81
TOTAL	11,33	3,87	10,42
COSTE TERRENOS (D)	1,13	1,04	1,73
IVA (21%)	0,24	0,22	0,36
TOTAL	1,37	1,26	2,09

COSTES DE AMORTIZACIÓN RED (€/año): 30 años			
ALTERNATIVA	80.1	80.2	80.3
	1.598.566,67 €	2.012.686,67 €	1.659.256,67 €

COSTES DE AMORTIZACIÓN DESNITRIFICACIÓN (€/año): 30 años			
ALTERNATIVA	80.1	80.2	80.3
	1.586.666,67 €	1.586.666,67 €	1.586.666,67 €

COSTES DE AMORTIZACIÓN EMISARIOS (€/año): 30 años			
ALTERNATIVA	80.1	80.2	80.3
	312.176,67 €	106.703,33 €	287.186,67 €

COSTES DE INVERSIÓN SIN EMISARIOS (MM €)			
ALTERNATIVA	80.1	80.2	80.3
TOTAL (A)+(B)+(D)	96,69	109,02	99,11
IVA (21 %)	20,30	22,89	20,81
TOTAL	116,99	131,91	119,92

DATOS DE REFERENCIA PARA EL CÁLCULO DE UNA TARIFA FIJA (SIN EMISARIOS)

COSTES FIJOS DESNITRIFICACIÓN (€/m3) (1)			
ALTERNATIVA	80.1	80.2	80.3
DESNITRIFICACIÓN	0,025	0,025	0,030

RATIO DE AMORTIZACIÓN (€/m3) (2)			
ALTERNATIVA	80.1	80.2	80.3
Amortiz. Anual (€)	3.185.233	3.599.353	3.245.923
Volum. Salmuera (m3)	16.769.179	16.769.179	16.769.179
RATIO (€/m3)	0,19	0,21	0,19

COSTE FIJO TARIFA (€/m3) (1)+(2)			
ALTERNATIVA	80.1	80.2	80.3
TOTAL	0,215	0,240	0,224

Y para las alternativas de la serie "40":

COSTES DE INVERSIÓN DESGLOSADOS (MM €)			
ALTERNATIVA	40.1	40.2	40.3
PEM RED DE CAPTACIÓN (A)	25,91	30,16	28,58
GG + BI (19 %)	4,92	5,73	5,43
PEC sin IVA	30,83	35,89	34,01
IVA (21 %)	6,47	7,54	7,14
TOTAL	37,31	43,43	41,15

COSTES DE AMORTIZACIÓN RED (€/año): 30 años			
ALTERNATIVA	40.1	40.2	40.3
	1.027.763,33 €	1.196.346,67 €	1.133.673,33 €

PEM DESNITRIFICACIÓN (B)	20,0	20,0	21,6
GG + BI (19 %)	3,80	3,80	4,10
PEC sin IVA	23,80	23,80	25,70
IVA (21 %)	5,00	5,00	5,40
TOTAL	28,80	28,80	31,10

COSTES DE AMORTIZACIÓN DESNITRIFICACIÓN (€/año): 30 años			
ALTERNATIVA	40.1	40.2	40.3
	793.333,33 €	793.333,33 €	856.800,00 €

PEM EMISARIOS (C)	6,03	1,82	5,84
GG + BI (19 %)	1,15	0,35	1,11
PEC sin IVA	7,18	2,17	6,95
IVA (21 %)	1,51	0,45	1,46
TOTAL	8,68	2,62	8,41

COSTES DE AMORTIZACIÓN EMISARIOS (€/año): 30 años			
ALTERNATIVA	40.1	40.2	40.3
	239.190,00 €	72.193,33 €	231.653,33 €

COSTE TERRENOS (D)	0,90	0,83	1,5
IVA (21 %)	0,19	0,17	0,32
TOTAL	1,09	1,00	1,82

COSTES DE INVERSIÓN SIN EMISARIOS (MM €)			
ALTERNATIVA	40.1	40.2	40.3
PEC (A)+(B)+(D)	55,53	60,52	61,21
IVA (21 %)	11,66	12,71	12,85
TOTAL	67,19	73,23	74,07

DATOS DE REFERENCIA PARA EL CÁLCULO DE UNA TARIFA FIJA (SIN EMISARIOS)

COSTES FIJOS DESNITRIFICACIÓN (€/m3) (1)			
ALTERNATIVA	40.1	40.2	40.3
DESNITRIFICACIÓN	0,025	0,025	0,030

RATIO DE AMORTIZACIÓN (€/m3) (2)			
ALTERNATIVA	40.1	40.2	40.3
Amortiz. Anual (€)	1.821.097	1.989.680	1.990.473
Volum. Salmuera (m3)	8.384.590	8.384.590	8.384.590
RATIO (€/m3)	0,22	0,24	0,24

COSTE FIJO TARIFA (€/m3) (1)+(2)			
ALTERNATIVA	40.1	40.2	40.3
TOTAL	0,242	0,262	0,267

14 PRIMERAS CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos podemos obtener las siguientes conclusiones:

1. El importe de las inversiones para las opciones de 40.000 m³/d es del orden del **60 %** de las de las opciones de 80.000 m³/d.
2. La repercusión económica de los emisarios submarinos es relativamente pequeña (10 % al norte y 3% al sur) frente a la magnitud del resto de inversiones.
3. Dentro de la serie “80”, la alternativa **80.2** (vertido 100 % sur) es la más desfavorable, siendo las otras dos muy similares.
4. En la serie “40”, la alternativa **40.3** (vertido 60 % sur y 40% norte) es la de mayor importe, siendo las otras 2 prácticamente idénticas.
5. Los costes fijos de la desnitrificación oscilan entre **2-3** céntimos de €/m³ para la serie de alternativas “80”, y entre **3 y 4** para las de la serie “40”.
6. Los costes de amortización (vida útil de 30 años) resultan en torno a los **21** céntimos de €/m³ para la serie “80” y a los **25** para la serie “40”.
7. El coste variable de la desnitrificación resulta constante de **32** céntimos de €/m³ para todas las alternativas, aunque dependerá de la concentración real de nitratos en la salmuera de entrada a las plantas. La hipótesis considerada en el estudio es de **600 mg/l**.

NOTA: los costes están referidos a los m³ de salmuera inyectados y tratados en el sistema.

Es importante no perder de vista que las alternativas de la serie “80” permiten aprovechar **50.307.537 m³/año** para riego, procedentes de los recursos subterráneos del Campo de Cartagena, y lo mismo, con **25.153.770 m³/año** las de la serie “40”.

Sin estas inversiones, estos volúmenes son escasamente aprovechables si no se mezclan con otras fuentes de mejor calidad, dada su alta conductividad y contenido en nitratos.

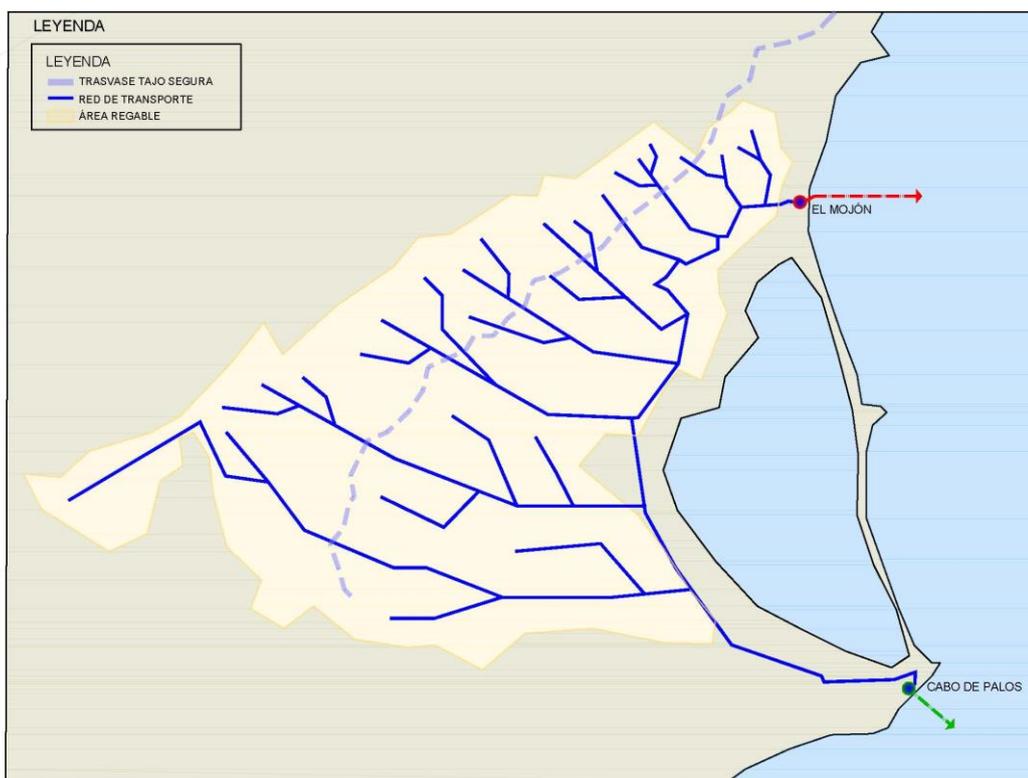
15 DESALOBRACIÓN SECUNDARIA

15.01 INFORMACIÓN PREVIA

La salmuera inyectada en la red por los usuarios de las desalobradoras particulares tiene una conductividad del orden de 20.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por lo que sigue siendo bastante inferior a la del agua de mar (50.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Esta circunstancia invita a estudiar la viabilidad económica de llevar a cabo una desalobración secundaria, de forma adicional a la desnitrificación, con el objeto de incorporar el agua “recuperada” al sistema de distribución de riego de la CRCC (Canal del Trasvase).

Ello implicaría realizar una nueva impulsión para llevar el agua desalobrada desde la salida de la planta hasta el Canal del Trasvase, que se encuentra a la cota 74 msnm.

En este estudio **sólo se ha analizado la desalobración en las alternativas de vertido Norte** por la ubicación geográfica del Canal, que hace inviable económicamente (como se justifica en el capítulo siguiente) la impulsión desde otros puntos más lejanos.



Se ha incluido la posibilidad de que la desalobración sea previa o posterior a la desnitrificación, lo que afecta al diseño de su pretratamiento y, por tanto, a sus costes de inversión y explotación.

También afectará al grado de desnitrificación a llevar a cabo en las plantas de tratamiento, como se

verá a continuación.

Se ha previsto en el análisis que las plantas de desalobración tengan un carácter modular para poder optimizar su funcionamiento y ampliar la capacidad de producción en función de las necesidades.

El análisis específico de este tratamiento de desalobración secundaria ha sido desarrollado por la empresa **IASUR**, que cuenta con más de 20 años de experiencia (nacional e internacional) en el sector de la desalación, y cuyas premisas y conclusiones principales se incorporan en el presente apartado.

Se adjunta el documento completo de **IASUR** como ANEJO 04 de nuestro estudio de alternativas.

15.02 BASES DE DISEÑO

La planta de recuperación de salmueras se ha analizado para tratar un caudal máximo diario de 80.000 m³/d dividida en cuatro módulos de 20.000 m³/d de entrada.

La tecnología elegida para la planta de reutilización es la ósmosis inversa. El agua tratada será reutilizada como agua para riego. Dada la variabilidad que existirá en la composición química del influente y a falta de caracterizar en detalle cuál será su rango de variabilidad, se va a considerar una conversión nominal de operación de la instalación de ósmosis inversa del **45 %**. El diseño propuesto es capaz de operar hasta un máximo del 50% de recuperación.

Es importante aclarar que, pese a tratarse de una instalación de agua salobre, la conversión nominal se ha fijado en un 45 % (50 % máximo) debido a la naturaleza del influente: rechazo de desalobradoras.

Estas aguas presentan un alto carácter incrustante dado que sus sales ya han sido previamente concentradas de manera artificial, por lo que, ni siquiera mediante dosificación de anti incrustantes y control de pH es posible controlar la precipitación de ciertas sales altamente insolubles como el fosfato cálcico.

15.03 CARACTERIZACIÓN DE AGUA BRUTA

Por otra parte y dado que es necesario realizar un proceso de desnitrificación, aguas arriba o aguas abajo de la planta de reutilización, que permita reducir el contenido en nitratos en el efluente final para su posterior vertido al mar, se van a considerar dos tipos de influentes con un contenido en nitratos diferentes. El valor límite de emisión fijado por la Consejería de Empleo, Universidades, Empresa y Medio Ambiente de la Región de Murcia para autorizaciones de vertido al mar desde tierra para nitratos NO₃⁻ es actualmente de **85 mg/l**.

Teniendo en cuenta los análisis disponibles y la posible existencia de un tratamiento previo de desnitrificación se va a considerar la siguiente composición química del agua como referencia para el diseño de la instalación:

Parámetro	SIN desnitrificación previa	CON desnitrificación previa	Ud.
Sólidos totales disueltos (TDS)	16.106	15.546	mg/L
Temperatura	20	20	°C
Conductividad 25°C	21.475	20.877	μS/cm
pH	7,7	7,7	mg/L
Amonio - NH ₄	<0,4	<0,4	mg/L
Potasio - K	37,1	37,1	mg/L
Sodio - Na	2.822	2.822	mg/L
Magnesio - Mg	907	907	mg/L
Calcio - Ca	1.181	1.181	mg/L
Cloruros - Cl	5.091	5.091	mg/L
Sulfatos - SO ₄	4.511	4.511	mg/L
Nitratos - NO ₃	600	40	mg/L
Carbonatos - CO ₃	9,1	9,1	mg/L
Bicarbonatos - HCO ₃	946	946	mg/L
Boro - B	1,70	1,70	mg/L

Tabla 32: Análisis tipo para el diseño de la instalación desalobración secundaria.

Nota: A nivel de nitratos, se ha considerado una entrada máxima de nitratos de 600 mg/l en el influente sin desnitrificar (superior al de los análisis de referencia) y de 40 mg/l en el caso de que exista un proceso de desnitrificación previo. El valor de 600 mg/l se ha estimado como máximo considerando un contenido de 150 mg/l en el acuífero y una conversión de operación de las desalobradoras del 75%.

15.04 CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE

Para obtener la caracterización química del vertido se ha partido del análisis de agua bruta considerado para el diseño de la instalación teniendo en cuenta tanto la conversión nominal de operación, 45 %, como la conversión máxima de diseño, 50 %, así como el contenido en nitratos del influente en función de la existencia o no de una etapa previa de desnitrificación.

Parámetro	SIN desnitrificación previa	CON desnitrificación previa	Ud.
Conversión de operación	50-45%	50-45%	
Sólidos totales disueltos (TDS)	32.018 - 29.128	30.865 - 28.081	mg/L
Temperatura	20	20	°C
Conductividad 25°C	39.570 - 36.440	38.421 - 35.365	µS/cm
pH	7,9	7,9	
Amonio - NH ₄	<0,4	<0,4	mg/L
Potasio - K	73,3 - 66,7	73,0 - 66,5	mg/L
Sodio - Na	5.597 - 5.093	5.585 - 5.083	mg/L
Magnesio - Mg	1.809 - 1.645	1.808 - 1.644	mg/L
Calcio - Ca	2.355 - 2.142	2.354 - 2.141	mg/L
Cloruros - Cl	10.117 - 9.204	10.097 - 9.188	mg/L
Sulfatos - SO ₄	8.996 - 8.181	8.989 - 8.175	mg/L
Nitratos - NO ₃	1.180 - 1.076	79 - 68	mg/L
Carbonatos - CO ₃	22 - 19	22 - 19	mg/L
Bicarbonatos - HCO ₃	1.860 - 1.700	1.859 - 1.695	mg/L
Boro - B	2,4 - 2,3	2,3 - 2,2	mg/L

Tabla 33: Caracterización química del efluente en desalobración secundaria

15.05 COSTES DE INVERSIÓN

15.05.01 COSTES DE INVERSIÓN DE LA PLANTA MODULAR DE IASUR

Los costes de inversión estimados en el estudio de IASUR para la construcción de las distintas opciones estudiadas (anteriores o posteriores a la desnitrificación), son las siguientes:

CAPACIDAD DE TRATAMIENTO m ³ /día	20.000	40.000	60.000	80.000
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN m ³ /día	9.000	18.000	27.000	36.000
Equipos pre-tratamiento	1.339.000 €	1.855.000 €	2.372.000 €	2.888.000 €
Equipos ósmosis inversa	1.414.000 €	2.297.000 €	3.180.000 €	4.063.000 €
Bombeo de agua tratada	146.000 €	188.000 €	230.000 €	273.000 €
Electricidad y control	505.000 €	700.000 €	895.000 €	1.090.000 €
Obras civiles	430.000 €	480.000 €	530.000 €	580.000 €
TOTAL	3.834.000 €	5.520.000 €	7.207.000 €	8.894.000 €
Ratio de inversión (respecto a capacidad de tratamiento)	192 €/m ³ /día	138 €/m ³ /día	120 €/m ³ /día	111 €/m ³ /día
Ratio de inversión (respecto a capacidad de producción)	426 €/m ³ /día	307 €/m ³ /día	267 €/m ³ /día	247 €/m ³ /día

Tabla 34: Costes de inversión desalobración secundaria. Instalación SIN desnitrificación previa.

CAPACIDAD DE TRATAMIENTO m ³ /día	20.000	40.000	60.000	80.000
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN m ³ /día	9.000	18.000	27.000	36.000
Equipos pre-tratamiento	1.963.000 €	3.048.000 €	4.133.000 €	5.217.000 €
Equipos ósmosis inversa	1.465.000 €	2.400.000 €	3.335.000 €	4.269.000 €
Bombeo de agua tratada	146.000 €	188.000 €	230.000 €	273.000 €
Electricidad y control	505.000 €	700.000 €	895.000 €	1.090.000 €
Obras civiles	670.000 €	740.000 €	810.000 €	880.000 €
TOTAL	4.749.000 €	7.076.000 €	9.403.000 €	11.729.000 €
Ratio de inversión (respecto a capacidad de tratamiento)	237 €/m ³ /día	177 €/m ³ /día	157 €/m ³ /día	147 €/m ³ /día
Ratio de inversión (respecto a capacidad de producción)	528 €/m ³ /día	393 €/m ³ /día	348 €/m ³ /día	326 €/m ³ /día

Tabla 35: Costes de inversión desalobración secundaria. Instalación CON desnitrificación previa.

Aunque lo habitual es que para mayores capacidades, los ratios de inversión resulten mejores, en este caso, existen menores diferencias de las habituales. Las razones que justifican esto son las siguientes:

- La instalación está dimensionada para la máxima capacidad de tratamiento posible, (80.000 m³/día de influente) por lo que ciertas partes del proceso (colectores, depósitos, etc.) y obras civiles resultan sobredimensionadas para capacidades inferiores.
- El criterio seguido a la hora de incluir equipos de reserva que permitan garantizar una operación continua (normalmente un equipo en reserva por equipo instalado) tiene un impacto económico mucho mayor para capacidades inferiores.

Como conclusión principal se deduce que **desnitrificar previamente encarece las plantas de desalobración**, al tener que incluir un pretratamiento adicional por la contaminación orgánica que resulta del proceso de desnitrificación.

15.06 COSTES DE EXPLOTACIÓN

15.06.01 CONSIDERACIONES INICIALES

Para el cálculo de los costes relacionados con la explotación de la planta se ha considerado una conversión global de operación del **45 %**.

Otra variable importante a tener en cuenta es el **factor de funcionamiento anual** de las plantas, es decir, la relación entre el caudal realmente tratado y su capacidad máxima de tratamiento.

Cuanto mayor sea ese coeficiente, más ajustados estarán los ratios de coste/m³ tratado, ya que los costes fijos de explotación se reparten entre un volumen mayor de agua producto.

En el caso de este estudio de alternativas, donde el caudal de agua a tratar es muy variable en función del mes del año y hay muy poca capacidad de regulación previa, a la hora de dimensionar las plantas de desalobración se pueden seguir dos criterios, según los objetivos que se persigan:

1. **Maximizar el volumen tratado**, dimensionando para los caudales punta pero teniendo, por contra, factores de funcionamiento bajos.
2. **Optimizar los costes de explotación**, a cambio de no poder recuperar para riego todos los caudales disponibles en la red de captación.

Para poder encontrar el tamaño óptimo sería necesario asignar un valor al agua recuperada y realizar un estudio económico específico comparando costes de inversión y explotación con ese valor recuperable.

En el **ANEJO 04** específico de puede consultarse el desarrollo completo del análisis realizado para determinar la afección del factor de funcionamiento a los costes de explotación. Motivado todo ello por la forma de la curva de caudales disponibles procedentes de las desalobradoras particulares.

En la siguiente tabla puede verse la relación entre el tamaño de la planta y su efecto en el factor de funcionamiento:

Capacidad planta (m3/d)	Máxima capacidad teórica planta (m3/año)	Caudal de desalobradoras particulares (m3/año)	CAUDAL REALMENTE TRATADO (m3/año)	CAUDAL NO TRATADO (m3/año)	AGUA RECUPERADA (m3/año)	PÉRDIDA PRODUCCIÓN m3/año	EFLUENTE FINAL (m3/año)	FACTOR DE FUNCIONAMIENTO
100% Aprovechamientos Subterráneos								
20.000	7.300.000	16.769.179	6.898.459	9.870.720	3.104.307	4.441.824	13.664.872	94%
40.000	14.600.000		12.100.160	4.669.019	5.445.072	2.101.059	11.324.107	83%
60.000	21.900.000		15.391.941	1.377.238	6.926.373	619.757	9.842.806	70%
80.000	29.200.000		16.746.964	22.215	7.536.134	9.997	9.233.045	57%
50% Aprovechamientos Subterráneos								
20.000	7.300.000	8.384.590	6.050.080	2.334.509	2.722.536	1.050.529	5.662.053	83%
40.000	14.600.000		8.373.482	11.107	3.768.067	4.998	4.616.523	57%

Tabla 36: Desalobración secundaria. Relación entre el tamaño de la planta y el factor de funcionamiento

CONCLUSIÓN PRINCIPAL: Cuanto mayor es la planta mayor es el caudal realmente tratado pero más rápidamente baja el factor de funcionamiento, es decir, más “desaprovechadas” se quedan las instalaciones.

Los costes se dividen entre fijos y variables.

Es importante señalar que la energía es el factor más importante a considerar tanto a nivel de costes fijos (término de potencia) como de variables (término de energía). No obstante, con el objeto de simplificar el estudio, se ha decidido tratar la energía como un coste puramente variable a partir de valores medios del mercado energético en los últimos años. Se ha considerado un coste específico de

la energía de **0,075 €/kWh**.

15.06.02 COSTES FIJOS

Los costes fijos considerados para la operación de la planta desalobradoradora incluyen los siguientes apartados:

- Personal.
- Análisis en laboratorios acreditados externos.
- Seguros.
- Mantenimiento preventivo y normativo.
- Plan de vigilancia ambiental.
- Administración.
- Impuestos y tasas.
- Varios.

Estos costes son independientes de la ubicación de la planta respecto a la desnitrificación y del factor de funcionamiento de la propia planta, es decir, existirán de forma permanente aunque se trabaje muy por debajo de sus capacidades máximas de producción.

La repercusión del coste fijo por m³ tratado será menor cuanto mayor sea el volumen de agua desalobrada.

COSTES FIJOS						
CAPACIDAD PLANTA (m ³ /d)	20.000		40.000		60.000	80.000
MÁXIMA CAPACIDAD TRATAMIENTO (hm ³ /año)	7,30		14,60		21,90	29,20
USO RECURSOS SUBTERRÁNEOS	100%	50%	100%	50%	100%	100%
VOLUMEN TRATAMIENTO REAL (hm ³ /año)	6,90	6,05	12,10	8,37	15,39	16,75
PRODUCCIÓN ANUAL (hm ³ /año)	3,10	2,72	5,45	3,77	6,93	7,54
FACTOR UTILIZACIÓN PLANTA	94%	83%	83%	57%	70%	57%
CONVERSIÓN:	45%					
Concepto	Coste específico €/m ³					
COSTES FIJOS	0,15	0,17	0,10	0,14	0,09	0,09

Tabla 37: Desalobración secundaria. Costes fijos en función del tamaño y caudal.

CONCLUSIÓN PRINCIPAL: como se preveía, cuanto mayor es la planta más bajo es el coste fijo, al recuperarse un volumen mayor de agua. Por el contrario, peor es el factor de funcionamiento de la

planta.

15.06.03 COSTES VARIABLES

Los costes variables relacionados con la operación de la planta son fundamentalmente los siguientes:

- Productos químicos, tanto de operación como de limpieza química de membranas de ósmosis inversa.
- Reposiciones, en especial de membranas de ósmosis inversa y filtros de cartucho.
- Mantenimiento correctivo.
- Energía. Como se ha indicado en la introducción de este capítulo, con el fin de simplificar este estudio en la fase de Anteproyecto se ha estimado que toda la energía es un coste variable.

15.06.04 RESUMEN DE COSTES DE EXPLOTACIÓN

Se resumen en las siguientes tablas los costes de explotación fijos y variables para las diferentes capacidades de tratamiento y para las dos opciones de calidad del influente. El coste específico indicado (€/m³) está referido al volumen anual de producción. Los datos están extraídos del ANEJO 04:

SIN DESNITRIFICACIÓN PREVIA						
CAPACIDAD PLANTA (m ³ /d)	20.000		40.000		60.000	80.000
MÁXIMA CAPACIDAD TRATAMIENTO (hm ³ /año)	7,30		14,60		21,90	29,20
USO RECURSOS SUBTERRÁNEOS	100%	50%	100%	50%	100%	100%
VOLUMEN TRATAMIENTO REAL (hm ³ /año)	6,90	6,05	12,10	8,37	15,39	16,75
PRODUCCIÓN ANUAL (hm ³ /año)	3,10	2,72	5,45	3,77	6,93	7,54
FACTOR UTILIZACIÓN PLANTA	94%	83%	83%	57%	70%	57%
CONVERSIÓN	45%					
Concepto	Coste específico €/m ³					
COSTES FIJOS	0,15	0,17	0,10	0,14	0,09	0,09
COSTES VARIABLES	0,0650 €	0,0650 €	0,0650 €	0,0650 €	0,0650 €	0,0650 €
COSTES ENERGÍA	0,1365 €	0,1365 €	0,1365 €	0,1365 €	0,1365 €	0,1365 €
TOTAL COSTES VARIABLES	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
COSTE TOTAL	0,35	0,37	0,30	0,34	0,29	0,29

Tabla 38: Desalobración secundaria. Costes fijos en función del tamaño y el caudal.

CON DESNITRIFICACIÓN PREVIA						
CAPACIDAD PLANTA (m3/d)	20.000		40.000		60.000	80.000
MÁXIMA CAPACIDAD TRATAMIENTO (hm3/año)	7,30		14,60		21,90	29,20
USO RECURSOS SUBTERRÁNEOS	100%	50%	100%	50%	100%	100%
VOLUMEN TRATAMIENTO REAL (hm3/año)	6,90	6,05	12,10	8,37	15,39	16,75
PRODUCCIÓN ANUAL (hm3/año)	3,10	2,72	5,45	3,77	6,93	7,54
FACTOR UTILIZACIÓN PLANTA	94%	83%	83%	57%	70%	57%
CONVERSIÓN 45%						
Concepto	Coste específico €/m3					
COSTES FIJOS	0,15	0,17	0,10	0,14	0,09	0,09
COSTES VARIABLES	0,1000 €	0,1000 €	0,1000 €	0,1000 €	0,1000 €	0,1000 €
COSTES ENERGÍA	0,1350 €	0,1350 €	0,1350 €	0,1350 €	0,1350 €	0,1350 €
TOTAL COSTES VARIABLES	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
COSTE TOTAL	0,39	0,41	0,33	0,38	0,33	0,33

Tabla 39: Desalobración secundaria. Costes de explotación. Instalación CON desnitrificación previa.

Capacidad planta (m3/d)	Máxima capacidad teórica planta (m3/año)	Caudal de desalobradoras particulares (m3/año)	CAUDAL REALMENTE TRATADO (m3/año)	CAUDAL NO TRATADO (m3/año)	AGUA RECUPERADA (m3/año)	PÉRDIDA PRODUCCIÓN m3/año	EFLUENTE FINAL (m3/año)	FACTOR DE FUNCIONAMIENTO
100% Aprovechamientos Subterráneos								
20.000	7.300.000	16.769.179	6.898.459	9.870.720	3.104.307	4.441.824	13.664.872	94%
40.000	14.600.000		12.100.160	4.669.019	5.445.072	2.101.059	11.324.107	83%
60.000	21.900.000		15.391.941	1.377.238	6.926.373	619.757	9.842.806	70%
80.000	29.200.000		16.746.964	22.215	7.536.134	9.997	9.233.045	57%
50% Aprovechamientos Subterráneos								
20.000	7.300.000	8.384.590	6.050.080	2.334.509	2.722.536	1.050.529	5.662.053	83%
40.000	14.600.000		8.373.482	11.107	3.768.067	4.998	4.616.523	57%

Tabla 40: Desalobración secundaria. Relación entre el tamaño de la planta y el factor de funcionamiento.

CONCLUSIONES PRINCIPALES:

- Si el tratamiento de desnitrificación se realiza de forma previa, los costes variables de explotación suben, como también lo hacían los costes de inversión.
- El tamaño de la planta apenas afecta a los costes variables.

15.07 COSTE DE LOS TERRENOS NECESARIOS

Se calcula que se requerirá una parcela de entre **0,8** y **1,0** hectáreas para albergar las instalaciones cuando no exista una etapa previa de desnitrificación y entre **1,1** y **1,3** hectáreas cuando sí exista. Adoptaremos 1 y 1,3 para quedar del lado de la seguridad.

Considerando el coste de adquisición de los terrenos en la zona Norte del Mojón en 25 €/m², resultan **275.000 €** si no hay desnitrificación previa y **325.000 €** si la hay.

15.08 RESUMEN DE COSTES

Analizando en primer lugar cuando no hay desnitrificación previa:

COSTES DE INVERSIÓN SIN DESNITRIFICACIÓN PREVIA				
CAPACIDAD PLANTA (m3/d)	20.000	40.000	60.000	80.000
TOTAL PEM	3.834.000	5.520.000	7.207.000	8.894.000
GG + BI (19%)	728.460	1.048.800	1.369.330	1.689.860
TERRENOS	275.000	275.000	275.000	275.000
PEC sin IVA	4.837.460	6.843.800	8.851.330	10.858.860
IVA (21%)	773.994	1.095.008	1.416.213	1.737.418
COSTE TOTAL	5.611.454	7.938.808	10.267.543	12.596.278

Tabla 41: Costes de inversión desalobradoras SIN desnitrificación previa.

Se ha calculado el coste de amortización de las infraestructuras para un periodo de vida útil de 20 años (hay una componente muy importante de tecnología y equipos frente a las plantas de desnitrificación, en las que consideramos 30 años) con el objeto de estimar, junto con los costes fijos de la desnitrificación, una **tarifa fija unitaria** para aquellos usuarios que quieran estar conectados a la red de captación de salmuera.

COSTES DE AMORTIZACIÓN (€/año): 20 años			
20.000	40.000	60.000	80.000
228.123 €	328.440 €	428.817 €	529.193 €

Tabla 42: Costes de amortización desalobradoras SIN desnitrificación previa.

DATOS DE REFERENCIA PARA EL CÁLCULO DE UNA TARIFA FIJA						
COSTES FIJOS DESALOBRACIÓN (€/m3) (1)						
CAPACIDAD PLANTA (m3/d)	20.000		40.000		60.000	80.000
USO RECURSOS SUBTERRÁNEOS	100%	50%	100%	50%	100%	100%
COSTE FIJO (€/m3)	0,15	0,17	0,10	0,14	0,09	0,09
RATIO DE AMORTIZACIÓN (€/m3) (2)						
CAPACIDAD PLANTA (m3/d)	20.000		40.000		60.000	80.000
USO RECURSOS SUBTERRÁNEOS	100%	50%	100%	50%	100%	100%
Amortiz. Anual (€)	228.123,00 €	228.123	328.440	328.440	428.817	529.193
Volumen Recuperado (m3/año)	3.104.307	2.722.536	5.445.072	3.768.067	6.926.373	7.536.134
COSTE FIJO (€/m3)	0,07	0,08	0,06	0,09	0,06	0,07
CÁLCULO DE LA TARIFA FIJA (€/m3) (1)+(2)						
CAPACIDAD PLANTA (m3/d)	20.000		40.000		60.000	80.000
USO RECURSOS SUBTERRÁNEOS	100%	50%	100%	50%	100%	100%
TARIFA FIJA (€/m3)	0,22	0,26	0,16	0,23	0,15	0,16

Tabla 43: Cálculo de Tarifa Fija para desalobración SIN desnitrificación previa.

