

"AGUA, TURISMO Y MEDIO AMBIENTE. CONVERSIÓN EN RECURSO HIDRÁULICO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE BAJA CALIDAD"

*Pedro Romero Pavía
Jefe del Departamento de Captaciones de la empresa
Fomento Agrícola Castellonense S. A. (FACSA).*

1. INTRODUCCIÓN

Las actuales necesidades de recursos hídricos en las zonas turísticas, en su mayoría costeras, han provocado problemas de calidad de suministro en determinadas zonas de nuestro entorno. Estos problemas, conllevan sin duda un significativo deterioro en la valoración de nuestra oferta turística.

Las recurrentes sequías que padecemos en el litoral valenciano, además, se encargan de aumentar la incidencia de este problema hasta llegar a tener que restringir el suministro en algunas localidades.

Es objeto de esta ponencia, describir la situación actual en nuestro litoral y los posibles modos de minimizar el impacto en el turismo de este problema, de forma medioambientalmente impecable y económicamente razonable.

2. LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA COMUNIDAD VALENCIANA. PROBLEMÁTICA

La Comunidad Valenciana se encuentra inscrita en su mayoría en la cuenca del Júcar, con dos pequeñas excepciones de zonas al sur pertenecientes a la cuenca del Segura y al Norte en la cuenca del Ebro.

2.1. La cuenca del Ebro

La cuenca hidrográfica del Ebro, comprendida en nuestra comunidad es menos del 1% del total de la superficie de la cuenca y representa el 4% de la extensión total de la Comunidad.

Se trata de la comarca de Els Ports en la provincia de Castellón. La práctica totalidad de los recursos superficiales de la zona son conducidos hacia el Ebro por el río Bergantes. Los recursos subterráneos son utilizados en su mayoría para abastecimiento a poblaciones y a granjas porcinas. Su potencialidad y la importancia relativa que pueden tener para el suministro de la provincia de Castellón están por estudiar, pero las expectativas creadas en los sondeos realizados en el acuífero Jurásico de la zona hacen suponer una cantidad muy importante de recursos.

2.2. La cuenca del Júcar

Los sistemas de explotación dentro de la cuenca del Júcar son los siguientes:

- Sistema de explotación Cenia-Maestrazgo
- Sistema de explotación Mijares Plana de Castellón.
- Sistema de explotación Palancia y Los Valles.
- Sistema de explotación Turia.
- Sistema de explotación Júcar
- Sistema de explotación Serpis.
- Sistema de explotación Marina Alta.
- Sistema de explotación Marina Baja.
- Sistema de explotación Vinalopó-Alacantí.

Los recursos disponibles totales según "Los Recursos Hídricos en la Comunidad Valenciana" (ITGE, Generalitat Valenciana 1.996) son 1.360 hm³ de agua superficial y 2.254 hm³ de subterránea.

2.3. La cuenca del Segura

La superficie de la cuenca que se encuentra en el ámbito de la Comunidad Valenciana es de 1.227 Km², representando el 5% de la superficie total de la Comunidad.

Siempre según "Los Recursos Hídricos en la Comunidad Valenciana"; los datos globales para el territorio de la Comunidad Valenciana perteneciente al ámbito de la Cuenca Hidrográfica del Segura, reflejan unos valores de escorrentía superficial superior a 48 hm³ / año, siendo los recursos subterráneos totales 102,2 hm³ / año y 20 hm³ / año los transferidos desde fuera de la cuenca.

Las demandas son muy superiores a los 170,2 hm³/año que suponen la suma de estos volúmenes, tratándose por tanto de la zona de la Comunidad con mayor desequilibrio hídrico.

A modo de resumen de la situación en cuanto a recursos disponibles incluyo el siguiente cuadro: (Fig. 1)

CUENCA HIDROGRÁFICA	SISTEMA DE REGULACIÓN	RECURSOS HÍDRICOS							APORTACIÓN NO REGULADA	
		APORTACIÓN HÍDRICA			EMBALSES		VOLUMEN REGULADO SUBTERRANEO	TOTAL REGULACIÓN	SALIDAS SUBTERRANEO AL MAR	ZONAS HÚMEDAS RIOS
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEO	TOTAL	CAPACIDAD	VOLUMEN				
EBRO	Cuenca del GUADALUPE OPM 09-41PORTARRUBIO- OPM 09-42 PUERTOS DE SEGURA	70	19	89	--	--	--	--	--	89
TOTAL EBRO		70	19	89	--	--	--	--	--	89
	Nº 1. CENIA- MURCIA	77	196	273	11	7	81	87	105	10
	Nº 2. MUJARES-PLANA DE MURCIA	189	370	559	209	172	220	392	37	130
	Nº 3. PALANCIA-LOS MURCIA	32	130	162	7	6	96	102	15	70
	Nº 4. MURCIA	87	420	507	317	144	210	354	22	131
JUCAR	Nº 5. JUCAR	835	773	1608	1440	967 1.286	172	1.139 1.458	21	448
	Nº 6. SERPIS	64	103	167	31	14	63	77	33	57
	Nº 7. MARINA MURCIA	40	153	193	--	--	48	48	10	135
	Nº 8. MARINA MURCIA	16	36	52	26	8	22,75	30,75	0,8	20,45
	Nº 9. VINALOPO- MURCIA	20	54	74	2	--	118	118	--	20
TOTAL MURCIA		1.360	2.254	3.614	2.043	1.318 1.637	1.030,75	2.348 2.667	243,8	1.021,5
SEGURA	ZONA IX- SUR RICANT	48	77,2	143,7	--	--	52,1	71,6	?	72,1
	DOM 5. VEGAS SEGURA		18,5				19,5			
	DOM 8. TERCIARIO SEGURA									
	ZONA XIII SEGURA	?	6,5	>6,5	--	--	34	34	--	--
TOTAL SEGURA		48	102,2	>150,2	--	--	105,6	105,6	--	72,1
TOTAL COMUNIDAD VALENCIANA		1.478	2.375,20	3.853,20	2.043	1.318 1.637	1.136,35	2.453 2.772,8	243,8	1.182,8
	(*) Bombeo y aprovechamiento de manantiales									
	(1)Actualment									
	(2)Cuando entren en funcionamiento los nuevos embalses, datos									

Fig. 1 (Fuente: Los Recursos Hídricos en la Comunidad Valenciana I.T.G.E. Generalitat Valenciana Conselleria de Agricultura y Medio Ambiente)

2.4. Calidad de los recursos hídricos

La validez del agua para un determinado uso dependerá de la calidad y del propio uso a que va a ser destinada. Determinados procesos industriales requieren de una calidad inalcanzable en nuestro entorno de forma natural, por lo cual se necesitan tratamientos para

su uso. En cambio para otro tipo de procesos es válido casi cualquier tipo de agua. Algo similar ocurre con el uso agrícola para el cual, las limitaciones dependen de los cultivos.

