

## **Reutilización de aguas salobres dentro del programa de ACUAMED para la aportación de nuevos recursos**

**Autor principal:** Fernando Troyano Lobatón

Institución: ACUAMED

Teléfono: 911024700

E-mail: [ftroyano@acuamed.com](mailto:ftroyano@acuamed.com)

**Otros autores:**

## Resumen

ACUAMED incluye dentro de las acciones del programa A.G.U.A que le corresponde ejecutar iniciativas que aportan nuevos recursos y otras que mejoran la calidad de los existentes. Dentro de ellas, la recuperación de aguas salobres procedentes de drenajes de riegos constituye un caso de especiales dificultades y, por ello, muy interesante desde el punto de vista técnico. Son aguas que, en virtud de los tratamientos utilizados en las labores agrícolas tienen una carga especial y variada de iones y moléculas muy diversas que las hacen difíciles de tratar por ósmosis inversa, al constituir un mundo químico muy lejano de las aguas de mar, en que los iones cloro, sodio y boro son prácticamente los únicos a tener en cuenta. En las aguas de drenaje el nitrógeno, en distintas formas, adquiere una importancia especial, como lo hacen también una importante cantidad de elementos traza que pueden afectar al tratamiento.

Aunque la utilización del permeado para abastecimiento poblacional debe excluirse, salvo en circunstancias muy especiales, la recuperación para riegos es muy recomendable en los lugares en que la alternativa única es la desalación de agua de mar, porque el precio del tratamiento es, en general, más favorable. Hay otros problemas: los caudales y los contenidos químicos de estas aguas suelen ser muy variables, lo que dificulta una operación estable. El tratamiento de los caudales que llegan a la planta tiene que ser parcial, mezclándose luego las caudales tratados y no tratados para obtener un efluente de suficiente uniformidad. La lluvia tiene una influencia especial en los contenidos de las aguas a tratar, así como la época del año con su influencia en las labores agrícolas. El tratamiento se vuelve un “arte” que resulta difícil de dominar, por lo que la influencia del operador en los resultados conseguidos es determinante.

Dos plantas de esta naturaleza están previstas en el programa de ACUAMED: la de El Mojón, en las cercanías del Mar Menor, y la de Guardamar. La primera tiene como objetivo complementario impedir la llegada al Mar Menor de este tipo de aguas, muy peligrosas para la calidad de las aguas en un mar cerrado; la necesidad de construirlas es, pues, ineludible. La segunda constituye un desafío difícil cuya planificación requiere una atención profunda, pues a los problemas intrínsecos del tratamiento se unen los comerciales de la reutilización de este tipo de aguas. Porque, si el problema económico no cierra, la aventura de desalar este tipo de aguas no tiene demasiado sentido.

## **Introducción**

El Programa AGUA del Ministerio de Medio Ambiente pretende incrementar los recursos de agua disponibles en el Mediterráneo por todos los medios posibles, con énfasis especial en los que supongan un impacto ambiental menor. Dentro de ese Programa, la empresa estatal ACUAMED tiene como misión allegar nuevos recursos y asegurar o mejorar la calidad de los existentes.

Bajo estas premisas, la desalación de agua de mar, la reutilización de aguas residuales y la reutilización de aguas salobres son los instrumentos preferibles para allegar nuevos recursos sin grandes distorsiones de las condiciones geográficas de contorno y con un impacto ambiental localizado y fácilmente controlable. A estas fuentes típicas se unen naturalmente aprovechamientos de tipo convencional, cuando así lo exigen las circunstancias, incluidos los trasvases entre cuencas cercanas en condiciones que no supongan alteraciones profundas y posean una seguridad intrínseca importante, es decir, no dependan excesivamente de continuas decisiones sociopolíticas que puedan alterar la fiabilidad del recurso.

Los tres tipos de recurso señalados, desalación de agua de mar, aguas residuales y aguas salobres, tienen características especiales que determinan para cada uno de ellos el ámbito de su utilización:

- La desalación de agua de mar es el recurso de mayor seguridad y flexibilidad, porque no tiene límite de caudal, puede ubicarse prácticamente en cualquier zona costera y sus impactos ambientales son muy reducidos y fácilmente controlables. Sin embargo, su coste es habitualmente mayor que el de los demás recursos.
- La reutilización de aguas residuales es un recurso conocido y utilizado de modo general. En muchos casos, sin embargo, preocupa la calidad de los tratamientos y la mejora y aseguramiento de la misma es un factor importante. Esta mayor seguridad es el objetivo del trabajo de ACUAMED en este aspecto.
- Las aguas salobres constituyen un recurso muy especial al que dedicaremos nuestra atención en esta presentación. La importancia de este tipo de recurso es mucho mayor que la debida a su presencia en estado natural, ya que toda utilización de agua supone, en general, un aumento de su salinidad y, por tanto, la utilización cada vez más intensiva de los recursos de agua supone un incremento en la ocurrencia de aguas salobres que, lógicamente, pueden y deben ser reutilizadas a su vez.