COSTE TOTAL DESALOBRAJAS SIN DESNITRIF. PREVIA (€/m ³)						
CAPACIDAD PLANTA (m ³ /d)	20.000		40.000		60.000	80.000
USO RECURSOS SUBTERRÁNEOS	100%	50%	100%	50%	100%	100%
COSTE FIJO (€/m ³)	0,150 €	0,171 €	0,099 €	0,143 €	0,092 €	0,093 €
COSTE VARIABLE (€/m ³)	0,202 €	0,202 €	0,202 €	0,202 €	0,202 €	0,202 €
TOTAL (€/m³)	0,352 €	0,373 €	0,300 €	0,344 €	0,293 €	0,294 €

COSTE TOTAL DESALOBRAJAS SIN DESNITRIF. PREVIA INCLUIDA AMORTIZACIÓN (€/m ³)						
CAPACIDAD PLANTA (m ³ /d)	20.000		40.000		60.000	80.000
USO RECURSOS SUBTERRÁNEOS	100%	50%	100%	50%	100%	100%
TARIFA FIJA (€/m ³)	0,224 €	0,255 €	0,159 €	0,230 €	0,154 €	0,163 €
COSTE VARIABLE (€/m ³)	0,202 €	0,202 €	0,202 €	0,202 €	0,202 €	0,202 €
TOTAL (€/m³)	0,425 €	0,457 €	0,361 €	0,432 €	0,355 €	0,365 €

Tabla 44: Costes totales para desalobraci3n SIN desnitrificaci3n previa, con y sin amortizaci3n.

De igual forma para el caso de desalobraci3n CON desnitrificaci3n previa:

COSTES DE INVERSI3N CON DESNITRIFICACI3N PREVIA				
CAPACIDAD PLANTA (m ³ /d)	20.000	40.000	60.000	80.000
TOTAL PEM	4.749.000	7.076.000	9.403.000	11.729.000
GG + BI (19 %)	902.310	1.344.440	1.786.570	2.228.510
TERRENOS	275.000	275.000	275.000	275.000
PEC sin IVA	5.926.310	8.695.440	11.464.570	14.232.510
IVA (21 %)	948.210	1.391.270	1.834.331	2.277.202
COSTE TOTAL	6.874.520	10.086.710	13.298.901	16.509.712

Tabla 45: Costes de inversi3n desalobradoras CON desnitrificaci3n previa.

COSTES DE AMORTIZACI3N (€/a3o): 20 a3os			
20.000	40.000	60.000	80.000
282.566 €	421.022 €	559.479 €	697.876 €

Tabla 46: Costes de amortizaci3n desalobradoras CON desnitrificaci3n previa.

DATOS DE REFERENCIA PARA EL C3LCULO DE UNA TARIFA FIJA						
COSTES FIJOS DESALOBRAJAS (€/m ³) (1)						
CAPACIDAD PLANTA (m ³ /d)	20.000		40.000		60.000	80.000
USO RECURSOS SUBTERRÁNEOS	100%	50%	100%	50%	100%	100%
COSTE FIJO (€/m³)	0,15	0,17	0,10	0,14	0,09	0,09

RATIO DE AMORTIZACI3N (€/m ³) (2)						
CAPACIDAD PLANTA (m ³ /d)	20.000		40.000		60.000	80.000
USO RECURSOS SUBTERRÁNEOS	100%	50%	100%	50%	100%	100%
Amortiz. Anual (€)	282.565,50 €	282.566	421.022	421.022	559.479	697.876
Volumen Recuperado (m³/a3o)	3.104.307	2.722.536	5.445.072	3.768.067	6.926.373	7.536.134
COSTE FIJO (€/m³)	0,09	0,10	0,08	0,11	0,08	0,09

C3LCULO DE LA TARIFA FIJA (€/m ³) (1)+(2)						
CAPACIDAD PLANTA (m ³ /d)	20.000		40.000		60.000	80.000
USO RECURSOS SUBTERRÁNEOS	100%	50%	100%	50%	100%	100%
TARIFA FIJA (€/m³)	0,24	0,28	0,18	0,25	0,17	0,19

Tabla 47: C3lculo de Tarifa Fija para desalobraci3n CON desnitrificaci3n previa.

COSTE TOTAL DESALOBRACIÓN CON DESNITRIF. PREVIA (€/m ³)						
CAPACIDAD PLANTA (m ³ /d)	20.000		40.000		60.000	80.000
USO RECURSOS SUBTERRÁNEOS	100%	50%	100%	50%	100%	100%
COSTE FIJO (€/m ³)	0,150 €	0,171 €	0,099 €	0,143 €	0,092 €	0,093 €
COSTE VARIABLE (€/m ³)	0,235 €	0,235 €	0,235 €	0,235 €	0,235 €	0,235 €
TOTAL (€/m³)	0,385 €	0,406 €	0,334 €	0,378 €	0,327 €	0,328 €

COSTE TOTAL DESALOBRACIÓN CON DESNITRIF. PREVIA INCLUIDA AMORTIZACIÓN (€/m ³)						
CAPACIDAD PLANTA (m ³ /d)	20.000		40.000		60.000	80.000
USO RECURSOS SUBTERRÁNEOS	100%	50%	100%	50%	100%	100%
TARIFA FIJA (€/m ³)	0,241 €	0,275 €	0,176 €	0,255 €	0,173 €	0,185 €
COSTE VARIABLE (€/m ³)	0,235 €	0,235 €	0,235 €	0,235 €	0,235 €	0,235 €
TOTAL (€/m³)	0,476 €	0,510 €	0,411 €	0,490 €	0,408 €	0,420 €

Tabla 48: Costes totales para desalobración CON desnitrificación previa, con y sin amortización.

15.09 EFECTOS EN LA DESNITRIFICACIÓN

Introducir un proceso de desalobración secundaria en el sistema implica una **afección directa** al proceso de desnitrificación estudiado en apartados anteriores, en concreto, **a sus costes variables** de explotación.

Esto sucede de distinta forma en función de si la desalobración es previa o posterior a la desnitrificación (este fenómeno ya se explicó en el apartado 8.2.2 del estudio).

Si la desalobración es **previa**, la planta de desnitrificación recibirá un caudal más pequeño (el 55 % del previsto) pero con una concentración de nitratos mucho mayor (un 55 % más, caso **DN 2**). El coste variable unitario de desnitrificación es mucho mayor pero **el coste total del periodo es el mismo**, ya que el volumen se reduce en la misma proporción que aumenta la concentración.

Si la desalobración es **posterior** la reducción de nitratos a realizar deberá tener en cuenta que la concentración de nitratos del rechazo de la desalobración cumpla con los límites establecidos por Medio Ambiente (85 mg/l, caso **DN 3**):

ESCENARIO DESNITRIFICACIÓN	DESALOBRACIÓN PREVIA	DESALOBRACIÓN POSTERIOR	NO ₃ mg/l (ENTRADA)	NO ₃ mg/l (SALIDA)	REDUCCIÓN
DN 1	NO	NO	600	85	86%
DN 2	SÍ	NO	1.100	85	93%
DN 3	NO	SÍ	600	45	93%

Tabla 11: Alternativas grados de desnitrificación

En este último caso sí hay un incremento del coste variable de la desnitrificación, pues hay que aplicar más ácido acético para reducir la concentración de nitratos de entrada hasta los 45 mg/l.

ÁCIDO ACÉTICO						
Grado Desnitrificación	DN 3			DN 3		
Capacidad de la Planta (m3/d)	80.000	48.000	32.000	40.000	24.000	16.000
Coste acético (€/t)	615	615	615	615	615	615
Conc. Influyente (mg/l NO3-N)	135	135	135	135	135	135
Conc. Efluente (mg/l NO3-N)	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1
Ratio consumo (kg acético/kg NO3-N)	4	4	4	4	4	4
Días operación/año	365	365	365	365	365	365
Coste ácido acético						
NO3-N desnitrificado (kg/d)	9.992	5.995	3.997	4.996	2.998	1.998
Consumo ácido acético puro (kg/d)	39.968	23.981	15.987	19.984	11.990	7.994
Coste diario (€/d)	24.580	14.748	9.832	12.290	7.374	4.916
Coste anual (€/año)	8.971.817	5.383.090	3.588.727	4.485.908	2.691.545	1.794.363
RATIO (€/m3)	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31

Tabla 49: Coste ácido acético, caso grado de desnitrificación DN 3

En definitiva supone un encarecimiento de **3 céntimos €/m3**.

15.10 CONCLUSIONES

Una vez obtenidos los distintos resultados podemos llegar a las siguientes conclusiones:

1. El coste total de la desalobración, incluida la amortización de las inversiones, se encuentra entre **36 y 51 céntimos** (según la opción) de € por cada m3 recuperado, en un orden de magnitud equiparable a los costes de desalación de agua marina. Habría que sumarle los costes de impulsión hasta el Canal del Tránsito, que se calculan en el apartado siguiente (entre **7 y 9 céntimos €/m3**).
2. Si la desalobración es posterior a la desnitrificación, el coste total se encarece entre un **12 y un 15 %**. También supone encarecer la desnitrificación **3 céntimos €/m3**
3. El coste unitario es menor si se considera la hipótesis de uso del 100 % de los recursos frente al 50 %: entre un **5 y un 12 %**.
4. La capacidad de tratamiento de la planta afecta al coste unitario pero no de forma significativa. Suponiendo un uso del **100 %** de los recursos, hay una diferencia de **6 céntimos de €/m3** entre la planta de 20.000 y la de 80.000 m3/d. para el caso del **50 %**, la diferencia entre la planta de 20.000 y 40.000 m3/d es de **2 céntimos de €/m3**.

16 INCORPORACIÓN AGUA PRODUCTO AL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

El agua obtenida tras el tratamiento secundario de desalación debe ser transportada hacia el sistema hidráulico de distribución para su uso por la CRCC.

Se desarrolla, en el presente estudio, un único escenario en cuanto a la ubicación de la planta de desalación secundaria. Consideramos que la única localización viable es junto al tratamiento de desnitrificación situado al Norte, en las proximidades de El Mojón. Esta decisión se justifica atendiendo a los siguientes aspectos:

- Consideramos el Canal del Trasvase como único punto de destino viable del agua producto. Esta infraestructura permite vertebrar equitativamente la distribución de recursos hídricos a todos las áreas regables de la CRCC.
- Una planta desalobradoradora cuyo rechazo fuese vertido a través del emisario sur, debería ser ubicada en un punto tal que permitiese el trazado de la impulsión de agua producto al Canal del Trasvase y, al mismo tiempo, que permitiese la recogida, por gravedad, de la red de captación. Es evidente que este punto no podría quedar en las proximidades de la costa de Cabo de Palos, por la enorme distancia que se genera, sino próximo a la parte sur del perímetro del área regable de la CRCC. Esta situación provocaría una rotura de carga de la red en este punto, impidiendo la llegada por gravedad del efluente hasta el punto de vertido.
- Solo la ubicación en el área de El Mojón permite utilizar el emisario para verter por gravedad y minimizar la longitud de la impulsión hacia el canal. Cualquier otra posición llevará un incremento de la longitud de la impulsión y, por lo tanto, de los coste de la inversión. Se ha propuesto un trazado desde el punto de tratamiento ubicado en la zona Norte hasta el Canal, resultando una longitud de 7,25 km.
- La ubicación de una posible planta de desalación, al Sur, requiere impulsar tanto el agua producto al canal como el rechazo hasta emisario considerado, también al Sur. Esto llevaría implícito un mayor coste de las impulsiones (se estima para ambas una longitud superior a los 30 km), con la desventaja añadida de que el agua producto sería vertida al Canal del trasvase en su extremo final (balsa de cola) lo que limitaría su uso a una parte considerable de la Comunidad de Regantes.

Las consideraciones expuestas nos llevan a descartar, a priori, cualquier otra ubicación que no sea la indicada al Norte, junto a la planta de desnitrificación y el emisario, en la zona de El Mojón.

El cuanto a la capacidad de tratamiento, atendemos a los dos escenarios considerados en este estudio de 40.000 y 80.000 m³/día.

Exponemos a continuación las dos soluciones planteadas.

16.01 IMPULSIÓN AGUA PRODUCTO PARA UNA CAPACIDAD DE 40.000 M³/DÍA

Partiendo de los datos expuestos en capítulos anteriores, los resultados obtenidos para este caso son los siguientes:

- Capacidad de producción de la Planta desalinizadora 40.000 m³/día.
- Punto geográfico de tratamiento: Área del Mojón (vertido del total de la Salmuera por el emisario Norte)
- Punto de destino del agua producto: Canal del Traslase Tajo-Segura (Cota +74,00)
- Sistema de transporte: Mediante impulsión y trazado de conducción en zanja.
- Longitud de la conducción: 7.247 m
- Altura manométrica de la impulsión:

Deberemos añadir, a la altura geométrica, las pérdidas de carga por rozamiento y por elementos singulares en la conducción. Ésta se calcula para una conducción de DN-560 mm en PN 10. Con un diámetro interior de 493,6 mm.

- Caudal a considerar en la impulsión: el volumen diario que debemos transportar coincide con la cantidad de agua producto recuperada. Para una planta que trata 40.000 m³ /día, el caudal máximo anual de agua producto que genera es el 45% de este volumen, es decir 18.000 m³/día. Suponiendo dificultades de espacio para tener mucha capacidad de regulación, podemos estimar un tiempo de funcionamiento de 20 h/diarias, lo que supone un caudal de 900 m³/hora, equivalente a 250 l/s
- Energía consumida por el transporte:

La energía consumida para la elevación se obtiene multiplicando los kW de potencia por el tiempo de funcionamiento.

La potencia requerida para la impulsión se obtiene aplicando la siguiente expresión:

$$Potencia(KW) = 0.736 \frac{Q \left(\frac{l}{s} \right) \times Hm(m)}{75 \text{ rendimiento Tot}}$$

Resultados de cálculo para este escenario:

NUDOS

TABLA DE RED - NUDOS				
	Cota	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	m	l/s	m	m
NUDO ASPIRACIÓN	4	0,00	3,99	-0,01
NUDO IMPULSIÓN	4	0,00	90,39	86,39
FINAL IMPULSIÓN	74	0,00	74,01	0,01
BALSA ASPIRACIÓN	4	-250,03	4,00	0,00
CANAL T-S	74	250,03	74,00	0,00

LÍNEAS

Tabla de Red - Líneas							
	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd Unit	Factor de Fricción
ID Línea	m	mm	mm	l/s	m/s	m/km	
TUBERÍA ASPIRACIÓN	5	500	0,007	250,03	1,27	2,12	0,013
TUBERÍA IMPULSIÓN	7247	493,6	0,007	250,03	1,31	2,26	0,013
ENTRADA A CANAL	5	500	0,007	-250,03	1,27	2,12	0,013
BOMBA				250,03	0,00	-86,40	0,000

Características del bombeo:

IMPULSION	
Bombeo Altura manométrica (m)	86,39
Potencia equipos de bombeo (kW)	264,9
Rendimientos estimados bomba y Motor (Adm)	0,8
Caudal impulsado (m3/h)	900

Costes de inversión:

IMPULSION	
Impulsión	1.304.822,35 €
Estación y Equipos de bombeo	351.734,31 €
Total costes de inversión	1.656.556,66 €

Costes de anuales de elevación:

IMPULSION	
Vida útil de la inversión (años)	25
Tipo de Interés	3%
Precio estimado de la energía	0,09 €/kW
Costes Fijos Amortización	87.718,18
Costes Variables (Energía y Mantenimiento 5%)	232.216,00

Ratios en relación al volumen recuperados (agua producto):

IMPULSION	
Volumen anual recuperado (m3/año)	3.768.134
Costes totales = Costes fijos + costes variables (€/año)	319.934,18
Ratio: costes Totales /volumen recuperado (€/m3)	0,085

16.02 IMPULSIÓN AGUA PRODUCTO PARA UNA CAPACIDAD DE 80.000 M3/DÍA

De igual forma que el apartado anterior, los resultados obtenidos para este caso son:

- Capacidad de producción de la Planta desalinizadora 80.000 m3/día.
- Punto geográfico de tratamiento: Área del Mojón (vertido del total de la Salmuera por el emisario Norte)
- Punto de destino del agua producto: Canal del Traslase Tajo-Segura (Cota +74,00)
- Sistema de transporte: Mediante impulsión y trazado de conducción en zanja.
- Longitud de la conducción: 7.247 m
- Altura manométrica de la impulsión:

Deberemos añadir a la altura geométrica las pérdidas de carga por rozamiento y por elementos singulares en la conducción. Ésta se calcula para una conducción de DN-800 mm en PN 10. Con un diámetro interior de 705,2 mm.

- Caudal a considerar en la impulsión: el volumen diario que debemos transportar coincide con la cantidad de agua producto recuperada. Para una planta que trata 80.000 m3 /día, el caudal máximo anual de agua producto que genera es el 45% de esta volumen, es decir 36.000 m3/día. Suponiendo dificultades de espacio para tener mucha capacidad de regulación, podemos estimar un tiempo de funcionamiento de 20 h/diarias, lo que supone un caudal de 1.800 m3/hora, equivalente a 500 l/s

- Energía consumida por el transporte:

La energía consumida para la elevación se obtiene multiplicando los kW de potencia por el tiempo de funcionamiento.

La potencia requerida para la impulsión se obtiene aplicando la siguiente expresión:

$$Potencia(KW) = 0.736 \frac{Q \left(\frac{l}{s}\right) \times Hm(m)}{75 \text{ rendimiento Tot}}$$

Resultados de cálculo para este escenario:

NUDOS

TABLA DE RED - NUDOS				
	Cota	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	m	l/s	m	m
NUDO ASPIRACIÓN	4	0,00	3,99	-0,01
NUDO IMPULSIÓN	4	0,00	84,37	80,37
FINAL IMPULSIÓN	74	0,00	74,01	0,01
BALSA ASPIRACIÓN	4	-500	4,00	0,00
CANAL T-S	74	500	74,00	0,00

LÍNEAS

Tabla de Red - Líneas							
	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd Unit	Factor de Fricción
ID Línea	m	mm	mm	l/s	m/s	m/km	
TUBERÍA ASPIRACIÓN	5	800	0,007	500	0,99	2,12	0,012
TUBERÍA IMPULSIÓN	7247	705,2	0,007	500	1,28	1,43	0,012
ENTRADA A CANAL	5	800	0,007	-500	0,99	2,12	0,012
BOMBA				500	0,00	-80,38	0,000

Características del bombeo:

IMPULSIÓN	
Bombeo Altura manométrica (m)	80,38
Potencia equipos de bombeo (kW)	492
Rendimientos estimados bomba y Motor (Adm)	0,8
Caudal impulsado (m3/h)	1800

Costes de inversión:

IMPULSIÓN	
Impulsión	2.198.123,81 €
Estación y Equipos de bombeo	447.241,28 €
Total costes de inversión	2.645.365,09 €

Costes de anuales de elevación:

IMPULSIÓN	
Vida útil de la inversión (años)	25
Tipo de Interés	3%
Precio estimado de la energía	0,09 €/kW
Costes Fijos Amortización	140.077,68 €
Costes Variables (Energía y Mantenimiento 5%)	411.575,33 €

Ratios en relación al volumen recuperados (agua producto):

IMPULSIÓN	
Volumen anual recuperado (m ³ /año)	7.536.134,00
Costes totales = Costes fijos + costes variables (€/año)	551.653,01
Ratio: costes Totales /volumen recuperado (€/m ³)	0,073

17 ALTERNATIVA PROPUESTA

A partir de las conclusiones principales del estudio, expuestas en el Resumen Ejecutivo, podemos hacer una aproximación al **escenario** en el que se enmarcaría la **alternativa óptima**, siendo conscientes de que no hay una solución única y concreta.

Nos parece claro que las opciones que incluyen el vertido de la salmuera desnitrificada al Sur del Mar Menor imposibilitan un hipotético aprovechamiento de dicha salmuera (mediante desalobración secundaria), dadas las enormes distancias de bombeo del agua recuperada hasta el Canal del Traslase.

Tampoco estas opciones de vertido Sur ofrecen ninguna otra ventaja significativa que pueda compensar esta merma comparativa, por lo que proponemos concentrarnos en las opciones de **vertido Norte**.

Existe una notable incertidumbre acerca de los caudales de funcionamiento reales que tendría el sistema ya que las decisiones de extracción de recursos de los acuíferos, y su tratamiento de desalobración o mezcla, depende de cada usuario y de la disponibilidad de otros recursos con distinta calidad y coste. Entendemos que deben cubrirse los escenarios más desfavorables de demanda, con el objeto de no limitar el completo aprovechamiento de los recursos subterráneos en periodos prolongados de sequía.

Además, una vez construida la red de captación y el emisario submarino, cualquier posible ampliación futura de los mismos (por no tener suficiente capacidad hidráulica) supondría inversiones muy cuantiosas y volver a enfrentarse a tramitaciones ambientales de incierta resolución.

Por ello, recomendamos que estas infraestructuras (red de captación y emisario submarino) se construyan considerando los escenarios de máxima demanda posible de entre los planteados en este estudio (**80.000 m³/d**).

En cuanto al tratamiento de desnitrificación, no hay experiencias contrastadas a la escala de los volúmenes que se plantean en este estudio, siendo el consumo de ácido acético el principal coste (**0,32 €/m³**). Por tanto, existe incertidumbre acerca de los rendimientos reales de eliminación de nitrógeno y consumo de reactivos, además de existir otras opciones de desnitrificación en origen (ver informe de la Cátedra de Agricultura Sostenible de la UPCT, **ANEJO 05**) con resultados muy prometedores, que deben tenerse en cuenta.

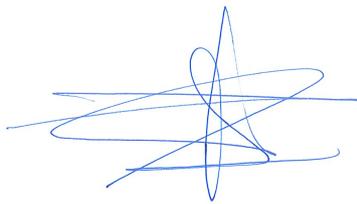
Por tanto, recomendamos que la planta de **desnitrificación** se diseñe de forma **modular**, previendo espacio para futuras ampliaciones pero con una capacidad de tratamiento inicial más reducida

(40.000 m³/d o inferior). De esta forma, la experiencia adquirida durante la explotación o el desarrollo de otros sistemas de reducción de nitratos podrá ser aprovechado y aplicado a sucesivas ampliaciones o adaptaciones de la planta de tratamiento.

De igual forma, para la desalobración secundaria proponemos que la implantación, de hacerse, sea modular. El constante desarrollo tecnológico, junto con la incertidumbre de los caudales demandados, invitan a realizar una implantación progresiva, actualizando periódicamente el análisis de la viabilidad económica del proceso.

En Lorca, a 22 de mayo de 2018

Autor del Estudio



Pedro Pascual Álvarez Giménez
Ingeniero Agrónomo

Autor del Estudio



Miguel Ángel Gimeno Martínez
ICCP

APÉNDICE 18.

ESTADO ACTUAL PRADERA DE POSIDONIA OCEÁNICA

1. ESTADO ACTUAL DE LA PRADERA DE POSIDONIA OCEANICA DEL MEDITERRÁNEO ADYACENTE AL MAR MENOR

1.1. Las praderas de *Posidonia oceanica*

Las praderas de *Posidonia oceanica* son consideradas como uno de los ecosistemas climáticos más importantes dentro del Mediterráneo, constituyendo un hábitat de gran complejidad estructural, generador de múltiples nichos ecológicos y con una gran productividad a nivel trófico, ofreciendo sustrato y refugio para multitud de especies, muchas de ellas con interés comercial. La existencia de praderas tiene un efecto directo sobre la generación de sedimentos en forma de bioclastos y la protección de las costas, ya que estas atenúan el oleaje y las corrientes menguando su efecto erosivo y favoreciendo la deposición del sedimento, además de la protección que generan los restos foliares depositados sobre las playas en las épocas otoñales, protegiéndolas así en los periodos de mayor influencia de temporales.

Posidonia oceanica es una fanerógama endémica del mediterráneo, fotófila y con una elevada producción primaria a nivel foliar, de 100 a 3.000 g de peso seco por m² y año, pero con un crecimiento bajo, del orden de 1 m cada 100 años (Bouderesque y Meinesz, 1991) por lo que tiende a colonizar las zonas en periodos de tiempo muy largos. Las especies asociadas a *Posidonia oceanica* presentan características fotófilas o esciáfilas, según si se desarrollan en el estrato foliar de la planta o en las zonas del rizoma, teniendo una clara influencia en estas la densidad de haces por m², que en las praderas más desarrolladas pueden llegar a suponer valores >1.000 haces/m² y > 10.000 hojas/m² lo que provoca una extinción de la luz en la zona del rizoma muy alta, permitiendo la aparición de organismos típicos de la comunidad coralígena. Además de *Posidonia oceanica*, son especies características de esta comunidad: las Rodofíceas *Fosliella farinosa* y *Rhodymenia sp*; las feofíceas del género *Castagnea sp*; los hidrozoo Sertularia *perpusilla*, *Campanularia asimetrica*, *Plumularia oblicua*; las esponjas *Sycon ciliatum* y *Dysisdea fragilis*; el molusco *Albania lineada*; los briozoos *Electra posidoniae* y *Schizobrachiella sanguinea*; el isópodo *Idothea sp*; los decápodos *Alpheus dentipes* y *Pilumnus hirtellus*; las ascidias *Halocynthia papillosa*, *Mycrocosmus sulcatus*; los equinodermos *Paracentrotus lividus*, *Sphaerechinus granularis*, *Holthuria sp*, *Asterina gibosa*, *Echinaster sepositus*; y los peces *Sarpa salpa*, *Syngnathus acus* y *Syngnathus typhle*. Esta biocenosis se encuentra en el piso infralitoral, sobre sustratos arenosos y rocosos la facie "III.5.1. *Pradera de *Posidonia oceanica*", que se corresponde con el tipo de hábitat prioritario 1120* Praderas de *Posidonia* (*Posidonia oceanicae*), de la Directiva Hábitats, Red Natura 2000, uno de los ecosistemas con mayor importancia del Mediterráneo (PGI, 2016), (Ruiz et al., 2015; Atlas Fanerógamas Marinas).

1.2. Estado de las Praderas del Mediterráneo Próximo al Mar Menor

Las praderas de *Posidonia oceánica* presentes en el levante español alcanzan unos desarrollos óptimos gracias a las condiciones ecológicas de la zona. Las características climatológicas particulares de Murcia y Alicante, caracterizadas por presentar unas precipitaciones muy escasas, condicionan de manera directa su oceanografía. Esta menor precipitación, respecto a zonas más desplazadas hacia el norte, se traduce en una menor afluencia de aguas continentales desde los ríos, y en un menor aporte terrígeno, que junto con la presencia de aguas más oligotróficas, con mayores índices de penetración de la luz, favorecen el desarrollo óptimo de las praderas (Ruiz et al., 2015; Atlas Fanerógamas Marinas). La extensión, la cobertura y la densidad de las praderas son indicadores del estado de conservación de las mismas, junto con la biodiversidad asociada, el grado de herbivoría y el número de organismos

Estudio de Impacto Ambiental después de la Información Pública

APÉNDICE 18. Estado actual *Posidonia oceánica*

epífitos. Las praderas, además, son un excelente bioindicadores del grado de impacto de carácter antrópico por la alta sensibilidad con la que responde ante impactos como pueden ser la contaminación, los vertidos urbanos, la acuicultura, los vertidos de desaladoras o las agresiones físicas como el fondeo, la pesca de arrastre, o los dragados para la generación de playas artificiales (Ruiz et al., 2015; Atlas Fanerógamas Marinas).

Según el Plan de Gestión Integral de los Espacios Protegidos del Mar Menor y la Franja Litoral Mediterránea de la Región de Murcia (2016), (PGI, 2016), Las praderas de *Posidonia* en el ámbito del proyecto, se distribuyen por toda la franja litoral Mediterránea, destacando por su extensión las de los sectores de la Franja Mediterránea Norte y de la Franja Litoral de Calblanque. Estas praderas presentan diversos grados de conservación (verde, excelente; azul, bueno; rosa, significativo; naranja, sin clasificar) que se muestran en la figura 3A. Las praderas presentan un estado general excelente. Las que presentan un peor estado de conservación, son principalmente las praderas presentes las zonas de cercana al canal de El Estacio donde se producen los intercambios de aguas con el Mar menor.

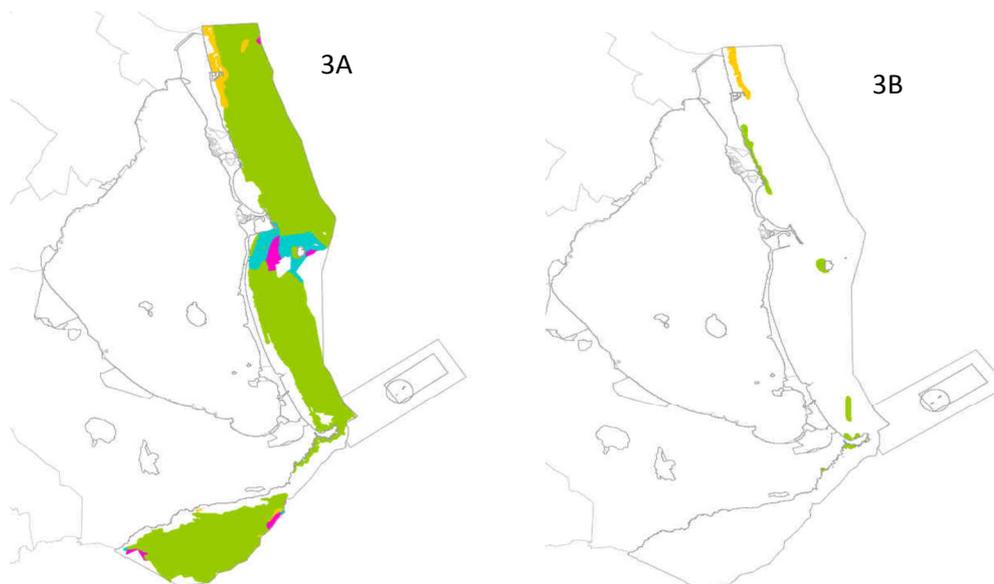


Figura 1. A) III.5.1. *Pradera de *Posidonia oceanica*. B) III.5.1.2. *Ecomorfosis de pradera de arrecife-barrera. Estado de conservación (Verde, excelente; azul, bueno; rosa, significativo; naranja, sin clasificar)(PGI, 2016).

Cabe destacar dentro de los hábitats que forman las praderas de *Posidonia oceanica*, en la zona de estudio, la biocenosis “III.5.1.2. *Ecomorfosis de pradera de arrecife-barrera” que se caracteriza por presentar una configuración espacial particular formando una estructura paralela a la costa de tipo arrecife-barrera, que genera unas condiciones hidrodinámicas más calmas. Se da en las zonas de la Franja Mediterránea Norte y de Cabo de Palos (Figura 3B) y presenta un alto grado de vulnerabilidad por su limitada extensión y singularidad, y al encontrarse en zonas con un elevado fondeo de embarcaciones y posibles actuaciones de obras costeras. (PGI, 2016).

Según las Ecocartografía del litoral español, que llevo a cabo la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar, la UTE formada por las empresas HIDTMA e IBERINSA entre 2008 y 2009 (MAPAMA), se identifica en estas zonas, la aparición de praderas de *Posidonia oceanica* con la presencia de *Caulerpa prolifera*. Principalmente en las zonas donde hay

Estudio de Impacto Ambiental después de la Información Pública
APÉNDICE 18. Estado actual *Posidonia oceánica*

intercambio de aguas entre el Mediterráneo y el Mar Menor. Estas praderas pueden pertenecer a la asociación III.5.1.4 con *Caulerpa prolifera*. Esta asociación, también se observa en las cercanías del puerto de San Pedro del Pinatar.