Por último los requerimientos para abastecimiento urbano sí deben de cumplir unos mínimos regulados por la Reglamentación Técnica Sanitaria (Real Decreto 1138/1990 de 14 de Septiembre).

2.5. La calidad del agua superficial en la Comunidad Valenciana

Según los datos de la red C.O.C.A. (Control de Calidad de las Aguas Superficiales) de la Confederación Hidrográfica del Júcar de 1.994, los Índices de Calidad General del Agua (I.C.G.) en las estaciones de control son los señalados en el siguiente cuadro (Fig 2).

CAUCE	ESTACION	LOCALIZACIÓN	INDICES DE CONTAMINACIÓN (I.C.G.) VALORACION	
DEL I.C.G.				
MIJARES	145	Montanejos	80	BUENO
	5	Presa de Vila-real	40	INADMISIBLE
	6	Almazora	30	INADMISIBLE
TURIA	105	Benagéber	83	BUENO
	25	Presa de Manises	66	ADMISIBLE
	202	Quart de Poblet	22	INADMISIBLE
	203	Valencia Salida Colector Sur	23	INADMISIBLE
ALBUFERA	201	El Palmar	47	INADMISIBLE
MAGRO	60	Requena	40	INADMISIBLE
	93	Forata	76	INTERMEDIO
CABRIEL	90	Villatoya	81	BUENO
	53	Montaverner	78	INTERMEDIO
JUCAR	144	Jalance	72	INTERMEDIO
	45	Alzira	63	ADMISIBLE
	89	Algemesí	55	INADMISIBLE
	49	Cullera	61	ADMISIBLE
ALBAIDA	19	Montaverner	48	INADMISIBLE
	122	Beniarres aguas abajo	72	INTERMEDIO
MONTNEGRE	128	Embalse de Tibi	44	INADMISIBLE
VINALOPO	83	Embalse de Elx	20	INADMISIBLE
SEGURA	28	Orihuela		
	68	Benejúzar		
	29	Rojales		

Fig. 2 (Fuente Red C.O.C.A Confederación Hidrográfica del Júcar)

En esta figura se han identificado las diferentes estaciones por índice de calidad, sobre la base de una escala de 0 a 100, de tal forma que aparecen cinco categorías:

100-90	Calidad excelente.
90-80	Calidad buena.
80-70	Calidad intermedia.
70-60	Calidad admisible.
< 60	Calidad inadmisibile.

Las estaciones se han ordenado en cada uno de los ríos, desde la parte superior a la inferior siguiendo el cauce del río aguas abajo. Se observa por tanto que, como norma general, la calidad empeora a medida que nos acercamos a la costa. La razón de esta degradación estriba en la fuerte incidencia de contaminación antrópica en las zonas finales de los cauces.

Las estaciones del río Segura no presentan Índice de Calidad General del Agua (I.C.G.) por no ser parte de la cuenca del Júcar. No obstante presentan una calidad deficiente, fundamentalmente por contaminación de origen orgánico.

2.6. La calidad del agua subterránea en la Comunidad Valenciana

Los acuíferos importantes presentes en la Comunidad Valenciana son de génesis Cárstica o detrítica presentando en los dos casos una elevada dureza por la presencia de calcio y magnesio. No es objeto de la presente ponencia describir las particularidades de calidad en cada uno de los sistemas y subsistemas acuíferos de la Comunidad, pero si a modo de resumen podemos hablar de la contaminación que reciben.

Las aguas subterráneas están en principio más protegidas de la contaminación antrópica que las superficiales, pero por el contrario suele ser mucho más persistente dicha contaminación. No obstante también sufren procesos de degradación que en nuestra comunidad podemos dividirlo en los siguientes apartados:

2.6.1. *Contaminación de origen urbano*

Los núcleos urbanos generan residuos de tipo líquido (Aguas Residuales Urbanas A.R.U) y sólido (Residuos Sólidos Urbanos R.S.U.). En los últimos años la Comunidad Valenciana ha realizado un gran esfuerzo en la gestión de estos residuos y en especial las Aguas Residuales Urbanas (A.R.U.) que gracias al Plan Director de Saneamiento de la

Entidad de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana el 99% de las aguas residuales se depuran.

La incidencia por tanto, de contaminación debida a las aguas residuales de origen urbano en nuestros acuíferos es pequeña y tan solo episodios puntuales de urbanizaciones o casas aisladas que vierten a pozos ciegos, crean problemas en la calidad del agua extraída.

La realidad es diferente sin embargo con los residuos sólidos urbanos, ya que la proliferación de vertederos incontrolados en ubicaciones con posible conexión con los acuíferos, es un peligro potencial poco estudiado. Aunque no se ha producido ningún episodio de contaminación grave de esta procedencia, no es descartable que en un futuro se pueda producir, siendo por tanto este, un tema pendiente de resolución en nuestro ámbito geográfico.

2.6.2 Contaminación agropecuaria

2.6.2.1. Ganadería.

La actividad ganadera es un posible foco de contaminación en zonas de alta concentración de animales debido a la gran cantidad de excrementos que producen. El tratamiento de estos residuos es difícil y costoso y la realidad actual nos indica que no se está realizando. La práctica habitual es verterlos al terreno directamente.

La zona de mayor importancia ganadera de la comunidad se encuentra en la provincia de Castellón y zonas del Maestrazgo y de Els Ports ha visto aumentar el contenido en nitratos y la contaminación bacteriológica de los acuíferos más superficiales debido a la incidencia de los vertidos de purines.

2.6.2.2. Agricultura.

La actividad agrícola tiene una gran incidencia en la calidad del agua subterránea. El uso para fertilización de determinados compuestos químicos y la utilización de biocidas es un potencial peligro de contaminación para nuestros acuíferos.

