

SEMINARIO



Introducción a la  
**Reutilización**  
de Aguas Depuradas  
y exposición de casos prácticos



Lanzarote • 17 y 18 Octubre 2007



INTERREG III B  
AÇORES • MADEIRA • CANARIAS



SEMINARIO

Introducción a la Reutilización  
de Aguas Depuradas y exposición  
de casos prácticos

Lanzarote • 17 y 18 Octubre 2007

Esta publicación ha sido editada por el:

Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.  
Departamento de Agua – División de Investigación y Desarrollo Tecnológico  
Julio de 2008 (1ª edición)

© del texto: los autores  
© de las ilustraciones: los autores  
© de la edición: ITC

El copyright y todos los derechos de propiedad intelectual y/o industrial sobre el contenido de esta edición son propiedad de los autores. No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, electrónico, mecánico, por fotocopia o por registro u otros medios, salvo cuando se realice con fines académicos o científicos y estrictamente no comerciales y gratuitos, debiendo citar en todo caso al proyecto AQUAMAC y la cofinanciación recibida por parte del programa INTERREG IIIB – ESPACIO AZORES – MADEIRA - CANARIAS, sus autores físicos, su título completo y su carácter de libro divulgativo gratuito.

Diseño y maquetación: Crayon Estudio • estudio@crayonestudio.com • www.crayonestudio.com

ISBN: 978-84-691-0047-9

## Socios del Proyecto Aquamac II

Instituto Tecnológico de Canarias (Jefe de Fila)

Direcção Regional do Ordenamento do Território e Recursos Hídricos

Secretaria Regional do Ambiente e do Mar da Região Autónoma dos Açores

Iga – Investimentos e Gestão da Água, S.A.

Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria

Consejo Insular de Aguas de Tenerife

Cabildo de Lanzarote

Mancomunidad Intermunicipal del Sureste de Gran Canaria

Universidade da Madeira

Icodemsa



# Índice

PRÓLOGO.....	1
CAPÍTULO 1..... El Proyecto Aquamac.	2
CAPÍTULO 2..... Panorama actual de la Reutilización a nivel internacional.	13
CAPÍTULO 3..... Real decreto por el que se establece el régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas.	29
CAPÍTULO 4..... Comparando la calidad microbiológica de las aguas superficiales, potables, residuales y regeneradas situación de la reutilización en la macaronesia europea.	43
CAPÍTULO 5..... Resultados del seminario participativo sobre reutilización de aguas depuradas en la macaronesia.	57
CAPÍTULO 6..... Impacto del uso de aguas regeneradas y desalinizadas en el agrosistema de "arenados" de la Isla de Lanzarote.	67
CAPÍTULO 7..... Regeneración y reutilización de aguas en la costa brava: criterios prácticos de organización y gestión.	83
CAPÍTULO 8..... La experiencia de la reutilización en el sur de tenerife.	101
CAPÍTULO 9..... La reutilización de aguas regeneradas en la comunidad de regantes "las cuatro vegas de almería".	139



# Prólogo

Los días 17 y 18 de octubre de 2008, tuvo lugar en Arrecife (Lanzarote) el Seminario "Introducción a la reutilización de aguas depuradas y exposición de casos prácticos", organizado por el Cabildo Insular de Lanzarote y el Instituto Tecnológico de Canarias y enmarcado dentro de las actividades del Proyecto Aquamac II (proyecto cofinanciado por la Iniciativa Interreg III B Açores-Madeira-Canarias).

Durante el evento, que reunió a más de 100 personas, se dieron a conocer las diversas tendencias y experiencias a nivel nacional e internacional en el campo de la reutilización de aguas depuradas, haciendo hincapié en los aspectos más significativos de la implantación de esta alternativa de recursos hídricos no convencionales en territorios insulares, como Porto Santo (en el archipiélago de Madeira) y las Islas Canarias.

En el Seminario se realizaron ponencias a cargo de investigadores de reconocido prestigio de las Universidades de Barcelona y La Laguna, técnicos del Ministerio de Medio Ambiente, Empresas gestoras de infraestructuras de Depuración y Reutilización de Girona y Tenerife, de técnicos del Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria y representantes de comunidades de regantes, principales usuarios de la reutilización de aguas depuradas.

Esta publicación es un compendio de las ponencias desarrolladas a lo largo del Seminario.