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Biocenosis de los Fondos Detríticos Costeros ○ Comunidad de Algas Esciáfilas Infralitorales en Régimen Calmo ○ Comunidad de Algas Esciáfilas Infralitorales en Régimen Calmo con Facies de gorgonarios ○ Comunidad de Algas Fotófilas Infralitorales en Régimen Calmo ○ Comunidad de Algas Fotófilas en Régimen Batido ○ Comunidad de Arenas Fangosas en Régimen Calmo ○ Comunidad de Arenas Finas Bien Calibradas ○ Comunidad de Fondos Detríticos Entangados ○ Comunidad de Gujarras Infralitorales ○ Fondos blandos muy contaminados ○ Pradera de <i>Caulerpa prolifera</i> ○ Pradera de <i>Caulerpa prolifera</i> sobre Tanatocenosis de <i>Posidonia oceánica</i> ○ Pradera de <i>Caulerpa racemosa</i> ○ Pradera de <i>Caulerpa racemosa</i> sobre Tanatocenosis de <i>Posidonia oceánica</i> | <ul style="list-style-type: none"> ○ Pradera de <i>Cymodocea nodosa</i> ○ Pradera de <i>Posidonia oceánica</i> ○ Pradera de <i>Posidonia oceánica</i> con <i>Cymodocea nodosa</i> ○ Pradera de <i>Posidonia oceánica</i> con facies de sustitución de <i>Caulerpa prolifera</i> ○ Pradera de <i>Posidonia oceánica</i> con facies de sustitución de <i>Caulerpa prolifera</i>-<i>Caulerpa racemosa</i> ○ Pradera de <i>Posidonia oceánica</i> con facies de sustitución de <i>Caulerpa racemosa</i> ○ Pradera de <i>Posidonia oceánica</i> en regresión ○ Pradera mixta <i>Caulerpa prolifera</i>-<i>Caulerpa racemosa</i> ○ Pradera mixta <i>Cymodocea nodosa</i>-<i>Caulerpa prolifera</i> ○ Pradera mixta <i>Cymodocea nodosa</i>-<i>Caulerpa racemosa</i> ○ Sin información ○ Sustratos duros no vegetados ○ Tanatocenosis de <i>Posidonia oceánica</i> ○ Zonas alteradas |
|--|---|

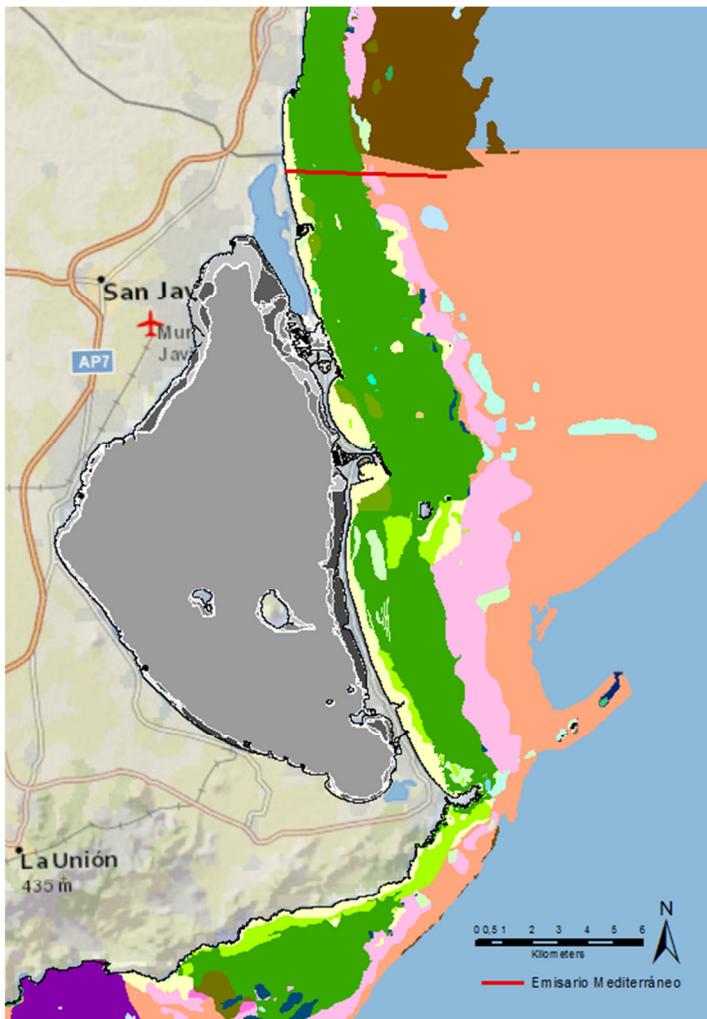


Figura 2. Comunidades presentes en el Mediterráneo. Ecocartografías del litoral español Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar (MAPAMA 2006 Alicante; 2008 y 2009 Murcia)

Las praderas presentes en la zona principalmente del Estacio podrían padecer una regresión en zonas influenciadas por las aguas procedentes del Mar Menor. Estas observaciones coinciden con informaciones recientes sobre el estado de las praderas adyacentes al canal de

Estudio de Impacto Ambiental después de la Información Pública

APÉNDICE 18. Estado actual *Posidonia oceanica*

comunicación con el Mediterráneo. El estado actual de las comunidades de *Posidonia oceanica* del ámbito de estudio son realizadas por una serie de seguimientos y estudios sobre el conjunto de las praderas de la región de Murcia que serán analizados con más detalle en apartados posteriores.

1.3. Seguimientos y Presiones sobre las praderas de *Posidonia oceanica* en el ámbito del Proyecto

1.3.1. Estado de las praderas en la región de Alicante

Las praderas que aparecen en la región de Alicante son las que presentan un mejor estado de conservación dentro de la Comunidad Valenciana, favorecidas por los escasos aportes de los ríos y el menor aporte de fertilizantes agrícolas desde estos. Se disponen a lo largo de la costa con diferentes grados de desarrollo, según las características hidrodinámicas, los tipos de sedimentos y el perfil de la costa.

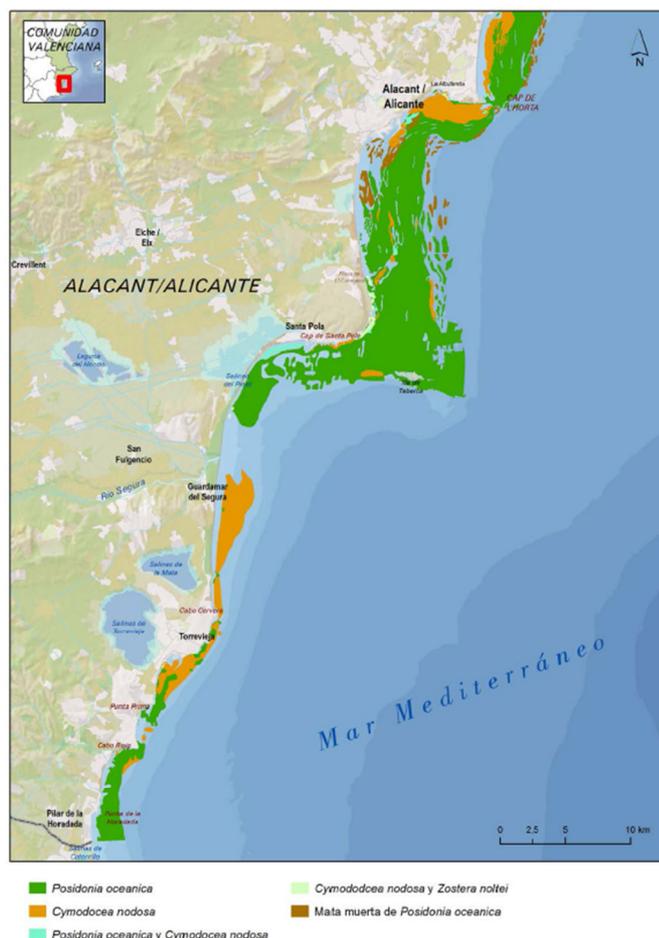


Figura 3. Cartografía bionómica de las praderas de fanerógamas marinas del litoral de Alicante, en la Comunidad Valenciana. Elaboración: IEO. Fuentes: CARM, IEO, CEDEX, MAGRAMA Proyecto Corine Land Cover–IGN/Agencia Europea de Medio Ambiente. Mapa Base: World Shaded Relief–Esri, BCN 500 IGN. (Ruiz et al., 2015 Atlas Fanerógamas Marinas).

Están presentes en toda la extensión del litoral alicantino, excepto en la zona de la desembocadura del Segura, desde el sur de Santa Pola hasta el límite entre Guardamar del Segura y Torrevieja. En este punto vuelven aparecer, inicialmente como manchas superficiales

Estudio de Impacto Ambiental después de la Información Pública

APÉNDICE 18. Estado actual *Posidonia oceánica*

sobre roca, y más al sur, ya como praderas continuas que van aumentando su extensión progresivamente hasta unirse con las praderas que se encuentran frente a San Pedro del Pinatar, en Murcia (Ruiz et al., 2015; Atlas Fanerógamas Marinas).

El estado de conservación estimado de las praderas de la provincia de Alicante indica que, el 20% de la superficie total, presenta síntomas de alteraciones estructurales causadas por la pesca de arrastre principalmente y en un 8% por otros tipos de impactos como, playas artificiales, infraestructuras portuarias, contaminación etc.

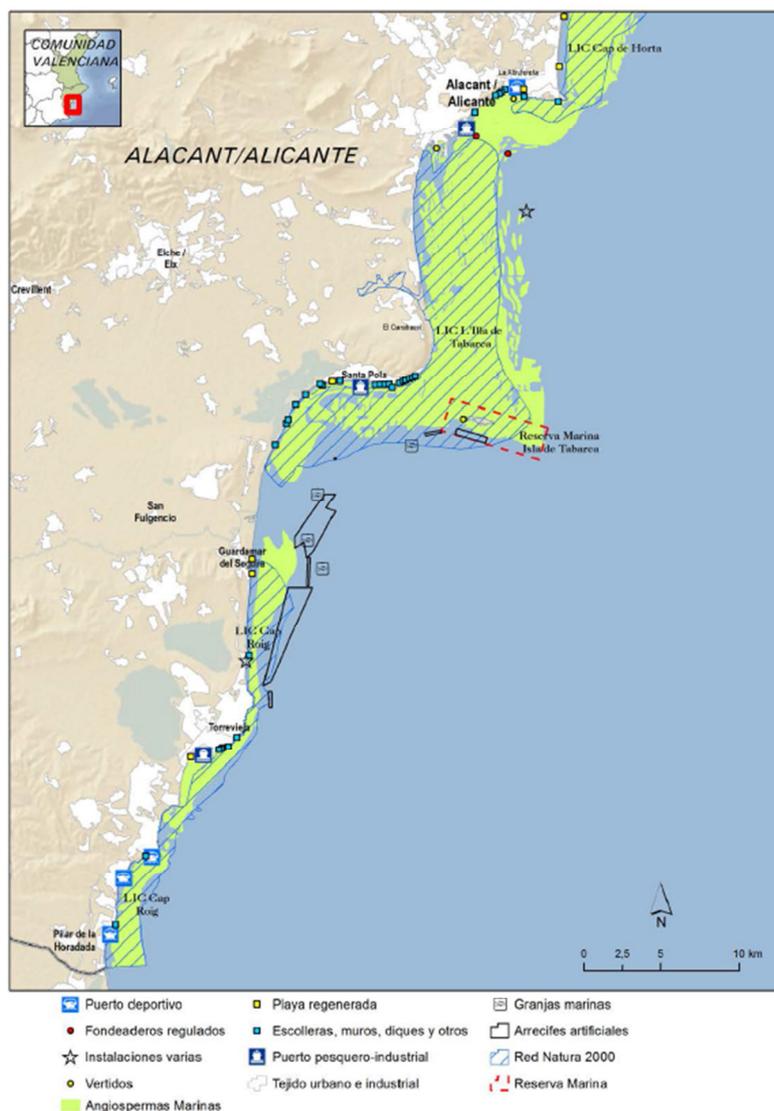


Figura 4. Presiones antrópicas que se dan en el litoral de Alicante sobre las praderas de fanerógamas marinas, en la Comunidad Valenciana. Elaboración: IEO. Fuentes: CARM, IEO, CEDEX, MAGRAMA Proyecto Corine Land Cover-IGN/Agencia Europea de Medio Ambiente. Mapa Base: World Shaded Relief-Esri, BCN 500 IGN. (Ruiz et al., 2015 Atlas Fanerógamas Marinas).

Dentro de la Comunidad Valenciana, donde se ha realizado un seguimiento a un total de 30 praderas, aproximadamente la mitad están en condiciones naturales y la otra mitad están expuestas a algún tipo y grado de presión antrópica. De las que se encuentran en condiciones naturales, todas siguen una dinámica estable y progresiva en el periodo comprendido entre 2002 y 2009 o, como mucho, tendencias negativas leves. Del total de praderas evaluadas, Un

13% es decir cuatro, muestran una tendencia claramente regresiva, con pérdidas totales netas de densidad y/o cobertura de entre el 15 y el 47%.

Entre estas cuatro praderas con pérdidas netas, se encuentra la del Campello, afectada por una las principales causas de regresión que históricamente ha tenido incidencia en el litoral alicantino, la pesca de arrastre, afectando principalmente las praderas ubicadas entre los 15 y los 30 metros de profundidad. En la actualidad, debido a una mejor vigilancia y a la instalación de arrecifes artificiales antiarrastre, algunas de las praderas afectadas se están recuperando, pero a una velocidad muy lenta. Otra de las praderas en regresión se encuentra en Cala de la Mina, afectada por desequilibrios sedimentarios y el fondeo no regulado y finalmente la pradera de Cabo de Huertas afectada por un vertido de aguas residuales. Cabe remarcar que dentro de la provincia de Alicante destacan los pequeños vertidos producidos principalmente por urbanizaciones aisladas, habiéndose contabilizado en esta zona hasta un total de 102 puntos de vertido (Ruiz et al., 2015 Atlas Fanerógamas Marinas).

1.3.2. Estado de las praderas en la Región de Murcia

El Litoral de la región de Murcia se encuentra dominado por praderas de *Posidonia oceánica* hasta una profundidad máxima de entre 25 y 30 metros, alcanzando profundidades de 34 metros en puntos concretos frente a la Isla Grosa. El desarrollo de las praderas de *Posidonia* se limita a zonas con una salinidad estable entre 37 y 38 ups (Unidad práctica de salinidad) por lo que no se encuentra en ambientes hipersalinos de la laguna del Mar Menor. Sin embargo, sí se ha observado en zonas con influencia del agua hipersalina saliente del Mar Menor, donde se pueden alcanzar los 42 ups, aunque en estas zonas se da un desarrollo vegetativo limitado (Ruiz et al., 2013).

El ciclo productivo anual de las praderas de *Posidonia oceanica* en la Región de Murcia presenta una marcada dinámica estacional unimodal. En las zonas someras de entre 10 y 12 metros, los periodos máximos de producción foliar se dan en primavera, entre abril y mayo, con valores de 9 a 10 mg de peso seco por haz y día. Los valores mínimos, se dan entre finales de verano y principios de otoño, con rangos de 3 a 4 mg de peso seco por haz y día, coincidiendo este periodo con el de máxima caída de las hojas. En otoño tiene lugar una producción importante de hojas nuevas, cuyo crecimiento se mantiene durante todo el invierno basándose principalmente en la movilización de reservas internas. En las praderas más profundas de 20 metros, el crecimiento y tamaño de los haces individuales es menor que en las praderas someras, ya que presentan menores reservas de carbohidratos en los rizomas. Además, con el aumento de la profundidad, se observa una reducción en el desarrollo vegetativo que queda patente tanto, en el menor número de haces, como en la densidad de los mismos. Las densidades de las praderas más someras, que son las más desarrolladas, superan los 1.000 haces por m² y llegan hasta valores de 1.700 haces por m², presentando unos valores medios de cobertura de entre un 20 y un 90%, que decrecen progresivamente a medida que nos aproximamos a los límites profundos de las praderas. Dentro de estas zonas más someras y con aguas resguardadas, se encuentran unas formaciones particulares generadas gracias a la interacción entre el hidrodinamismo y la sedimentación, donde el crecimiento vertical de la mata ha dado lugar a la formación de arrecifes barrera. Estas estructuras se pueden encontrar en la localidad de San Pedro del Pinatar.

Se ha estimado que la superficie de praderas de *Posidonia oceanica* en la región de Murcia es de 112,86 km². Presentan una distribución bastante asimétrica, ya que, el 75,6% de su superficie 85,3km² se concentra en el sector nororiental, donde se encuentran las praderas más extensas de la región, y cuyo límite inferior está a unos 4 km de distancia de la línea de

Estudio de Impacto Ambiental después de la Información Pública

APÉNDICE 18. Estado actual *Posidonia oceánica*

costa, debido a la amplitud y a la baja pendiente de la plataforma continental. El resto de las praderas de *Posidonia oceanica* se distribuyen a lo largo de la costa suroccidental, principalmente a partir de la isla de Las Palomas, formando una estrecha banda de una anchura normalmente no superior a 1 km (Ruiz et al., 2015 Atlas Fanerógamas Marinas).

Parte de estas praderas han sido estudiadas por la Red de Seguimiento de las praderas de *Posidonia oceanica* y cambio climático en el litoral de la Región de Murcia. Esta red de seguimiento de esta dotada de un conjunto de estaciones de muestreo distribuidas a lo largo del litoral de Murcia que, mediante la medida de una serie de descriptores e indicadores, permiten a lo largo del tiempo (2004-2015), determinar el estado de conservación y las tendencias temporales que presentan las praderas de *Posidonia oceánica* de la región.

Estudio de Impacto Ambiental después de la Información Pública

APÉNDICE 18. Estado actual *Posidonia oceánica*

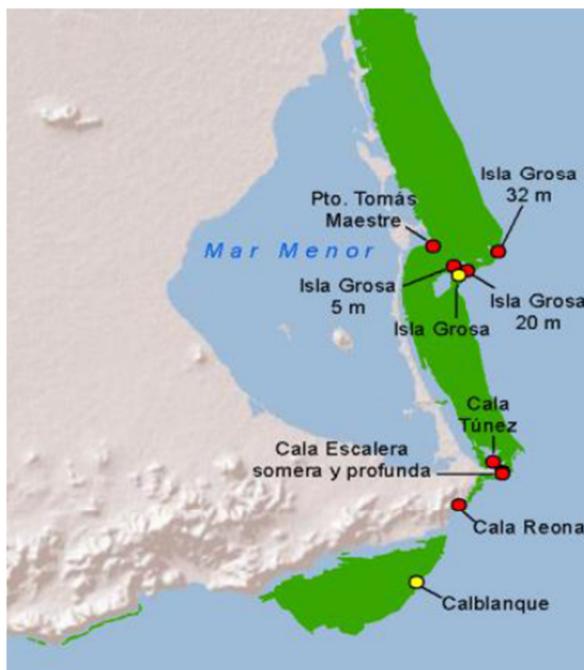


Figura 5. Puntos de muestreo de la Red de Seguimiento de las praderas de *Posidonia oceánica* y cambio climático en el litoral de la Región de Murcia. Los puntos en amarillo son zonas donde también se realiza un seguimiento del alga invasora *Caulerpa racemosa* var *cylindracea* (*Caulerpa cylindracea*) (Red Seguimiento de *Posidonia oceánica*, 2015).

Los descriptores que miden la densidad de haces y el grado de cobertura del sustrato, son indicadores de la abundancia y la estructura de las praderas de *Posidonia oceánica*. Estos descriptores son los utilizados para caracterizar el estado de las praderas a nivel poblacional, ya que, se ha demostrado que presentan variaciones significativas cuando son sometidos al

Estudio de Impacto Ambiental después de la Información Pública

APÉNDICE 18. Estado actual *Posidonia oceánica*

estrés biótico y abiótico, siendo unos indicadores excelentes de los cambios ambientales, y en particular los causados por el hombre.

Con los datos obtenidos se establece el estado de las praderas estudiadas, que pueden presentar un estado estable, progresivo o regresivo, y que es determinado por el crecimiento neto de la población en la serie temporal (ya sea por aumento de la superficie y/o por el aumento de la densidad de los haces). Los resultados obtenidos por la red de seguimiento, sobre las praderas que presentan series superiores a ocho años indican que, en 2015 el 17,6% de las praderas muestreadas se encontraban en un estado progresivo, el 58,8% en un estado estable, el 17,6% en un estado regresivo bajo y el 5,8% en un estado regresivo alto. Por tanto, el 76% de las praderas monitorizadas, trece zonas en concreto, presentaban una dinámica estable o progresiva y cuatro zonas de muestreo, es decir el 24% presentaban síntomas de regresión. De las zonas que han experimentado pérdidas netas de pradera, dos están relacionadas con presiones producidas por la actividad humana. El primero de estos casos se ha producido en Cala Cerrada-profunda, en la zona de Cabo Tiñoso, donde se ha constatado una regresión significativa alta en la estructura de la pradera, relacionada con el fondeo no regulado de embarcaciones. El otro caso se observa en la pradera de Tomás Maestre, donde la regresión se ha producido por alteraciones hidrológicas. Los otros dos puntos donde se observan praderas en regresión, se encuentran en la bahía de Calabardina, donde se ha determinado que estas perturbaciones están relacionadas con patrones naturales producidos por fenómenos locales.

De las tres zonas donde se ha diagnosticado un estado regresivo bajo, únicamente la alteración producida en la pradera de Tomás Maestre estaría relacionada con presiones de origen antrópico. Esta pradera se encuentra frente al canal del Estacio, por donde se produce un intercambio entre las masas de agua del Mediterráneo y las aguas hipersalinas del Mar Menor. Tras 12 años de seguimiento, tanto la densidad de haces como la cobertura de esta pradera han mostrado una tendencia general bastante estable. Sin embargo, la evolución del número de haces en los puntos de seguimiento fijos, que se miden a lo largo del tiempo en puntos concretos, ha sido claramente regresiva, experimentando una reducción promedio de cerca del 20% de los valores iniciales, dándose principalmente en las zonas en las que se observa una clara influencia del agua saliente del Mar Menor. En consecuencia y, pese a ser una pradera bien estructurada con valores normales de densidad y cobertura, el diagnóstico general obtenido para la evolución de la pradera ha sido regresivo bajo, debido a estos síntomas de regresión. Cabe destacar, según datos no publicados y que forman parte de la Red de Seguimiento de *Posidonia oceánica*, que en estos últimos años, concretamente a partir de 2016 desde que el Mar Menor ha sufrido la crisis eutrófica, viene produciéndose una degradación de las praderas influenciadas por las aguas del Mar Menor. Esta degradación consistente en un rápido descenso de la densidad de haces y su cobertura del orden del 60-75% respecto a praderas de referencia de la zona no influenciadas por éste ni ningún otro impacto antrópico (IEO) en la "solicitud de información y sugerencias en el procedimiento EIA para su consideración en el estudio de impacto ambiental realizada por la dirección general del agua del MAPAMA"(N/REF. Vertido Cero-Mar Menor 07.803-0177/0411).

El impacto que se produce en la zona de intercambio entre las aguas del Mar Menor Y el Mediterráneo por el flujo de agua evacuada desde el Mar Menor se ha caracterizado mediante el empleo de sensores submarinos situados en las parcelas de seguimiento, donde se han observado fluctuaciones en los valores de salinidad, respecto a los valores constantes que presenta el Mar Mediterráneo.

Estudio de Impacto Ambiental después de la Información Pública
APÉNDICE 18. Estado actual *Posidonia oceánica*

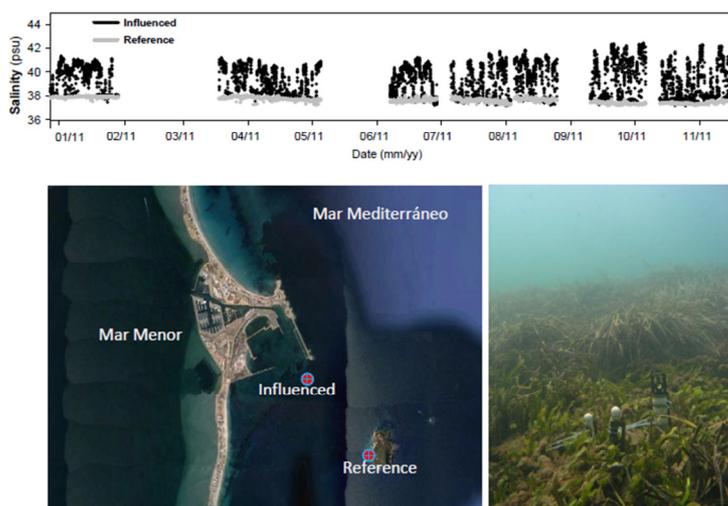


Figura 6. Detalle del Puerto de Tomás Maestre y el canal de El Estacio indicando la ubicación de la estación de seguimiento Tomás Maestre (Influenced) y la estación de seguimiento de Isla Grosa, tomada como sitio de referencia (Reference). En la gráfica superior se muestran los registros de salinidad obtenidos en ambos puntos, diferenciándose claramente el agua mediterránea con una salinidad prácticamente constante entre 37 y 38 ups, de la procedente del Mar Menor, con salinidad altamente fluctuante y valores de hasta 42 ups. Abajo a la derecha se muestra una imagen del borde de la pradera de esta estación y los sensores sumergibles empleados para la medición de la salinidad, temperatura e irradiancia PAR. Fuente (Red Seguimiento de *Posidonia oceánica*, 2015).

Según la Red Seguimiento de *Posidonia oceánica* de 2015, esta diferencia en la salinidad provoca que la capa de agua mediterránea se sitúe por encima de la capa de agua hipersalina del Mar Menor, que fluye sobre el lecho marino, en contacto con las praderas de *Posidonia oceánica*. En consecuencia, el declive en el número de haces en los cuadrados fijos podría estar relacionado con la influencia de esta agua del Mar Menor, debido a que, *Posidonia oceánica* es altamente sensible a las fluctuaciones en la salinidad. Además de la hipersalinidad, la mayor carga de nutrientes presentes en las aguas procedentes del Mar Menor debido a los cambios sufridos por esta masa de agua en los últimos tiempos también pueden tener una influencia directa sobre el desarrollo y degradación de las poblaciones de *Posidonia oceánica*. Los sucesivos dragados y ampliaciones del canal del Estacio, han incrementado el intercambio de aguas favorecido probablemente un mayor alcance de las aguas del Mar Menor en la zona mediterránea. De acuerdo con observaciones realizadas en la zona durante las últimas décadas es posible que este flujo de agua llegue a alcanzar las proximidades de Isla Grosa, dando una idea de la importancia de este proceso hidrodinámico para la zona.

Los otros dos casos con dinámicas regresivas, se encuentran en la bahía de Calabardina, en la zona de las Águilas. A pesar de esta dinámica regresiva, la densidad de haces en éstas praderas son prácticamente iguales al valor inicial de hace 12 años, lo que sugiere que esta fase regresiva forma parte de ciclos plurianuales naturales característico de las praderas de esta zona, ya que no han supuesto prácticamente una pérdida en la densidad de haces totales en todo el periodo estudiado. Estas, son praderas muy expuestas a los temporales de componente sur y oeste que causan importantes efectos erosivos en el fondo. Inicialmente se sugirió que parte de estas dinámicas regresivas observadas en la estación Isla del Fraile podrían estar motivadas por la influencia demostrada de los vertidos acuícolas próximos, pero a fecha de hoy, y si las condiciones del cultivo se mantienen, se puede afirmar que la dinámica de esta pradera responde más bien a causas naturales que a la influencia del impacto humano.

Dentro de las praderas que presentan un crecimiento neto cercano a cero, es decir que se encuentran estables, se encuentra la pradera de Cala Escalera-profunda, situada en las cercanías del Cabo de Palos. Pese a su valoración, esta pradera ha experimentado una reducción en su cobertura. Esta disminución tampoco está relacionada con ningún tipo de presión antrópica, sino más bien con dinámicas a largo plazo, consecuencia de perturbaciones extremas debida a temporales históricos poco frecuentes, como el ocurrido en el invierno de 2005, confirmando de este modo la existencia de praderas con dinámicas regresivas en condiciones naturales, aparentemente no influenciadas por la presión antrópica. Este fenómeno observado de pérdida de cobertura, ha sido evaluado gracias al empleo de puntos fijos (cuadrantes de 40X40 cm), que permiten medir el número de haces que hay en un punto determinado de la pradera a lo largo del tiempo y que se localizan, por lo general, en los bordes de las praderas, que es una zona más vulnerable a la influencia de determinadas perturbaciones, en particular a las relacionadas con procesos hidrodinámicos que favorecen la sedimentación o la erosión. Este efecto en los límites de las praderas, es particularmente notable en zonas como Cala Escalera-profunda o Calblanque, con paisajes altamente fragmentados como consecuencia del régimen hidrodinámico dominante, de la pendiente y de la naturaleza del sustrato. De este modo en la zona de Calblanque tras un periodo de 9 años de seguimiento, tanto la densidad de haces, como la cobertura, han mostrado tendencias marcadamente progresivas, experimentando incrementos netos excepcionales en ambos descriptores, del 44,4% y el 140% respectivamente, mientras que, la evolución en el número de haces en los puntos fijos permanentes, ha seguido una marcada tendencia regresiva, llegando a experimentar una reducción media del 43%. El balance final de estos resultados concluyen que la pradera está estable, pero que existe una erosión en los bordes de las manchas, mientras que las plantas del interior de la pradera, que se encuentran más protegidas de este tipo de perturbaciones, siguen una dinámica progresiva, con un crecimiento neto positivo. En definitiva, se trata de una zona de pradera bien conservada, probablemente condicionada a la influencia de determinadas perturbaciones naturales y en la que la actividad antrópica no parece influir sobre su estado, (Red Seguimiento de *Posidonia oceánica*, 2015).

En conclusión las praderas de la región de Murcia estudiadas en la red de seguimiento, no se encuentran en general influenciadas por presiones antrópicas significativas, al menos en el periodo de los años considerados entre 2004-2015. Estas presentan un estado de conservación favorable y en general presentan dinámicas estables o progresivas. Estos resultados son similares a los obtenidos en las regiones vecinas de la Comunidad Valenciana. Cabe remarcar que los resultados obtenidos en la red de seguimiento, no pueden ser extrapolados al conjunto de praderas de la Región de Murcia ya que, la selección de las praderas empleadas para este estudio está sesgada hacia praderas localizadas en zonas del litoral murciano con buen estado de conservación, donde la mayoría de las zonas se encuentran bajo distintas figuras de protección como Reservas Marinas, ZEPA y LIC. Estas praderas se encuentran alejadas de la influencia de las diversas alteraciones locales, con el fin de entender la variabilidad temporal natural de las praderas y su relación con procesos ambientales de carácter global, como el cambio climático, aunque se incluyen también algunas praderas en condiciones alteradas. Es decir, la proporción de praderas afectadas por presiones antrópicas en la Región de Murcia, según el propio estudio, es mayor, ya que la mayoría de estas praderas no han sido incluidas en este proyecto. Algunas estaciones, como Isla del Fraile o Cala Reona podrían estar expuestas a cierto grado de impacto por la influencia de determinadas actividades antrópicas, pero en cualquier caso, parece tratarse de presiones difusas y leves, con escasa capacidad de causar alteraciones estructurales detectables de las praderas (Red Seguimiento de *Posidonia oceánica*, 2015).

Estudio de Impacto Ambiental después de la Información Pública
APÉNDICE 18. Estado actual *Posidonia oceanica*



Figura 7. Cartografía bionómica de las praderas de fanerógamas marinas en el litoral nordeste de la Región de Murcia y en el Mar Menor. Elaboración: IEO. Fuentes: CARM, IEO, CEDEX, MAGRAMA Proyecto Corine Land Cover-IGN/Agencia Europea de Medio Ambiente. Mapa Base: World Shaded Relief-Esri, BCN 500 IGN. (Ruiz et al., 2015; Atlas Fanerógamas Marinas).

En 2004, la Dirección General de Medio Ambiente encargó la realización de un estudio sobre el estado de conservación de los hábitats marinos de interés comunitario (CARM, 2004). Para este trabajo se realizó un muestreo extensivo consistente en la medición de una serie de indicadores del estado de conservación de las praderas mediterráneas de *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa* en 450 puntos de muestreo distribuidos en el 86% de la superficie total del hábitat. En este estudio se identificaron las superficies de las praderas con un estado de conservación desfavorable o alterado, considerando que una pradera se encontraba en dicho estado cuando los descriptores mostraban una desviación estadísticamente significativa respecto a sus valores de referencia para cada profundidad.

Estudio de Impacto Ambiental después de la Información Pública
APÉNDICE 18. Estado actual *Posidonia oceánica*

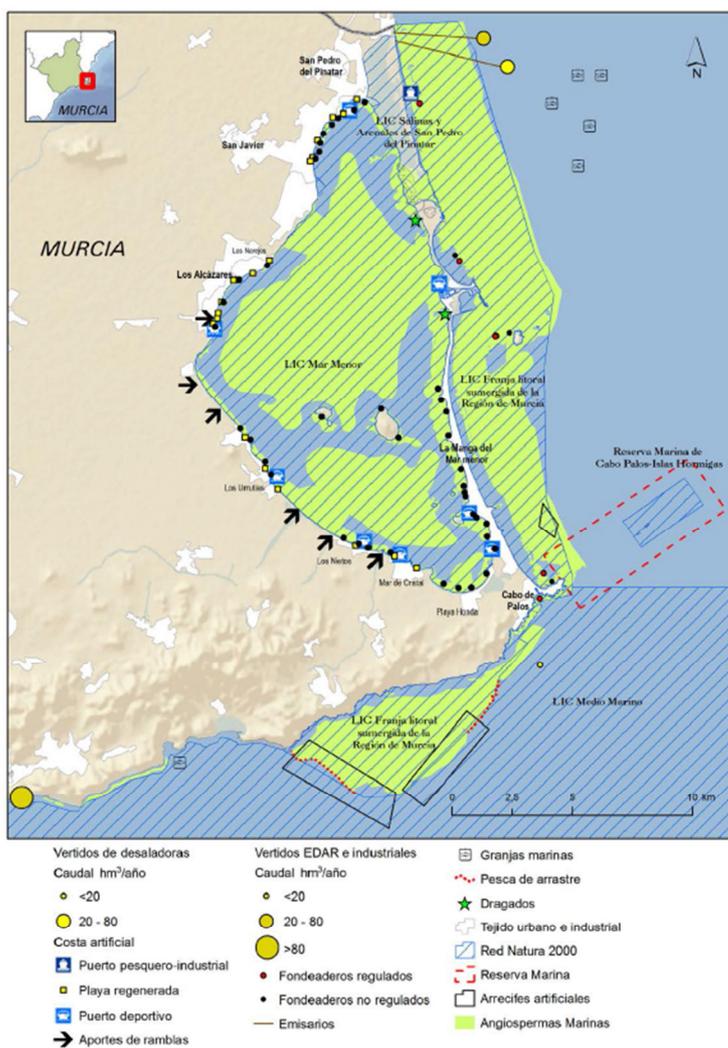


Figura 8. Presiones antrópicas que se dan en el litoral nordeste de la Región de Murcia y en el Mar Menor sobre las fanerógamas marinas. Elaboración: IEO. Fuentes: CARM, IEO, CEDEX, MAGRAMA Proyecto Corine Land Cover–IGN/Agencia Europea de Medio Ambiente. Mapa Base: World Shaded Relief–Esri, BCN 500 IGN. (Ruiz et al., 2015; Atlas Fanerógamas Marinas).