El principal problema se presenta en los acuíferos de nuestras planas litorales por la contaminación de nitratos. Los fertilizantes se emplean en cantidades muy superiores a los requeridos para el desarrollo óptimo de los cultivos. Por ejemplo, se estiman en 450 Kg/ha/año de nitrato la cantidad óptima para el cultivo y se aplican normalmente entre 700 y 900 kg/ha/año, en forma de nitrosulfato amónico esencialmente (Morell et al, 1999).

2.6.3. Contaminación Industrial

La actividad industrial puede suponer una amenaza para la calidad de los recursos hídricos subterráneos. Las aguas residuales que produce una fábrica, son un vehículo de arrastre de los desechos líquidos y pequeños desechos sólidos en ocasiones altamente contaminantes. Un no adecuado tratamiento de estos residuos puede suponer que alcancen la masa freática contaminándola.

Se han dado puntualmente algún caso de contaminación por metales pesados en zonas de alta concentración industrial de nuestra comunidad.

2.6.4. Intrusión marina

La extracción intensa de agua subterránea de los acuíferos costeros provoca un desequilibrio hidráulico entre la masa de agua marina en donde debe descargar el acuífero costero y el propio acuífero, de forma que circula agua desde el mar hacia el interior del acuífero hasta compensar este desequilibrio. Este proceso, es el que se conoce como intrusión marina.

Como resultado de la intrusión marina el agua dulce de los acuíferos al resultar mezclada con agua salada del mar, aumenta su contenido en cloruro sódico.

Este proceso que no es en sí una contaminación, empeora la calidad del agua subterránea hasta llegar en determinadas ocasiones a hacerla inútil para cualquier uso.

Las zonas de nuestra comunidad que sufren procesos más intensos son las siguientes (I.T.G.E 1996):

- Plana de Catellón: En Moncofar y Benicassim.
- Plana de Gandía-Denia: Tabernes de Valldigna, Xaraco-Xeresa, Gandía-Oliva, Vergel-Dénia y Marjal de Pego-Oliva.
- Plana de Oropesa-Torreblanca: Toda su extensión.
- Plana de Vinaroz Peñíscola: Inmediaciones de Vinaroz y Peñíscola.

2.7. Conclusiones

A modo de resumen podemos indicar que el déficit hídrico de la zona estudiada se concentra fundamentalmente en las planas costeras, así como los principales focos contaminantes tanto para las aguas subterráneas como superficiales.

La intrusión marina, es también un fenómeno exclusivo de las zonas costeras y las mayores concentraciones urbanas de la Comunidad se encuentran en las mismas zonas.

Por tanto, la mayor presión contaminante es ejercida en las zonas próximas al litoral, que son así mismo las mayores demandantes de recursos y también las que deben ofrecer unos servicios de calidad puesto que son las receptoras de turismo.

Esto ha creado una situación en nuestras zonas turísticas, que debe ser resuelta en breve para procurar un desarrollo de nuestra industria del ocio.

3. SOLUCIONES

Las posibles formas de suministrar aguas de calidad en la cantidad requerida para las zonas costeras pasan por las siguientes actuaciones, que pueden ser conjuntas:

1) Optimización del uso de los recursos actuales. Es sin duda, una actuación imprescindible, previa a cualquier otra solución. Mejorar el rendimiento de nuestras redes, tanto de agua potable como agua de uso agrícola, utilizar aguas depuradas para riego y en general optimizar la utilización del agua para adecuar la calidad a los requerimientos de uso, debe ser una condición necesaria de cualquier moderna infraestructura de suministro de recursos hidráulicos.

2) Trasvases desde otras cuencas. Desde la premisa de tener totalmente optimizados nuestros sistemas de abastecimiento, podremos apelar a la solidaridad de cuencas vecinas excedentarias, como sin duda es la del Ebro. No obstante, dada la sencillez técnica de esta solución y su dificultad política, no será objeto de estudio en la presente ponencia.

3) Desalación de aguas continentales de baja calidad o de agua de mar.

4. DESALACION DE AGUAS. GENERALIDADES

La situación actual en tecnologías de desalación ha hecho viable lo que hasta hace poco tiempo parecía solamente una posibilidad teórica, el tratamiento de aguas de baja calidad para convertirlas en aptas para el consumo.

Esto ha sido debido a dos factores primordiales, por un lado la drástica disminución de costes energéticos que las modernas técnicas de desalación están consiguiendo y por otro, la mayor concienciación de la necesidad de pagar el agua de

calidad a precios mayores, acordes en cualquier caso con precios en países de nuestro nivel de desarrollo.

Es importante destacar que, contrariamente a lo que pueda parecer y tal y como queda reflejado en la estadística de la IWSA (fig. 3), en los países más desarrollados la principal procedencia del agua para consumo son recursos subterráneos, debido fundamentalmente a la mayor protección que estas presentan ante contaminaciones imprevistas. Sin embargo las contaminaciones de recursos subterráneos suelen ser progresivas, lentas y en la mayoría de ocasiones irreversibles.

También es habitual encontrar aguas subterráneas con contenidos salinos elevados, que incluso rebasan los límites de potabilidad debido a la naturaleza de los terrenos atravesados y no a contaminaciones antrópicas y que son por ello desechadas como posible fuente de suministro urbano.

Es objeto de la presente ponencia estudiar la conversión de estos recursos subterráneos de baja calidad (por motivos antrópicos o naturales) en agua potable con bajo contenido salino.

Porcentaje de suministro de agua urbana según procedencia 1995 (fig. 3)

PAIS	AGUAS SUBTERRANEAS	AGUAS DE MANANTIAL	AGUAS SUPERFICIALES
AUSTRALIA	8,03 %	0 %	91,97 %
AUSTRIA	50,54 %	48,70 %	0,76 %
BELGICA	66,40 %	0 %	33,60 %
DINAMARCA	99,36 %	0 %	0,64 %
FRANCIA	60,00 %	0 %	40,00 %
ALEMANIA	64,14 %	8,09 %	27,77 %
HUNGRÍA	81,91 %	11,93 %	6,16 %
ITALIA	50,26 %	38,75 %	10,99 %
LUXEMBURGO	4,44 %	71,11 %	24,45 %
HOLANDA	64,50 %	0 %	35,50 %
NORUEGA	11,71 %	0 %	88,29 %
PORTUGAL	50,06 %	0 %	49,94 %
SUDAFRICA	9,71 %	0,10 %	90,19 %
ESPAÑA	20,58%	3,96 %	75,46 %
SUECIA	24,98 %	0 %	75,02 %
SUIZA	41,85 %	41,67 %	16,48 %
REINO UNIDO	25,66 %	0 %	74,34 %

Fuente: International Water Supply Association.