## **Tipificación de las aguas salobres**

Hay dos tipos principales de aguas salobres: las de origen natural y las aguas convencionales salinizadas por la utilización. Identificaremos por separado ambos tipos de aguas salobres.

### *Aguas salobres naturales*

Rara vez son salobres las aguas superficiales, ya que su tiempo de circulación en contacto con materiales que aporten iones no es demasiado grande. ACUAMED se enfrenta a uno de estos casos, los manantiales salinos de Meliones que afluyen al río

Guadalhorce y que tienen un contenido de sales mayor que el agua de mar, produciendo la salinización relativa de caudales mucho mayores hasta el punto de que las aguas llegan a ser inutilizables sin un proceso de desalación previo.

Porque, en general, las aguas salobres de origen natural que afloran a la superficie se tratan a sí mismas al diluirse en caudales mucho mayores que tienen una salinidad relativamente baja. Sólo en casos muy especiales, como este del Guadalhorce, los caudales salinizados son lo bastante fuertes, y su salinidad lo bastante alta, como para “contaminar” los demás caudales fluyentes con los que se mezclan.

El tratamiento lógico de estas aguas salobres superficiales es la desalación, que debe tener en cuenta la naturaleza de los iones presentes en el agua. En el caso del río Guadalhorce, la gran mayoría del contenido salino es  $\text{ClNa}$ , por lo que no hay inconveniente en su tratamiento.

El asunto puede ser distinto en otros manantiales salobres que tengan un contenido salino diferente, porque la experiencia que se posee sobre membranas que separan bien los iones cloro y sodio no puede extenderse a otros contenidos iónicos. La causa es que el desarrollo de membranas específicas para otros iones o, mejor expresado, membranas que alcancen un mayor coeficiente de rechazo de otros iones específicos, no es tan alto como el desarrollo de membranas más específicas para  $\text{ClNa}$ , simplemente porque el mercado potencial para estas otras membranas es muy reducido. Por tanto, la investigación se ha centrado en membranas con altos rechazos para los iones  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Na}^+$  principalmente.

Prescindiendo pues de los casos poco numerosos en que uno puede enfrentarse a unas aguas superficiales salobres, el mayor número de casos en que deberemos tratar con ellas es en la explotación de aguas subterráneas. Es evidente que, siendo el agua un buen disolvente, el contacto de largo plazo entre el agua infiltrada y los terrenos por los que circula o en los que está contenida da lugar a la salinización progresiva del agua. Esa salinización es mayor cuanto más largo sea el tiempo de contacto entre el agua y los terrenos, por lo que las aguas denominadas fósiles, que llevan miles e incluso millones de años en condiciones subterráneas tienden a tener una salinidad alta.

Naturalmente, hasta tiempos muy recientes, esas aguas subterráneas profundas, enclaustradas en acuíferos poco accesibles o en zonas poco accesibles de los acuíferos, no habían sido explotadas para fines de abastecimiento agrícola o poblacional. Nuestra experiencia de ellas procedía de explotaciones mineras en que esas aguas constituían un problema de evacuación y a las que algunos empezaban a mirar ahora como fuente de suministro. Por otra parte, la minería moderna del petróleo se enfrenta continuamente con la presencia de aguas salobres o salinas en contacto o como substrato dentro de las formaciones petrolíferas. En zonas terrestres muy alejadas del mar, esas aguas pueden utilizarse para el abastecimiento, aunque, en general, su composición iónica es poco favorable y en muchos casos sus contenidos iónicos son superiores a los del agua de mar.

La mayor ventaja de las aguas salobres naturales es que sus contenidos iónicos son bastante constantes, en contraste con las aguas salobres salinizadas por su utilización, a cuyos problemas de variabilidad en el contenido iónico nos referiremos más adelante. Por ello, la desalación de las aguas salobres naturales no tiene especial dificultad.