# El Proyecto Aquamac



## 1. El Proyecto Aquamac (2003-2005)

El proyecto AQUAMAC, cofinanciado por la Iniciativa Comunitaria INTERREG III B dentro del Espacio Açores - Madeira - Canarias, nació durante los años 2002 y 2003 del esfuerzo de integración y confluencia de diversas iniciativas en materia de gestión sostenible de los recursos hídricos que han surgido desde los tres archipiélagos europeos que forman parte del área biogeográfica de la Macaronesia.

El proyecto ha reforzado el conocimiento técnico en cuanto a calidad y cantidad de los recursos disponibles y profundizado en prácticas de gestión óptimas del ciclo integral del agua para el desarrollo, a medio y largo plazo, de modelos apropiados que recojan los principios de recuperación de costes, asignación eficiente de recursos y prevención de la contaminación, emanados de la Directiva Marco de Aguas (2000/60/CE).

Los campos de actuación del proyecto fueron priorizados por los socios participantes y se concretan en estudios y aplicaciones enfocados hacia la protección y optimización de los recursos hídricos, tanto en calidad como en cantidad. El trabajo se ha desarrollado coordinadamente entre las diferentes regiones, fomentándose la complementariedad y el intercambio permanente de conocimientos y experiencias.

Las actividades, en la primera fase del proyecto (2003-2005), comprendieron los siguientes campos de actuación:

### **FOMENTO DE UNA GESTIÓN EFICAZ, ECONÓMICA Y AMBIENTALMENTE SOSTENIBLE DEL AGUA, PRIMANDO LA MEDICIÓN, EL CONTROL Y EL AHORRO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS, FACILITANDO A SU VEZ EL USO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LOS CICLOS DEL AGUA.**

- Análisis de los sistemas existentes y de las posibles mejoras en cuanto a la gestión.
- Desarrollo de planes sectoriales de sostenibilidad de los abastecimientos a largo plazo.
- Estudio de la eficiencia de los ciclos del agua, en las áreas de estudio y definición de actuaciones.
- Implantación de sistemas de telegestión de redes y del control de consumos y aplicación demostrativa de sistemas innovadores de detección de pérdidas.
- Auditorias energéticas y estudios de potencial y viabilidad de aplicación de energías renovables a los ciclos de agua según los recursos locales. Aplicación de proyectos demostrativos.
- Aplicación demostrativa de sistemas de ahorro, eficiencia y sustitución de recursos hídricos en diferentes centros de consumo y evaluación de resultados.
- Estudio y propuesta de sistemas tarifarios adaptados que promuevan la eficiencia hídrica, la recuperación de costes y la justicia social.
- Elaboración de propuestas de recomendaciones y normativa sobre gestión y uso eficiente de agua en abastecimientos urbanos.
- Intercambio de experiencias y creación de una red de centros de gestión sostenible del agua.
- Divulgación y sensibilización para la reducción de consumo de agua.

## EVALUACIÓN DE LAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS Y ANÁLISIS, PROTECCIÓN, PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN TANTO DE LOS RECURSOS NATURALES (SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEOS) COMO DE LOS EFECTOS DEL USO CONTINUADO DE RECURSOS ARTIFICIALES (REUTILIZACIÓN).

- Determinación de zonas de recarga y velocidad de las aguas subterráneas a través de isótopos existentes en el medio natural. Desarrollo de modelos de balance hidrológico.
- Monitorización y control de las masas de agua superficiales, subterráneas y producidas por medios artificiales (desaladas y depuradas). Análisis del origen de la contaminación, evolución, efectos ambientales y repercusiones sobre los recursos hídricos y sus usos.
- Evaluación de riesgos de contaminación de las masas de agua naturales subterráneas y superficiales, así como de la presencia de contaminantes orgánicos prioritarios en vertidos de aguas usadas y aguas depuradas para reutilización.
- Definición de estrategias de control y minimización de la contaminación, haciendo especial énfasis en la determinación de áreas de protección de las aguas subterráneas, así como para el tratamiento y reutilización de las aguas residuales donde este campo esté menos desarrollado.
- Implementación de bases de datos y sistemas de monitorización y control de la calidad de las aguas.

Los resultados de esta primera fase dieron lugar a la publicación de un libro y de un Cd con amplia documentación.