La problemática de calidad en las aguas de suministro urbano depende de parámetros organolépticos y fisicoquímicos, no obstante para centrar nuestra ponencia, trataré solamente de los procesos encaminados a eliminar exceso de sales de las aguas destinadas a consumo humano.

Las técnicas de desalación deben considerarse como parte de la solución al problema pero nunca como la solución única. Denominamos, pues, a la desalación como una técnica alternativa a la aportación de caudales, que debe combinarse con otras soluciones, tal como la reutilización, el transporte y regulación y la mejora de los sistemas de riego.

4.1. El panorama de la desalación

De una forma muy simplificada, y basándonos en los últimos inventarios de plantas de desalación, en el mundo se producen en la actualidad del orden de 15 Hm³/día de agua desalada, de los cuales una tercera parte corresponden al área de Oriente Medio. Las técnicas utilizadas se describirán más adelante, pero cabe destacar el crecimiento de la Ósmosis Inversa en los últimos 12 años, frente al estancamiento o incluso descenso de las distintas técnicas de evaporación.

Según el Libro Blanco del Agua en España (Ministerio de Medio Ambiente 1998) “La desalación de agua de mar y salobre supone una aportación al ciclo hidrológico de unos 222 hm³/año, lo que coloca a España en el primer lugar de Europa, con un 30% del conjunto instalado en todo el continente.” Esta producción está distribuida de la siguiente forma:

Distribución por usos de las aguas desaladas marinas y salobres. (fig. 4)

Agua de mar	Uso urbano	90 Hm ³ /año
	Uso agrícola	5 Hm ³ /año
Agua salobre	Uso urbano y turístico	29 Hm ³ /año
	Uso industrial	40 Hm ³ /año
	Uso agrícola	58 Hm ³ /año

Fuente: Libro Blanco del Agua en España (Ministerio de Medio Ambiente 1998).

Podemos por tanto observar que en nuestro país se produce una cantidad de agua desalada que podemos considerar como importante en el marco europeo y que además la tendencia es aumentar con importantes iniciativas como la construcción de las plantas de

agua de mar de la Mancomunidad de Canales del Taibilla con 40 Hm³/año de producción o la planta de agua de mar para redotación de riegos en el campo de Cartagena con 20 Hm³/año.

4.2. Aplicaciones del agua desalada

Podemos clasificar el agua desalada atendiendo a dos criterios: su origen y su utilización. Respecto al primer criterio la desalación puede realizarse a partir de aguas salobres o de mar, según la siguiente clasificación:

Denominación	TDS p.p.m. (sales totales disueltas)
Poco salina	inferior a 2.000
Salobre	de 2.000 a 10.000
Muy salobre	superior a 10.000
De mar	35.000 - 37.000 según zonas.

Más adelante se indicará en cada caso la tecnología de desalación más utilizada y su fundamento.

Respecto a la utilización del agua desalada nos atenderemos a la siguiente clasificación:

- Agua potable.
- Uso industrial.
- Riego.

En cada uno de estos casos, aún tratándose de una misma tecnología, el estudio de la aplicación y las necesidades del usuario, son definitivos a la hora de adoptar los diseños, criterios de seguridad, calidades, automatismos, etc. En definitiva, una instalación de desalación debe ser estudiada no solo en función de las características del agua a desalar, sino también en función del uso al que se destina.

Como consecuencia de lo anterior, los costes de explotación y mantenimiento difieren en función del uso.

De una forma general, podemos decir que un agua para uso potable debe cumplir el Real Decreto 1138/1990 referente a la Reglamentación Técnico-Sanitaria para abastecimiento. Por lo tanto, el agua desalada deberá remineralizarse y equilibrar su pH para cumplir la normativa. Un agua para riego requiere una mezcla con agua sin desalar, puesto que no es necesario un contenido en sales tan bajo. En lo que se refiere a un agua

para uso industrial, en muchas ocasiones se precisa de calidad desmineralizada, por lo que el proceso de desalación es un paso previo para hacer viable la desmineralización.

4.3. Técnicas de desalación

Existen diversas técnicas de desalación, que se resumen en el cuadro siguiente:

TIPO DE PROCESO	TÉCNICA	DENOMINACIÓN
Separación de agua	Destilación	Destilación Súbita Multietapa (MSF)
		Destilación multiefecto (MED)
		Compresión de vapor (VC)
		Destilación solar (SE)
	Cristalización	Congelación
		Formación de hidratos
	Filtración	Ósmosis Inversa
Separación de sales	Filtración selectiva	Electrodiálisis

Del cuadro anterior se desprende que, básicamente, hay dos formas de desalar: separando agua dulce del agua salobre, o eliminando las sales y por tanto obtener agua desalada. A continuación se comentarán brevemente los fundamentos de estas técnicas, prestando especial atención a los consumos energéticos.

Termodinámicamente, la eliminación de las sales de una disolución requiere un aporte de energía, que se puede cifrar en torno a 1 kw.h por cada metro cúbico desalado. En la práctica, y para el caso del agua de mar, las técnicas disponibles utilizan entre 5 y 10 veces más, debido a las pérdidas que se producen al aplicar los diversos procesos en la práctica.

De todas las técnicas la más económica energéticamente es la congelación, ya que la energía requerida para el cambio de fase es menor que la necesaria para la evaporación. La tecnología consiste en congelar agua de mar y fundir posteriormente el hielo, que es agua dulce. La complicación técnica de este proceso resulta evidente, por lo que a gran escala no se utiliza.

Las técnicas de destilación consisten en evaporar agua salina y condensar posteriormente el vapor. La diferencia entre unos sistemas y otros radica en la forma de condensar el vapor, la construcción de las plantas y la forma de aprovechar el calor. En general, estos procesos requieren una aportación energética de entre 7 y 12 kw.h por metro

cúbico de agua desalada, que aunque es superior a la ósmosis inversa, en aquellos casos en que el calor es residual como en las plantas de generación, es rentable.