De los resultados de este estudio, actualizados para la presente obra, se obtiene que la superficie de praderas alteradas es de 4,92 km², mayoritariamente *Posidonia oceanica*, es decir, un 4% de la extensión actual de praderas mediterráneas. En general, la distribución de estas superficies alteradas coincide con la de diferentes tipos de presiones antrópicas y se encuentran asociadas a zonas con superficies de mata muerta. Hay que destacar que la mayor parte de las praderas degradadas se concentran en el sector suroccidental de la región, donde la superficie total de praderas representa tan solo el 24,5% del total regional, lo cual explicaría que las pérdidas históricas de este hábitat no hayan sido más elevadas en el litoral murciano. Los trabajos de cartografía más recientes (CARM, 2004) Ecocartografías del litoral español (MAPAMA), y diversas publicaciones científicas (Ruiz et al., 2001, 2003) e informes técnicos, han permitido cuantificar con cierta precisión las superficies asociadas a diferentes presiones antrópicas (Ruiz et al., 2015; Atlas Fanerógamas Marinas). Esta superficie es 7,3 veces mayor que el área de mata muerta de origen natural, lo que ilustra el efecto acelerador de la actividad humana en la tasa de pérdida de este hábitat.

Mediante diversos métodos, se ha podido estimar que la pérdida de praderas que se ha producido en el área mediterránea de la región de Murcia a lo largo de las últimas décadas es de 4,92 km², atribuibles mayoritariamente, a la pesca de arrastre, con un 53,6% y a la construcción de puertos comerciales y deportivos con un 18,4%, y, en menor medida, a las playas artificiales con un 5,4% del total, a las granjas marinas con un 3,6% y a la construcción de emisarios que han producido la pérdida del 1,03% de las praderas de fanerógamas. A esta superficie hay que añadir unos 2,75 km² que fueron sepultados por los estériles mineros vertidos en la bahía de Portman (Benedicto *et al.*, 2013), lo que da un total de 7,57 km² (Ruiz *et al.*, 2015; Atlas Fanerógamas Marinas).

1.3.2.1. Presiones e Impactos sobre los Hábitats de *Posidonia oceanica* de la región de Murcia

Las praderas con un estado alterado, inducido por la influencia de presiones antrópicas, pueden aparecer en forma de zonas de mata muerta, donde la presión es máxima, o estar asociadas a un gradiente de degradación, con una transición entre las zonas más impactadas y las zonas en buen estado. Igualmente, en áreas expuestas a impactos con influencia indirecta, remota o difusa, no necesariamente se diferenciará o existirá una zona de destrucción total o parcial de la cobertura vegetal, sino que aparecerán áreas alteradas con una pérdida parcial en la estructura de la pradera, que podrá manifestarse con una reducción de la cobertura y/o la densidad de haces, o con una reducción del tamaño del haz, así como una modificación de su morfología, fisiología, además de cambios en la abundancia relativa de algunos componentes de la comunidad como herbívoros y epífitos (Estrategia Marina Demarcación Marina Levantino-Balear, 2012).

· Pesca de arrastre

La región de Murcia ha sido pionera en la aplicación de diversas medidas de protección sobre este hábitat. Frente a una de sus principales amenazas como es la pesca de arrastre, se creó en 1995 el “Plan de Acondicionamiento de la Franja Costera” con el propósito de proteger las áreas de interés pesquero, y poniendo especial hincapié en las praderas de *Posidonia oceánica*, mediante medidas in situ, como la instalación de arrecifes artificiales, que impedían el paso de los barcos de arrastre sobre las praderas. Estas medidas son de especial importancia debido a que la pesca de arrastre ha generado el 50 % de la superficie de pradera degradada como consecuencia de la actividad humana. Además, han venido acompañadas de otras, como la creación de espacios protegidos y de reservas marinas de interés pesquero, y de la realización de un seguimiento, por parte del Centro de Seguimiento de la Pesca de la Secretaría General de Pesca Marítima, sobre los barcos de arrastre, mediante métodos de posicionamiento y sistemas de vigilancia. En la región de Murcia el 81,76% de las praderas de *P. oceánica* se encuentran protegidas por red natura 2000 y si se suman las superficies de praderas incluidas en el conjunto de áreas marinas protegidas y las protegidas mediante el uso de arrecifes artificiales, el área protegida de este hábitat asciende al 92,8% del área total (Ruiz *et al.*, 2015 Atlas Fanerógamas Marinas).

· Nutrientes y materia orgánica debidos a la acuicultura y vertidos.

Uno de los factores importantes para la regresión de las praderas de *Posidonia oceanica* es la que se produce como efecto de la introducción de nutrientes en el medio ambiente. “En el Mediterráneo, se han documentado algunos ejemplos de regresión de praderas de *Posidonia oceanica* debidos a contaminación por materia orgánica o nutrientes introducidos por explotaciones de acuicultura (Delgado *et al.*, 1997, 1999; Ruiz *et al.*, 2001; Pérez *et al.*, 2007) o por vertidos de aguas residuales urbanas (Bourcier, 1982; Pergent-Martini, 1994; Pergent-Martini *et al.*, 1996; Pergent-Martini & Pascualini, 2000). En la columna de agua, el exceso de

Estudio de Impacto Ambiental después de la Información Pública

APÉNDICE 18. Estado actual *Posidonia oceánica*

nutrientes principalmente, nitrógeno, fósforo y materia orgánica, pueden favorecer la proliferación de fitoplancton, e inducir desarrollos masivos de algas epífitas sobre las hojas de las angiospermas, de tal modo que este aumento de nutrientes en la columna de agua se traduce, entre otros efectos, en una reducción de la luz disponible para la fotosíntesis de las angiospermas, que puede causar desequilibrios del balance de carbono de la planta y, por tanto, una limitación de su crecimiento y supervivencia (Ruiz & Romero, 2001). Estos desequilibrios metabólicos pueden agravarse por otros mecanismos. Ante un exceso de nitrógeno en el medio, las angiospermas tienden a asimilarlo y almacenarlo en esqueletos carbonatados (normalmente aminoácidos), en detrimento de otros procesos como la respiración o el crecimiento celular (Invers et al., 2004). Con el tiempo, este proceso lleva además a una inevitable reducción de las reservas de carbono de la planta, necesarias en épocas o condiciones en las que la luz es un factor limitante (Alcoverro et al., 2001; Ruiz & Romero, 2001). La mayor entrada de nutrientes y materia orgánica causa también un incremento del metabolismo anaerobio de los sedimentos y en consecuencia una anoxificación de los mismos. En estas condiciones, los sedimentos acumulan grandes concentraciones de compuestos reducidos del nitrógeno y azufre con elevado potencial fitotóxico, capaces de inhibir funciones primarias de las angiospermas como la fotosíntesis (Holmer & Bondgaard, 2001; Calleja *et al.*, 2007; Diaz-Almela *et al.*, 2008; Garcías-Bonet *et al.*, 2008; Pérez *et al.*, 2007; Brun *et al.*, 2002). Por otro lado, el metabolismo radicular aumenta la demanda de oxígeno, cuya producción fotosintética puede estar a su vez limitada por la disminución de la luz existente, debido a los procesos anteriormente comentados, aseverando los desequilibrios metabólicos y comprometiendo aún más la supervivencia de la planta. Con el aumento de nutrientes también se ha comprobado que la actividad de los herbívoros aumenta de forma significativa, causando una reducción drástica de la biomasa fotosintética (Ruiz, 2000; Ruiz *et al.*, 2009). Los efectos del exceso de nutrientes en las praderas marinas dependen de muchos factores, pero pueden ser más acusados en las zonas costeras más protegidas como bahías o confinadas como rías, estuarios y albuferas” (Ruiz et al., Atlas Fanerógamas Marinas, 2015).

Según esta descripción otro posible impacto sobre los hábitats de *Posidonia oceanica* es el que puede producir la acuicultura en jaulas flotantes, que ha experimentado crecimiento importante en la región en los últimos años. En el periodo 1988-1998, los vertidos de una granja marina causaron la pérdida de 11,3 ha de pradera de *Posidonia oceanica* y la degradación de otras 9,8 ha en la bahía de El Hornillo (Águilas), debido a la reducción en la disponibilidad de luz, la anoxificación de los sedimentos y la intensificación en la actividad y la abundancia de las poblaciones de los macroherbívoros *Sarpa salpa* y *Paracentrotus lividus*. A raíz de este caso particular, la administración regional obligó a alejar las futuras instalaciones acuícolas de estos y de otros hábitats vulnerables. No obstante, en algunos casos la distancia de las instalaciones a la pradera no ha sido suficiente para evitar la influencia de los vertidos (Ruiz et al., 2015 Atlas Fanerógamas Marinas). Un caso particular es el complejo de instalaciones acuícolas frente a la localidad de San Pedro del Pinatar. Mediante técnicas de isótopos estables del nitrógeno, se detectó la influencia de los vertidos de estas instalaciones en los límites inferiores de la pradera de *P. oceanica*, a pesar de que éstos se encuentran a una distancia de 1,5 km de las granjas marinas (Ruiz *et al.*, 2010a; García-Sanz *et al.*, 2010, 2011). Teniendo en cuenta que la producción anual del complejo acuícola ha alcanzado las 7.000 toneladas entre 2005 y 2013, y que en la misma zona vierte un emisario de aguas residuales urbanas y otro de salmuera, el riesgo de regresión de esta pradera es elevado y (Atlas Fanerógamas Marinas, 2015). No cabe duda que las praderas de *Posidonia oceanica* de la zona, se encuentran bajo la influencia de diversos tipos de presiones que pueden afectar a su distribución y a los diferentes índices que marcan el buen estado de conservación de las

Estudio de Impacto Ambiental después de la Información Pública

APÉNDICE 18. Estado actual *Posidonia oceánica*

praderas y en este caso concreto a los límites más profundos de su distribución, debido a la sinergia de diversas presiones.

Respecto a las presiones que se producen sobre las praderas como consecuencia de la introducción de nutrientes por la producción acuícola de la zona, El Instituto Español de Oceanografía (IEO) considera, según los informes emitidos como resultado de la información pública y consultas relativos a la ampliación de la producción de las instalaciones de acuicultura de San Pedro del Pinatar (2014), y contrariamente a lo que se afirman en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), que hay evidencias de la regresión de la pradera de *Posidonia oceánica* desde el 2005, que no responde a un hecho repentino o puntual del que se estén recuperando, sino que más bien, se está dando una clara regresión de la pradera mantenida en el tiempo aunque este hecho no se confirma por los informes realizados por la red de Seguimiento de las Praderas de *Posidonia oceanica* y no queda reflejada en las diferentes ecocartografías y estudios de la zona. Según el seguimiento realizado por Plan de Vigilancia Ambiental (PVA), como consecuencia de los vertidos de la actividad acuícola no se produce ninguna afección sobre el medio y su biota asociada, así como sobre la estructura de los hábitats prioritarios, como son las praderas de *Posidonia oceánica*, situados a 1,7 km de las instalaciones, y sostiene que la afección, en cualquier caso, se limita a la zona de efectos permitidos (AZE) establecida por el propio Servicio de Pesca y Acuicultura. En este sentido, el IEO realiza alegaciones en las que se considera que los resultados, en los que se muestra una falta de afección en el medio, son producto de la deficiencia en algunas de las metodologías de muestreo, que dificultan la capacidad de detección de los posibles cambios producidos en los hábitats, así como posibles carencias de base científica, que hacen débiles los argumentos empleados para alegar que los vertidos de Polígono de Cultivos Marinos de San Pedro del Pinatar (PCM-SP) no afectan al medio o no son la causa de afecciones directas o indirectas de los hábitats presentes en la zona. Según el IEO no se puede afirmar que la única causa de regresión de las praderas de la zona sean los vertidos difusos producidos por el PCM-SP, ya que en la zona se encuentran otros factores que han podido producir este deterioro, como son los emisarios de aguas residuales que hay en la zona, el incremento del 225% de la producción acuícola, y sucesos recientes como la rotura accidental del emisario en 2010. Si bien, se afirma que la influencia del emisario es una de las causas probables de dicha regresión en la parte norte, no se puede descartar taxativamente la influencia de las del PCM-SP, ni en esta zona ni en las estaciones situadas más al sur.

Respecto a este punto, y según las Ecocartografías del MAPAMA de 2009, en el zona norte de la región de Murcia, frente a las costas de San Pedro del Pinatar, aparece una pequeña zona de 1,7 ha, situada a -25 metros en el límite profundo de la pradera de *Posidonia oceanica*, clasificada como pradera en regresión. Además de este punto localizado, y según la ecocartografías aparece una superficies de tanacenos, concretamente frente al Estacio, en la zona profunda de la pradera, entre los -21 y -25 metros, ocupando una superficie de 5,8 ha. Por otra parte y según las Ecocartografías realizadas por el MAPAMA en 2006, las praderas que se encuentran en la zona de Alicante, presentan una extensa superficie, clasificada como pradera en regresión, que se sitúa en el límite profundo de la pradera, entre los -23, -25 metros. El factor de degradación de estas praderas está por determinar, pero en el caso de las praderas de Alicante podría estar causado por la pesca de arrastre, que presenta una incidencia histórica elevada, en las costas alicantinas sobre las praderas que se sitúan entre los 15 y 30 metros (Ruiz et al., 2015 Atlas Fanerógamas Marinas). Las otras zonas reseñadas podrían ser consecuencia de la sinergia de impactos presentes en la zona, aunque están por determinar. El resto de superficie que presentan las praderas de la zona norte de la región de

Murcia se encuentra en un buen estado, según la ecocartografía del MAPAMA y la red de seguimientos de la Praderas de *Posidonia oceanica* de la región de Murcia.

· *Salmueras*

La desalinización de agua marina es otra de las presiones que pueden afectar a las praderas de *Posidonia oceánica*. Esta industria ha experimentado una expansión en el litoral Murciano durante los últimos años. En total existen nueve plantas desalinizadoras cuyos vertidos hipersalinos se localizan en zonas próximas a praderas de angiospermas marinas. La mayoría producen vertidos de poca entidad de unos 0,02 a 9 hm³ por año y son de uso agrícola. Las de mayor volumen vierten del orden de 55 a 78 hm³ por año y se localizan en Águilas, Valdelentisco (Cartagena) y San Pedro del Pinatar, que son las dedicadas a abastecimiento de agua para la población. Se ha demostrado que las praderas de *Posidonia oceanica* presentan una sensibilidad elevada a pequeños cambios en la salinidad de las aguas, por lo que se ven significativamente alteradas por estos vertidos hipersalinos a medio y largo plazo. La afectación que han sufrido las praderas de la región por este impacto, ha podido ser mitigado, evitando el vertido directo sobre las praderas y con la aplicación de medidas de control. Sin embargo, no se ha podido evitar la destrucción de cierta superficie de praderas como consecuencia de la construcción de los distintos emisarios que evitan el vertido inmediato sobre la *Posidonia* (Ruiz et al., 2015; Atlas Fanerógamas Marinas). Los vertidos de salmuera resultante de la desalación de agua de mar por ósmosis inversa, pueden causar efectos tóxicos sobre la fauna y flora bentónica dando lugar al deterioro e incluso regresión de las comunidades bentónicas sobre las áreas que se dispersan estos vertidos, ya que debido a las particulares características de las masas de “salmuera”, pueden extenderse a varios kilómetros desde el punto vertido (Fernández-Torquemada et al. 2005). El efecto tóxico se produce por el incremento de la propia salinidad del medio, aunque otras sustancias químicas añadidas en el proceso de ósmosis podrían contribuir a la toxicidad del vertido (metabisulfito) (Estrategia Marina Demarcación Marina Levantino-Balear, 2012). En la actualidad, estos vertidos se producen siguiendo recomendaciones para minimizar su impacto (Sánchez-Lizaso et al. 2008), como la dilución previa de la salmuera con agua de mar, o alejar el vertido de los límites de las praderas. Sin embargo, existe evidencia de la potencialidad de estos vertidos para afectar la estructura y dinámica de comunidades de fondos blandos circalitorales (Del Pilar-Ruso et al. 2009), incluyendo comunidades de maërl, y los hábitat rocosos profundos. En los casos en los que el agua se extrae de acuíferos, caso de aguas salobres, debe contemplarse la posibilidad de posibles efectos de eutrofización en el medio receptor debido a la concentración de nutrientes disueltos (Estrategia Marina Demarcación Marina Levantino-Balear, 2012). Cabe destacar que todos estos impactos como la pesca de arrastre, los emisarios de aguas residuales urbanas, los vertidos de las plantas desalinizadoras y de las granjas de acuicultura, han seguido una tendencia clara, desplazándose hacia zonas más abiertas con mayores profundidades. Este desplazamiento se produce para evitar el impacto sobre las praderas de *Posidonia oceanica* y los hábitats costeros y surgió a raíz de la inclusión de estos ecosistemas en el Anexo I de la Directiva de Hábitat a principios de los 90, impulsado por el conocimiento de la relevancia de estos hábitats dentro de los ecosistemas mediterráneos. Por este motivo las presiones en las zonas costeras más someras han disminuido a medida que han aumentado las que se producen en zonas más profundas, donde se encuentran hábitats como son el maërl y el coralígeno de plataforma, claves para el mantenimiento de la diversidad de estas zonas, y de las que se tiene un conocimiento mucho menor de su distribución (Estrategia Marina Demarcación Marina Levantino-Balear, 2012).

· *Especies invasoras*

Uno de los impactos que puede afectar a las praderas de *Posidonia oceanica* de la zona es la introducción de especies invasoras es otro de los impactos que generan efectos claros sobre los ecosistemas, afectando negativamente a su diversidad biológica, su composición, a su estructura, siendo capaces de transformar las características y el funcionamiento de las comunidades, grupos funcionales y poblaciones de hábitats bentónicos y pelágicos. En la Región de Murcia se ha observado la presencia de los macrófitos invasores *Caulerpa racemosa* (*Caulerpa cylindracea*), *Womersleyella setacea*, *Lophocladia lallemandii* y *Asparagopsis taxiformis*, de los cuales solo *Caulerpa cylindracea* ha tenido una expansión masiva y casi generalizada y ha llegado a considerarse una amenaza potencial para las praderas de angiospermas marinas. La presencia del alga fue observada por primera vez en 2005 frente las playas de Calblanque y posteriormente la dispersión ha sido muy rápida. En isla Grosa, una colonia de 221 m² fue capaz de incrementar la superficie colonizada a 0,97 ha en tan solo un año (2007-2008), y en ese mismo tiempo el área colonizada en Cabo Tiñoso pasó de 13,7 ha a 89 ha (Ruiz *et al.*, 2011). Tras esta fase inicial de introducción y expansión, la abundancia del alga experimentó una reducción considerable, con amplias fluctuaciones interanuales, y parece haber alcanzado una fase de establecimiento o naturalización (Blackburn *et al.*, 2011). Remarcar que, según la Ecocartografía del litoral español del MAPAMA (2009), este micrófito se distribuye ampliamente, dentro del ámbito de estudio del proyecto, por el piso circalitoral en el límite inferior de las praderas de *Posidonia oceanica*, hasta una profundidad que puede llegar a los 35-40 metros. En cualquier caso, se ha comprobado experimentalmente que a lo largo de todo este periodo (unos 9 años) el alga no ha sido capaz de penetrar ni de alterar los densos doseles foliares de la pradera de *Posidonia oceanica*. Estos resultados apoyan la hipótesis de la elevada resiliencia de las praderas de *Posidonia oceanica* a este macrófito invasor y su papel de barrera ecológica contra su dispersión (Bernardeau-Esteller *et al.*, 2015), (Ruiz *et al.*, 2015; Atlas Fanerógamas Marinas).

Bibliografía

- Plan de Gestión Integral de los Espacios Protegidos del Mar Menor y la Franja Litoral Mediterránea de la Región de Murcia, 2016. (PGI, 2016).
- Plan de Gestión Integral de los Espacios Protegidos del Mar Menor y la Franja Litoral Mediterránea de la Región de Murcia. Anexo 8. biocenosis marinas del protocolo sobre zonas especialmente protegidas y la diversidad biológica en el mediterráneo (convenio de barcelona)
- Estrategia Marina Demarcación Marina Levantino-Balear, 2012. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEPYC-CEDEX).
- Ruiz, J.M., J. Bernardeau, R. García Muñoz, A. Ramos Segura (2015). *Red de seguimiento de las praderas de Posidonia oceanica y cambio climático en la Región de Murcia: periodo 2004-2015*. Grupo de Ecología de Angiospermas Marinas, Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Murcia, Murcia, 152 pp.
- Ruiz, J.M., Guillén, J.E., Ramos Segura, A. & Otero, M.M. (Eds.). 2015. Atlas de las praderas marinas de España. IEO/IEL/ UICN, Murcia-Alicante-Málaga, 681 pp.

Estudio de Impacto Ambiental después de la Información Pública

APÉNDICE 18. Estado actual *Posidonia oceánica*

- Declaración de impacto ambiental de la dirección general de medio ambiente relativa a un proyecto de ampliación de la producción de las instalaciones de acuicultura de área de San Pedro del Pinatar. Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia.
- (IEO) "solicitud de información y sugerencias en el procedimiento EIA para su consideración en el estudio de impacto ambiental realizada por la dirección general del agua del MAPAMA"(N/REF. Vertido Cero-Mar Menor 07.803-0177/0411).
- Plan de Ecocartografías del litoral español, Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar, la UTE formada por las empresas HIDTMA e IBERINSA (2006 y 2007) Ecocartografías de Alicante.
- Plan de Ecocartografías del litoral español, Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar, la UTE formada por las empresas HIDTMA e IBERINSA (2008 y 2009) Ecocartografías de Murcia.
- Cartografía de la bionomía del litoral sumergido de la Región de Murcia (2004) de polígonos con tipos de biocenosis para el litoral sumergido. Dirección General del Medio Natural, CARM 2004
- Aguado-Giménez, F., & Ruiz, J.M. 2012. Influence of an experimental fish farm on the spatio-temporal dynamic of a Mediterranean maërl algae community. *Marine Environmental Research*, 74: 47-55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marenvres.2011.12.003>
- Alcoverro, T., Manzanera, M., Romero, J., 2001. Annual metabolic carbon balance of the seagrass *Posidonia oceanica*: the importance of carbohydrate reserves. *Marine Ecology Progress Series*, 211: 105-116.
- Benedicto, J., Martínez-Gómez, C., & Ruiz, J.M. 2013. La calidad del medio marino de Portmán y su entorno: Evolución y estado actual de conocimiento. En: Baños et al., (eds.), Portmán: de El Portus Magnus a la bahía aterrada. EDITUM, Universidad de Murcia, Murcia
- Bernardeau-Esteller, J., Ruiz, J.M., Tomas F., Marín-Guirao, L. & Sandoval-Gil, J.M. 2015. Photoacclimation of *Caulerpa cylindracea*: light as a limiting factor in the invasión of native Mediterranean seagrass meadows. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 465: 130-141. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2014.11.012>
- Blackburn, T.M., Pyšek, P., Bacher, S., Carlton, J.T., Duncan, R.P., Jarošík, V., Wilson, J.R.U. & Richardson, D.M. 2011. A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology and Evolution*. 26(7): 333-339.
- Bourcier, M. 1982. Evolution au cours des quinze dernières années, des biocoenoses benthiques et de leurs facies dans une baie méditerranéenne soumise a` l'action lointaine de deux émissaires urbains. *Téthys*, 10: 303- 313
- Brun, F.G., Hernandez, I., Vergara, J.J., Peralta, G. & Pérez-Llorens, J.L. 2002. Assessing the toxicity of ammonium pulses o the survival and growth of *Zostera noltii*. *Marine Ecol. Progr. Ser.*, 225(2002): 177-187.

Estudio de Impacto Ambiental después de la Información Pública

APÉNDICE 18. Estado actual *Posidonia oceanica*

- Calleja, M.L., Marbà, N. & Duarte, C. M. 2007. The relationship between seagrass (*Posidonia oceanica*) decline and sulphide in porewater concentration in carbonate sediments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73: 583- 588.
- Delgado, O., Ruíz, J.M., Perez, M., Romero, J. & Ballesteros, E. 1999. Effects of fish farming on seagrass (*Posidonia oceanica*) in a Mediterranean Bay: seagrass decline after organic loading cessation. *Oceanol. Act.* 22(1): 109-117
- Delgado, O., Grau, A., Pou, S., Riera, F., Massuti, C., Zabala, M. & Ballesteros, E. 1997. Seagrass regression caused by fish cultures in Fornells Bay (Menorca, Western Mediterranean). *Oceanol. Act.*, 20(3): 557-563.
- Del Pilar Ruso, Y., de la Ossa-Carretero, J.A., Loya-Fernández, A., Ferrero-Vicente, L.M., Giménez-Casalduero, F., Sánchez-Lizaso, J.L. 2009. Assessment of soft bottom Polychaeta assemblage affected by a spatial confluence of impacts: Sewage and brine discharges. *Mar. Pollut. Bull.*, 58: 765-786.
- Díaz-Almela, E., Marbà, N., Alvarez, E., Santiago, R., Holmer, M., Grau, A., Mirto, S., Danovaro, R., Petrou, A., Argyrou, M., Karakassis, I. & Duarte, C.M. 2008. Benthic input rates predict seagrass (*Posidonia oceanica*) fish farm-induced decline. *Marine Pollution Bulletin*, 56: 1332-1342
- Fernández-Torquemada, Y. & Sánchez-Lizaso, J.L. 2005. Effects of salinity on leaf growth and survival of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 320: 57-63.
- García-Sanz, T., Ruiz, J.M., Pérez, M. & Ruiz, J.M. 2011. Assessment of dissolved nutrients dispersal derived from offshore fish-farm using nitrogen stable isotope ratios ($\delta^{15}\text{N}$) in macroalgal bioassays. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 91: 361-370.
- García-Sanz T., Ruiz-Fernández, J.M., Ruiz, M., García, R., González, M.N. & Pérez, M. 2010. An evaluation of a macroalgal bioassay tool for assessing the spatial extent of nutrient release from offshore fish farms. *Marine Environmental Research*, 70: 189-200.
- Garcias-Bonet, N., Marbà, N., Holmer, M. & Duarte, C.M. 2008. Effects of sediment sulfides on seagrass *Posidonia oceanica* meristematic activity. *Marine Ecology Progress Series*, 372: 1-6.
- Holmer, M., Bondgaard, E.J., 2001. Photosynthetic and growth response of eelgrass to low oxygen and high sulphide concentrations during hypoxic events. *Aquat. Bot.*, 70, 29-38.
- Invers, O., Pérez, M. & Romero, J. 2004. Effects of nitrogen addition on nitrogen metabolism and carbon storage in the seagrass *Posidonia oceanica*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 303: 97-114.
- Pérez, M., Invers, O., Ruiz, J.M., Fredriksen, M.S. & Holmer, M. 2007. Physiological responses of the seagrass *Posidonia oceanica* to elevated organic matter content in sediments: An experimental assessment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 344: 149-160

Estudio de Impacto Ambiental después de la Información Pública

APÉNDICE 18. Estado actual *Posidonia oceanica*

- Pergent-Martini, C. & Pasqualini, V. 2000. Seagrass population dynamics before and after the setting up of a wastewater treatment plant. *Biol. Mar. Medit.*, 7: 405-408
- Pergent-Martini, C. 1994. Impact d'un rejet d'eaux usées urbaines sur l'herbier à *Posidonia oceanica*, avant et après la mise en service d'une station d'épuration. *Doct. Thesis, Univ. Corsica*, 191 pp.
- Pergent-Martini, C., Rico-Raimondino, V. & Pergent, G. 1996. Impact des nutriments sur les herbiers à *Posidonia oceanica*. Données préliminaires. *J. Rech. Océanogr.*, 21: 35-39.
- Ruiz, J.M, Marcos, C. & Sánchez-Lizaso, J.L. 2010a. Remote influence of off-shore fish farm waste on Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadow. *Marine Environmental Research*, 69: 118-126.
- Ruiz, J.M. & Romero, J. 2001. Effects of in situ experimental shading on the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Ecology Progress Series*, 215: 107-120.
- Ruiz, J.M. & Romero, J. 2003. Effects of disturbances caused by coastal constructions on spatial structure, growth dynamics and photosynthesis of the seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Pollution Bulletin*, 43: 1523- 1533
- Ruiz, J.M. 2000. Respuesta de la fanerógama marina *Posidonia oceanica* a las perturbaciones antrópicas. Tesis doctoral. Departamento de Ecología e Hidrología, Universidad de Murcia, Murcia, 212 pp
- Ruiz, J.M, Pérez, M., Romero, J. & Tomas, F. 2009. The importance of herbivory on the decline of a seagrass (*Posidonia oceanica*) meadow near a fish farm: an experimental approach. *Botanica Marina*, 52: 449-458.
- Ruiz, J.M., Marín-Guirao, L., Bernardeau-Esteller, J., Ramos-Segura, A., García, R. & Sandoval-Gil, J.M. 2011. Spread of the Invasive Alga *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Caulerpales, Chlorophyta) along the Mediterranean Coast of the Murcia Region (SE Spain). *Animal Biodiversity and Conservation*, 34: 73- 82.
- Ruiz, J.M., Marín-Guirao, L., García-Muñoz, R. & Ramos-Segura, A. 2013. Respuesta de las angiospermas marinas mediterráneas *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa* a estrés hiperosmótico (OSMOGRASS II). Informe final proyecto Plan Nacional.
- Sánchez-Lizaso, J.L., Romero, J., Ruiz, J., Gacia, E., Buceta, J.L., Invers, O., Fernández-Torquemada, Y., Mas, J., Ruiz Mateo, A. & Manzanera, M. 2008. Salinity tolerance of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: recommendations to minimize the impact of brine discharges from desalination plants. *Desalination*, 221: 602-607.

APÉNDICE 19.

EVOLUCIÓN RECIENTE MAR MENOR

Estudio de Impacto Ambiental después de la Información Pública

APÉNDICE 19. Evolución reciente del Mar Menor

1. ESTADO ACTUAL DEL MAR MENOR

1.1. Estado Actual

El Mar Menor ha sufrido durante las últimas décadas una serie de impactos continuados que han provocado la pérdida de resiliencia del medio. La introducción creciente de grandes cantidades de nutrientes procedentes de la expansión de la agricultura y la ganadería, unidas a las presiones y vertidos producidos por el desarrollo urbanístico, junto a episodios puntuales de estrés, han forzado los umbrales homeostáticos del ecosistema generando una serie de cambios en sus condiciones ecológicas. Esta serie de acontecimientos culminaron en el verano de 2015 con una proliferación masiva de fitoplancton, sin precedentes en el Mar Menor, que causó la extinción de la luz por debajo de los niveles mínimos para la realización de la fotosíntesis, impidiendo el mantenimiento de los macrófitos bentónicos. Esta situación se alargó durante nueve meses y causó la desaparición del 81% de la cobertura vegetal presente en los fondos de la laguna sustituyéndola por fondos desnudos con sedimentos anóxicos y con elevadas concentraciones de materia orgánica.

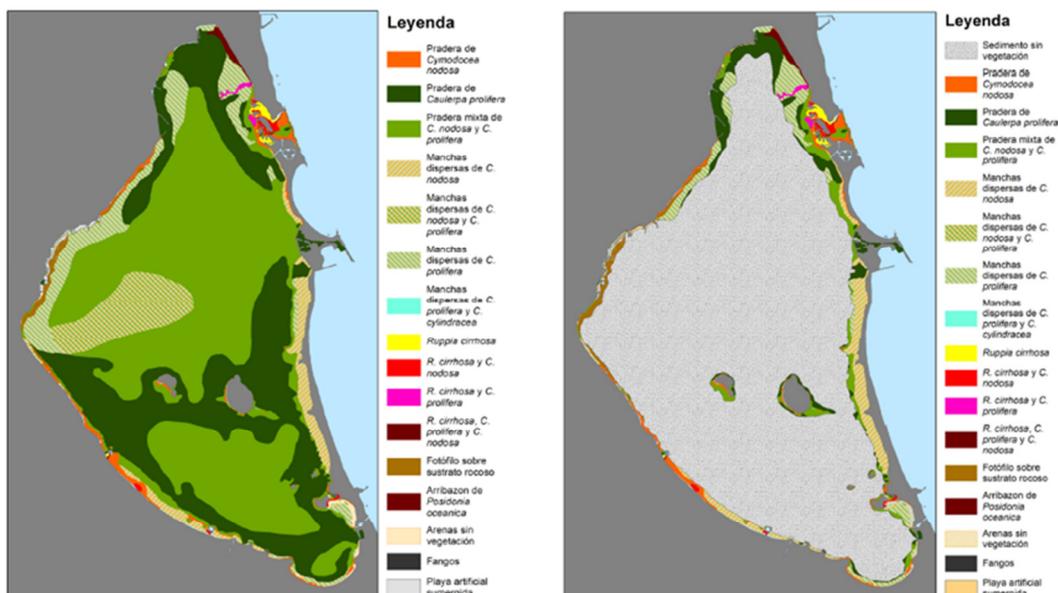


Figura 1. Cartografía de las comunidades de macrófitos bentónicos del Mar Menor 2014-2016. Izquierda; 2014, Derecha; 2016 (Fuente: Conservación de las praderas de *Cymodocea nodosa* en la laguna costera del Mar Menor 2014-2016 (IEO, ANSE)

Según el estudio realizado por el IEO Evaluación del estado de conservación de las praderas de *Cymodocea nodosa* en la laguna costera del Mar Menor 2014-2016, el conjunto de praderas, tanto de *Cymodocea nodosa* como de *Caulerpa prolifera*, desaparecieron a partir de una profundidad que se encontraba entre 1m y 3,5 m. El cambio en la cualidad de las aguas provocó un aumento del coeficiente de extinción de la luz, alcanzando valores de hasta un orden de magnitud superiores a los observados en décadas anteriores ($0,3-0,5 \text{ m}^{-1}$; Terrados 1991), y desplazando el límite de profundidad máximo para el crecimiento (Z_c) de las angiospermas marinas y de *Caulerpa prolifera*, lo que supuso la desaparición del 59% de las

praderas monoespecíficas de *C. nodosa*, del 94% de las praderas mixtas de *C. nodosa* y *C. prolifera*, y del 71% de las praderas de *C. prolifera*, respecto a las áreas estimadas en 2014. Las praderas de *Cymodocea nodosa* encontraban su nuevo límite máximo de distribución a profundidades comprendidas 2,4 m y 1 m, según la localidad. Las praderas de *Caulerpa prolifera* atendiendo a sus menores requerimientos de irradiancia se distribuían en zonas comprendidas entre 3 y 3,6 m.