En general podríamos establecer que el tratamiento lógico de las aguas salobres naturales es la mezcla con otras aguas de inferior salinidad siempre que sea posible. La mezcla, que permite el aprovechamiento total del agua salobre a un coste relativamente bajo, se vuelve más difícil conforme la salinidad es más alta. Si tenemos un agua salobre de 15.000 ppm y la mezclamos con un agua dulce de 500 ppm pretendiendo que la mezcla tenga 1.000 ppm, tendríamos que mezclar 100 litros de agua salobre con 2.800 litros de agua dulce. Como esos volúmenes hay que moverlos de un sitio a otro, se comprende que hay un límite a partir del cual es más sensato desalar el agua salobre que confiar a la mezcla la solución del problema y que ese límite, aunque hay que estudiar cada caso específicamente, se encuentra rápidamente para salinidades superiores a 10.000 e incluso 5.000 ppm.

Pero cuando se decide desalar, queda el problema de evacuar la salmuera resultante. Si se está en zonas interiores alejadas del mar, ese problema es muy difícil de resolver. En algún caso, existe la posibilidad de encontrar un acuífero profundo muy salino en que pueda inyectarse la salmuera. Pero salvo esa rara casualidad, no hay otra solución que el transporte de la salmuera hasta el mar. No se trata únicamente del coste que supone la construcción de conducciones muy largas, sino del riesgo de roturas en la conducción, que se producirán inevitablemente a largo plazo, y de sus consecuencias sobre los terrenos atravesados. Cabe aplicar tecnologías análogas a las empleadas en conducciones de petróleo, como sensores de presión que actúan sobre válvulas y enclavamientos, para reducir el vertido en lo posible, pero estamos hablando de costes altos de instalación y, sobre todo, de mantenimiento, pues si no se cuidan estos mecanismos suelen fallar en el momento necesario.

Podemos concluir pues que la desalación de aguas salobres naturales es sencilla y sin complicaciones cuando se realiza en las cercanías del mar, es decir, en condiciones que permitan un vertido de la salmuera que no sea problemático. Volveremos sobre este asunto en el párrafo siguiente, pues el problema del vertido es común para aguas salobres naturales o “artificiales”.

#### *Aguas salobres a consecuencia de su utilización*

La utilización de las aguas lleva consigo generalmente un aumento de su salinidad. Es un efecto bien conocido en las aguas residuales domésticas y, desde luego, en las residuales industriales, salvo cuando las aguas se utilizan únicamente para refrigeración. Pero donde el fenómeno adquiere la importancia que ahora vamos a señalar es en el riego agrícola. Puesto que una fracción del agua aplicada al riego tiene que evaporarse, aun cuando con las técnicas de riego actuales la mayor parte de esa evaporación es a través de la propia planta y no por evaporación directa, la fracción que se infiltra tiene mayor salinidad que el agua aplicada y ello se reflejará en un drenaje con mayor contenido salino. Si ese drenaje vuelve a utilizarse para riego, directamente o con vertido previo a un cauce, la salinidad se irá incrementando.

El segundo tipo de utilización de agua para la agricultura que tiende a incrementar la salinidad es la utilización de aguas subterráneas. Como ya hemos señalado, las capas más profundas de un acuífero pueden tener una salinidad mayor por tratarse de aguas más antiguas (desde su precipitación en forma de lluvia) y haber permanecido más tiempo en contacto con los materiales del terreno. Al ser más salobres son más densas y tienden a permanecer en el fondo cuando se extrae agua de una perforación que resulta alimentada preferentemente por las capas más superficiales del acuífero. Pero si el acuífero se explota de modo que la extracción supera a la recarga, la salinidad del

agua producida irá aumentando con el tiempo, conforme se extraen aguas cada vez más profundas.

Este fenómeno es bien conocido en el sudeste español y llega un momento en que resulta totalmente necesario acudir a la desalación para seguir utilizando las aguas. Por esta causa se han instalado cientos de pequeñas desaladoras de agua salobre en las zonas regables del sudeste. El problema es que la salmuera producida en estas pequeñas instalaciones no puede transportarse al mar porque resultaría económicamente inabordable. El resultado es evacuar subrepticiamente esta salmuera casi en cualquier sitio y, como consecuencia, esa salmuera se infiltra parcialmente en el terreno y contribuye a incrementar la salinidad del agua subterránea.

La sustitución de esas pequeñas desaladoras por una instalación grande equivalente que puede estar dotada de un vertido de salmuera al mar en condiciones es uno de los aspectos en que trabaja ACUAMED en el marco del Programa AGUA.