La ósmosis inversa es una técnica que utiliza membranas sintéticas que imitan con gran exactitud las membranas naturales. El agua atraviesa la membrana regida por una ecuación en la que el caudal es proporcional a la presión aportada, mientras que las sales son rechazadas casi en su totalidad, siendo el paso de sales proporcional a la concentración de sales en el agua de aporte. El consumo energético es, para aguas salobres entre 0,7 y 1,2 kw.h/m³, mientras que para agua de mar es en torno a 4,5-5 kw.h por cada metro cúbico producido.

La electrodiálisis es una técnica en la que se utilizan membranas selectivas, catiónicas y aniónicas, y en la que las sales son arrastradas mediante un campo magnético. Para aguas de una salinidad inferior a 2.000 ppm el requerimiento energético es similar a la ósmosis inversa, e incluso algo inferior. Sin embargo, para mayor salinidad no es competitivo. La ventaja sobre la ósmosis es que las membranas son menos sensibles al ensuciamiento y su limpieza más sencilla, por lo que su utilización en desalación de aguas superficiales o sucias es más recomendable.

A la vista de estas consideraciones, podemos concluir lo siguiente:

- Al ser el calor de evaporación independiente de la salinidad del agua de aporte, y al ser la presión de trabajo en la ósmosis inversa dependiente de la presión osmótica, la desalación por evaporación sólo es competitiva para altas concentraciones de sales (caso del agua de mar).
- En aguas de baja salinidad, la evaporación no es competitiva, siendo la ósmosis inversa y la electrodiálisis las técnicas más rentables. A menor salinidad, mayor rentabilidad de la electrodiálisis.
- Para requerimientos de calidad poco rigurosos (caso de agua de riego) y especialmente para aguas superficiales, la electrodiálisis es la técnica más aplicable, por supuesto para salinidades no demasiado elevadas.

4.4. La ósmosis inversa

Es ésta una técnica que se viene aplicando con asiduidad en los últimos 25 años, que es cuando las membranas se han desarrollado. En especial, a partir del año 1972 se ha invertido la proporción de instalaciones que usan técnicas de evaporación y las que usan

técnicas de desalación, debido en gran parte a la Crisis del Petróleo y al desarrollo de membranas que requieren menos presión de trabajo con un paso de sales elevado.

En una planta de ósmosis inversa, el agua a tratar es pretratada por sistemas físico-químicos con el fin de eliminar coloides y sólidos en suspensión, además de añadir aditivos que controlen la precipitación de sales inorgánicas. En estas condiciones el agua está en disposición de pasar a las membranas.

El pretratamiento es básico, pues no olvidemos que las membranas son un verdadero “ hiperfiltro”, y que si son capaces de retener los iones inorgánicos tanto más lo harán con los coloides. Esta peculiaridad debe considerarse en un diseño, pues un mal pretratamiento supone un ensuciamiento innecesario de las membranas.

Como consecuencia de la idea anterior surge la siguiente reflexión: los virus y bacterias no atraviesan las membranas. Esta peculiaridad debe considerarse a la hora de considerar la idoneidad de esta técnica para producir agua potable, aunque la materia viva debe eliminarse previamente pues también ensucia la membrana.

La presión de trabajo es proporcional a la presión osmótica, que a su vez depende de la concentración de iones en el agua, según una ecuación similar a la de los gases perfectos. Quiere esto decir que deberemos bombear el agua a las membranas a una presión superior a la osmótica para producir agua, y proporcional a ese exceso de presión será el caudal de agua producida. La bomba de alta presión trabajará entre 12-14 kg/cm² para un agua salobre y 70 kg/cm² para un agua de mar.

Las membranas de ósmosis inversa actuales son capaces de trabajar a presiones hasta hace unos años impensables. Así, para aguas salobres se están empleando membranas de baja presión que operan a 10-11 kg/cm² para osmotizar aguas que hace tan solo dos años requerían 15-17 kg/cm². En agua de mar los avances no son menores, y en la actualidad hay membranas operando en torno a 60 kg/cm² con pasos de sales inferiores al 0,4% por membrana.

La técnica de ósmosis inversa en la actualidad está muy desarrollada, siendo la tendencia de la optimización del proceso la siguiente:

- Desarrollo de sistemas de bombeo de alta eficacia y sistemas de recuperación de energía cada vez más rentables.
- Perfeccionamiento de las membranas en cuanto a su permeabilidad y su rechazo de sales.
- Simplificación de las instalaciones y uso de materiales más resistentes.

4.5. La nanofiltración

Se trata de un proceso muy similar a la ósmosis. La diferencia radica en la utilización de membranas con un menor rechazo de sales pero que por el contrario trabajan a presiones considerablemente menores. Esto se consigue con un mayor tamaño en los poros de la membrana, lo cual facilita el paso de los iones más pequeños y móviles. No es por tanto un sistema adecuado para retener sales con iones monovalentes como los cloruros o los nitratos, pero si es muy recomendable para los bicarbonatos. La materia orgánica, los virus y las bacterias son también retenidas.

Las membranas de última generación están consiguiendo trabajar para aguas con salinidades de cerca de 2.000 mg/l. de T.D.S. a presiones menores de 8 Kg/cm².

En la práctica la diferencia entre nanofiltración y ósmosis está basada en el peso molecular crítico de la membrana (MWCO) (molecular weight cut-off). Un MWCO de 500 significa que moléculas con peso molecular por encima de 500 son rechazadas casi en su totalidad, mientras que aquellas con peso molecular menor a 500 consiguen en gran medida atravesar la membrana. (IDA World Congress on Desalation and Water Reuse, Madrid 1.997)

Las membranas de ósmosis inversa tienen un MWCO menor de 200, y ultrafiltración sobre 1.000. Entre las dos están las membranas de nanofiltración.

5. LA DESALACION MEDIANTE TECNOLOGIA DE MEMBRANAS EN AGUAS SUBTERRANEAS

Como conclusión del punto anterior se puede indicar, que la tecnología más apropiada para tratar aguas salobres es la que utiliza membranas, tanto de ósmosis como de nanofiltración o incluso de electrodiálisis reversible.

Por tanto y teniendo en cuenta que el agua subterránea no es lógico que tenga salinidades con un total de sales disueltas (T.D.S.) por encima de 10.000 p.p.m., las tecnologías que se están utilizando para la conversión de aguas subterráneas de baja calidad en agua potable son efectivamente, la Osmosis Inversa, la Nanofiltración y en menor medida la electrodiálisis reversible.