Por tanto la principal hipótesis de la pérdida de las praderas y por tanto de la pérdida actual de las condiciones en la calidad del agua, están relacionadas con un cambio en la disponibilidad de la luz, vinculada a este gradiente de profundidad y provocado por los fenómenos de alta turbidez, como consecuencia del bloom fitoplanctónico a raíz de la eutrofización de la laguna.

Los niveles de clorofila a que se encontraron durante este periodo, que perduró durante un espacio de tiempo elevado, estaban entre 10 y 16 veces por encima de los reportados en décadas anteriores. La mayoría de los grupos taxonómicos que aparecieron en este Bloom fitoplanctónico, pertenecían al picoplancton, como la cianobacteria del género *Synechococcus spp*, Prasinofíceas y Haptófitos de la clase de las Prymnesiofíceas, cuyas abundancias oscilaron entre $1 \cdot 10^6$ y $120 \cdot 10^6$ cel/l. Las especies de mayor tamaño como los dinoflagelados, *Gymnodinium spp* y *Heterocapsa spp*, no superaron el valor de 200.000 cel/l. Respecto al material particulado presente en la columna de agua del Mar Menor, no presentaba valores muy diferentes de las medidas en periodos anteriores de elevada turbidez, sin embargo sí que se encontraron diferencias e sus proporciones. Los datos disponibles indican que entre el 70 y el 80% correspondían a materia orgánica, valores muy superiores a los reportados en décadas anteriores, donde se situaban entre el 0,17-17% según Mas 1994 y el 38-60%, según los estudios de Lloret en 2005. Esto es consistente en todas las zonas de la laguna y sugiere que la causa principal de la turbidez y color del agua responden a un origen biológico y no a un proceso de resuspensión de sedimentos del fondo o por aportes terrígenos.

1.2. Seguimiento y evolución del estado del Mar Menor.

1.2.1. Evolución reciente y estado actual de clorofila a

A partir de este fenómeno de eutrofización y de la pérdida de las condiciones ambientales, se ha realizado un seguimiento de diferentes parámetros y de las condiciones fisicoquímicas del Mar Menor para caracterizar su estado y poder determinar su evolución. Según el análisis del Programa de seguimiento de eutrofización en la laguna costera Mar Menor realizado por el IEO y partiendo de la serie de datos del seguimiento, se observa como los valores de chl a (clorofila a), a lo largo de 2016 y 2017 han sufrido una serie de fluctuaciones.

Las concentraciones medias de chl a obtenidas en las estaciones de muestreo entre mayo y junio de 2016 eran entre 2,3 y 16 veces superiores a cualquier valor medio de esta variable obtenido en la misma época del año desde principios de los años 80. En Junio se encontraban entre valores de 6 y 15 $\mu\text{g/l}$. Desde ese momento se iniciaba un descenso, que en el mes de agosto alcanzó su valor mínimo de 2016 con valores medios de alrededor de los 7 y 3 $\mu\text{g/l}$ chl a. Seguidamente se produjo un nuevo aumento de la concentración que empezó en los meses de otoño de 2016 alcanzando valores máximos de alrededor de 12 $\mu\text{g/l}$ chl a en noviembre. En el año 2017 los valores que inicialmente empezaron elevados, alcanzaron los mínimos de concentración entre marzo y junio mostrando unos valores medios por debajo de 2 $\mu\text{g/l}$ chl a, y alcanzando valores inferiores a los de 2016 para las mismas fechas. A partir de la segunda

Estudio de Impacto Ambiental después de la Información Pública
APÉNDICE 19. Evolución reciente del Mar Menor

quincena de junio de 2017, se observa una tendencia creciente de incremento de las concentraciones del pigmento hasta valores medios de 5,4 $\mu\text{g/l}$ observados el 17 de agosto. Los valores de chl a alcanzados en el mes de agosto son equiparable a la situación de los meses de agosto a octubre de 2016, cuando los valores medios del pigmento se situaban entre 4 y 7 $\mu\text{g/l}$.

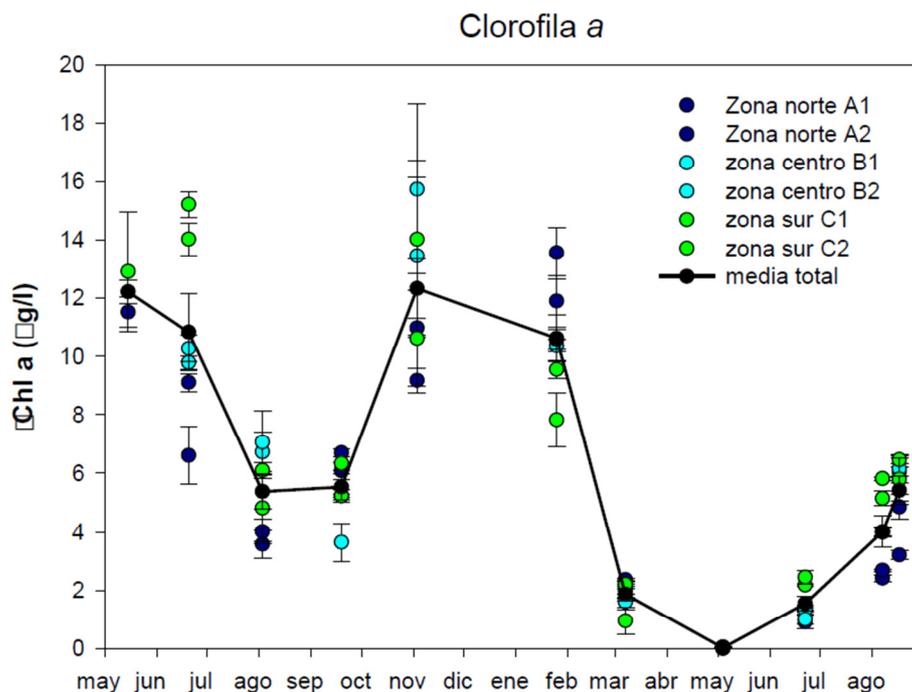


Figura 2. Valor medio y error estándar ($n = 3$) de la concentración de clorofila a (chl a) obtenido en cada estación de muestreo definida para cada zona: norte (círculos azules), centro (círculos azul celeste) y sur (círculos verdes). La línea negra continua indica la media total de cada evento de muestreo. El periodo estudiado abarca desde mayo de 2016 hasta mediados de agosto de 2017, (Fuente: Programa de seguimiento de eutrofización en la laguna costera Mar Menor IEO, 2017).

Todas estas concentraciones siguen siendo superiores a las reportadas en la bibliografía en las décadas anteriores, de acuerdo con diferentes estudios y fuentes, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Estudio de Impacto Ambiental después de la Información Pública

APÉNDICE 19. Evolución reciente del Mar Menor

Tabla 1. Valores medios y error estándar de la Clorofila a obtenidos en diversos estudios procedentes de fuentes fiables. Todos los valores corresponden a meses estivales (junio-agosto) (Programa de seguimiento de eutrofización en la laguna costera Mar Menor IEO, 2017)

Código fuente:	Año	media	ES
1. COMU-IEO	1982	0,643	0,108
2. Marín Guirao et al. 2005	2001	4,743	0,526
3. proyecto EUROGEL	2003	3	0,1
	2004	3,2	0,8
	2005	0,75	0,05
4. M.D. Belando Torrentes (no publ.)	2007	2,988	0,425

Estos aumentos en las concentraciones de clorofila a, siguen siendo principalmente producidos por la proliferación de *Synechococcus*, favorecida por el aumento de las temperaturas que se dan a finales del verano y generando la consiguiente activación de la cadena trófica con la proliferación del zooplancton (UMU, IEO). Este proceso aumenta la turbidez de las aguas y genera de nuevo un periodo de pérdida de transparencia y una baja penetración de la luz en las zonas más profundas de la laguna. Las peores condiciones, al igual que sucedió el verano de 2016, se dan en las zonas centrales de los giros circulatorios, en la cubeta sur y frente a los canales de comunicación con el Mediterráneo. Este gradiente espacial Sur-Norte que se da en la laguna, se observó claramente para las concentraciones de clorofila a, entre el 22 de junio y el 17 de agosto, con valores máximos en la cubeta sur, presentando esta, un aspecto más verdoso al igual que la zona central, y una disminución progresiva de chl a, hacia la cubeta norte, con aguas más claras, al igual que en las zonas someras. Este gradiente presento los valores más acusados en el mes de agosto, hasta que el día 10 se produjo un temporal que causó una disrupción parcial del gradiente debido a una mayor homogenización de la masa de agua. Tras el temporal los valores de chl a continuaron aumentando hasta alcanzar los valores máximos registrados desde primavera de 2017 (3,21-6,4 µg/l).

Con estos datos, se pone en evidencia que en el Mar Menor las praderas de *C. nodosa* y *C. prolifera*, con una biomasa total de 30.594,3 t en 2014, ejercían un control muy significativo de los ciclos de nutrientes de la laguna, siendo capaces de retener entre el 30,1 a 50,6% de los aportes externos de N, y entre el 30,8% y 71,5% de los aportes de P. Este control actuaba de mecanismo de amortiguación de la entrada masiva de nutrientes a la laguna y su pérdida tras la desaparición de las praderas puede suponer una retroalimentación positiva sobre el fitoplancton y, en definitiva, sobre el proceso de eutrofización (Conservación de las praderas de *Cymodocea nodosa* en la laguna costera del Mar Menor 2014-2016 (IEO, ANSE)).

Por otro lado, las altas temperaturas suponen un riesgo de disminución de la concentración de oxígeno que no obstante no ha llegado a producirse de forma reseñable según la valoración realizada por el departamento de Ecología de la universidad de Murcia, que añade, que este hecho podría significar una prueba de cierta estabilización del balance y la demanda de oxígeno en la comunidad biológica.

1.2.2. Evolución reciente y estado actual de la turbidez del agua

Los valores de turbidez registrados presentan unos mínimos entre los meses de primavera y verano de 2017, cercanos a los registrados al verano de 2015 antes de la crisis eutrófica y dentro de los rangos naturales caracterizados por estudios previos en el Mar Menor, aunque

Estudio de Impacto Ambiental después de la Información Pública
APÉNDICE 19. Evolución reciente del Mar Menor

en sus valores más elevados. Estos valores mínimos, están precedidos por periodos de turbidez elevados, entre 2016 y febrero de 2017. Posteriormente a estos 4 meses de aguas más transparente, se ha producido un nuevo incremento rápido en la turbidez a finales de verano de 2017, con una tendencia que presenta valores medios similares al periodo de turbidez anterior.

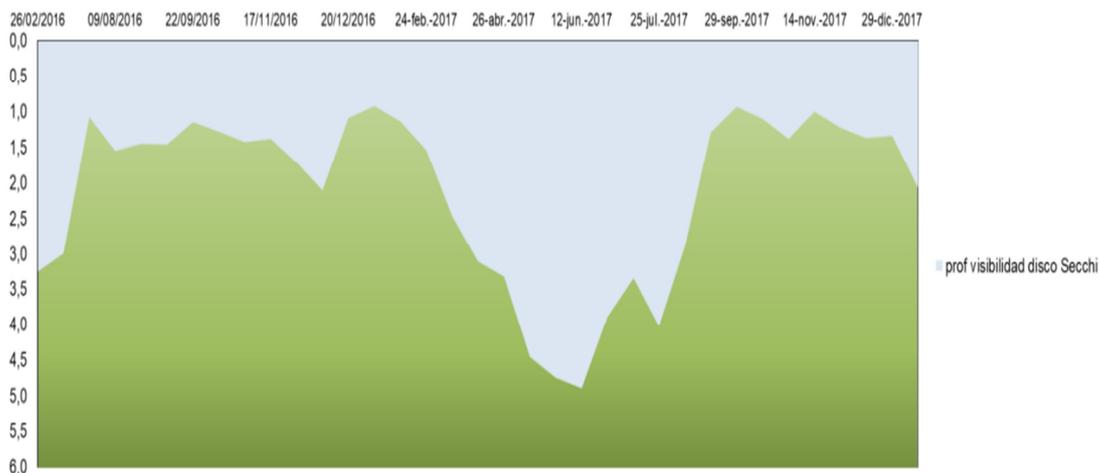


Figura 3. Evolución temporal de la profundidad media de visibilidad del disco de Secchi

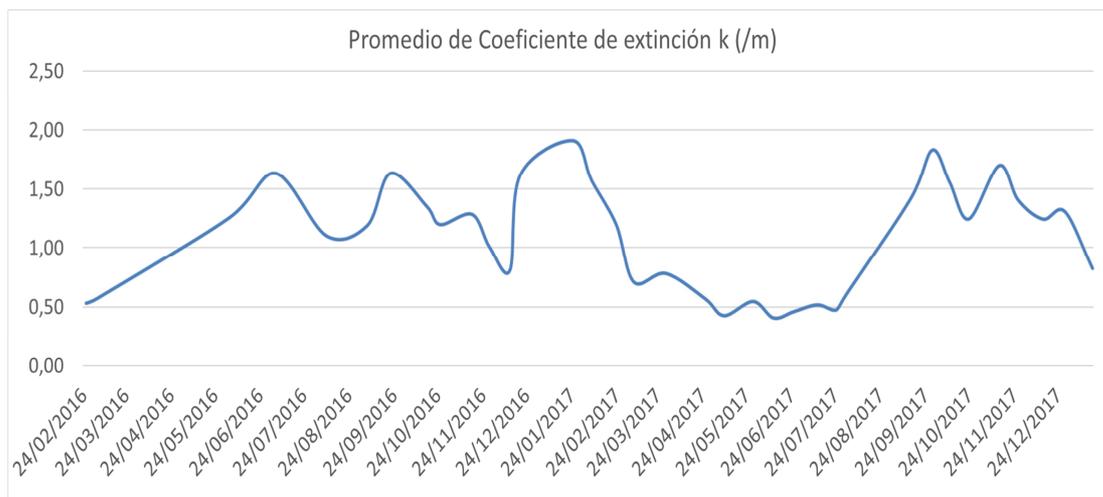


Figura 4. Coeficiente de extinción de la luz (abajo), calculados en las zonas con más de 4 m de Profundidad (Fuente: valoración de la situación del Mar Menor, A. Pérez-Ruzafa Departamento de Ecología e Hidrología Universidad de Murcia).

La situación actual con valores medios superiores a 1 m^{-1} es parecida a la de 2016. Estos valores son muy superiores a los registrados históricamente en la laguna, incluso en periodos de elevada turbidez causados por la proliferación de fitoplancton característicos de la época estival (Terrados 1991, Lloret et al 2005), y similares a eventos de aportes de lluvias torrenciales con una duración determinada de días (Programa de seguimiento de eutrofización en la laguna costera Mar Menor IEO, 2017). Según las valoraciones del departamento de Ecología e Hidrología de la Universidad de Murcia, estos fenómenos de turbidez, que se han dado desde el verano de 2017 hasta principios de 2018 pueden considerarse normales y responden a

Estudio de Impacto Ambiental después de la Información Pública
APÉNDICE 19. Evolución reciente del Mar Menor

patrones heterogéneos determinados por la actividad biológica, el hidrodinamismo, los vientos y quizás a algún vertido puntual en la rambla del Albuñón o las salinas de San Pedro. Del mismo modo que en las concentraciones de Chl a, respecto a la turbidez aparece un gradiente espacial que disminuye de sur a norte.

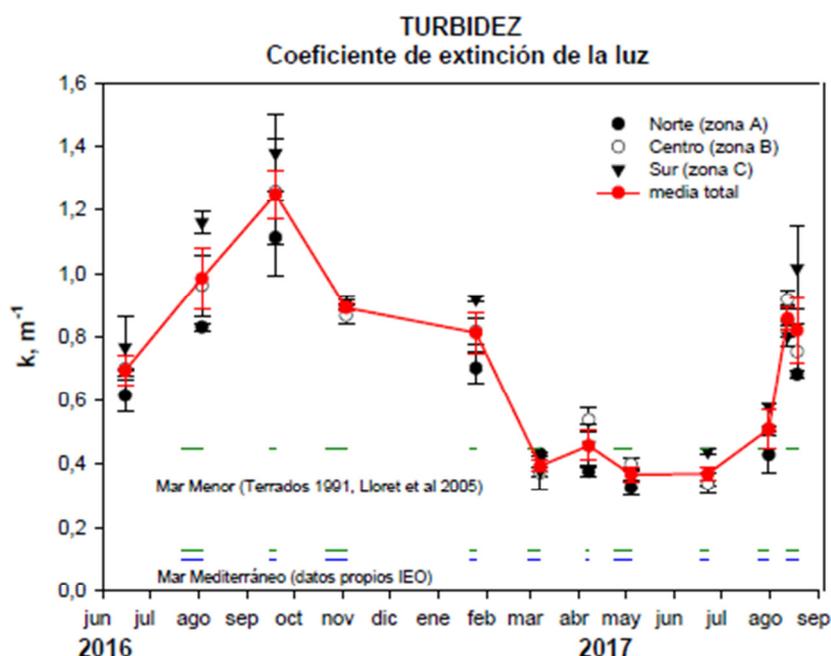


Figura 5. Evolución de la turbidez del agua determinada a partir del coeficiente de extinción de la luz (k, m^{-1}). Se representan valores medios por zona y su error estándar. La línea roja continua representa el valor medio total de cada evento de muestreo. La línea verde discontinua representa el rango de variación natural de k obtenido en estudios realizados en las dos décadas anteriores a 2016 y la línea azul discontinua son los valores medios para el Mediterráneo obtenidos a partir de una base de datos propia IEO (Programa de seguimiento de eutrofización en la laguna costera Mar Menor IEO, 2017).

Estos aumentos de la turbidez y de las concentraciones de chl a hacen que la irradiancia PAR que llega al fondo de la laguna sea muy baja e imposibilita, a determinadas profundidades, el desarrollo de las praderas de *Cymodocea nodosa*. Esta situación, que se dio en 2016, se repite de nuevo con el repunte de la turbidez y las concentraciones de chl a en los meses finales de verano y otoño de 2017. Este fenómeno se aprecia en la gráfica siguiente, donde a una profundidad fija de 3 m, la disponibilidad de luz varía entre 7% y 1% de la que llega a la superficie. Al aplicar la Ley de Lambert Beer a estos datos se deduce que, a partir de 2,8 m de profundidad en promedio, ya no hay luz suficiente para el crecimiento de las praderas de angiospermas marinas que necesitan un 11% de la luz incidente que llega a la superficie del agua (Programa de seguimiento de eutrofización en la laguna costera Mar Menor IEO, 2017).

Estudio de Impacto Ambiental después de la Información Pública
APÉNDICE 19. Evolución reciente del Mar Menor

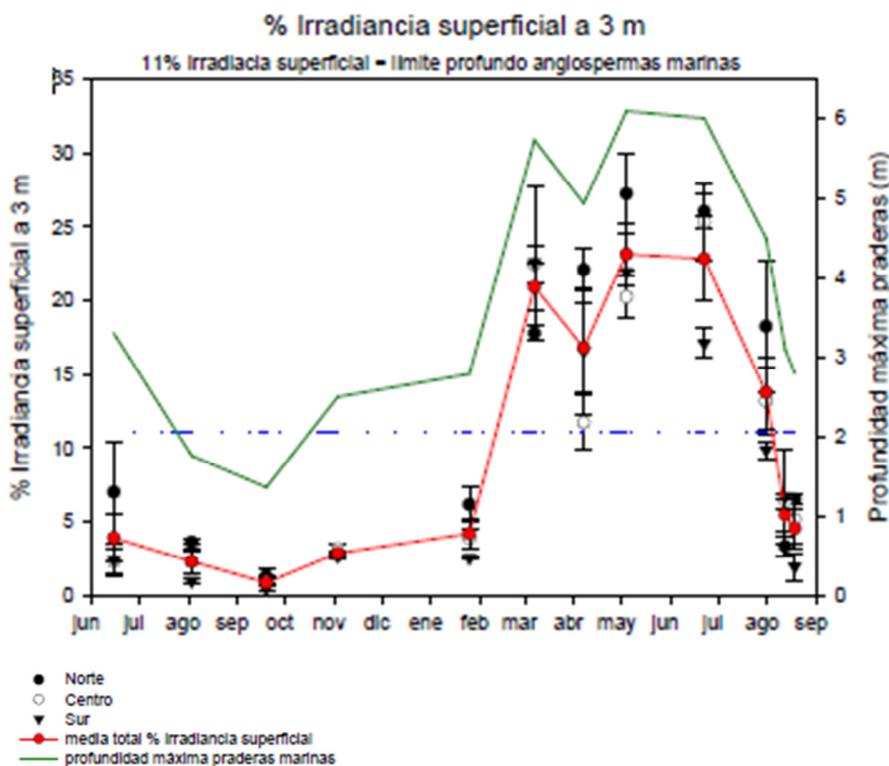


Figura 6. La línea roja continua representa el valor medio y error estándar del porcentaje de irradiación superficial que alcanza los 3 metros de profundidad (profundidad de conveniencia). Los símbolos son los valores medios por zona: norte (círculos negros), centro (círculos blancos) y sur (triángulos negros). La línea azul discontinua representa el requerimiento de luz mínimo para el crecimiento de las angiospermas marinas y la línea verde continua representa la profundidad a la cual se alcanza dicho valor mínimo en cada evento de muestreo, deducida a partir de la Ley de Lambert Beer (Programa de seguimiento de eutrofización en la laguna costera Mar Menor IEO, 2017).

A pesar de esta pérdida de transparencia que disminuye la irradiación en el fondo de la laguna, se ha observado, en algunas zonas cierta recuperación parcial de *Caulerpa prolifera* a profundidades de hasta cuatro y cinco metros (Programa de seguimiento de eutrofización en la laguna costera Mar Menor IEO, 2017). En septiembre y octubre se observó por parte del equipo de Antonio Guerrero de la UPCT mediante la utilización de vehículos submarinos, una recuperación de las praderas de *Caulerpa prolifera* en la cubeta sur (Valoración de la situación del Mar Menor, Dpto. de Ecología e Hidrología Universidad de Murcia). Esta recuperación es posible porque *C. prolifera* es menos exigente que las angiospermas marinas respecto a los requerimientos de irradiación. La posible recuperación del alga dependerá de la duración y de la intensidad del nuevo episodio de turbidez. Esta recuperación facilitaría la estabilización de los ciclos y flujos biogeoquímicos de los que dependen los balances de nutrientes y carbono en la laguna.

1.2.3. Evolución reciente y estado actual de los nutrientes, la salinidad y la temperatura

Los datos aportados por las 26 estaciones de muestreo distribuidas en la laguna revelan como las concentraciones de nitratos y amonio han seguido una tendencia de crecimiento desde principios de 2017. En el caso de las concentraciones de nitratos presentaron valores máximos

Estudio de Impacto Ambiental después de la Información Pública

APÉNDICE 19. Evolución reciente del Mar Menor

en febrero con valores de 7 $\mu\text{mol/l}$ de promedio y posteriormente iniciaron un descenso hasta presentar valores mínimos de 0,33 $\mu\text{mol/l}$ en muestras de agosto de 2017. En el caso del amonio apreciaron crecimientos significativos en sus concentraciones y un valor máximo de hasta 23,7 $\mu\text{mol/l}$ en el mes Julio en que empezaron a descender.

Según la valoración del IEO estos elevados niveles de nitrógeno en forma de amonio han posibilitado en los meses finales de verano y principios de otoño de 2017, favorecidos por el aumento de luz y temperatura, este nuevo desarrollo fitoplanctónico. A pesar de los valores reducidos de fósforo, la relación N:P es alta para el fitoplancton por lo que no han supuesto una limitación para este. Según valoración de la situación del Mar Menor del departamento de Ecología de la universidad de Murcia los valores de nitratos y nitritos y fósforo se mantienen bajos en el otoño de 2017. Los nitratos han aumentado ligeramente desde noviembre, coincidiendo con la bajada de clorofila, pero sus valores medios se mantienen por debajo de 1,7 $\mu\text{mol/l}$.

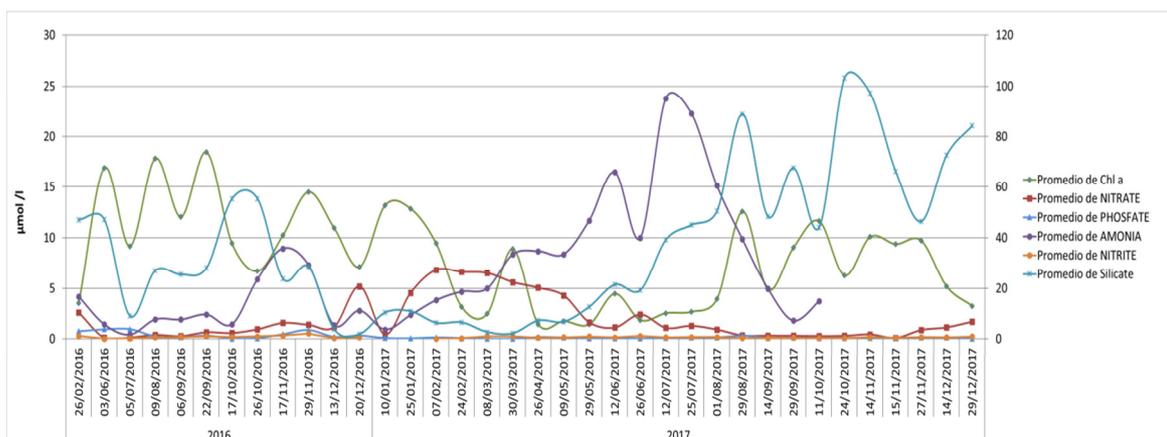


Figura 7. Evolución de los valores medios de la concentración de nutrientes y clorofila a en el Mar Menor (Fuente: Valoración de la situación del Mar Menor, A. Pérez-Ruzafa Departamento de Ecología e Hidrología Universidad de Murcia).

El origen de este amonio se desconoce y puede ser diverso, desde aportes de vertidos, aportes subterráneos o producto de la remineralización de materia orgánica contenida en los sedimentos y que ha quedado a disposición del sistema tras la desaparición de la cubierta vegetal bentónica (Programa de seguimiento de eutrofización en la laguna costera Mar Menor IEO, 2017).

Respecto a este punto, una de las principales vías de entrada de los nutrientes de carácter antrópico al Mar Menor son las aguas superficiales y los aportes provenientes de las aguas subterráneas, estas últimas, se introducen de forma difusa a través del acuífero cuaternario como consecuencia de los elevados niveles freáticos. Estas aguas muestran elevadas concentraciones de nitratos provenientes de las explotaciones agrícolas que realizan su actividad en la cuenca de drenaje. La otra vía principal de entrada de los nutrientes se realiza mediante las aguas superficiales que están formadas, en parte, por salmueras. En 2016, la Confederación Hidrográfica del Segura realizó un conjunto de actuaciones para reducir los aportes de estas aguas superficiales, y minimizar el impacto sobre el ecosistema lagunar,

mediante el sellado una serie de salmueroductos y el control y cierre de desalobradoras ilegales. La producción de estas salmueras se incrementa en periodos de sequía, cuando la dotación del trasvase Tajo Segura disminuye. Se extraen aguas del acuífero para utilizarlas como recurso hídrico para el riego, generando como subproducto las salmueras, que presentan elevadas concentraciones de nutrientes, y parte de estas alcanzan el Mar Menor. Según la valoración realizada por el Departamento de Ecología e Hidrología Universidad de Murcia sobre la situación actual del Mar Menor, los vertidos, pese a estas actuaciones de la CHS, no han cesado y siguen llegando a la laguna, además del volumen aportado por las aguas procedentes del acuífero cuaternario a causa de los elevados niveles piezométricos. Desde este informe de la universidad de Murcia, se recomienda, para que el sistema pueda mantener una autorregulación minimizar la entrada de este tipo de aguas procedentes del acuífero y de las aguas superficiales cargadas con nutrientes, mediante la creación de una red de infraestructuras que permitan la gestión y tratamiento de las aguas que se generan en la cuenca de drenaje además de vigilar que no se produzcan vertidos incontrolados.

En el caso de los parámetros de salinidad y temperatura, los valores indican que estos se encuentran dentro de los parámetros normales presentes en la laguna, cabe destacar que según el estudio de la Universidad de Murcia, Situación del Mar Menor estados de referencia y situación actual, que la duración del periodo de bajadas de salinidad se ha visto sostenida anormalmente en el tiempo y como consecuencia probable de las entradas superficiales y subsuperficiales de la ribera interna del Mar Menor.

Según los últimos informes la Universidad de Murcia sobre la valoración de la situación del Mar Menor, publicados en el 24 de mayo de 2018, en conjunto, se está produciendo una evolución positiva en la laguna con una disminución de los nutrientes en la columna de agua y una mayor transparencia de las aguas, respecto a los valores obtenidos para estas fechas en 2017. Se observa una mayor estabilidad, aunque muy dependiente del control de las entradas de aguas desde distintas vías, y se remarca la necesidad de controlar el nivel freático para disminuir la afluencia de las aguas del acuífero hacia la laguna, que podrían ser un factor desestabilizador.

1.3. Conclusiones y posible evolución del estado ecológico del Mar Menor.

Actualmente, y según los datos obtenidos mediante el seguimiento de distintos parámetros, en el Mar Menor se alternan periodos donde las aguas presentan una mayor transparencia y periodos donde aparecen blooms fitoplanctónicos y grandes aumentos de la turbidez. Este aumento de la turbidez dificulta la estabilización de los ciclos biogeoquímicos y la transferencia de la producción primaria desde la columna de agua hacia el bentos, ya que, disminuye en gran medida la penetración de la luz más allá de las capas someras de la laguna y en consecuencia obstaculiza la capacidad de las fanerógamas marinas para recolonizar zonas profundas y dificulta a los macrófitos como *Caulerpa racemosa* asentarse en zonas con una profundidad mayor de cinco metros.

Estas fluctuaciones se encuentran dentro de los procesos normales que se dan en los ecosistemas que han sufrido grandes perturbaciones o donde se han superado sus capacidades de resiliencia. El hecho de que se observen periodos con valores de transparencia mayores, que disminuyan los niveles de algunos nutrientes, y la aparición de *Caulerpa prolifera* de forma dispersa en algunas zonas de la laguna, implican una autorregulación de diferentes procesos donde intervienen multitud de factores y responden al hecho de que los ecosistemas tienden a autorregularse y aumentar su complejidad cuando las presiones a las

que se han sometidos disminuyen, pero no por este motivo se puede hablar de una recuperación, ya que estas alternancias entre los periodos de transparencia y posteriores incrementos de la turbidez podrían dilatarse por un periodo largo de tiempo y volverse cíclicos sino disminuyen las presiones sobre el medio o si estos imposibilitan la transferencia de la producción primaria desde el fitoplancton, presente en la columna de agua, hacia una producción primaria por parte del fitobentos. Por tanto, las probabilidades de volver a un estado con vegetación bentónica, pasan por que la turbidez se reduzca por debajo del umbral crítico mediante algún mecanismo de control o bien que se reduzcan los niveles de nutrientes para que la turbidez se mantenga por debajo de este umbral crítico.

En este sentido, la pérdida del fitobentos sufrido por la laguna en esta última crisis eutrófica, supone un efecto de retroalimentación positiva sobre el proceso de eutrofización y en consecuencia sobre el aumento de la turbidez, debido a que supone la movilización de grandes cantidades de materia orgánica y nutrientes que hasta entonces se encontraban controlados por el compartimento vegetal. Por lo tanto, esta retroalimentación positiva puede comportar el retraso de la fase de recuperación del ecosistema, incluso cuando el aporte nutrientes se sitúe en niveles similares al momento previo de la desaparición de la vegetación, haciendo que la recolonización de las comunidades bentónicas, una vez se den unas condiciones favorables, no sea un proceso lineal y gradual. Por tanto, si la reducción de nutrientes no consigue reducir la turbidez por debajo de un umbral crítico la evolución del Mar Menor podría ajustarse en buena medida a un sistema bifásico, que llevará al ecosistema a un nuevo estado de equilibrio en el que la vegetación bentónica estará ausente.

Si por el contrario se produce una reducción suficiente en la turbidez y se posibilita la recuperación del fitobentos de la laguna, es más probable que esta se produzca a partir de la recolonización por parte *Caulerpa prolifera* antes que por *Cymodocea nodosa*, debido a que sus requerimientos lumínicos son menores y su tasa de su crecimiento es mayor. La recolonización por parte de *C. prolifera* podría actuar como un mecanismo que favoreciera la reducción de la turbidez, al ejercer un control sobre los nutrientes de la columna de agua, además de estabilizar el sedimento, lo que podría acelerar la recuperación de *C. nodosa*, debido a la mejora de las condiciones ambientales que se ajusten mejor a los requerimientos de la fanerógama.