## 2. El Proyecto Aquamac II

Después de la 1ª fase unos óptimos resultados en cuanto a los logros obtenidos, las sinergias y el intercambio de experiencias, se ha conformado un partenariado ampliado, estable y maduro con el objeto de consolidar las líneas de cooperación en el desarrollo de las técnicas y métodos para la gestión sostenible del agua en la Macaronesia.

La experiencia obtenida en esos dos años de colaboración entre 3 regiones hasta ese momento desconectadas en cuanto a lo que a la gestión de recursos hídricos se refiere y con unas problemáticas "aparentemente" muy dispares, ha llevado a la conclusión de que realmente existen muchas más oportunidades de intercambio y de cooperación que las previstas y que éstas pueden ser muy provechosas. Desde el planteamiento de problemáticas y soluciones locales se ha llegado a una apertura y curiosidad importantes por el intercambio de experiencias y la incorporación de medidas innovadoras y trabajo conjunto apoyándose siempre en las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Este acervo que ahora empieza a cuajar de forma definitiva es el que quiere servir de motor para lograr una cooperación aún más estrecha y concreta en temas de interés general para gestión sostenible e investigación de los recursos hídricos en toda el área biogeográfica de la Macaronesia europea. Las líneas de trabajo, necesidades y oportunidades de cooperación prioritarias se han concretado en la profundización en el conocimiento de los recursos hídricos, las especificidades

propias de la Macaronesia y definición de métodos para el cumplimiento de la Directiva Marco 2000/60/CE de Aguas; en la optimización de la gestión de aguas para riego, incluyendo la reutilización de aguas depuradas; en el fomento de la innovación y la incorporación de las TIC para la gestión, divulgación e investigación de los recursos hídricos; y en el refuerzo e innovación en las herramientas utilizadas para la divulgación de las prácticas sostenibles acercando la ciudadanía a la gestión del agua.

### **Objetivos específicos**

A continuación se describen los grandes objetivos del proyecto, enmarcados en las líneas de trabajo ya mencionadas, y la descripción de su puesta en práctica.

#### *Información e implicación de la ciudadanía en la gestión del agua*

Este objetivo apoya y sustenta la prioridad que la Directiva Marco de Agua (DMA) da gran importancia en su articulado, a la participación del público, incluidos los usuarios, en el establecimiento y la actualización de los planes hidrológicos de cuenca, para lo cual, es necesario facilitar información adecuada de las medidas previstas y de los progresos realizados en su aplicación.

El partenariado de AQUAMAC II fomenta la participación profundizando y reforzando la eficacia de los instrumentos y mecanismos de divulgación y de disponibilidad de información para la ciudadanía en general en materia de gestión de aguas a través, fundamentalmente de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). En una primera etapa se ha ido definiendo y desarrollando herramientas didácticas y contenidos divulgativos específicos sobre los recursos hídricos en las diferentes regiones, islas y comarcas y sobre las prácticas más sostenibles de gestión. Esta información se encuentra albergada y actualizada en un sitio Web conjunto (en español y portugués ) como material base para el resto de acciones de difusión. En un segundo paso se han emprendido acciones específicas, más cercanas al ciudadano y agentes económicos usuarios del agua, como charlas informativas y acciones en los centros educativos con una metodología y materiales comunes. En este sentido es de destacar la convocatoria de certámenes y el fomento de encuentros transnacionales, denominados "Jóvenes por El Agua".

#### *Fomento del ahorro y uso eficiente del agua. Investigación de la eficacia de las acciones.*

La Comisión europea en varios de sus informes, ha mostrado su interés por mejorar las mediciones del consumo, que a su juicio, están muy poco desarrolladas en algunos estados miembros. Desde AQUAMAC II, con el fin de trabajar este aspecto, se está realizando el análisis del consumo doméstico de agua en varias viviendas a través de datos de micromedición a nivel doméstico, que se acompaña de información complementaria, recopilada a través de cuestionarios a los abonados, con el fin de obtener información de pautas de consumo. A algunas de estas viviendas se han aplicado diferentes metodologías de fomento del ahorro y uso eficiente del agua entre las que se han incluido la introducción

de tecnologías de ahorro de agua con el fin de elaborar conclusiones sobre la eficacia de las acciones de fomento del ahorro de agua. La recopilación de información se ha realizado a través de contadores electrónicos instalados de forma demostrativa en la 1ª Fase de AQUAMAC y de una aplicación informática específica desarrollada a tal efecto. Partiendo de las conclusiones obtenidas se podrá realizar un tratamiento estadístico y extrapolaciones al resto del ámbito de la Macaronesia partiendo de las dotaciones de los diferentes abastecimientos, por primera vez, en la Macaronesia. La divulgación de estos trabajos permitirá a los gestores y usuarios del agua planificar actuaciones de gestión de la demanda con mayor rigor, además de demostrar el potencial de los nuevos sistemas de medición y comunicaciones para desarrollar trabajos de investigación de tendencias, planificación y gestión de la demanda.