5.1. Problemática de calidad en las aguas subterráneas

Según el Libro Blanco del Agua en España, los principales problemas de contaminación de las aguas subterráneas en España son la salinización, entendiéndose como el incremento en contenido de sulfatos y/o de cloruros, la contaminación por nitratos, la contaminación por metales pesados, y la contaminación por compuestos orgánicos.

Hay además determinadas aguas subterráneas con calidades poco recomendables para su uso como recurso para el abastecimiento urbano, pero no por causas antrópicas, sino debidas a la naturaleza del terreno que atraviesan, susceptibles también de convertirse en aguas de calidad mediante desalación. Señalaré a este respecto, la posibilidad de ablandar aguas con altos contenidos en calcio y magnesio provenientes de acuíferos cársticos.

5.1.1. *Salinización*

Su origen puede ser debido a la influencia de los materiales por los que circula el agua (yesos o evaporitas), a la percolación de aguas de riego con altos contenidos salinos que pueden además disolver en su camino hacia el acuífero por la zona no saturada sales del suelo o a la intrusión marina.

En el “Libro Blanco”, se señalan las zonas más sensibles a este tipo de contaminaciones que coinciden como es lógico con los acuíferos costeros del Mediterráneo, con su punto álgido en las Planas de Vinaroz-Peñíscola y de Oropesa-Torreblanca con contenidos de cloruros que superan los 500 mg/l.

5.1.2. *Contaminación por nitratos*

El origen del problema es mayoritariamente debido al uso de abonos nitrogenados en la agricultura, aunque puntualmente también puede ser su causa la actividad ganadera o urbana.

Las zonas afectadas están distribuidas por prácticamente toda la geografía Española, señalando el “Libro Blanco” como más importantes las siguientes: grandes áreas costeras de Júcar, unidades interiores de la Llanura Manchega, el aluvial del Ebro, aluviales del Guadalquivir y Guadalete, y diversas zonas de las cuencas de Duero (región central del Duero, Esla-Valderaduey y Arenales), Tajo (La Alcarria, Tiétar y Ocaña), Sur (Campo de Níjar, Dálías y Fuente Piedra) y Segura (Campo de Cartagena, Guadalentín y Vegas del Segura).

5.1.3. Contaminación por metales pesados

Las actividades urbanas mineras y fundamentalmente las industrias pueden provocar la presencia de metales pesados en los acuíferos, pudiendo llegar a aparecer en cantidades que rebasen los límites de potabilidad marcados por el Reglamento Técnico Sanitario.

Volviendo a lo señalado por el Libro Blanco, los metales que en más ocasiones aparecen en las aguas subterráneas son el hierro, manganeso y aluminio, pero suelen ser debidos a la particular litología de determinados acuíferos y no a causas antrópicas.

Sin embargo, también señala la presencia de otros metales mucho más tóxicos como el cadmio, cobre, plomo, zinc, selenio, arsénico y cromo de forma frecuente aunque puntual en algunas zonas de las cuencas del Tajo, Guadalquivir, Sur, Ebro, y Cuencas internas de Cataluña.

5.1.4. Contaminación por compuestos orgánicos

Este tipo de contaminación asociada en general al uso de pesticidas y plaguicidas en la agricultura es poco conocida en nuestro país y sin embargo, es la que mayores riesgos potenciales para la población puede suponer y la que más esfuerzos de investigación va a concentrar en los próximos años.

La detección de compuestos de este tipo en el agua presenta grandes dificultades, puesto que para que alcance el acuífero, debe atravesar la zona no saturada, en la que se producirán cambios en su composición, desconociéndose por tanto, la forma en la que llegará al acuífero. Son los denominados metabolitos de los plaguicidas o pesticidas utilizados, que pueden llegar a ser incluso más tóxicos que su producto génesis.

En el libro blanco se señalan diferentes zonas en las que se han detectado compuestos de estos tipos en toda nuestra geografía.

5.1.5. Comportamiento de la ósmosis frente a los diferentes tipos de contaminantes.

La ósmosis retiene casi la totalidad de los elementos susceptibles de contaminar las aguas. Aunque su uso haya sido provocado en la mayoría de las ocasiones por salinización o por nitratos, su comportamiento frente contaminaciones del tipo orgánico o

por metales pesados hace que sea un garante importantísimo de la calidad del agua a suministrar.

5.2. Evolución histórica de la desalación de aguas subterráneas en España

Las técnicas de desalación de aguas salobres mediante membranas, no estaban lo suficientemente desarrolladas hasta la última década como para permitir su utilización de forma comercial para abastecimiento urbano o para la agricultura. Sin embargo ya eran utilizadas para agua de proceso en diversos tipos de industria como la cervecera o la petroquímica. La primera instalación de la que se tiene constancia data de 1974.

No es hasta la última sequía a mediados de los años 90, cuando, debido a la crítica situación en toda la zona del litoral levantino que depende del trasvase Tajo-Segura para el riego de sus explotaciones agrícolas, empiezan a instalarse rápidamente plantas de ósmosis.

El proceso de degradación de las aguas fue el siguiente. Debido a la falta de lluvias se extrae de forma indiscriminada agua subterránea. Se produce una situación de sobre-explotación que hace empeorar la calidad del agua hasta límites que no permiten su uso agrícola. Ante la necesidad de salvar cosechas y árboles se recurre a la desalación de esta agua.

Es difícil cuantificar la capacidad de producción de las instalaciones que se realizaron durante los años 1995 a 1997 en la zona, pero es fácil pensar que estará por encima de los 100.000 m³/día. La planta de mayor producción realizada es la de la Comunidad de Regantes de Mazarrón con una producción de 13.500 m³/día.

En cuanto al uso de plantas desaladoras de aguas salobres para abastecimiento urbano, las primeras que se instalaron eran pequeñas plantas colocadas en fuentes públicas de localidades del mediterráneo, que proporcionaban a sus vecinos agua de calidad para beber, mientras que la red de abastecimiento suministraba agua no potable. Es de reseñar a este respecto el plan de instalación de Plantas de Ósmosis de la Diputación de Alicante realizado a principios de la presente década, para localidades como Ondara, Benitachell, Busot, Beniarbeig, etc.

La primera planta instalada para uso urbano de desalación de agua salobre es la de Denia (Alicante) construida en 1990 y con una capacidad de 16.000 m³/día. Esta planta no trata agua subterránea sino superficial y tiene un pretratamiento físico-químico para posteriormente proceder a osmotizar el agua.