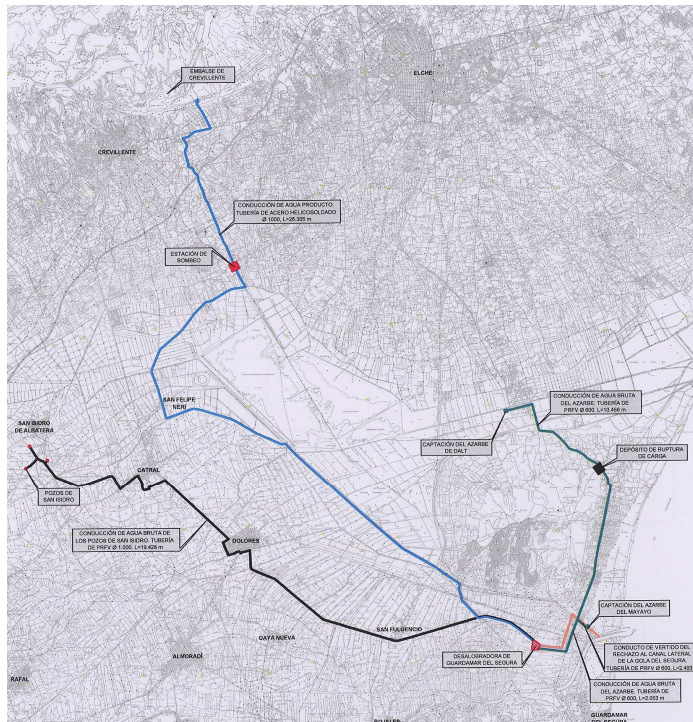
### **Dos ejemplos de aplicación: Vega Baja del Segura y Mar Menor**

Vamos a describir, como complemento de las ideas anteriores, dos casos típicos sobre los que actúa ACUAMED en estos momentos. Aunque las razones para acudir a la desalación de aguas salobres son distintas, son comunes las condiciones en origen de las aguas y también los términos en que ha de plantearse la desalación propiamente dicha.

#### *Desalación de aguas salobres en la Vega Baja del Segura*

Los drenajes de riego de la Vega Baja del Río Segura vierten al mar una cantidad variable de agua salobre que podemos cifrar en alrededor de 30 Hm<sup>3</sup>/año. La recuperación y desalación de esas aguas tiene evidentes ventajas económicas respecto a la alternativa de desalar una cantidad equivalente de agua de mar. Como puede verse en la Figura 1, se toma agua de los azarbes de Dalt y Mayayo ya en las cercanías del mar. Tras la desalación, el agua producto se bombea para el riego, liberándose de este modo unos caudales equivalentes de aguas convencionales. Como puede observarse en el plano, la planta desalobradoradora puede alimentarse también desde unos pozos ya salinizados situados en la propia Vega. El objeto es laminar el caudal de los azarbes, que es muy variable, para conseguir una producción estable. La capacidad de la planta, por consiguiente, se acerca al caudal medio de los azarbes, completando los déficits para caudales menores con las aguas de los citados pozos.

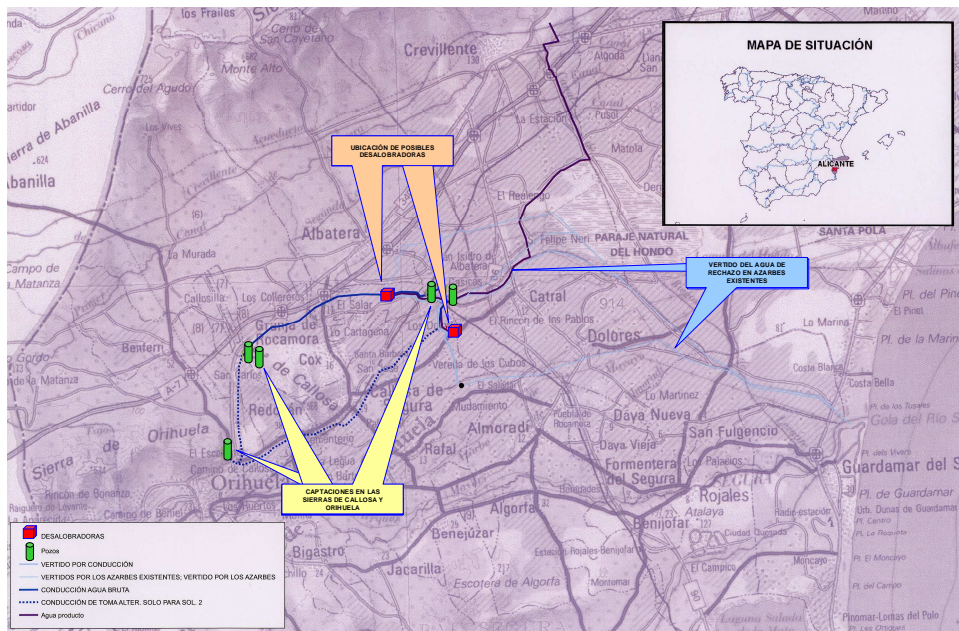




## ESTUDIO DE DESALOBRADE DE GUARDAMAR DEL SEGURA (ALICANTE)

Figura 1

Una variante de este proyecto es construir la desaladora en el interior utilizando aguas salobres de pozos. La ventaja es la mayor cercanía a los puntos de consumo; la desventaja, la necesidad de interferir con el acuífero, que requiere un estudio exhaustivo del mismo. La Figura 2 presenta el esquema correspondiente.