Asimismo, se ha visto la posibilidad de adaptar, publicar y potenciar la aprobación de ordenanzas para fomento del ahorro y uso eficiente del agua en municipios, desarrolladas en la 1ª Fase de AQUAMAC.

### *Fomento de las tecnologías innovadoras en control y gestión de los recursos hídricos. Visualización y control a través de INTERNET.*

Las pérdidas de agua, en el amplio sentido de la palabra, constituyen uno de los problemas de mayor preocupación en la mayoría de los abastecimientos de la Macaronesia. Los volúmenes de agua que son detraídos del medio o parten de plantas de tratamiento y que luego no se asignan a un uso concreto, pueden ir desde el 15%, en los sistemas más eficientes, hasta el 60%. Durante la 1ª Fase de AQUAMAC se abordaron una serie de acciones demostrativas con notable éxito en cuanto a los resultados prácticos y a la expectación creada.

Ahora, en AQUAMAC II se ha querido profundizar en este trabajo incidiendo en el estudio de redes y la evolución de pérdidas después de la implantación de nuevas tecnologías de la información y comunicación, así como promover la implantación de sistemas que apliquen las últimas tecnologías disponibles en comunicaciones, automatización y telecontrol.

Ha sido también objetivo de esta 2ª fase, crear, para la isla de Madeira como ejemplo demostrativo, un Sistema de Información Geográfica único que integre la información relativa a calidad de agua, monitorización de caudales y características de las infraestructuras hidráulicas pertenecientes a los sistemas de abastecimiento de agua, compilada en la 1ª fase de AQUAMAC. Se trata de una base de datos relacional que accede a datos espaciales en un entorno de multiusuarios permitiendo la posterior distribución de los datos a través de Internet y la integración de la información en tiempo real, permitiendo acceso rápido a los datos y análisis espaciales. Con la ampliación del proyecto se pretende mejorar la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a través de Web incorporando, no solo información de redes, caudales y calidades, sino también posibilitando la realización de órdenes y control de incidencias en las redes.



A su vez, se pretenden realizar aplicaciones demostrativas que fomenten el desarrollo de la sensorización a través de INTERNET en el sector del agua, con la que poder acceder a datos históricos y conexiones ONLINE visualizando redes de distribución y sistemas de tratamiento de agua.

### *Evaluación y desarrollo del aprovechamiento de las aguas residuales tratadas en la Macaronesia.*

El regadío agrícola en islas como Gran Canaria, Tenerife y Madeira rondan el 50% del total de las demandas. Puesto que la Comisión Europea pretende que los estados miembros ajusten sus políticas agrícolas, de desarrollo y de gestión del suelo a la disponibilidad de agua en cada zona, toda acción encaminada a mantener uno de los sectores económicos tradicionales, fundamental en el mantenimiento del paisaje y la vertebración del territorio, de manera sostenible debe ser una acción prioritaria. Especialmente en la isla de Madeira existe una gran preocupación por la escasa eficiencia de los sistemas de distribución de agua de riego (se estima un 45% de pérdidas en conducciones y parcelas regadas) y la pobre información disponible.