En conclusión, 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.

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 y dirigen el ecosistema lagunar hacia un estado en que la producción primaria sea realizada por el fitobentos, alcanzando de este modo un punto de partida similar al que se encontraba anteriormente a la crisis eutrófica y en consecuencia recuperando todas las capacidades del ecosistema o si por el contrario estas fluctuaciones son una sucesión de

acontecimientos que dirigen el ecosistema a un nuevo punto de equilibrio, donde la producción primaria esté sustentada desde el fitoplancton. En todo caso se hace necesario establecer medidas de gestión para evitar la entrada de nutrientes en el Mar Menor para que la situación actual no sea la que perdure en el tiempo.

1.4. BIBLIOGRAFÍA

- 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).
- Universidad politécnica de Cartagena; Plan de Vigilancia del Fitoplancton del Mar Menor.
- 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.157pp.

APÉNDICE 20.

EVALUACIÓN FINANCIERA DE LAS ACTUACIONES INCLUIDAS EN EL “ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL OBJETIVO CERO AL MAR MENOR PROVENIENTE DEL CAMPO DE CARTAGENA”

Estudio Económico sobre: *El análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena*

Grupo de Economía Ambiental de la Universidad de Alcalá

Evaluación financiera de las actuaciones incluidas en el “Análisis de soluciones para el objetivo cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena”

Alberto del Villar

Carlos M. Gómez

Alcalá de Henares, 15 de marzo de 2019

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	EVALUACIÓN DE COSTES FINANCIEROS DE LOS ESCENARIOS: Primera aproximación.....	8
3.1	Costes de seguimiento y control.....	12
3.2	Actuación 1: Mejora de la fertilización mineral y orgánica.....	14
3.3	Actuación 2: Adaptación del modelo productivo.....	15
3.4	Actuación 3: Revisión y adecuación de las instalaciones de almacenamiento de deyecciones ganaderas.....	16
3.5	Actuación 4: Establecimiento del régimen de explotación de la masa de agua subterránea	17
3.6	Actuación 5: Extracción directa de las aguas subterráneas para el drenaje del acuífero.....	17
3.7	Actuación 6: Extracción de aguas subterráneas por aprovechamiento mediante pozos.....	19
3.8	Actuación 7: Medidas para reducir al mínimo los retornos de riego.....	21
3.9	Actuación 8: Control de procesos erosivos y transporte de sedimentos a nivel de parcela	23
3.10	Actuación 9: Control de procesos erosivos y transporte de sedimentos a nivel de cuenca.	24
3.11	Actuación 10: Restauración hidrológico forestal de las cuencas mineras.....	25
3.12	Actuación 11: Mejora de los sistemas de saneamiento.....	27
3.13	Actuación 12: Ampliación y mejora de los sistemas e instalaciones de depuración.....	29
3.14	Actuación 13: Gestión de residuos agrícolas.....	31
3.15	Actuación 14: Gestión de deyecciones ganaderas.....	33
3.16	Actuación 15: Ordenación y dimensionamiento de la actividad ganadera a escala comarcal	34
3.17	Actuación 16: Adecuación y mejora de vertederos controlados y eliminación de incontrolados.....	35
3.18	Actuación 17: Adecuación y ampliación de los sistemas de drenaje agrícola.....	36
3.19	Actuación 18: Clausura o adecuación de pozos implicados en la contaminación cruzada de acuíferos.....	37
3.20	Actuación 19: Mejora en la integración ambiental de usos.....	37
3.21	Actuación 20: Mejora de las condiciones físico-químicas de la laguna.....	38
3.22	Actuación 21: Recuperación de espacios litorales de gran valor ecológico.....	39
3.	COSTES CORRIENTES. CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS.....	40
3.1	Costes de conservación y mantenimiento.....	40
3.2	La importancia de los costes de conservación y mantenimiento.....	41

EVALUACIÓN FINANCIERA DE LAS ACTUACIONES INCLUIDAS EN EL “Análisis de soluciones para el objetivo cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena”

Documento de Trabajo

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene como objeto completar y ordenar la información sobre las actuaciones y alternativas consideradas en el análisis de soluciones para alcanzar el objetivo de vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena, considerando los costes de capital, operación y mantenimiento de una manera que permita hacer una evaluación preliminar de cada una de las actuaciones individuales. Este estudio se ha elaborado a partir de la información disponible, que presenta un nivel de detalle que permite la evaluación global de las actuaciones individuales y agrupadas en tres posibles escenarios cuya confección se asume como un trabajo previo.

En términos más concretos se trata de armonizar, completar y realizar una evaluación de costes financieros de cada una de las actuaciones consideradas en el estudio con el fin de que aporte la información de base para:

- **Realizar una evaluación conjunta aproximada de los costes financieros de las actuaciones identificadas en el Proyecto Informativo.**

En su estado actual la identificación de actuaciones y alternativas para avanzar hacia el Vertido Cero no incluye un conjunto definitivo de actuaciones, sino que para cada una de ellas (desde, por ejemplo, la mejora de la fertilización mineral y orgánica –actuación 1- hasta la recuperación de espacios litorales de gran valor ecológico –actuación 21-), se identifican las distintas alternativas posibles (hasta un máximo de 4 por actuación). En estas circunstancias, el presente estudio aporta una evaluación de costes basada en la mejor información disponible que sirve para comparar las distintas alternativas y las distintas actuaciones con criterios financieros.

Este trabajo no solamente compila información ya contenida en el estudio previo de identificación y caracterización de actuaciones y alternativas de Vertido Cero, sino que la organiza de un modo conveniente al análisis financiero y la completa con abundante información externa necesaria para dar una visión completa de los costes de inversión pública y/o privada y con una evaluación de los costes anuales de operación y mantenimiento.

La Tabla 1, presenta las 21 actuaciones consideradas en el presente trabajo. Estas actuaciones conforman el conjunto de soluciones propuestas para hacer frente a los problemas identificados en el diagnóstico de las afecciones del Campo de Cartagena sobre el Mar Menor, y que son objeto de evaluación financiera en las siguientes páginas.

Tabla 1: Resumen de la problemática y las actuaciones

ACTUACIONES PARA RESOLVER LA LLEGADA DE CONTAMINANTES AL MAR MENOR PROCEDENTES DEL CAMPO DE CARTAGENA A TRAVÉS DE LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS			
Problemas		Actuaciones para solucionar estos problemas	
Contaminantes	Aporte excesivo de fertilizantes	1. Mejora de la fertilización mineral y orgánica 2. Adaptación de modelo productivo	
	Deficiencias en instalaciones almacenamiento deyecciones	3. Revisión y adecuación de las instalaciones de almacenamiento	
Subterráneas	Incorporación de contaminantes a aguas subterráneas Sobreelevación del nivel freático por los retornos del regadío	4. Establecimiento del régimen de explotación de la masa subterránea de agua	
		Extracción de aguas subterráneas para el drenaje del acuífero	5. Extracción directa para el drenaje del acuífero
		cuaternario, tratamiento y utilización	6. Extracción por aprovechamiento mediante pozos
		7. Reducir al mínimo los retornos de agua de riego	
Superficiales	Procesos erosivos y transporte de sedimentos	Control de escorrentías y transporte de sedimentos contaminados	8. Actuaciones a nivel de parcela 9. Actuaciones a nivel de cuenca
		Insuficiencia e inadecuación de los sistemas de saneamiento	10. Restauración hidrológico-forestal cuencas mineras 11. Mejora de los sistemas de saneamiento
ACTUACIONES PARA RESOLVER OTROS PROBLEMAS CON INCIDENCIA EN LA SITUACIÓN DEL MAR MENOR			
Problemas		Actuaciones para solucionar estos problemas	
Falta de optimización de los sistemas de depuración		12. Ampliación y mejora de los sistemas e instalaciones de depuración	
Deficiente gestión de residuos agrícolas		13. Gestión de residuos agrícolas	
Deficiente gestión de las deyecciones ganaderas		14. Gestión de deyecciones	
Concentración de explotaciones ganaderas intensivas		15. Ordenación y dimensionamiento de la actividad ganadera a escala comarcal	
Contaminación por residuos sólidos urbanos		16. Adecuación y mejora de vertederos controlados y eliminación de incontrolados	
Deficiente estado de la red de drenaje agrícola		17. Adecuación y ampliación de sistemas de drenaje agrícola	
Contaminación cruzada entre acuíferos		18. Clausura o adecuación de los pozos involucrados en la contaminación cruzada entre acuíferos	
Presiones por diferentes usos en la masa de agua		19. Mejora en la integración ambiental de usos (navegación, turismo, pesca y actuaciones costeras)	
ACTUACIONES PARA CONTRIBUIR A LA RECUPERACIÓN DEL MAR MENOR			
Problemas		Actuaciones para solucionar estos problemas	
Alteración de las condiciones físico-químicas de la laguna		20. Mejora de las condiciones físico-químicas de la laguna (golas, extracción sedimentos y bioextracción y restauración sumergida)	
Alteración del estado ecológico de la laguna y de los hábitats asociados		21. Recuperación de espacios litorales de gran valor ecológico	

Fuente: *Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena.*

- **Aportar información comparable de apoyo a procesos posteriores de decisión orientados a refinar los planes de medidas o a mejorar el diseño y la implementación de las actuaciones individuales.**

Esta es una tarea que exige considerar no solamente los costes financieros de oportunidad de cada medida y del conjunto de actuaciones que conforman cada escenario, sino también considerar la distribución precisa de las cargas financieras de las distintas administraciones y de los agentes privados estableciendo los acuerdos necesarios de colaboración y arbitrando los mecanismos de financiación y recuperación de costes que se acuerden en el proceso diseño y ejecución del plan.

- **Aportar una evaluación general de los costes totales de las actuaciones de vertido cero.**

A medida que se producen avances en el proceso de identificación y caracterización de actuaciones, alternativas y acciones, y se van configurando los conjuntos de actuaciones de cuya efectiva implementación se espera la consecución de los objetivos de vertido cero, la información aportada por este trabajo, permite evaluar los costes totales y para establecer comparaciones entre distintos cursos de acción. En este sentido, los 21 tipos de actuaciones analizadas, junto con las alternativas planteadas en cada una de ellas, se organizan en tres escenarios posibles que son objeto de análisis en la parte final de este documento. Estos tres escenarios:

- ✓ **El escenario cero o tendencial** caracterizado por la evolución tendencial del sistema hídrico continental y lagunar. Este escenario, plenamente identificado en el diagnóstico, prevé un empeoramiento drástico hacia el futuro. Las actuaciones a considerar en este caso son las que se refieren al cumplimiento de las normas aplicables a cada sector.
- ✓ **El escenario adaptativo o temporal** en el que se llevarían a cabo las actuaciones más urgentes y aquellas que permitan sentar las bases que progresivamente den paso en el futuro a la consolidación de la recuperación del sistema.
- ✓ **El escenario objetivo** caracterizado por una intervención progresiva en el tiempo graduando su intensidad para que, en un largo plazo, se consiga un equilibrio entre el mantenimiento de los sistemas productivos de la Comarca y la recuperación de determinados valores naturales del Mar Menor y de los sistemas continentales con los que interactúa.

La configuración de estos escenarios y su descripción detallada es objeto de otros documentos que escapan al ámbito de la evaluación de costes financieros.

La configuración definitiva del programa de actuaciones es una tarea en curso y este trabajo aporta información relevante para avanzar en esa dirección. Sin embargo, conviene disponer de una primera aproximación a los costes financieros totales del conjunto de actuaciones de Vertido Cero.

De acuerdo con este criterio, a modo de resumen ejecutivo, puede indicarse que, el conjunto articulado de actuaciones podría requerir un volumen de inversión que varía entre 50 y 1.090 millones de euros entre el escenario tendencial y el escenario objetivo (y de 620 en el escenario adaptativo). El volumen de la inversión pública, con independencia de que parte de ella se traslade finalmente a los usuarios privados a través de los mecanismos disponibles de recuperación de costes, se sitúa en valores de partida que varían entre 50 y 300 millones, con un valor en el escenario intermedio de 221 millones. La mayor parte de las inversiones cae dentro de la categoría de otras, en tanto que la determinación del plan de financiación y la contribución de las administraciones públicas y de los usuarios, así como el plan de financiación del Plan debe ser objeto de acuerdo.

Además de la cuantificación del esfuerzo inversor requerido el análisis individualizado de las actuaciones, el presente trabajo aporta información sobre los costes corrientes que implica la utilización y el mantenimiento en condiciones adecuadas de las infraestructuras y demás inversiones. Esta información agrupada en los distintos escenarios indica que los gastos corrientes públicos podrían variar entre los 1,7 millones de euros anuales del escenario tendencial y los 79 millones de euros anuales del escenario objetivo (y de 42 M€ anuales del escenario adaptativo), con independencia de los arreglos posteriores sobre reparto de cargas financieras.

- **Presentar una visión completa de los requerimientos de financiación.**

Como hemos visto en el apartado anterior, una vez identificados los costes totales de cada conjunto posible de actuaciones y alternativas, es posible dimensionar el esfuerzo financiero requerido del sector público, a todos sus niveles, y privado para la puesta en marcha del conjunto de actuaciones, así como su operación y mantenimiento. Esta información es esencial para determinar, por una parte, las fuentes posibles de financiación pública con niveles diferentes de recuperación de costes, así como los incentivos que pueda tener el sector privado para asumir total o parcialmente las cargas financieras arriba descritas.

- **Sentar las bases para la identificación de las alternativas de gestión del agua en la agricultura del Campo de Cartagena.**

El éxito de la respuesta al requerimiento de alcanzar el Vertido Cero y del conjunto de actuaciones necesarias de cuyo correcto diseño y efectiva implementación depende no solamente la respuesta a un requerimiento de la Unión Europea, sino también la reconducción del modelo productivo del Campo de Cartagena hacia patrones sostenibles. Todo esto se asienta sobre la reconversión del modelo de gestión del agua de modo que, además de contribuir a la reducción de los vertidos, el uso del agua y la actividad agraria de la zona se pueda sostener en el tiempo con los beneficios que esto implica para el tejido productivo de la región y para el mantenimiento de las oportunidades de empleo y de generación de riqueza. En el conjunto de cambios destaca la transición desde un modelo descentralizado de provisión de agua (a la carta a nivel de parcela, sin un control centralizado de la administración y con sistemas individuales de evacuación y disposición de los residuos), hacia un modelo centralizado que, además de garantizar el adecuado control de las cantidades provistas de agua y de los residuos, aprovecha economías de escala de las plantas de desalobración y de la disposición y tratamiento de los vertidos para mejorar la viabilidad

económica y aportar una mayor garantía de suministro de servicios de agua para las explotaciones agrarias.

Las actuaciones consideradas en el Proyecto Informativo no se presentan de forma homogénea y en muchos casos no aportaban la información necesaria para identificar los vectores de costes y valoración de las actuaciones y alternativas expuestas. Por ese motivo, se ha realizado un exhaustivo trabajo de identificación y asignación de costes a cada actuación, utilizando fuentes internas y externas, lo que ha permitido determinar el alcance financiero de cada una de las actuaciones descritas en el proyecto.

Para ello, se ha evaluado cada actuación por separado teniendo en cuenta las posibles alternativas en que puede materializarse cada actuación. Tal y como está diseñada la aplicación del conjunto de actuaciones, la mayor parte de las primeras alternativas de cada actuación se refiere a intensificar las labores de control y aplicación de la normativa. Estas actividades de control y vigilancia pueden aplicarse conjuntamente dotando a los órganos de la Administración con las competencias pertinentes de los medios y recursos necesarios. Es por ello que se ha evaluado en un apartado independiente la dotación de estos medios como actuación de corte transversal para las otras actuaciones.

2. EVALUACIÓN DE COSTES FINANCIEROS DE LOS ESCENARIOS: Primera aproximación

La Tabla 2 presenta el resumen de costes financieros de las actuaciones contempladas en el análisis de soluciones de Vertido Cero del Campo de Cartagena a través de los resultados agregados que se detallan en los siguientes apartados del estudio.

La implementación de las actuaciones contempladas exigirá la movilización de un volumen de recursos financieros en línea con el coste ambiental de los efectos producidos sobre los ecosistemas y los recursos naturales. La selección de un primer programa conformado solo con las actuaciones más básicas y urgentes supone una inversión total de 50 millones de euros en instalaciones cuya adecuada operación y mantenimiento supone unos costes operativos de 1,7 millones de euros anuales. En el otro extremo, el escenario más ambicioso, o escenario objetivo, requerirá una inversión total sustancialmente mayor, del orden de los 1.094 millones de euros y unos costes de operación y mantenimiento que rondarían los 79 millones de euros anuales. El escenario intermedio, o adaptativo, requerirá una inversión de 620 millones en instalaciones cuyos costes adicionales de operación y mantenimiento se estima en el entorno de 42 millones de euros anuales.

El objetivo central del presente trabajo se limita a la evaluación de los costes totales de capital, operación y mantenimiento de los conjuntos de medidas previamente seleccionados sin considerar en detalle las fuentes de financiación. Este trabajo es un punto de partida para determinar el volumen de recursos que deben mobilizarse para garantizar la viabilidad financiera del plan y constituye una base para los acuerdos de colaboración que deberán suscribirse entre las distintas administraciones y entre estas y los agentes privados de cuyo desempeño depende la eficacia del plan en su conjunto.

No obstante, como punto de partida para la elaboración del plan de financiación del proyecto de Vertido Cero, en las tablas se establece una distinción entre la inversión pública, de cualquiera de las administraciones involucradas y con independencia de que sus costes se repercutan sobre los usuarios del agua a través de mecanismos de recuperación de costes, y otras inversiones, en las que se cuenta la contribución necesaria de los usuarios del agua con independencia de que posteriormente se acuerden mecanismos de subsidio o cualquier otro tipo de ayudas públicas.

En la primera categoría, la de inversiones por iniciativa pública, se incluyen en primer lugar todas las inversiones asociadas a la gestión y control y al cumplimiento de la normativa que por su naturaleza corresponden a las diferentes administraciones públicas, y que forman el grueso de la inversión necesaria en el escenario tendencial, así como, en segundo lugar, las inversiones que en el proceso de confección del plan fueron propuestas por las administraciones públicas como es el caso de las actuaciones 19, 20 y 21 sugeridas por la administración autonómica y que explican el grueso de la diferencia de esta categoría de inversiones entre el escenario tendencial y los escenarios adaptativo y objetivo.

Evidentemente, el hecho de que estas inversiones no exijan la iniciativa privada no excluye que sus costes puedan repercutirse parcialmente o en su totalidad, aunque esta es una cuestión que excede los límites del estudio de evaluación de costes.

En la segunda categoría se incluyen todas las inversiones cuya ejecución requiere el concurso y el papel activo de los agentes privados, pues se trata, por ejemplo, de actuaciones en parcela o de infraestructuras comunes para la provisión de agua o la disposición de vertidos, y cuyo modelo de financiación debe establecerse con carácter previo con el fin de garantizar la viabilidad técnica, y económica.

Obviamente, aunque se cataloguen como otras inversiones, no se excluyen elementos de subsidio que deberán determinarse en el proceso de elaboración de los acuerdos público-privados y en la concertación necesaria para la adecuada implementación del Plan de Vertido Cero. Como puede observarse, salvo en el escenario tendencial, el grueso de la inversión requerida cae en esta categoría.

Tabla 2. Resumen financiero del Análisis de Soluciones de Vertido Cero del Campo de Cartagena:
Detalle por actuaciones* y escenarios

	INVERSIÓN PÚBLICA			OTRA INVERSIÓN			C Corrientes Públicos			C Corrientes Otros		
	Tendencial	Adaptativo	Objetivo	Tendencial	Adaptativo	Objetivo	Tendencial	Adaptativo	Objetivo	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
0	0	2.232.000	2.232.000	0	0	0	0	1.605.000	1.605.000	0	0	0
1	0	300.000	1.800.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1.500.000	1.500.000	0	0	263.000.000	0	0	0	0	0	10.460.000
3	0	0	0	0	29.600.000	29.600.000	0	0	0	0	1.480.000	1.480.000
4	0	500.000	500.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	61.666.178	61.666.178	0	0	0	0	5.726.000	5.726.000
6	0	0	0	0	206.896.129	226.326.129	0	0	0	0	29.606.057	46.943.365
7	0	0	0	0	16.038.100	16.038.100	0	0	0	0	1.630.000	1.630.000
8	0	0	0	0	2.748.000	2.748.000	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	65.360.000	124.860.000	0	0	0	0	1.307.280	2.497.280
10	0	0	0	0	16.190.000	36.400.000	0	0	0	0	80.950	182.000
11	40.055.580	52.333.980	94.333.980	0	0	0	258.907	2.847.273	3.144.773	0	0	0
12	5.559.714	31.714.714	31.714.714	0	0	0	1.506.000	3.550.304	3.550.304	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.465.199
14	0	300.000	300.000	0	0	28.000.000	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	209.904	309.904	309.904	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	52.775.000	60.409.000	0	0	0	0	263.875	302.045
18	0	0	0	0	9.155.172	9.155.172	0	0	0	0	0	0
19	0	100.000.000	125.000.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	20.000.000	25.000.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	12.500.000	15.000.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	45.825.198	221.690.598	297.690.598	0	398.762.401	796.536.401	1.764.907	8.002.577	8.300.077	0	34.368.162	70.959.890

Fuente: Elaboración propia a partir del documento *Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena*. Cifras en euros a precios constantes 2019.

*Las filas corresponden a actuaciones (ver Tabla 1). La actuación cero se refiere a actuaciones transversales de seguimiento y control. La actuación 5 está incluida en la 6 por lo que los totales no son exactamente la suma de todas las filas.

Como puede observarse, en el escenario tendencial, el 100% de la inversión es de iniciativa pública y un 80% de la misma se atribuye a la actuación 11, consistente en la mejora de los sistemas de saneamiento. Esta actuación, aun reforzada representa el 23,6% de este tipo de inversión pública en el escenario adaptativo, donde cobran protagonismo otras actuaciones tales como las actuaciones 19, 20 y 21 (de mejora de la integración ambiental de los usos, del estado ambiental de las lagunas y de recuperación de los espacios litorales) que, en su conjunto, explican el 77% del incremento de la inversión de iniciativa pública entre el escenario tendencial y el adaptativo (con alrededor de 132 millones de los 170 adicionales). La mayor parte de la inversión adicional necesaria para pasar del escenario tendencial al adaptativo 400 de 620 millones de inversión adicional), se refiere a otras inversiones que requieren diferentes grados de iniciativa y compromiso de los agentes privados en estrecha colaboración con las administraciones públicas y la tercera parte de esta cifra se concentra en una sola actuaciones; la actuación 6 (de aprovechamiento de extracciones mediante pozos), otro 29% lo explican 3 actuaciones: la 5 (extracción directa para el drenaje del acuífero), la 9 (actuaciones coordinadas a nivel de cuenca) y la 17 (adecuación y ampliación de los sistemas de drenaje agrícola). En su conjunto el escenario adaptativo exigiría un esfuerzo inversor equivalente a unos 620,5 millones de euros y los gastos de operación y mantenimiento exigirían unos desembolsos anuales en el entorno de 42,5 millones de euros.

Conseguir los objetivos de inversión del escenario objetivo exigiría un esfuerzo adicional de 474 millones de euros, que elevarían el gasto total de capital hasta los 1.092 millones de euros. Alrededor del 27% de esta inversión, según el criterio expuesto, es de iniciativa pública y la parte restante

requiere el concurso y la colaboración activa de los agentes privados. En el ámbito de la inversión pública la principal diferencia con el escenario adaptativo se encuentra en el refuerzo de las actuaciones mejora de los sistemas de saneamiento (actuación 11) y de la integración ambiental de los usos (actuación 19), por lo que la implementación adecuada del plan en este escenario depende de la configuración de los acuerdos y disposiciones que permitan movilizar las inversiones que exigen el compromiso de los agentes privados con los objetivos del plan, con independencia del modelo posterior de financiación que podrá combinar, como se ha expuesto, elementos variables de subsidio y de recuperación de costes. El 10% de la inversión se explica por las actuaciones puntuales a nivel de cuenca (actuación 9) y la parte restante se refiere a la gestión de deyecciones (actuación 14), el mayor aprovechamiento mayor de los pozos (actuación 6) y la restauración de las cuencas mineras (actuación 10). Como es de esperar, una vez ejecutadas las inversiones del escenario objetivo, su puesta en servicio y su mantenimiento y reposición exigirán gastos anuales que ascenderían a 79,5 millones de euros que en su mayor parte (alrededor de 71 millones) deberán ser asumidos por usuarios, agentes privados u operadores de infraestructuras colectivas.

Cabe apuntar que la información anterior, y la que se aporta a continuación sobre cada una de las actuaciones, combinada con la evaluación técnica sobre la contribución esperada de cada una de las actuaciones y alternativas a los objetivos ambientales del conjunto de actuaciones, podría ser de utilidad para hacer una evaluación de los escenarios con criterios de coste eficacia.

La viabilidad financiera de las actuaciones depende de varios factores que pueden exigir la movilización de recursos tanto públicos como privados que, debido a la imposibilidad de estimación a priori, no se han considerado en este trabajo. Por otra parte, la efectiva implementación de algunas actuaciones hace necesario establecer un marco de acuerdo jurídico-legal-social entre los usuarios/beneficiarios y la Administración.

En efecto, la puesta en práctica de mecanismos efectivos de cooperación entre las partes implicadas podría suponer una barrera para la adecuada implementación del plan y su superación podría resultar en costes adicionales, denominados costes institucionales o de transacción, que no han sido considerados en este estudio. Tales adaptaciones pueden consistir en el establecimiento de un marco legal-fiscal estable y aceptado por las partes, incluyendo la modificación necesaria de la normativa y el diseño y aplicación de nuevos modelos de gestión integrada de la provisión de agua y de la gestión de los vertidos.

Por otra parte, podría aducirse que algunos costes no son atribuibles al objetivo de vertido cero. Por ejemplo, cumplimiento normativo vigente y la aplicación de sistemas de seguimiento y control. Motivo por el cual podría argumentarse que tales costes no son imputables al análisis de soluciones de vertido cero pues tales normas deberían ser de obligado cumplimiento y observancia por parte de la Administración y de cualquier otro agente, sin embargo, por razones de carácter metodológico parece conveniente mantenerlos en el análisis.

Finalmente, cabe mencionar que este trabajo se basa en una selección previa de medidas y una configuración de los catálogos de actuaciones, comprendidas en cada uno de los escenarios, y por lo tanto toma como datos tales escenarios junto con su eficacia técnica. Todo ello, con independencia de que, en etapas posteriores, la evaluación de costes pueda ser utilizada como un elemento para refinar la selección de medidas combinando criterios de eficacia, minimización de costes, viabilidad y sostenibilidad financiera, etc. que como hemos indicado exceden los objetivos del presente estudio.

A continuación se presentan la evaluación de costes detallada a nivel de cada una de las actuaciones del plan.

3.1 Costes de seguimiento y control

Como se mencionó más arriba, el presente documento tiene también como objetivo integrar y cuantificar las actividades y los costes de seguimiento y control para hacer efectivas las actuaciones y garantizar el cumplimiento de la legislación por parte de las actividades y explotaciones económicas que se desarrollan en el área afectada. Como se muestra en esta sección, agregando todas las partidas descritas en los párrafos precedentes, tenemos que las actividades y labores de seguimiento y control suponen acometer una inversión de unos 3.232.000 euros, además de reservar en los presupuestos públicos anuales casi 1.605.000 euros para hacer frente al coste de estas operaciones (ver, la fila 0 de la Tabla 2).

La superficie afectada por el proyecto son 169.450 hectáreas terrestres y 80.600 marinas. La superficie agrícola del Campo de Cartagena es de unas 78.008,50 hectáreas (47.440,40 hectáreas de regadíos y 30.568,10 hectáreas de secano). Además de la contaminación difusa causada por la agricultura, hay que tener en cuenta las fuentes de contaminación puntual de otras actividades. Dadas las condiciones (calificadas de “emergencia ambiental”) se hace necesario establecer mecanismos de seguimiento en tiempo real o con pocas horas de disponibilidad de la información. La partida más importante de los costes de inversión en este contexto se refiere al coste de la red de estaciones agroclimáticas y de lisímetros y estas inversiones se complementan con los necesarios estudios técnicos, la ampliación de la red de piezómetros y las aplicaciones informáticas requeridas para la red de seguimiento y control (ver Tabla 3).

Con los medios actuales que cuenta la Administración no es posible realizar de una manera efectiva el seguimiento del cumplimiento de la legislación y de las actuaciones que pudieran ponerse en funcionamiento. Es necesario incorporar más medios para acometer estas labores, no sólo humanos, también técnicos con sus correspondientes herramientas.

La generalización del uso y operatividad de sistemas de información georreferenciada en tiempo real, con la obligada colaboración de los usuarios, no es una opción barata. Requiere del concurso de técnicos especializados y la dotación de medios técnicos (estaciones de control, laboratorios, sistemas electrónicos y herramientas informáticas), así como elementos que permitan llevar a cabo dichas labores (vehículos, etc.). Los costes estimados de mantenimiento son los que figuran en la parte inferior de la siguiente tabla.

Tabla 3. Coste inversión y costes operativos anuales para el seguimiento y control en el Campo de Cartagena

Seguimiento y control	Precio	Unidades	Presupuesto
COSTES DE INVERSIÓN INICIAL			
Estudios previos (zonificación, mapas e inventarios: instalaciones de riego y balsas ganaderas)	600.000 €	-	600.000 €
Sistema de información (aplicación informática, GIS y equipos)	400.000 €		400.000 €
Red de estaciones agroclimáticas y otra de estaciones de lisímetros	1.000.000 €		1.000.000 €
Ampliación red de piezómetros	232.000 €		232.000
TOTAL			2.232.000
COSTES DE MANTENIMIENTO			
Análisis del suelo y agua			400.000 €/año
Analíticas abonos orgánicos			50.000 €/año
Mantenimiento del sistema de información (aplicaciones, GIS y bases de datos)	60.000 €/año	1 técnico	60.000 €/año
Control, seguimiento y verificación (12 técnicos: Inspecciones técnicas, análisis de resultados, redacción de informes)	60.000 €/año	12 técnicos	720.000 €/año
Control, seguimiento y verificación (Gastos: vehículos, combustible, equipos, consumibles,...)	350.000 €/año		350.000 €/año
Formación y divulgación	500 €/ jornada	50 jornadas	25.000 €/año
TOTAL			1.605.000 €/año

Fuente: Elaboración propia. Cifras en euros a precios constantes 2019.

La creación de un sistema de información georreferenciada en tiempo real puede suponer un desembolso en concepto de inversión para el desarrollo del sistema de unos 400.000 euros. Dicho sistema contemplaría las herramientas informáticas para la recogida de información y elaboración de las bases de datos correspondientes. El mantenimiento anual de la aplicación informática para recoger esta información de todas las actuaciones, e incorporar a las bases de datos correspondientes, se considera que tiene un coste anual de unos 60.000 euros.

La ejecución del gasto de inversión y de operación del sistema de control y seguimiento dependen exclusivamente de la Administración y los presupuestos públicos con independencia de que, en el plan de financiación se pongan en práctica instrumentos para la repercusión de estos costes sobre los servicios del agua. La viabilidad de las actuaciones que puedan llevarse a cabo tiene una relación directa con la cuantificación y valoración de los efectos. Sin un sistema de seguimiento y control no es posible corregir desviaciones de los objetivos y verificar la adecuación de las actuaciones a la finalidad establecida.

3.2 Actuación 1: Mejora de la fertilización mineral y orgánica

Esta actuación presenta como objetivo la mejora y reducción de las dosis de fertilización.

- La alternativa A o escenario tendencial consiste en no hacer nada. Se mantiene el escenario tendencial y se aplica la actual legislación vigente.
- La alternativa B o escenario adaptativo consiste en la realización de estudios a partir de los resultados arrojados por el programa de seguimiento y control y solo se ha considerado el coste de los estudios para la redacción de las dosis de fertilización. Ver Tabla 4.
- La alternativa C o escenario objetivo: consiste en la realización de estudios técnicos y jurídicos. Redacción normativa de directrices (directrices más restrictivas en cuanto a la reducción de la fertilización). Sólo se ha estimado el coste de los estudios y trabajos técnicos.

Tabla 4. Coste inversión y costes operativos anuales Actuación 1: Mejora de la fertilización mineral y orgánica

INVERSIÓN	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Estudios e instrucción técnica para la reducción de las dosis de fertilización	0	300.000	300.000
Realización de estudios técnicos y jurídicos. Redacción normativa de directrices	0	0	1.500.000
TOTALES	0	300.000	1.800.000
Costes O&M anuales	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Estudios	0	0	0
TOTALES	0	0	0
Reparto	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Inversión Pública	0	300.000	1.800.000
Otra Inversión	0	0	0
Gasto corriente anual público	0	0	0
Otro Gasto corriente anual	0	0	0

Fuente: Elaboración propia a partir del documento *Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena*. Cifras en euros a precios constantes 2019.