## DESALOBRADE DE LA VEGA BAJA (CALLOSA-SAN ISIDRO, ALICANTE)

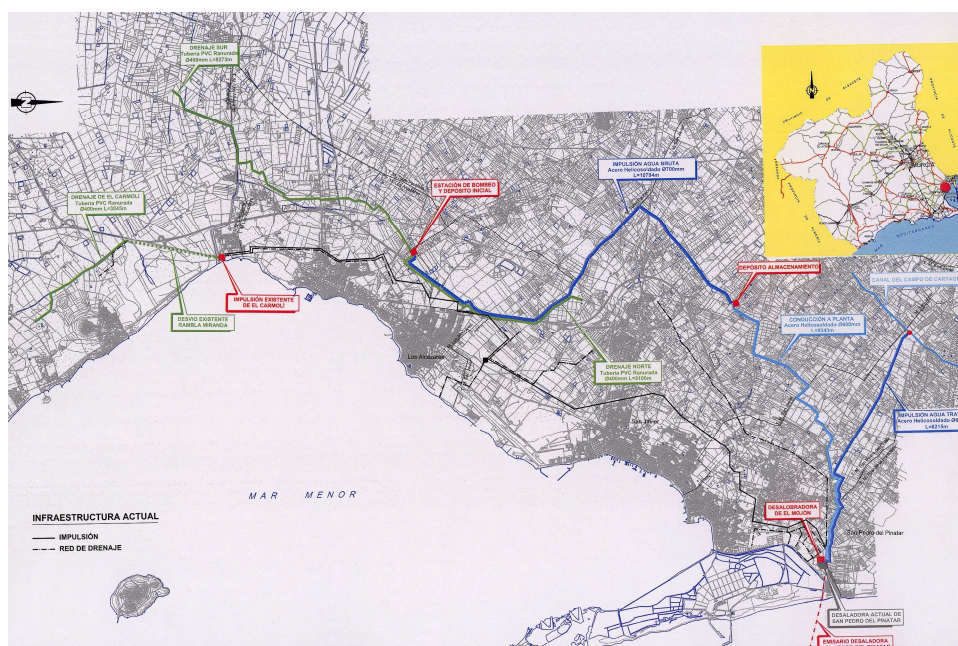
Figura 2

### *Desalación de drenajes del Mar Menor*

El objetivo principal de este esquema es disminuir la llegada de aguas de drenaje de riegos al Mar Menor para evitar la eutrofización de éste. Conforme han aumentado los riegos en el Campo de Cartagena, las aguas drenadas han contaminado el Mar Menor de forma creciente, por lo que se ha intentado desviar estos drenajes desalarlos e incorporarlos nuevamente a los canales de riego.

A esta finalidad responde la planta desalobradora de El Mojón. Una serie de drenajes existentes (ver Figura 3) se bombean a esta planta y el agua producto se incorpora al canal de riegos del Campo de Cartagena.

La solución de ACUAMED incorpora una nueva línea de drenajes situada más al interior con objeto de impedir la llegada al Mar Menor del agua sobrante de riegos con la mayor seguridad posible. La desaladora se amplia para estos caudales adicionales que son aportados a través de una conducción complementaria.



AMPLIACIÓN DE LA DESALOBRADORA DEL MOJÓN (MURCIA)

Figura 3

### **Conclusiones**

Sea por razones económicas de menor coste frente a la desalación del agua de mar, sea por razones medioambientales, para defender los medios receptores frente a la contaminación de los drenajes de riego, la desalación de aguas salobres constituye una parte importante de los objetivos del Programa AGUA en lo que corresponde a las iniciativas que ejecuta ACUAMED.



La problemática de la desalación de estas aguas de drenaje de riego es distinta y más complicada que la del agua de mar e incluso de la de reutilización de aguas residuales domésticas. Sin embargo, es un instrumento a utilizar necesariamente para soluciones especiales en el Mediterráneo.