Partiendo de la experiencia existente en Canarias, con las figuras de los Consejos Insulares de Aguas, en la asignación, gestión y uso más eficiente de las aguas de regadío, así como en la reutilización de aguas depuradas, se pretende en esta segunda fase de AQUAMAC, realizar un estudio actualizado de la situación del aprovechamiento de aguas depuradas en la Macaronesia partiendo de los trabajos desarrollados en el Proyecto AQUATLAN, enmarcado dentro de la iniciativa INTERREG IIC (2000 – 2001) promovida por la Comisión Europea y que consistió en la realización de un “Estudio sobre la situación de la reutilización de aguas residuales en zonas del área atlántica”. El contenido del estudio contemplará como mínimo las islas de Tenerife, Madeira, Porto Santo, Lanzarote, Gran Canaria y Fuerteventura, y los siguientes contenidos:

- Estaciones de tratamiento con reutilización: tecnologías de tratamiento y gestión, cantidad de aguas depuradas para reutilización, porcentaje respecto al total de aguas depuradas y en el total del suministro de agua.
- Calidad de las aguas y sistemas de tratamiento y control utilizados en la reutilización.
- Sistemas de distribución y comercialización del agua depurada, precios, etc.
- Usos del agua depurada: Tipos de usos, superficies regadas por tipos de uso y cultivos, caudales reutilizados y evolución (integrando datos AQUATLAN), Cuantificación y clasificación de los usuarios (comunidades de regantes, entidades públicas, etc.,...), percepción de los usuarios en cuanto calidad del servicio prestado.

Se ha pretendido, también, analizar las recomendaciones normativas sobre reutilización desarrolladas en la 1ª fase de AQUAMAC II y proceder a una evaluación previa entre los agentes implicados en la reutilización en Canarias sobre la idoneidad, viabilidad y valoración de establecimiento de normativas.

Dada la importante experiencia del archipiélago canario en este campo se plantea



potenciar el intercambio de experiencias y divulgación en este campo. Como primera acción en este sentido, se organizó un seminario interregional con la participación activa de representantes de Canarias, Madeira y Açores e implicando a los diferentes agentes relacionados con la reutilización de aguas depuradas: administración pública con competencias agua, sanidad, agricultura y medio ambiente, usuarios y gestores. Mediante una metodología participativa (EASW u otras) se trabajaron los posibles escenarios de futuro y propuestas para el fomento de la reutilización de aguas depuradas en la Macaronesia, obteniéndose la necesidad de proponer recomendaciones normativas sobre reutilización para la Macaronesia, la definición de líneas prioritarias de I+D a desarrollar, o la posibilidad de sistemas de información avanzados para usuarios de agua depurada, etc.

### *Evaluación y monitorización de recursos hídricos. Elaboración de guía metodológica para la elaboración de planes de gestión. Impacto de la Directiva Marco del Agua en islas.*

El funcionamiento hidrodinámico de los sistemas volcánicos insulares es complejo y singular. Las especiales características hidrogeológicas de las Islas macaronésicas impiden la utilización de muchas de las técnicas hidrogeológicas habitualmente usadas y obligan a adaptar otras. A su vez, las masas de aguas superficiales son escasas en el ámbito de la Macaronesia, exceptuando el caso de algunas islas de Açores, donde presentan un importante valor y unas características ecológicas propias. Dadas las exigencias planteadas por la Directiva Marco, se plantea la necesidad de reestructurar las redes de monitorización de las masas de aguas subterráneas y superficiales, para profundizar y sistematizar su conocimiento de forma conjunta. Este trabajo se está realizando en las islas de Tenerife, Gran Canaria, Flores, Pico, Faial y Corvo. La isla de Santa María se tomará como caso de estudio para la aplicación de la guía metodológica que se desarrolle para la elaboración de planes de gestión de los recursos hídricos.

En un entorno geohidrológico tan heterogéneo y anisótropo como el de las islas volcánicas, una de las mejores herramientas para cuantificar, al menos de forma aproximada, los parámetros geohidrológicos básicos – permeabilidad y coeficiente de almacenamiento – es un modelo de simulación de flujo subterráneo (MSF). El MFS permite, además, cuantificar los términos del balance –recarga, extracción, salidas al mar, captura de reservas e intercambio por los bordes- en cada sector hidrogeológico y en cada masa de agua subterránea. La obtención de balances resulta esencial para la correcta caracterización y seguimiento del estado cuantitativo de las masas de agua subterránea. En el ámbito del Proyecto AQUAMAC II se propone actualizar, sobre los nuevos datos disponibles, el modelo de flujo subterráneo de una isla de referencia como Tenerife. Los resultados obtenidos, además de para Tenerife, serán de indudable interés para las restantes islas de la Macaronesia, especialmente los aspectos metodológicos, tanto de cómo se ha estimado la recarga como del modelo de flujo.