La viabilidad de esta actuación depende del grado de aceptación por parte de los usuarios y su voluntad de cooperación, por lo que es necesario procurar la aceptación y colaboración con las labores de seguimiento y control. El monto de inversión necesaria tras los estudios, de naturaleza privada, no es considerable respecto otras actuaciones. No es del todo recomendable establecer sistemas de subvención generalizados debido a los potenciales efectos *arrastré* que pudieran derivarse para otras actuaciones u otros usuarios. No obstante, el uso de financiación *blanda* o con coste reducido puede ser un ejemplo ilustrativo para abordar esta problemática.

El montante total de inversión estimado en esta actuación podría alcanzar entre 300.000-1.800.000 euros, que serían de titularidad pública.

3.3 Actuación 2: Adaptación del modelo productivo

Esta actuación presenta escenarios que pueden producir los mayores desembolsos y costes de la estrategia final que se adopte para alcanzar el objetivo de vertido cero. Su objetivo es reducir el aporte excesivo de fertilizantes y se plantea opciones para la contención que podrían llegar hasta un cambio drástico en los cultivos con sustrato confinado e invernaderos. Estas opciones acumulativas van desde no hacer nada (escenario tendencial y adaptativo), hasta la transformación de unas 2.000 hectáreas de invernaderos y sistemas de cultivo con sustrato confinado y modelo de agricultura ecológica (escenario objetivo).

Las inversiones que se tendrían que poner en marcha con esta actuación en su extremo con mayor desarrollo (Alternativa C o escenario objetivo) alcanzarían los 264,5 millones de euros.

Tabla 5. Coste inversión. Actuación 2: Adaptación del modelo productivo

INVERSIÓN	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Programa de fomento	0	1.500.000	1.500.000
Adaptación del modelo productivo (sustrato confinado + agricultura ecológica)	0	0	263.000.000
TOTALES	0	1.500.000	264.500.000
Costes O&M anuales	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Adaptación del modelo productivo (sustrato confinado + agricultura ecológica)	0	0	10.460.000
TOTALES	0	0	10.460.000
Reparto	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Inversión Pública	0	1.500.000	1.500.000
Otra Inversión	0	0	263.000.000
Gasto corriente anual público	0	0	0
Otro Gasto corriente anual	0	0	10.460.000

Fuente: Elaboración propia a partir del documento *Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena*. Cifras en euros a precios constantes 2019.

Es necesario tener en cuenta que la transformación de los cultivos implica un incremento de los costes de explotación y mantenimiento de los cultivos, lo que afecta a los actuales sistemas de cultivo y modelos de explotación.

La inversión de titularidad pública estimada sería de alrededor de 1,5 millones de euros materializado en programas de fomento del modelo productivo, siendo el resto de la responsabilidad inversora de los usuarios.

Por otra parte, convendría profundizar en los análisis respecto a la eficacia de esta medida y su potencial de cara al cumplimiento con los objetivos.

3.4 Actuación 3: Revisión y adecuación de las instalaciones de almacenamiento de deyecciones ganaderas

Estas actuaciones se desarrollarían afectando al sector ganadero para remediar la presión que suponen las deyecciones como fuente de contaminación difusa de los acuíferos.

La adecuación de las instalaciones de deyecciones ganaderas consiste en la impermeabilización de las balsas mediante hormigón impermeabilizante o una geomembrana y la cubrición mediante la colocación de una lámina de plástico en la parte superior de la balsa. A partir de las tarifas de dichas unidades de obra y las mediciones se ha calculado el presupuesto.

En el diagnóstico se estima que existen 160 ha de balsas de purines: se supone actuar sobre la mitad del censo estimado (suponemos una intervención en el 50% de las balsas).

De los escenarios planteados, sólo suponen acciones inversoras los escenarios adaptativo y objetivo, en el que se plantean de impermeabilización y cubrición de balsas para evitar su infiltración a los acuíferos.

Tabla 6. Coste inversión Actuación 3: Revisión y adecuación de las instalaciones de almacenamiento de deyecciones

INVERSIÓN	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Impermeabilización de las balsas mediante el empleo de geomembrana	0	15.200.000	15.200.000
Cubrición de las balsas mediante lona y los extensores asociados	0	14.400.000	14.400.000
TOTALES	0	29.600.000	29.600.000
Costes O&M anuales	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Costes explotación y mantenimiento	0	1.480.000	1.480.000
TOTALES	0	1.480.000	1.480.000
Reparto	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Inversión Pública	0	0	0
Otra Inversión	0	29.600.000	29.600.000
Gasto corriente anual público	0	0	0
Otro Gasto corriente anual	0	1.480.000	1.480.000

Fuente: Elaboración propia a partir del documento *Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena*. Cifras en euros a precios constantes 2019.

La actuación conlleva un incremento de los costes de explotación de las actividades de gestión de las balsas estimado en alrededor de 1,5 millones de euros anuales. Todas las partidas de inversión y costes de mantenimiento y conservación son de titularidad privada.

No hay información suficiente para establecer una relación de coste y eficacia de las alternativas contempladas en la actuación. No es posible efectuar un balance de nitrógeno.

La viabilidad de esta actuación dependerá de la colaboración y del rendimiento de la actividad ganadera en la zona.

3.5 Actuación 4: Establecimiento del régimen de explotación de la masa de agua subterránea

La declaración de la masa de agua subterránea “Campo de Cartagena” en riesgo de no alcanzar el “buen estado” supondría la aplicación inmediata de ciertos mecanismos de control ambientales y de gestión sobre los usos afectados.

Esta actuación prevé la elaboración de un Plan de Ordenación de Explotaciones (POE) de la masa de agua subterránea y permite la **constitución de comunidades de usuarios** en las que establecer la sustitución de las captaciones individuales preexistentes por captaciones comunitarias, transformándose, en su caso, los títulos individuales en uno colectivo.

Representa costes de puesta en marcha de estudios e instrucción técnica para la reducción de las dosis de fertilización a cargo de la Administración. Se ha estimado un presupuesto de unos 500.000 de euros para la puesta en marcha de dichos estudios.

La viabilidad de esta actuación depende de la voluntad de la Administración y del Legislador para seguir los pasos normativos pertinentes e imponer la decisión sobre los usuarios.

El inconveniente principal estriba en relacionar esta actuación con la eficacia para alcanzar el cumplimiento de los objetivos. No es posible, con la información disponible, establecer esta relación.

3.6 Actuación 5: Extracción directa de las aguas subterráneas para el drenaje del acuífero

El objetivo de la actuación es frenar la descarga de agua, con altas concentraciones de nitratos, del acuífero cuaternario al Mar Menor.

El escenario A se corresponde con el escenario tendencial. Supone el mantenimiento de la situación actual. Esta actuación no lleva aparejado coste financiero alguno, aparentemente.

La segunda alternativa de esta actuación se recoge para los escenarios adaptativo y objetivo de la actuación supone la extracción de unos 12 hectómetros cúbicos de aguas subterráneas para el drenaje del acuífero cuaternario, el tratamiento de las aguas captadas y su posible utilización.

Las acciones inversoras comprenden seis tipos de infraestructuras:

- a) Red de drenaje perimetral. La infraestructura tiene una longitud de 19,1 kilómetros con un coste por kilómetro de unos 1,1 millones de euros.
- b) Conducciones a planta tratamiento. La longitud total es de unos 22,8 kilómetros
- c) Planta desnitrificadora y desalobradora. Este apartado de inversiones supone la construcción de tres líneas de desnitrificación junto a la ampliación de la desalobradora, ya existente, del El Mojón.
- d) Impulsión a canal de riego. Se trata de una infraestructura de unos 6,1 Km.

- e) Emisario submarino. Se trata de una infraestructura de evacuación de la salmuera (rechazo) de la desalobrador del Mojón. Su longitud es de 5,8 kilómetros con un coste de inversión estimado en 7,5 millones de euros.

Los costes de explotación anuales de cada infraestructura se detallan a continuación y se han obtenido a partir de indicadores elaborados con actuaciones similares.

El transporte de agua por conducciones (conducciones a planta de tratamiento, impulsión a canal de riego y emisario submarino) pueden presentar elevados costes de explotación debido a las características de la impulsión (si fuera necesario), la longitud y tamaño de la infraestructuras y la complejidad del mantenimiento. Para unas estructuras de esta longitud, sin necesidades especiales de impulsión, se estima un coste de conservación y mantenimiento anual de unos 0,005 €/m³. El coste de las conducciones con ciertas necesidades específicas de impulsión, incrementa notablemente este indicador hasta valores próximos a 0,12 €/m³. En nuestro caso, vista la potencia nominal (490), podemos considerar un coste operativo aproximado de 0,02 €/m³.

Tabla 7. Coste inversión y costes operativos anuales Actuación 5: Extracción directa de las aguas subterráneas para el drenaje del acuífero

INVERSIÓN	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Red de drenaje perimetral	0	21.204.770	21.204.770
Conducciones de transporte a planta de tratamiento	0	12.378.300	12.378.300
Plantas de tratamiento (desalación y desnitrificación)	0	16.671.940	16.671.940
Impulsión a canal de riego	0	2.825.039	2.825.039
Emisario submarino (incluye tramo terrestre)	0	8.586.129	8.586.129
TOTALES	0	61.666.178	61.666.178
Costes O&M anuales	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Red de drenaje perimetral	0	60.000	60.000
Conducciones de transporte a planta de tratamiento	0	300.000	300.000
Plantas de tratamiento (desalación y desnitrificación)	0	5.073.000	5.073.000
Impulsión a canal de riego	0	168.000	168.000
Emisario submarino (incluye tramo terrestre)	0	125.000	125.000
TOTALES	0	5.726.000	5.726.000
Reparto	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Inversión Pública	0	0	0
Otra Inversión	0	61.666.178	61.666.178
Gasto corriente anual público	0	0	0
Otro Gasto corriente anual	0	5.726.000	5.726.000

Fuente: Elaboración propia a partir del documento *Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena*. Cifras en euros a precios constantes 2019.

La planta desnitrificadora presenta un doble papel: desnitrificar y desalobrar. En el caso de la desnitrificación, se han estimado costes operativos corrientes de plantas de tamaño similar en unos 0,2852 €/m³ tratado, en tanto que la desalobración, puede suponer un coste de tratamiento y obtención de agua desalinizada de unos 0,1926 €/m³. La alternativa del escenario adaptativo trata un total de 12 hectómetros cúbicos de agua para desnitrificar, pero obtiene 8,4 hectómetros cúbicos (70%) de agua desalobrada. El coste corriente unitario, sin incluir los costes del rechazo y la inversión, de producción de este recurso puede ascender hasta 0,60 €/m³.

La inversión total se estima en casi 62 millones de euros que deberían correr a cargo de los usuarios o beneficiarios de las actuaciones, al igual que los costes de explotación y mantenimiento de las instalaciones que suponen unos 5,7 millones de euros anuales.

No hay información suficiente acerca de la eficacia que puede representar esta actuación para valorar su coste-eficacia.

3.7 Actuación 6: Extracción de aguas subterráneas por aprovechamiento mediante pozos

Esta actuación plantea la elección entre dos alternativas estratégicas: gestión individual de los recursos subterráneos y el tratamiento individualizado por cada usuario de los rechazos de salmuera y exceso de nitratos, o un modelo de gestión colectiva para la solución conjunta de un problema común.

La alternativa del escenario tendencial, establece el seguimiento y control de la situación en el escenario tendencial. No supone más coste que los correspondientes a las actuaciones de control que pudieran desarrollarse. Se incurriría en partidas correspondientes a costes corrientes de los organismos para llevar a cabo el seguimiento y la vigilancia.

La alternativa del escenario adaptativo, de gestión colectiva, consistente en el aprovechamiento comunitario de las aguas subterráneas mediante un sistema de pozos conectados entre sí, que transportan las aguas subterráneas salobres a la planta de tratamiento del El Mojón, para su desalobración y desnitrificación del rechazo, distribuyendo a continuación el agua en condiciones adecuadas (cantidad y calidad) a los usuarios y vertiendo el rechazo, sometido a proceso de desnitrificación, por medio de un emisario submarino.

La tercera alternativa (escenario objetivo) presenta una solución de gestión colectiva con un tratamiento desnitrificador de la totalidad de las extracciones, no sólo del rechazo de la planta desalobradoradora.

Las inversiones dependen (o varían) si las alternativas se combinan o no con la alternativa de la actuación número 5 -drenaje del acuífero-, con la que comparte acciones y son excluyentes.

Tabla 8. Coste inversión y costes operativos anuales Actuación 6: Extracción de aguas subterráneas por aprovechamiento mediante pozos (incluye actuación 5)

INVERSIÓN	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Red de drenaje perimetral	0	21.200.000	21.200.000
Conducciones (drenes) a planta de tratamiento	0	12.400.000	12.400.000
Sistema comunitario de pozos	0	26.160.000	26.160.000
Conducciones desde sistema de pozos a planta de tratamiento	0	61.000.000	61.000.000
Impulsiones y bombeo (sistema de pozos centralizados)	0	1.260.000	1.260.000
Planta de tratamiento	0	54.500.000	73.930.000
Impulsión al canal de riego	0	21.790.000	21.790.000
Emisario submarino	0	8.586.129	8.586.129
TOTALES	0	206.896.129	226.326.129
Costes O&M anuales	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Red de drenaje perimetral	0	57.000	57.000
Conducciones (drenes) a planta de tratamiento	0	228.000	228.000
Sistema comunitario de pozos	0	3.089.882	3.089.882
Conducciones desde sistema de pozos a planta de tratamiento	0	1.744.750	1.744.750
Impulsiones y bombeo (sistema de pozos centralizados)	0	837.480	837.480
Planta de tratamiento	0	21.723.745	39.061.053
Impulsión al canal de riego	0	1.823.700	1.823.700
Emisario submarino	0	101.500	101.500
TOTALES	0	29.606.057	46.943.365
Reparto	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Inversión Pública	0	0	0
Otra Inversión	0	206.896.129	226.326.129
Gasto corriente anual público	0	0	0
Otro Gasto corriente anual	0	29.606.057	46.943.365

Fuente: Elaboración propia a partir del documento *Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena*. Cifras en euros a precios constantes 2019.

La alternativa de gestión colectiva del escenario adaptativo presenta un coste de inversión de unos 207 millones de euros. Este modelo sustituye el sistema de captación individual por un sistema de captación, tratamiento y distribución colectiva que debería correr a cargo de los usuarios.

Por otro lado, los costes de operación y mantenimiento anuales se estiman en unos 30 millones de euros, que también deberían correr a cargo de los usuarios.

En el escenario objetivo, al incurrir en un mayor volumen de agua sometida a tratamiento de desnitrificación se incrementan los costes de la actuación. Por una parte, los costes de inversión pueden alcanzar los 226 millones de euros, al aumentar en casi 20 millones de euros la inversión en la planta de tratamiento. También los costes corrientes anuales se ven afectados al tratar mayor volumen la planta desnitrificadora, en unos 17 millones de euros anuales adicionales hasta alcanzar los 47 millones de euros anuales.

No obstante, no está especificada la eficacia de cada alternativa respecto a los objetivos. Este análisis es muy interesante y creemos que proporciona argumentos importantes, pero surgen algunas dudas o consideraciones que quizás haya que tener en cuenta para hacer esas estimaciones, lo principal:

Los tratamientos de desalobración en parcela también eliminan los nitratos, aunque no se sabe cuánto. Realmente la calidad del agua con la que están regando es una incógnita, debido al mix de recursos que emplean los regantes y su aplicación en parcela.

El tratamiento centralizado será más eficiente, se suministrará al regante agua de calidad y se podrá controlar la calidad del agua que se suministra al regante. Pero en el descentralizado, con la desalobración en parcela, no se puede considerar que no se elimine nada de nitrógeno/nitratos.

Es aventurado poder establecer las relaciones y efectos entre las presiones y los impactos que se producen sobre las masas de agua subterráneas que resultarían de esta alternativa. Es preciso obtener mayor nivel de detalle de la información a riesgo de incurrir en errores de diseño de costosa recuperación.

3.8 Actuación 7: Medidas para reducir al mínimo los retornos de riego

Esta actuación es la última de las cuatro que se proponen para corregir los desequilibrios de los acuíferos y reducir la carga contaminante que se vierte al Mar Menor. Se plantean tres escenarios alternativos para aplicar esta actuación. Se asume que la agricultura en el Campo de Cartagena ya tiene unos niveles de tecnificación y modernización muy altos, así que se reduce considerablemente la superficie sobre la que actuar.

La alternativa que se corresponde con el escenario tendencial consiste en no hacer nada. La alternativa de los escenarios adaptativo y objetivo, recoge un conjunto de acciones para fomentar e implantar sistemas eficientes de riego.

Tabla 9. Coste inversión y costes operativos anuales Actuación 7: Medidas para reducir al mínimo los retornos de riego

INVERSIÓN	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Instalación de riego localizado (Automatización de la explotación)	0	1.989.600	1.989.600
Mejora de las instalaciones de riego y sistemas de dosificación (modernización explotación)	0	12.740.000	12.740.000
Instalación de las estaciones de monitoreo	0	1.308.500	1.308.500
TOTALES	0	16.038.100	16.038.100
Costes O&M anuales	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Instalación de riego localizado (Automatización de la explotación)	0	270.000	270.000
Mejora de las instalaciones de riego y sistemas de dosificación (modernización explotación)	0	1.000.000	1.000.000
Instalación de las estaciones de monitoreo	0	360.000	360.000
TOTALES	0	1.630.000	1.630.000
Reparto	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Inversión Pública	0	0	0
Otra Inversión	0	16.038.100	16.038.100
Gasto corriente anual público	0	0	0
Otro Gasto corriente anual	0	1.630.000	1.630.000

Fuente: Elaboración propia a partir del documento *Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena*. Cifras en euros a precios constantes 2019.

Las actuaciones incluyen tres tipos de acciones:

- Fomento tecnologías para mejorar el sistema de riego automático (automatización). Afectaría a unas 1.200 hectáreas con un coste unitario de unos 1.658 euros por hectárea. La inversión total alcanzaría los 2 millones de euros.
- Modernización de las explotaciones a un coste de 6.370 euros por hectárea actuando sobre unas 2.000 hectáreas a un coste total de 12,74 millones de euros.
- Creación de una red de estaciones automáticas de monitorización para controlar los efectos y realizar el seguimiento sobre el suelo. Se estima necesaria una red compuesta por unas 500 estaciones de monitorización con un coste de inversión de 2.617 €/estación, lo que reporta un coste de inversión total de 1,3 millones de euros.

No se dispone de información adicional para conocer la eficacia de la actuación ni el grado de cumplimiento en relación a los objetivos. No obstante, si se lograra que toda la superficie de cultivo disminuyera en 40 kg/ha el aporte de nitrógeno, estaríamos en el entorno de 128 toneladas de nitrógeno evitadas, con un indicador de la inversión en términos de coste-eficacia de 125 €/kg de nitrógeno evitado.

La responsabilidad de inversión de esta actuación debería recaer sobre los usuarios o beneficiarios.

3.9 Actuación 8: Control de procesos erosivos y transporte de sedimentos a nivel de parcela

Esta actuación comprende dos alternativas para controlar los procesos erosivos y de arrastre de sedimentos. La alternativa del escenario tendencial supone el cumplimiento estricto de la normativa vigente en materia de control de los procesos erosivos y transporte de sedimentos. Aparentemente no representa desembolso alguno, sólo si se instrumentan procesos de verificación y control del cumplimiento de estas acciones.

La segunda alternativa contemplada para los escenarios adaptativo y objetivo supone un conjunto de acciones en coordinación con las actuaciones hidráulicas en la redes de drenaje en toda la zona para evacuación de escorrentías superficiales e inundaciones, y consiste en la recuperación de terrazas y bancales, reorientación de los surcos en cultivos herbáceos para el laboreo en curvas de nivel, instalación de cubierta vegetal viva sembrada o espontánea, acolchado orgánico en superficies ocupadas por cultivos leñosos, triturado y/o enterrado de restos de poda, etc.

Tabla 10. Coste inversión y costes operativos anuales Actuación 8: Control de procesos erosivos y transporte de sedimentos a nivel de parcela

INVERSIÓN	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Actuaciones a nivel de parcela	0	2.748.000	2.748.000
TOTALES	0	2.748.000	2.748.000
Costes O&M anuales	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Actuaciones a nivel de parcela	0	0	0
TOTALES	0	0	0
Reparto	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Inversión Pública	0	0	0
Otra Inversión	0	2.748.000	2.748.000
Gasto corriente anual público	0	0	0
Otro Gasto corriente anual	0	0	0

Fuente: Elaboración propia a partir del documento *Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena*. Cifras en euros a precios constantes 2019.

Los costes de inversión estimados para poner en marcha estas actuaciones se estiman en unos 916 euros por hectárea para la recuperación de terrazas y bancales por parte de los propietarios de las explotaciones, con un importe total estimado de 2,8 millones de euros.

No se dispone de información adicional para conocer la eficacia de la actuación ni el grado de cumplimiento en relación a los objetivos.

3.10 Actuación 9: Control de procesos erosivos y transporte de sedimentos a nivel de cuenca

Para evitar los procesos erosivos y los episodios de arrastre de nutrientes y contaminantes en la cuenca receptora del Mar Menor, se plantea esta actuación a nivel de cuenca que incluye tres escenarios alternativos.

El escenario tendencial, supone el mantenimiento de la situación actual, es decir, la no realización de ninguna actuación de control de procesos erosivos y transporte de sedimentos a nivel de cuenca.

Tabla 11. Coste inversión y costes operativos anuales Actuación 9: Control de procesos erosivos y transporte de sedimentos a nivel de cuenca

INVERSIÓN	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Construcción de estructuras de tierra para la retención de escorrentías de superficie media 30 ha.	0	59.500.000	119.000.000
Construcción de estructuras de obra para la retención de sedimentos (plazoletas de sedimentación).	0	2.040.000	2.040.000
Construcción de diques de retención de sedimentos y laminación de avenidas	0	2.800.000	2.800.000
Restauración de la vegetación de ribera	0	90.000	90.000
Plantaciones en taludes de estructuras de retención de escorrentías	0	80.000	80.000
Protección de márgenes mediante técnicas de bioingeniería	0	150.000	150.000
Reparación y refuerzo de umbrales y albarradas	0	700.000	700.000
TOTALES	0	65.360.000	124.860.000
Costes O&M anuales	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Costes de mantenimiento y conservación	0	0	0
TOTALES	0	1.307.280	2.497.280
Reparto	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Inversión Pública	0	0	0
Otra Inversión	0	65.360.000	124.860.000
Gasto corriente anual público	0	0	0
Otro Gasto corriente anual	0	1.307.280	2.497.280

Fuente: Elaboración propia a partir del documento *Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena*. Cifras en euros a precios constantes 2019.

El segundo nivel (escenario adaptativo) implementa actuaciones para la para la retención de aportaciones en avenidas. El coste de las inversiones necesarias para poner en marcha esta actuación alcanza los 65,3 millones de euros, e incluye medidas tales como:

- Construcción de estructuras de tierra para la retención de escorrentías de superficie media 30 hectáreas.
- Construcción de estructuras de obra para la retención de sedimentos (plazoletas de sedimentación).
- Construcción de diques de retención de sedimentos y laminación de avenidas.
- Restauración de la vegetación de ribera.
- Plantaciones en taludes de estructuras de retención de escorrentías.
- Protección de márgenes mediante técnicas de bioingeniería.

- Reparación y refuerzo de umbrales y albarradas.

Implementar las actuaciones de la tercera alternativa (escenario objetivo), supone incrementar el coste de las inversiones necesarias hasta los 124,9 millones de euros.

El mantenimiento de estas actuaciones necesariamente incurre en una serie de costes anuales que se estiman en el 2% de la inversión, alcanzando 1,3 millones de euros anuales en el caso de la alternativa del escenario adaptativo, y 2,5 millones de euros anuales en las actuaciones contempladas por la alternativa del escenario objetivo.

El coste de las actuaciones debe ser todavía asignado y repartirse sobre los usuarios o beneficiarios. No se dispone de información adicional para conocer la eficacia de la actuación ni el grado de cumplimiento en relación a los objetivos.

3.11 Actuación 10: Restauración hidrológico forestal de las cuencas mineras

Esta actuación es la tercera y última del grupo de actuaciones para frenar los procesos erosivos y de arrastre de sedimentos. Presenta tres alternativas, siendo la primera el escenario tendencial con el mantenimiento de la situación actual.

La segunda alternativa (escenario adaptativo) pone énfasis en acciones sobre zonas de actuación prioritaria, que en una primera fase incluye:

- Actuaciones de inertización en zonas incultas afectadas por la actividad minera, estabilización de laderas y restauración de la cubierta vegetal: zonas degradadas próximas a la red de drenaje principal de la cabecera de la rambla del Beal.
- Corrección hidrológica para la retención de sólidos, incluyendo todas las operaciones necesarias para su ejecución: ramblas del Beal, de la Carrasquilla y barranco de Ponce.
- Restauración de márgenes y cauces con vegetación de ribera: ramblas del Beal, de la Carrasquilla y barranco de Ponce.

Las labores de conservación y mantenimiento de estas actuaciones se han estimado que representan un valor de 0,5% de la inversión. Esto es, si la inversión total es de 16,2 millones de euros, los costes anuales de conservación y mantenimiento de estas actuaciones ascienden hasta los 81.000 euros anuales.

La tercera alternativa (escenario objetivo) presenta una segunda fase de actuaciones, repoblación en terrenos forestales no afectados directamente por la actividad minera, que completa lo realizado en la primera, alcanzando un importe adicional de 20,2 millones de euros hasta los 36,4 millones de euros.

Las labores de conservación y mantenimiento de estas actuaciones se han estimado que representan un valor de 0,5% de la inversión. Esto es, si la inversión total es de 36,4 millones de euros, los costes anuales de conservación y mantenimiento de estas actuaciones ascienden hasta los 182.000 euros anuales.

Tabla 12. Coste inversión y costes operativos anuales Actuación 10: Restauración hidrológico forestal de las cuencas mineras

INVERSIÓN	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Repoblación en terrenos forestales no afectados directamente por la actividad minera	0	0	5.200.000
Actuaciones de inertización en zonas incultas afectadas por la actividad minera, estabilización de laderas y restauración de la cubierta vegetal: zonas degradadas próximas a la red de drenaje principal de la cabecera de la rambla del Beal	0	12.650.000	25.300.000
Corrección hidrológica para la retención de sólidos, incluyendo todas las operaciones necesarias para su ejecución: ramblas del Beal, de la Carrasquilla y barranco de Ponce.	0	2.940.000	4.900.000
Restauración de márgenes y cauces con vegetación de ribera: ramblas del Beal, de la Carrasquilla y barranco de Ponce.	0	600.000	1.000.000
TOTALES	0	16.190.000	36.400.000
Costes O&M anuales	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Repoblación en terrenos forestales no afectados directamente por la actividad minera	0	0	26.000
Actuaciones de inertización en zonas incultas afectadas por la actividad minera, estabilización de laderas y restauración de la cubierta vegetal: zonas degradadas próximas a la red de drenaje principal de la cabecera de la rambla del Beal	0	63.250	126.500
Corrección hidrológica para la retención de sólidos, incluyendo todas las operaciones necesarias para su ejecución: ramblas del Beal, de la Carrasquilla y barranco de Ponce.	0	14.700	24.500
Restauración de márgenes y cauces con vegetación de ribera: ramblas del Beal, de la Carrasquilla y barranco de Ponce.	0	3.000	5.000
TOTALES	0	80.950	182.000
Reparto	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Inversión Pública	0	0	0
Otra Inversión	0	16.190.000	36.400.000
Gasto corriente anual público	0	0	0
Otro Gasto corriente anual	0	80.950	182.000

Fuente: Elaboración propia a partir del documento *Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena*. Cifras en euros a precios constantes 2019.

Completar todas las actuaciones establecidas en las dos fases, supone una inversión pública de 36,4 millones de euros y la reserva en los presupuestos de unos 182.000 euros anuales para hacer frente a las labores de conservación y mantenimiento de las actuaciones.

El coste de las actuaciones debe ser todavía asignado y repartirse sobre los usuarios o beneficiarios. No se dispone de información adicional para conocer la eficacia de la actuación ni el grado de cumplimiento en relación a los objetivos.

3.12 Actuación 11: Mejora de los sistemas de saneamiento

El objetivo de esta actuación es mejorar la seguridad en episodios de lluvias intensas, evitando el desbordamiento de los sistemas de drenaje y saneamiento urbano. Para ello se plantean acciones de drenaje sostenible, tanques reguladores de tormentas y la implantación de redes separativas.

Esta actuación presenta tres alternativas para implementar soluciones que den respuesta a estos problemas. La alternativa del escenario tendencial plantea la aplicación a los nuevos desarrollos urbanos e industriales de la nueva normativa de redes separativas, y *poner en servicio las obras e instalaciones que permitan retener y evacuar adecuadamente hacia la estación depuradora de aguas residuales urbanas las primeras aguas de escorrentía de la red de saneamiento con elevadas concentraciones de contaminantes producidas en dichos episodios (tanques de tormenta)*.

Las acciones inversoras en esta alternativa se centran en la construcción de 10 nuevos tanques de tormentas. No se dispone de la capacidad de dichas instalaciones, por lo que no es posible verificar la pertinencia de la información sobre sus presupuestos, cifrados en 40 millones de euros. De acuerdo a bases de datos manejadas, los costes de inversión de los tanques de tormenta pueden variar desde poco más de 300 €/m³ de capacidad para las instalaciones de más de 30.000 metros cúbicos en adelante, hasta los 800 €/m³ de capacidad para aquellas instalaciones que contemplen depósitos con menos de 2.000 metros cúbicos de capacidad. Un valor intermedio calculado a partir de más de una veintena de proyectos de esta naturaleza proporciona un indicador de unos 440 €/m³ de capacidad. A partir de este dato, suponemos que la capacidad de los 12 tanques de tormenta proyectados puede ascender hasta los 91.500 metros cúbicos de capacidad. Es un dato que hay que comprobar.

La capacidad de los tanques de tormenta también nos relaciona un indicador de costes operativos de conservación y mantenimiento de las instalaciones. Instalaciones de reducida capacidad (menores de 2.000 metros cúbicos) presentan un indicador de costes corrientes anuales de explotación en el entorno de 4,5-6 €/m³/año. En tanto que instalaciones de mayor envergadura, superiores a 30.000 metros cúbicos tienen costes operativos anuales en torno a 1,5 €/m³/año. Un indicador intermedio nos proporciona un dato de 2,83 €/m³/año.

A partir de la información anterior, podemos estimar un coste anual por operaciones de conservación y mantenimiento de las instalaciones de tanques de tormenta en unos 259.000 euros anuales, en el supuesto de una capacidad de los mismos de 90.000-95.000 metros cúbicos.

La alternativa del escenario adaptativo de esta actuación incorpora a las acciones contempladas en la alternativa del escenario tendencial, la intensificación de limpieza de calles y alcantarillado y la implantación de sistemas de drenaje urbano sostenible.

La intensificación de limpieza de calles y redes de alcantarillado se ha estimado que tiene un coste que incrementa en un 35% los actuales presupuestos de limpieza de los municipios afectados, cifrándose en unos 2,5 millones de euros adicionales el coste de estas operaciones.

Tabla 13. Coste inversión y costes operativos anuales Actuación 11: Mejora de los sistemas de saneamiento

INVERSIÓN	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Tanques de tormenta	40.055.580	40.055.580	40.055.580
Normativa drenaje sostenible urbano	0	18.400	18.400
Monitorización	0	2.560.000	2.560.000
Ordenanza municipal bombeo sótanos y garajes)	0	9.200	9.200
Reparación	0	9.700.000	9.700.000
Sustitución sistema unitario por separativo	0	0	42.000.000
TOTALES	40.055.580	52.343.180	94.343.180
Costes O&M anuales	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Tanques de tormenta	258.907	258.907	258.907
Intensificación de la limpieza	0	2.485.966	2.485.966
Monitorización	0	102.400	102.400
Sustitución sistema unitario por separativo	0	0	297.500
TOTALES	258.907	2.847.273	3.144.773
Reparto	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Inversión Pública	40.055.580	52.343.180	94.343.180
Otra Inversión	0	0	0
Gasto corriente anual público	258.907	2.847.273	3.144.773
Otro Gasto corriente anual	0	0	0

Fuente: Elaboración propia a partir del documento *Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena*. Cifras en euros a precios constantes 2019.

La implementación de los sistemas de drenaje sostenibles, implica modificaciones de los planes generales de ordenación urbana de los municipios afectados, y el establecimiento de zanjas y drenes filtrantes a lo largo del perímetro de parques, que presenten un tamaño igual o superior a 10.000 m². No se puede valorar estas actuaciones, ya que se desconocen las unidades (en el apartado del drenaje de parques). Se ha estimado un coste para la redacción de normativa básica, que han de incorporar los ayuntamientos a sus respectivas ordenanzas, de unos 9.200 euros.

La alternativa del escenario adaptativo también incorpora la revisión y reparación de la red de saneamiento, sobre una longitud de 52,5 kilómetros, cuyo presupuesto es de 9,7 millones de euros.

Por último, para la alternativa del escenario adaptativo, se implantará una red de monitorización de conductividad en la red saneamiento. Las alternativas de esta actuación incluirán, entre otras, la colocación de una red de sensores en los colectores urbanos y el desarrollo de una herramienta informática.

Se estima necesaria una inversión de unos 730 euros por la instalación de cada sensor. La puesta en marcha de la red y los programas y aplicaciones informáticas se calcula importa una inversión de 2.560.000 euros. Además, se estima un coste anual de mantenimiento y conservación de unos 102.000 euros anuales.