A partir de este momento se realizan nuevas instalaciones fundamentalmente en el litoral mediterráneo para tratar los siguientes problemas; elevada cantidad de nitratos, elevada cantidad de sulfatos, intrusión salina y excesiva dureza, ya sea de forma separada o en algunos casos con más de un parámetro excediendo la RTS.

5.3. Situación actual de la desalación de aguas salobres en España para uso urbano

No existe una relación oficial de plantas desaladoras en España, por lo cual he tratado de reunir la máxima información posible acudiendo a todo tipo de fuentes, entre las que destaco y agradezco la colaboración de los compañeros de la Comisión 1ª de la AEAS.

Por tanto, en la relación que incluyo a continuación (Fig. 5) puede haber significativas ausencias, por las cuales pido de antemano disculpas. No obstante creo que describe de forma suficientemente aproximada, el estado del arte de la desalación de aguas salobres en España.

PLANTA	PROVINCIA	AÑO	TIPO	CAPACIDAD DE PRODUCCION	PROCEDENCIA DEL AGUA	PROBLEMÁTICA A TRATAR
Denia	Alicante	1.991	Osmosis	19.000 m ³ /día	Superficial	SO ₄ -, Cl-
Son Tugores	Mallorca	1.995	Osmosis	30.000 m ³ /día	Pozo	Cl-
Bajo Almanzora	Almería	1.996	Nano-filtración	19.000 m ³ /día	Superficial	SO ₄ -
Calpe	Alicante	1.996	Osmosis	2.040 m ³ /día	Pozo	Cl-
Bechí	Castellón	1.997	Osmosis	1.500 m ³ /día	Pozo	NO ₃ -
Melilla	Melilla	1.997	Osmosis	1.000 m ³ /día	Pozo	NO ₃ -
Vall d'Uixó	Castellón	1.997	Osmosis	7.500 m ³ /día	Pozo	NO ₃ -, Cl-
Arenas de San Juan	Ciudad Real	1.997	Osmosis Nanofilt.	250 m ³ /día 250 m ³ /día	Pozo	Dureza
Moncofar	Castellón	1.998	Osmosis	4.000 m ³ /día	Pozo	NO ₃ -, Cl-
La Solana	Ciudad Real	1.998	Osmosis	7.000 m ³ /día	Superficial	T.D.S.
Villarubia de los Ojos	Ciudad Real	1.998	Osmosis Nanofilt.	1.000 m ³ /día 1.000 m ³ /día	Pozo	Dureza, SO ₄ -
San Clemente	Cuenca	1.999	Osmosis Nanofilt.	700 m ³ /día 700 m ³ /día	Pozo	Dureza, SO ₄ -

6. COSTES DE LA DESALACIÓN

Siempre es difícil evaluar cual es el coste del agua; para algunas personas cae llovida del cielo y es una especie de regalo; para otros es un bien escaso que se atesora y

venera; para otros se convierte en una materia prima con la que se comercia y se obtiene beneficios.

Es necesario distinguir, a la hora de evaluar el coste del agua, cual es el uso al que va a ser destinada;

- Aplicación para uso doméstico (abastecimiento)
- Usos industriales
- Usos agrícolas (riego)

Dado que cada uno de estos usos requiere una calidad de agua distinta, el coste de obtención del agua es diferente.

En el caso de las aplicaciones industriales y agrícolas fundamentalmente se trata de mejorar la calidad de un agua con la que se cuenta pero que no es adecuada al uso al que va a ser destinada; en el caso de la industria, la desalación es una alternativa generalmente para obtener agua de elevada pureza.

Debería compararse asimismo la desalación de agua de mar con la de aguas salobres; lógicamente, en zonas donde sea posible, es preferible la utilización del agua de mar, que es un recurso ilimitado, a la utilización de aguas salobres, que puede dar lugar a la sobreexplotación e incluso agotamiento de los acuíferos. Sin embargo, la aplicación de agua de mar a usos agrícolas es difícilmente viable dado el elevado coste que se debe soportar, solo mantenible por productos de muy alto valor añadido.

En cuanto a la potabilización de agua para consumo humano, la desalación generalmente se utiliza cuando el abastecimiento no está asegurado y se debe recurrir a otros recursos (agua de mar, aguas superficiales de mala calidad); en este caso es de interés destacar el nivel de competitividad que ha alcanzado la desalación frente a otras alternativas, fundamentalmente en zonas costeras (desalación de agua de mar).

Es evidente que la desalación no es la solución única a los problemas de abastecimiento de agua, pero sí debe reconocerse que es un complemento muy interesante en zonas donde otras aplicaciones son complicadas o costosas.

6.1. Costes de inversión

Es difícil establecer un coste por m³ de agua tratada debido a la gran variabilidad de instalaciones en cuanto a tamaño de planta, tecnología, diseño, tipo de toma,

pretratamiento elegido, automatización requerida, postratamiento, etc. Parece evidente, sin embargo, que en cuanto a los costes de inversión, existe una economía de escala, lo que se traduce en un menor coste relativo de las grandes instalaciones.

Fundamentalmente los aspectos que fijan el coste de inversión son;

- Obra civil necesaria
- Pretratamiento elegido
- Equipos de desalación
- Postratamiento (si es necesario)
- Nivel de instrumentación y control
- Materiales utilizados

A lo cual habría que añadir, en los casos en que se utilice, los costes de inversión de instalaciones de autogeneración eléctrica.

Planteemos inicialmente la diferencia entre la desalación de agua de mar y la de aguas salobres; en todos los casos la desalación de aguas marinas requiere un mayor coste de inversión, debido principalmente a los materiales a utilizar (aceros y aleaciones especiales, bombes de alto rendimiento con sistemas de recuperación de energía, etc.).

El coste de inversión de las desaladoras de agua de mar por ósmosis inversa (para instalaciones medianas-grandes, superiores a 10.000 m³/d), si atendemos a los últimos concursos públicos (p.e. desaladora de Almería, 50.000 m³/d), se sitúa entorno a 120.000 pts por m³-día instalado, precio en el que se incluyen los equipos, la obra civil, la toma de agua de mar e instalaciones eléctricas y complementarias. Es de destacar la disminución de estos costes en pocos años, debida fundamentalmente a la reducción del coste de las membranas y a la extensión de esta tecnología al sector privado, donde se ha producido una mayor competitividad y abaratamiento de costes.