En el planteamiento inicial del proyecto se consideraba la realización de campañas de muestreo y determinaciones analíticas, que tras el análisis de los primeros resultados obtenidos, han motivado la necesidad de nuevas campañas en algunas islas, inicialmente no previstas, y la modificación de las determinaciones a realizar.



Complementariamente, se están realizando estudios experimentales sobre la contribución de la precipitación horizontal, característica de las islas de la Macaronesia, en la recarga de acuíferos. Dada la imposibilidad presupuestaria de realizar los trabajos en varias islas, se plantea profundizar el desarrollo del de Madeira y que sirva como referencia al resto de archipiélagos. Las acciones que se están desarrollando son:

- Caracterizar de forma mas exacta el comportamiento isotópico de la precipitación en la isla de Madeira para caracterizar las altitudes de recarga de los principales nacientes y acuíferos insulares. Para ello se utilizan sistemas de captación de los dos tipos de precipitación a lo largo de cuatro perfiles altitudinales.
- Determinación de los valores de precipitación en zonas boscosas en vertiente Norte (bajo y sobre la vegetación) y comparación con estaciones meteorológicas de referencia en zonas descubiertas.
- Estudio isotópico de la precipitación líquida, con el objeto de determinar los porcentajes de la precipitación horizontal y pluvial en las áreas estudiadas. Estudio isotópico de las plantas y determinación de la importancia del mar de nubes para estas.
- Determinación y caracterización de la actual área de vegetación arbóreo-arbustiva dentro de las altitudes entre 1600-800 m.s.m., para definir áreas y perímetros de protección forestal, así como incentivar futuras reforestaciones, de forma que se proteja y aumenten los valores de la precipitación horizontal.

### *Coordinación y divulgación conjunta de resultados*

El proyecto dispone de una página Web conjunta multifuncional, así como una intranet para la coordinación interna entre todos los socios. Para el buen desarrollo del proyecto el Jefe de Fila ha creado una lista de distribución específica para la difusión de información, consultas a los socios y toma de decisiones.

En marzo de 2008, coincidiendo con el Día Mundial del Agua se prevé, la edición de la "Guía del Agua en la Macaronesia", publicación que pretende al llegar el final del proyecto AQUAMAC, plasmar la cooperación y cohesión que ha reinado en el seno del proyecto en un documento divulgativo , que hoy por hoy, no existe. Esta guía no pretende ser una enciclopedia del agua en la macaronesia europea, pero si, un documento que responda a la curiosidad de docentes, enseñantes, profesionales o ciudadanos de a pie. Para ello, en un idioma claro y comprensible para el público en general, se esbozarán las características más relevantes de los ciclos hidrológicos de los 3 archipiélagos, las especificidades que la abundancia o escasez del agua han provocado en su paisaje y por tanto, la diversidad de los ecosistemas que podemos encontrar. Además, se expondrán los aspectos asociados a disponibilidad, usos y calidades del recurso, costes y particularidades de los mercados del agua, etc. Todos estos capítulos darán ligeras pinceladas sobre aspectos que contempla la Directiva Marco del Agua, en un formato bilingüe con el cual açorianos, madeirenses y canarios podrán conocer algo más la realidad del agua de sus vecinos.

Toda la información disponible en: <http://aquamac.itccanarias.org>





# Panorama actual de la Reutilización a nivel internacional

Miquel Salgot  
Instituto de Investigación del Agua  
Universidad de Barcelona. España

Thomas Wintgens  
Institut für Verfahrenstechnik  
RWTH Aachen. Alemania

Miembros del equipo de AQUAREC  
(Comisión Europea: contrato EVK1-CT-2002-00130 en la  
Acción Clave 1 "Uso Sostenible del Agua" de la prioridad Energía,  
Ambiente y Desarrollo Sostenible del 5º Programa Marco).



## 1. Introducción

La problemática de los recursos hídricos, tanto en calidad como en cantidad, se hace especialmente importante en las zonas áridas y semiáridas, las que tienen una demanda puntual elevada o aquellas en que los recursos de agua están muy contaminados y son difícilmente utilizables in una inversión y unos gastos de operación elevados.

En estos casos se genera una escasez de oferta de recursos hídricos que puede ser estructural o temporal. En los contextos insulares, el problema puede ser más grave desde el punto de vista económico e indirectamente ambiental, debido a la necesidad de aumentar la oferta con tecnologías que consumen gran cantidad de energía.