Por último, la alternativa del escenario objetivo, incorpora a las anteriores etapas la creación de una red separativa que se ha estimado con una longitud de 350 kilómetros y un coste de inversión de 42

millones de euros. En proyectos similares se han obtenido indicadores entre 80.000-232.000 €/kilómetro de red. El presupuesto se encuentra en la parte baja (120.000 €/kilómetro de red) de este rango de valores, pero plausible.

El mantenimiento y conservación de estas redes es mucho más costoso que las redes unitarias, reconociendo indicadores de costes de conservación y mantenimiento de este tipo de instalaciones en el entorno de 850 €/km/año, casi tres veces superior a los estimados para redes unitarias (325 €/km/año). El importe de esta partida que hay que incrementar en los presupuestos públicos se ha estimado en casi 300.000 euros anuales.

Será necesario para la viabilidad de esta actuación que sea posible trasladar los costes de la misma a los usuarios y beneficiarios de los sistemas de saneamiento. No se dispone de información adicional para conocer la eficacia de la actuación ni el grado de cumplimiento en relación a los objetivos.

3.13 Actuación 12: Ampliación y mejora de los sistemas e instalaciones de depuración

Esta actuación va ligada al cumplimiento y mejora de los procesos de depuración en la zona. Incorpora además sistemas para facilitar la reutilización de los efluentes de la depuradora.

Esta actuación se presenta en forma de dos alternativas para los tres escenarios. La primera alternativa (en el escenario tendencial) persigue el cumplimiento efectivo de los requerimientos normativos en materia de depuración de aguas residuales de origen urbano. Para ello plantea dos acciones.

La primera actuación es la ampliación y mejora de la EDAR Mar Menor Sur para tratar un caudal de hasta 25.000 metros cúbicos diarios. El presupuesto de esta ampliación es de 5 millones de euros. Se desconoce el caudal tratado actualmente y cuanto supone el incremento de capacidad hasta los 25.000 metros cúbicos día. Los indicadores de costes de conservación y mantenimiento de este tipo de instalaciones proporcionan costes unitarios en el rango de 0,126-0,368 €/m³/tratado en función de la calidad del influente, la calidad del efluente y el tamaño de la depuradora. Este último parámetro es determinante para fijar los costes. Dado que la capacidad de depuración es de unos 9 hectómetros cúbicos anuales, podemos hablar de una depuradora de gran capacidad. Depuradoras de tamaño similar tienen costes corrientes de explotación de alrededor de 0,164 €/m³ tratado, lo que nos lleva a incurrir en un coste corriente anual para esta instalación de 1,5 millones de euros.

El segundo tipo de acciones de la esta primera alternativa son conexiones la red de saneamiento de pequeñas aglomeraciones urbanas para transportar las aguas residuales a depuradoras y proceder a su tratamiento.

Se propone la conexión de dos pedanías (Las Barracas y Bahía Bella), con un total de unos 340 habitantes. La longitud total de las conexiones es de unos 2,7 kilómetros. Se han presupuestado en unos 0,54 millones de euros, poco más de 200.000 €/kilómetro, dentro del rango conocido de costes para estas actuaciones (entre 60.000-395.000 €/kilómetro en función de varios parámetros). Los costes de operación y mantenimiento, de acuerdo al tamaño de la red pueden requerir el concurso de 1,5-3 puestos de trabajo a tiempo completo de peón y personal técnico para su operación, y de 2-

3,5 puestos de trabajo completo para las labores de mantenimiento y conservación. Ahora bien, dado el escaso volumen previsto que pueden transportar estas conducciones (se trata de las aguas residuales de unos 1.500 habitantes que pueden producir un caudal inferior a 80.000 metros cúbicos/año o 2,5 litros/segundo) sus costes de operación mantenimiento anuales resultarán mayores, ascendiendo a unos 30.000 euros anuales.

La segunda alternativa (planteada para los escenarios adaptativo y objetivo) completa las actuaciones iniciadas por la alternativa del escenario tendencial con la adecuación de la calidad de los efluentes de las depuradoras para la reutilización directa. El principal problema, junto al cumplimiento de los requisitos para la reutilización del Real Decreto 1620/2007, es la necesidad de recurrir a la desalobración de los caudales tratados dado los niveles de conductividad que presentan.

El coste de inversión presupuestado para los módulos de terciario en las depuradoras situadas en la UDA 57 (Baños y Mendigo, Casas Blancas y La Murta) alcanza los 155.000 euros. Es un coste relativamente bajo, pero es la reducida capacidad de tratamiento (apenas 28.000 metros cúbicos anuales entre todas las plantas) la que lleva a este coste. Por otro lado, el indicador obtenido ($>5 \text{ €/m}^3$) se sitúa muy por encima de los indicadores normales de este tipo de instalaciones (por debajo de 1 euro por metro cúbico de capacidad instalada). Los costes corrientes de estas instalaciones no deben presentar mayores valores que otras dado que puede suponerse el aprovechamiento de equipos y personal de la propia EDAR para atender estas tareas sin incrementar las plantillas. El indicador de costes corrientes de explotación se estima en unos $0,268 \text{ €/m}^3$, con lo que los costes corrientes anuales que se verían incrementados con este tratamiento ascenderían a unos 7.500-8.000 euros anuales.

Tabla 14. Coste inversión y costes operativos anuales Actuación 12: Ampliación y mejora de los sistemas e instalaciones de depuración

INVERSIÓN	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Mejora EDAR Mar Menor Sur	5.000.000	5.000.000	5.000.000
Conexiones	559.714	559.714	559.714
Terciario: EDARs UDA 57	0	155.000	155.000
Terciario: Cabezo Beaza	0	26.000.000	26.000.000
TOTALES	5.559.714	31.714.714	31.714.714
Costes O&M anuales	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Mejora EDAR Mar Menor Sur	1.476.000	1.476.000	1.476.000
Conexiones	30.000	30.000	30.000
Terciario: EDARs UDA 57	0	7.504	7.504
Terciario: Cabezo Beaza	0	2.036.800	2.036.800
TOTALES	1.506.000	3.550.304	3.550.304
Reparto	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Inversión Pública	5.559.714	31.714.714	31.714.714
Otra Inversión	0	0	0
Gasto corriente anual público	1.506.000	3.550.304	3.550.304
Otro Gasto corriente anual	0	0	0

Fuente: Elaboración propia a partir del documento *Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena*. Cifras en euros a precios constantes 2019

La instalación de módulos de tratamiento para la regeneración y reutilización de aguas residuales en el EDAR de Cabezo Beaza requiere además de un módulo de desalinización. El coste del módulo de tratamiento terciario asciende hasta los 26 millones de euros. Teniendo un coste de tratamiento (0,268 €/m³) que asciende hasta un total de 2 millones de euros anuales en costes corrientes de conservación y mantenimiento.

Será necesario para la viabilidad de esta actuación que sea posible trasladar los costes de la misma a los usuarios y beneficiarios de las instalaciones y los servicios. No se dispone de información adicional para conocer la eficacia de la actuación ni el grado de cumplimiento en relación a los objetivos.

3.14 Actuación 13: Gestión de residuos agrícolas

Esta actuación pretende eliminar la contaminación producida por la deficiente gestión de los residuos agrícolas generados en las explotaciones. Presenta tres alternativas, ninguna plantea actuaciones inversoras, pero si suponen un coste corriente en los procesos y tratamientos que plantea, sobre todo a los usuarios.

La alternativa del escenario tendencial y del adaptativo plantea sólo el cumplimiento estricto de la normativa vigente e incorpora las labores de control y seguimiento para hacer efectivo el cumplimiento de la legislación. En principio supone un coste para la Administración, que ya ha sido tratado en apartados anteriores y en el epígrafe correspondiente a las actividades de seguimiento y control. Presenta una novedad al incluir un plan de visitas periódicas por técnicos especializados, realizando el control y seguimiento de forma individualizada y a cada parcela agrícola. Si consideramos necesaria la participación de unos 4-5 técnicos con un coste de unos 3.125 €/mes, tenemos un coste anual corriente de esta actividad que alcanza los 187.500 euros anuales.

Tabla 15. Producción de biomasa con restos de poda por parte de cultivos de la zona de Mar Menor

Biomasa		
Olivo anual	2,220	Tm/ha/año
Olivo bienal	5,120	Tm/ha/2 años
Vid	1,716	Tm/ha/año
Almendro	2,124	Tm/ha/año
Naranjos	2,968	Tm/ha/año
Mandarinos	3,498	Tm/ha/año
Albaricoquero	2,434	Tm/ha/año
Ciruelo	1,318	Tm/ha/año
Melocotonero	4,546	Tm/ha/año
Nectarino	2,524	Tm/ha/año
Hortícolas	25-30	Tm/ha/año

Fuente: Elaboración propia a partir de varias fuentes.

En el escenario objetivo se proponen varias acciones que tienen incidencia en los costes operativos de las explotaciones agrícolas y en la Administración.

- Mejora en la gestión de residuos orgánicos (restos de poda y restos de cultivo). Las acciones que se plantean son: Triturado e incorporación de restos de poda, obtención de biogás, mejora de

instalaciones destinadas al almacenamiento de residuos orgánicos e instalación de plantas de compostaje.

Las labores de limpieza podrían hacerse de forma rotatoria en el plazo de 10 años sobre los cultivos hortícolas. Se estima un coste de estas actividades de unos 800 euros por hectárea. Dado que la superficie de cultivos hortícolas asciende a unas 47.500 hectáreas, el coste total anual de estas operaciones se calcula en 3,8 millones de euros.

Se estima que es posible aprovechar hasta unas 140.000 toneladas métricas de resto de poda para la obtención de biomasa (utilizando sólo el 50% de los restos producidos por los invernaderos y el 10% de los cultivos hortícolas), según los valores obtenidos de la tabla siguiente por cultivo.

El coste de obtención de esta biomasa se ha estimado en 25,54 €/Tm, con lo que el tratamiento de las 140.000 toneladas tiene un coste de 3,6 millones de euros anuales. Hay que considerar la contabilización de los ingresos obtenidos por la venta y comercialización de esta biomasa como un elemento adicional en el proceso de toma de decisiones respecto a esta alternativa y actuación.

Tabla 16. Coste inversión y costes operativos anuales Actuación 13: Gestión de residuos agrícolas

INVERSIÓN	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Obtención biomasa	0	0	0
Retirada plásticos	0	0	0
Vigilancia y seguimiento agrícola	0	0	0
Limpieza (10% hortícolas)	0	0	0
Divulgación	0	0	0
TOTALES	0	0	0
Costes O&M anuales	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Obtención biomasa	0	0	3.566.748
Retirada plásticos	0	0	95.143
Vigilancia y seguimiento agrícola	187.500	187.500	187.500
Limpieza (10% hortícolas)	0	0	3.797.308
Divulgación	0	0	6.000
TOTALES	187.500	187.500	7.652.699
Reparto	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Inversión Pública	0	0	0
Otra Inversión	0	0	0
Gasto corriente anual público	187.500	187.500	187.500
Otro Gasto corriente anual	0	0	7.465.199

Fuente: Elaboración propia a partir del documento *Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena*. Cifras en euros a precios constantes 2019.

- Mejora en la gestión de residuos inorgánicos (plásticos de acolchado, invernaderos, mallas, hilo para tutores). Con medidas tales como: Uso obligatorio de plásticos de acolchado e hilo para tutores biodegradables y retirada obligatoria de plásticos de invernadero a gestores autorizados.

La retirada de plásticos se estima un coste, una vez concluida la vida útil de los mismos, que se prevé unos 3 años, de unos 170 euros por hectárea. Dado que la superficie de cultivos protegidos asciende a 1.679 hectáreas, se deberán retirar y tratar residuos de esta naturaleza de unas 560 hectáreas al año, con lo que el coste total anual de esta actuación asciende a unos 95.000 euros.

Mejora en la gestión de envases de productos fitosanitarios. Con labores de seguimiento y formación que se estiman tienen una repercusión en los costes anuales de 6.000 €/año las campañas de divulgación.

La mayor parte de estas acciones no suponen grandes desembolsos sobre los presupuestos públicos (unos 187.500 euros anuales en costes corrientes). Sin embargo, las explotaciones agrícolas verían incrementados sus costes operativos anuales en unos 7,5 millones de euros.

No se dispone de información adicional para conocer la eficacia de la actuación ni el grado de cumplimiento en relación a los objetivos.

3.15 Actuación 14: Gestión de deyecciones ganaderas

Las deyecciones ganaderas suponen una presión sobre las masas de agua subterránea incrementando los niveles de contaminación debido a las concentraciones de nitratos. Por ello se plantean acciones que afectan a la gestión y manejo de las explotaciones ganaderas, especialmente a las del sector porcino.

Las actuaciones se plantean en una secuencia de tres escenarios de alternativas. La primera alternativa, la que recoge el escenario tendencial, persigue el cumplimiento de la normativa vigente respecto al almacenamiento de deyecciones ganaderas en las explotaciones y al código de buenas prácticas ganaderas. Esta actuación no lleva aparejada inversión o coste corriente alguno.

Tabla 17. Coste inversión y costes operativos anuales Actuación 14: Gestión de deyecciones ganaderas

INVERSIÓN	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Estudios técnicos para la aplicación de medidas para favorecer la reducción de deyecciones ganaderas	0	300.000	300.000
Tratamiento centralizado de deyecciones ganaderas	0	0	28.000.000
TOTALES	0	300.000	28.600.000
Costes O&M anuales	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Estudios técnicos para la aplicación de medidas para favorecer la reducción de deyecciones ganaderas	0	0	0
Tratamiento centralizado de deyecciones ganaderas	0	0	0
TOTALES	0	0	0
Reparto	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Inversión Pública	0	300.000	300.000
Otra Inversión	0	0	28.300.000
Gasto corriente anual público	0	0	0
Otro Gasto corriente anual	0	0	0

Fuente: Elaboración propia a partir del documento *Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena*. Cifras en euros a precios constantes 2019.

La siguiente alternativa, incluida en el escenario adaptativo, incorpora a las acciones de la alternativa anterior la elaboración de estudios técnicos para la aplicación de medidas para favorecer la reducción de deyecciones ganaderas. Estas acciones incluirán trabajos de tipo técnico necesarios para la elaboración de un plan de seguimiento y un sistema de información georreferenciada en

tiempo real, además de trabajos de inspección, seguimiento, y control en campo. Estas actuaciones implican una inversión pública calculada en unos 300.000 euros.

La alternativa del escenario objetivo incorpora el tratamiento centralizado de deyecciones ganaderas que puede incluir hasta la utilización de estos purines en la cogeneración energética, que representa una inversión de unos 28,3 millones de euros.

Será necesario para la viabilidad de esta actuación que sea posible trasladar los costes de la misma a los usuarios y beneficiarios de las instalaciones y los servicios. No se dispone de información adicional para conocer la eficacia de la actuación ni el grado de cumplimiento en relación a los objetivos.

3.16 Actuación 15: Ordenación y dimensionamiento de la actividad ganadera a escala comarcal

Se trata de una actuación que sólo tendría que realizarse si las actuaciones propuestas anteriores sobre el sector ganadero no resultaran suficientes para encauzar la situación y disminuir la contaminación del Mar Menor.

Estas actuaciones suponen la realización de estudios técnicos y jurídicos en el escenario objetivo. Redacción normativa de ordenación apenas tienen repercusiones financieras sobre los presupuestos públicos.

Tabla 18. Coste inversión y costes operativos anuales Actuación 15: Ordenación y dimensionamiento de la actividad ganadera a escala comarcal

INVERSIÓN	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Realización de estudios técnicos y jurídicos. Redacción normativa de ordenación	0	0	1.500.000
TOTALES	0	0	1.500.000
Costes O&M anuales	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Realización de estudios técnicos y jurídicos. Redacción normativa de ordenación	0	0	0
TOTALES	0	0	0
Reparto	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Inversión Pública	0	0	1.500.000
Otra Inversión	0	0	0
Gasto corriente anual público	0	0	0
Otro Gasto corriente anual	0	0	0

Fuente: Elaboración propia a partir del documento *Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena*. Cifras en euros a precios constantes 2019.

No se dispone de información adicional para conocer la eficacia de la actuación ni el grado de cumplimiento en relación a los objetivos.

3.17 Actuación 16: Adecuación y mejora de vertederos controlados y eliminación de incontrolados

Esta actuación propone la eliminación de los vertederos incontrolados (1 instalación) que tengan una presión sobre la Rambla del Albuñón y el acondicionamiento y mejora de los que cumplen la normativa (2 instalaciones).

La alternativa incluye la retirada de inertes del dominio público hidráulico en la Rambla del Albuñón, la clausura y eliminación de los vertederos incontrolados que contengan sustancias potencialmente peligrosas, y todos aquellos de estériles.

Tabla 19. Coste inversión y costes operativos anuales Actuación 16: Adecuación y mejora de vertederos controlados y eliminación de incontrolados

INVERSIÓN	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Retirada de inertes del cauce de la Rambla del Albuñón	109.904	109.904	109.904
Eliminación de un vertedero incontrolado en Rambla del Albuñón	100.000	100.000	100.000
Adecuación y mejora de vertederos controlados	0	100.000	100.000
TOTALES	209.904	309.904	309.904
Costes O&M anuales	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Retirada de inertes del cauce de la Rambla del Albuñón	0	0	0
Eliminación de un vertedero incontrolado en Rambla del Albuñón	0	0	0
Adecuación y mejora de vertederos controlados	0	0	0
TOTALES	0	0	0
Reparto	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Inversión Pública	209.904	309.904	309.904
Otra Inversión	0	0	0
Gasto corriente anual público	0	0	0
Otro Gasto corriente anual	0	0	0

Fuente: Elaboración propia a partir del documento *Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena*. Cifras en euros a precios constantes 2019.

La actuación tiene un coste de clausura de 100.000 € por vertedero incontrolado (1) y de 50.000 € por adecuación de cada vertedero legal (2). Además, la retirada de inertes del cauce de la Rambla del Albuñón asciende a casi 110.000 euros. Debería arbitrarse un procedimiento para repercutir costes sobre los causantes.

No se dispone de información adicional para conocer la eficacia de la actuación ni el grado de cumplimiento en relación a los objetivos.

3.18 Actuación 17: Adecuación y ampliación de los sistemas de drenaje agrícola

Esta actuación está dirigida a mejorar el drenaje de las explotaciones agrarias para evitar inundaciones en las inmediaciones del Mar Menor, y minimizaría los daños y el arrastre de materiales y nutrientes.

Esta actuación se implantaría en dos fases en los escenarios adaptativo y objetivo. La primera fase tiene un coste de unos 53 millones de euros, mientras que las operaciones proyectadas para la segunda fase suponen una inversión de otros 7,6 millones de euros.

Tabla 20. Coste inversión y costes operativos anuales Actuación 17: Adecuación y ampliación de los sistemas de drenaje agrícola

INVERSIÓN	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Revisión sectorial red de drenaje	0	59.000	59.000
Labores de limpieza y mantenimiento red de drenaje agrícola	0	21.090.000	21.090.000
Ampliación red de drenaje	0	31.390.000	31.390.000
Revisión y mejora de las obras de drenaje transversal de carreteras	0	236.000	236.000
Mejora canal de drenaje PI Los Camachos y conexión con red drenaje natural	0	0	3.000.000
Revisión y mejora de las ODT Canal Principal Campo de Cartagena	0	0	3.630.000
Excavación de canales de drenaje eliminados	0	0	1.004.000
TOTALES	0	52.775.000	60.409.000
Costes O&M anuales	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Mejora sistema de drenaje agrícola	0	263.875	302.045
TOTALES	0	263.875	302.045
Reparto	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Inversión Pública	0	0	0
Otra Inversión	0	52.775.000	60.409.000
Gasto corriente anual público	0	0	0
Otro Gasto corriente anual	0	263.875	302.045

Fuente: Elaboración propia a partir del documento *Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena*. Cifras en euros a precios constantes 2019.

Las labores de mantenimiento de la red de drenaje, de más de 400 kilómetros de extensión, puede suponer, siendo bastante prudentes, un coste anual en el entorno del 0,5% de la inversión. De esta forma se considera que hay que reservar unos 300.000 euros anuales para acometer estas labores.

Todos los costes de inversión y anuales de conservación y mantenimiento deben ser sufragados por los usuarios o beneficiarios de las instalaciones.

No se dispone de información adicional para conocer la eficacia de la actuación ni el grado de cumplimiento en relación a los objetivos.

3.19 Actuación 18: Clausura o adecuación de pozos implicados en la contaminación cruzada de acuíferos

Para resolver el problema de la contaminación cruzada entre acuíferos, se propone la adecuación y clausura de los pozos implicados en dicha contaminación cruzada.

La alternativa de escenario tendencial implica el mantenimiento de la situación actual, sin tomar acción alguna. La alternativa del escenario adaptativo y del escenario objetivo incluye *la ejecución del aislamiento del tramo correspondiente al acuífero Cuaternario en los pozos en funcionamiento que extraigan recursos subterráneos de los acuíferos inferiores y/o Andaluciense*).

Tabla 21. Coste inversión y costes operativos anuales Actuación 18: Clausura o adecuación de pozos implicados en la contaminación cruzada de acuíferos

INVERSIÓN	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Aislamiento de pozos y clausura de captaciones	0	9.155.172	9.155.172
TOTALES	0	9.155.172	9.155.172
Costes O&M anuales	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Aislamiento de pozos y clausura de captaciones	0	0	0
TOTALES	0	0	0
Reparto	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Inversión Pública	0	0	0
Otra Inversión	0	9.155.172	9.155.172
Gasto corriente anual público	0	0	0
Otro Gasto corriente anual	0	0	0

Fuente: Elaboración propia a partir del documento *Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena*. Cifras en euros a precios constantes 2019.

El presupuesto para la ejecución de esta actuación se encuentra recogido en el Programa de Medidas del Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura 2015/2021. Debería procederse a repercutir sus costes sobre los causantes.

No se dispone de información adicional para conocer la eficacia de la actuación ni el grado de cumplimiento en relación a los objetivos.

3.20 Actuación 19: Mejora en la integración ambiental de usos

Esta actuación pretende la aplicación efectiva de la normativa y de los instrumentos de planificación y ordenación vigentes, con actuaciones normativas, de seguimiento y sensibilización.

En principio no representa una acción inversora pero si el establecimiento de ciertas acciones para la implementación de las mejoras y su control. Comprende cuatro líneas de acción:

- Mejora en la integración ambiental de la navegación y actividades portuarias.
- Mejora en la integración ambiental de usos turístico-recreativos de la laguna.
- Fomento de la sostenibilidad de usos pesqueros.
- Adaptación de las líneas técnicas de actuación relativas a ingeniería de costas.

Se estima un coste total de estas actuaciones en el entorno de los 125 millones de euros en el escenario objetivo. Se trata de una propuesta de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia que asumiría los costes.

No se dispone de información adicional para conocer la eficacia de la actuación ni el grado de cumplimiento en relación a los objetivos.

Tabla 22. Coste inversión y costes operativos anuales Actuación 19: Mejora en la integración ambiental de usos

INVERSIÓN	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Mejora en la integración ambiental de usos (navegación, turismo, pesca y actuaciones costeras)	0	100.000.000	125.000.000
TOTALES	0	100.000.000	125.000.000
Costes O&M anuales	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Mejora en la integración ambiental de usos (navegación, turismo, pesca y actuaciones costeras)	0	0	0
TOTALES	0	0	0
Reparto	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Inversión Pública	0	100.000.000	125.000.000
Otra Inversión	0	0	0
Gasto corriente anual público	0	0	0
Otro Gasto corriente anual	0	0	0

Fuente: Elaboración propia a partir del documento *Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena*. Cifras en euros a precios constantes 2019.

3.21 Actuación 20: Mejora de las condiciones físico-químicas de la laguna

Esta actuación apenas contiene información y elementos que puedan cuantificarse para estimar el alcance de acciones inversoras. Tan sólo remite a la redacción de un *estudio hidrológico con modelo hidrodinámico preciso del Mar Menor y su conexión con el Mar Mediterráneo. Plan estratégico de gestión de los dragados y programa de seguimiento integral de las actuaciones*.

La actuación recoge acciones encaminadas a una mejora de las condiciones físico-químicas de la laguna. Se pone en marcha una batería de estudios para mejorar la información y establecer una estrategia de acción.

Tabla 23. Coste inversión y costes operativos anuales Actuación 20: Mejora de las condiciones físico-químicas de la laguna

INVERSIÓN	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Mejora de las condiciones físico-químicas de la laguna	0	20.000.000	25.000.000
TOTALES	0	20.000.000	25.000.000
Costes O&M anuales	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Mejora de las condiciones físico-químicas de la laguna	0	0	0
TOTALES	0	0	0
Reparto	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Inversión Pública	0	20.000.000	25.000.000
Otra Inversión	0	0	0
Gasto corriente anual público	0	0	0
Otro Gasto corriente anual	0	0	0

Fuente: Elaboración propia a partir del documento *Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena*. Cifras en euros a precios constantes 2019.

Se incluyen presupuestos en esta actuación para la realización de estudios de caracterización y seguimiento, etc. por un importe total comprendido entre 20 millones de euros (escenario adaptativo) y 25 millones de euros (escenario objetivo).

Se trata de una propuesta de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia que asumiría los costes. No se dispone de información adicional para conocer la eficacia de la actuación ni el grado de cumplimiento en relación a los objetivos.

3.22 Actuación 21: Recuperación de espacios litorales de gran valor ecológico

Esta actuación pretende dar respuesta a los problemas de alteración del estado ecológico del Mar Menor y de los hábitats asociados. Plantea dos objetivos:

- a) Cumplimiento y aplicación de la normativa vigente.
- b) La recuperación de ecosistemas litorales del Mar Menor.

El presupuesto de esta actuación para la realización de estudios de caracterización y seguimiento y la recuperación de los ecosistemas litorales del Mar Menor se eleva hasta un importe total de hasta 15 millones de euros en el escenario objetivo.

Tabla 24. Coste inversión y costes operativos anuales Actuación 21: Recuperación de espacios litorales de gran valor ecológico

INVERSIÓN	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Recuperación de los ecosistemas litorales del Mar Menor	0	12.500.000	15.000.000
TOTALES	0	12.500.000	15.000.000
Costes O&M anuales	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Recuperación de los ecosistemas litorales del Mar Menor	0	0	0
TOTALES	0	0	0
Reparto	Tendencial	Adaptativo	Objetivo
Inversión Pública	0	12.500.000	15.000.000
Otra Inversión	0	0	0
Gasto corriente anual público	0	0	0
Otro Gasto corriente anual	0	0	0

Fuente: Elaboración propia a partir del documento *Análisis de soluciones para el objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena*. Cifras en euros a precios constantes 2019.

Se trata de una propuesta de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia que asumiría los costes. No se dispone de información adicional para conocer la eficacia de la actuación ni el grado de cumplimiento en relación a los objetivos.

3. COSTES CORRIENTES. CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS

3.1 Costes de conservación y mantenimiento

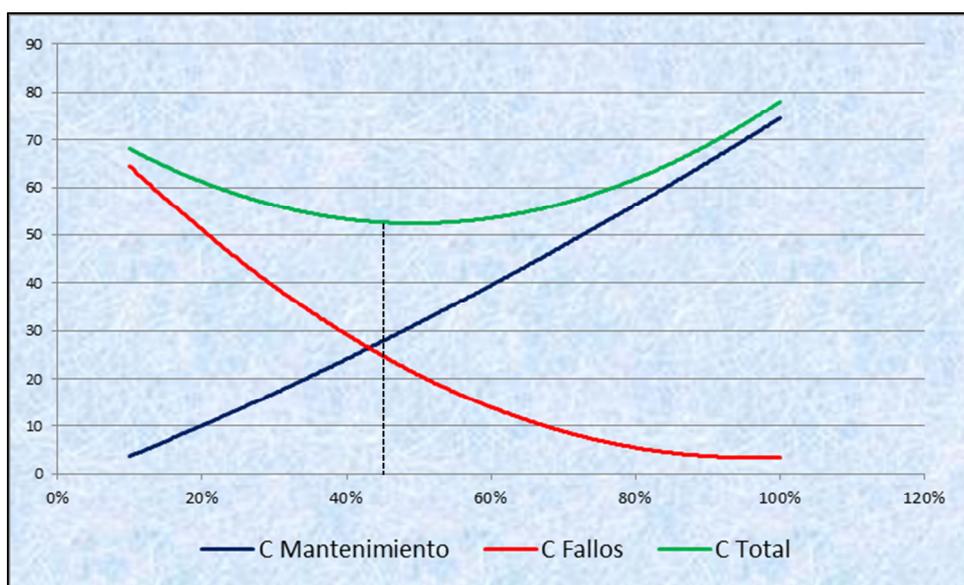
La conservación y el mantenimiento engloban todas aquellas actividades y procesos que tienen por objeto conseguir una utilización óptima de los equipos y sistemas, manteniéndolos en el estado que requiere una producción eficiente con unos gastos mínimos.

El objetivo de todo sistema de mantenimiento es lograr que los equipos y sistemas permanezcan en un estado de funcionamiento óptimo, reduciendo los costes y fallos de operación.

El objetivo del sistema de conservación y mantenimiento es procurar el funcionamiento óptimo de las instalaciones y equipos al menor coste posible. Existe una relación directa entre los costes de conservación y mantenimiento y el nivel de fiabilidad de las instalaciones. A mayor nivel de fiabilidad, mayor coste, y viceversa. Por otro lado, también existe una relación directa entre el incremento de los costes de producción, derivados de averías y fallos en las instalaciones y equipos, y el nivel de mantenimiento. A mayor nivel de mantenimiento, menores serán los costes derivados de los fallos y averías.

Estas dos funciones desempeñan un parámetro básico en las decisiones sobre la conservación y el mantenimiento de las instalaciones. Si el objetivo es minimizar los costes en las actividades de mantenimiento sujeto a una fiabilidad y funcionamiento adecuados, existe un punto óptimo donde se hacen mínimos estos costes.

Figura 1. Funciones de costes de mantenimiento, costes por averías y costes totales.



Fuente: Elaboración propia.

El objetivo del sistema, por tanto, es encontrar el punto óptimo de minimización de los costes totales dado una serie de niveles de conservación y mantenimiento y unos costes derivados de la generación de averías y fallos. Estos costes dependerán de en buena medida de las actividades productivas y los procesos de producción de las instalaciones y equipos que conforman el sistema.

3.2 La importancia de los costes de conservación y mantenimiento

Es común en muchas actuaciones promovidas por las administraciones construir las infraestructuras y ceder su explotación a otro ente, organismo o agente, sea público o privado.

Sucede en muchos casos que el agente encargado de la gestión descuide las actividades de conservación y mantenimiento para no incrementar sus presupuestos o costes de explotación. En estas circunstancias el deterioro de las instalaciones reduce no sólo el rendimiento de las mismas, también reduce la vida útil y acorta los tiempos de reposición del equipamiento.

Es conocido el caso de ciertas infraestructuras, financiadas a cargo de los presupuestos o programas de ayudas en forma de subvenciones, que se han deteriorado aceleradamente y hay que acometer otro proceso de inversión para renovar y reparar grandes averías producidas por la falta de mantenimiento.

Algunas de las actuaciones propuestas en el conjunto de actuaciones del análisis de soluciones de vertido cero al Mar Menor contemplan reparaciones y sustitución de infraestructuras deterioradas (como es el ejemplo de la Actuación número 11 de mejora de los sistemas de saneamiento). El deterioro de estas instalaciones que induce a la *reparación del sistema de saneamiento mediante la rehabilitación de los colectores existentes*, en vista de las deficiencias que presenta la red. El importe de estas reparaciones ascienda a casi 10 millones de euros, cuyo estado de conservación se ha

alcanzado, seguramente, debido en gran medida por una falta de adecuado mantenimiento de las instalaciones.

En esta misma Actuación número 11, también nos encontramos con la creación de una red de saneamiento separativa de unos 350 kilómetros que supone el desembolso de una inversión de 42 millones de euros. La duración estimada de estas instalaciones está en relación directa con las actividades de conservación mantenimiento. Se estima que, con unas operaciones adecuadas de conservación y mantenimiento, la vida útil de estas instalaciones puede sobrepasar los 30-40 años perfectamente. Sin embargo, sin realizar un mantenimiento adecuado, estas instalaciones dejan de funcionar correctamente incluso en menos de una década, pudiendo dar lugar a graves problemas y responsabilidades¹. Y lo que puede ser peor, la necesidad de acometer otro proceso inversor para reparar o sustituir las infraestructuras dañadas.

En el presente documento se han estimado los costes de conservación y mantenimiento de casi todas las infraestructuras e instalaciones contempladas en las diferentes alternativas. Previo a la inversión y entrega de instalaciones sería necesario que el agente encargado de la explotación se comprometiera a cumplir con los planes de conservación y mantenimiento señalados por las empresas constructoras o fabricantes. El compromiso ha de incluir, en el caso de agentes públicos (Organismos Autónomos, Ayuntamientos, etc.) la inclusión de una partida presupuestaria a los efectos. En caso contrario, es posible que dicha actuación quede inoperativa en menos tiempo que el proyectado en su vida útil.

De acuerdo a las estimaciones y cálculos realizados, estas actuaciones pueden representar compromisos para las Administraciones Públicas o agentes del sector público un incremento en sus partidas de gastos corrientes anuales superiores a 60 millones de euros.

¹ https://www.diariodecadiz.es/cadiz/Ayuntamiento-vertido-depurar-residuales-casco_0_450255697.html