En cuanto a desaladoras de agua salobres, las ofertas en los últimos concursos oscilaban en una media de 50.000 pts por m³-día (p.e. Jacarilla, Alicante, 9.000 m³/d), precio que incluye equipos, la obra civil, conducciones de rechazo e instalaciones eléctricas y complementarias. La comparación con las plantas de agua de mar no es rigurosa, ya que se trataba de una planta para aplicación agrícola (lo cual implica una menor automatización y control y la no necesidad de postratamiento), pero nos da una idea de los rangos en que se mueven dichos concursos.

No olvidemos que se trata de valores medios y que cada caso tiene sus características y peculiaridades concretas; para un agua superficial de mala calidad (con materia orgánica, sólidos, etc.) puede ser más caro el pretratamiento necesario que la propia ósmosis inversa.

6.2. Costes de explotación

Los costes del agua desalada, al igual que en cualquier planta de tratamiento de aguas se dividen en una serie de costes fijos (personal, amortización de la instalación, término de potencia de la energía) y variables (consumibles, productos químicos, energía eléctrica, mantenimiento y reposición de membranas en el caso de ósmosis inversa).

COSTES DE EXPLOTACIÓN:

- Productos químicos
- Consumibles
- Membranas (ósmosis inversa)
- Energía
- Personal
- Mantenimiento
- Amortización

Los costes de explotación en el caso de la ósmosis inversa, como ya se ha comentado, se incrementan gradualmente a medida que aumenta la salinidad del agua a tratar debido a los mayores costes energéticos.

Sin duda el coste de la energía es el componente mayoritario de los costes de explotación para cualquier tecnología de desalación. Es por ello que las tendencias actuales de desarrollo de la tecnología van encaminadas a la reducción de los costes energéticos:

- desarrollo de membranas de baja presión
- desarrollo de sistemas de recuperación de energía
- optimización energética del proceso (utilización de sistemas de bombeo de mayor eficacia, uso de variadores de frecuencia)

En la situación actual, asimismo, hay una cierta tendencia a las tecnologías de autogeneración (autoproducción de energía) para, de este modo, reducir el coste del Kw producido y poder disminuir los costes de explotación. Sin embargo, es una reivindicación de todos los sectores implicados en la tecnología la reducción del precio del Kw-h para la producción de agua.

Los costes de productos químicos se basan fundamentalmente en el consumo de productos anti-incrustantes, que evitan la precipitación de sales, así como reactivos destinados a reducir el ensuciamiento de las membranas (desinfectantes, ácidos para la reducción del pH, antioxidantes, etc.). Del mismo modo debe incluirse los costes de los reactivos de limpieza de membranas y los productos para post-tratamiento.

En cuanto al personal de explotación depende de la capacidad y complejidad de la instalación. Dada la alta automatización de las instalaciones la tendencia actual es que estos costes se vayan reduciendo paulatinamente. Se ha demostrado que las instalaciones industriales y de riego requieren mucho menos personal que una de agua potable para consumo público.

En la reposición de membranas la tasa estimada es de un 15 % anual, si bien en la actualidad se está reduciendo a valores del 8-10%, debido a la mejora en las calidades. Lógicamente esta tasa de reposición dependerá de las condiciones de funcionamiento de las membranas, su ensuciamiento (es decir, calidad del agua de aporte), etc.

Existen otros costes, como los de consumibles (p.e. reposición de cartuchos de filtración), o los costes de mantenimiento, que si bien son de inferior envergadura, no deben ser olvidados.

A modo de resumen se incluye a continuación una tabla (Fig. 7) con unos costes medios de explotación para plantas de ósmosis inversa, en tres casos distintos;

Costes de explotación y amortización para plantas desaladoras por osmosis inversa. (fig. 7).

	Agua Salobre	Agua de Mar	Agua de Mar (Cogeneración)
ENERGÍA	10-18	50-60	aprox. 35
PERSONAL	2-5	2-5	2-5
REACTIVOS	5-7	5-7	5-7
MEMBRANAS	2-4	2-4	2-4
CONSUMIBLES	0,5-1,5	0,5-1,5	0,5-1,5
MANTENIMIENTO	1,5-3	2-4	2-4
TOTALES	21-38,5	61,5- 81,5	46,5-56,5
COSTES DE AMORTIZACIÓN	10-20	40	50

Fuente: Sadyt 1.997

7. LA EVACUACIÓN DE SALMUERAS

Como es sabido, en una instalación de ósmosis inversa se produce una corriente de rechazo que comúnmente se denomina salmuera, que contiene la práctica totalidad de las sales que contenía el agua de aporte.

La salmuera procedente de una planta de ósmosis inversa de un agua salobre de salinidad media tiene un TDS del orden del 50% del agua del mar.

En cuanto a los aditivos que se añaden al agua de aporte de una planta de ósmosis inversa son de diversos tipos, y los podemos agrupar en dispersantes, biocidas (hipoclorito, cloraminas, etc.), reductores (metabisulfito sódico) y ácidos (clorhídrico, sulfúrico).

Se debe no obstante aclarar los siguientes aspectos:

- Puesto que las dosis usadas son del orden de 1 a 25 ppm, resulta despreciable frente al resto de las sales.
- La biodegradabilidad de los dispersantes es total.
- El cloro libre de los biocidas se transforma en cloruros, siendo despreciable frente al contenido de este ion en la salmuera.
- El reductor se oxida a sulfato, siendo igualmente despreciable frente al contenido de éste ion en la salmuera.
- Los ácidos modifican el pH del agua de aporte, y pasan a incrementar la salinidad de la salmuera de forma despreciable.

Por tanto sería importante indicar que una planta de ósmosis inversa no genera compuestos tóxicos ni se alteran cualitativamente los sólidos disueltos en el agua de aporte.

Se pueden distinguir a efecto de la evacuación de salmuera plantas que se encuentran próximas al mar y las instaladas en el interior.

En el primer caso, el desagüe más apropiado es el mar mediante un colector, siendo el vertido menos salino y denso que el agua del mar.

En las zonas del interior, existen varias posibilidades:

1. Vertido a las redes de saneamiento o cauces siempre y cuando se trate de un pequeño caudal en una gran población y el número de instalaciones no sea importante.
2. Inyección en pozos profundos, siempre que el acuífero sea aislado y no utilizable.
3. La recuperación de humedales y salinas, siempre y cuando no afecte al medio próximo.