En las islas se dan circunstancias especiales que condicionan oferta y demanda de agua, en función de su capacidad de retener recursos hídricos naturales en suelos y subsuelos, lo que a su vez depende del tamaño de la isla, de que existan o no acuíferos con capacidad suficiente para cubrir la demanda, y de la posibilidad de emplear recursos no convencionales de agua. En numerosas ocasiones se crea una competición por el recurso entre los distintos actores, lo que suele amenazar a la agricultura. Por otra parte, el exceso de demanda repercute sobre la calidad del agua, ya que es habitual que los acuíferos se salinicen por intrusión marina si la gestión no es adecuada.

En comparación con los continentes, hay que indicar que estos últimos tienen mayor superficie de captación de agua y ésta se puede transportar desde grandes distancias con lo que al drenar una superficie mucho mayor se puede definir una mayor capacidad de hacer frente a situaciones adversas (resiliencia frente a la sequía) y por otra parte, la población continental no tiene tanta sensibilidad a la escasez de agua, que en las islas ha pasado a formar parte de la cultura tradicional.

Normalmente, las islas se encuentran mucho mas alejadas de la administración, con lo que las soluciones suelen demorarse más que en el continente.

Clásicamente, la escasez de agua puede gestionarse trabajando con la demanda (gestionándola) o con la oferta (aumentándola). La gestión de la demanda puede hacerse mediante una reducción de los caudales utilizados en agricultura, industria o zonas habitadas. Especialmente en la agricultura la gestión debe ser extremadamente cuidadosa ya que no se pueden reducir los caudales aplicados al suelo sin que a menudo se creen problemas de salinización.

En cuanto a la industria, es relativamente controlable el agua que emplea ya que se puede incidir bastante directamente mediante los precios del recurso y otras herramientas de que la administración dispone.

Por lo que respecta a las zonas pobladas, las tendencias actuales a urbanizar grandes partes del territorio de forma mucho más dispersa que la actual (viviendas unifamiliares con jardín) hacen aumentar la demanda al aparecer muchas zonas verdes "individuales" que necesitan ser regadas.

En cuanto a la gestión de la oferta, existen diferentes vías para llevarla a cabo, y hay que indicar que se puede aumentar la presión sobre los recursos convencionales, aportar nuevos recursos mediante trasvases o mecanismos de transporte de agua desde el continente (en islas muy cercanas a su costa) o recurrir a los recursos no convencionales como el agua de mar o salobre desalinizada. De todas formas, hay que tener en cuenta que la oferta puede llegar a ser tan grande como se quiera y que a corto o medio plazo la demanda acaba absorbiéndola.

## 2. Los Recursos no convencionales:

Los recursos no convencionales empleados habitualmente en las islas son las aguas regeneradas, las desalinizadas – especialmente el agua de mar -, el agua de escorrentía y el agua transportada mediante tuberías o en naves.

### *La reutilización de aguas residuales*

Aparte del agua obtenida mediante los procesos de desalinización, que generan un recurso de gran calidad que sin embargo debe ser "empeorado", añadiendo sales para que el agua pueda utilizarse sin problemas, el recurso del que se puede disponer con menores problemas de infraestructura y con menor coste económico son las aguas residuales depuradas.

No obstante, el origen de estas aguas crea ciertos recelos en el posible usuario y requiere la aplicación del principio de precaución o cautela, que indica que deben emplearse las aguas regeneradas utilizando los mejores conocimientos técnicos y científicos disponibles en cada momento.

Por lo que respecta a estos conocimientos, siguen existiendo numerosas incógnitas con respecto a los posibles impactos sanitarios y ambientales de la reutilización, aunque por definición serán prácticamente siempre menores que los del vertido de las aguas sin depurar. En resumen, se trata de aumentar los impactos positivos de la reutilización y reducir los negativos, aunque aún no se conozca la totalidad de los impactos asociados a la práctica.

Inicialmente, se pueden señalar diversas ventajas e inconvenientes de la reutilización. Entre los impactos positivos podemos destacar el aumento de caudales disponibles, una reducción de la presión sobre los recursos naturales, y que de momento no hay demasiada competencia para emplear el recurso, que suele ser poco conocido tanto por lo que respecta a la calidad como a la cantidad.

Por otra parte, los inconvenientes de la reutilización también son variados, desde el mismo origen de las aguas – que causa no pocos recelos como ya se ha indicado – hasta su calidad después de los diversos procesos de depuración y regeneración, pasando por las sensaciones que despierta su uso, como la de estar usando agua residual o el miedo a las enfermedades. Por otra parte, es cierto que existen determinados problemas asociados a los componentes físicos, químicos y biológicos del agua que no son distintos de los del agua fresca, incluso la teóricamente potable. Por último hay que destacar los problemas de índole socio-económica y los de tipo administrativo, ya que incluso la legislación es extraordinariamente difícil de implantar, al menos en España. La burocracia también juega su papel en las dificultades, aparte de unas ciertas reticencias por parte del personal de diversas administraciones no únicamente por el “miedo escénico” sino también por el tema de competencias.

No hay que olvidar que existen muchas carencias para poder extender la reutilización, como son una cierta dificultad en la comercialización de esta agua y la gestión no siempre fácil de un recurso teóricamente problemático que se enmarca en el mundo del agua, con muchos intereses creados sobre un recurso que según la ley es demanial (aunque con excepciones como en Canarias) y una cierta atomización de los gestores.

Una de las posibles soluciones a medio plazo es considerar la regeneración y reutilización como una actividad industrial más y gestionarla de forma planificada, incluyendo lo que se denomina “marketing” del recurso.

Uno de los ejemplos comparables es el de la desalinización del agua de mar o salobre (e incluso de la residual). Los procesos de Osmosis Inversa empleados para aguas con salinidad elevada generan un producto de muy buena calidad, pero que no puede emplearse directamente, como ya se ha indicado, ni para bebida ni para riego y además presentan dudas con respecto a su sostenibilidad y a la calidad del agua con respecto a los elementos que faltan y los que pasan por el proceso, como el boro. En este sentido, hay que indicar que existe una cierta tendencia a aislar el tratamiento de los problemas ambientales separando la gestión de las diferentes matrices: se declara que la desalinización puede y debe ser la solución a la escasez de agua en las zonas costeras y las islas, sin considerar los impactos ambientales derivados de la energía necesaria para las instalaciones de ósmosis y la implantación del protocolo de Kyoto. La tecnología de EDR (ElectroDiálisis Reversible) se emplea alternativamente para desalinizar aguas con menos sales y aún debe estudiarse completamente qué elimina, especialmente por lo que respecta a compuestos químicos.

### 3. Estado del Arte en la Reutilización

La reutilización se comienza a considerar seriamente, en España y en el mundo, en el momento en que en una zona determinada hay materia prima abundante, es decir, agua residual depurada. Después, comienzan inmediatamente a plantearse problemas operativos, de puesta en práctica, como son:

- Las consecuencias sanitarias y ambientales de la regeneración y reutilización.
- Las diferentes velocidades de la implantación de la reutilización por parte de las diferentes administraciones, nacionales, regionales y locales.



- La aparición de nuevos operadores en el mercado (gestores, usuarios económicamente potentes, etc.).
- Falta de soporte técnico y científico en los usos agrícolas y ocasionalmente en otros.
- Adaptación a las nuevas indicaciones de la OMS (peligros y riesgos).
- Falta de normativa aceptada internacionalmente (es un problema, pero puede ser también una ventaja).
- Diferentes posibilidades de desarrollo, según las capacidades analíticas y técnicas/tecnológicas.

Por lo que respecta a los lugares en los que la reutilización se está practicando en el mundo, podemos hacer una división respecto a la implantación real de la práctica en los lugares:

- Clásicos: USA (California, Florida, etc.), Israel
- Relativamente desconocidos: Namibia, Túnez
- Emergentes: Australia, Sudáfrica, Japón.
- Que no lo necesitan a gran escala: Francia.
- Que no lo necesitan en absoluto: Norte de Europa
- Con normas poco favorecedoras: e. g. Italia.
- Con agua sin depurar: en muchos lugares del mundo.
- Casi durmientes: España, Portugal, Grecia.

En relación con los usos, podemos indicar que se han descrito prácticamente tantos usos como los que tiene el agua de "primera mano", aunque en algunos casos haya tipos de reutilización directa prohibidos, como en España el potable.

Existen, a pesar de todo, numerosos problemas relacionados con la reutilización, que se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Problemas asociados a la reutilización

Tipo reutilización	Problema	En relación con	Comentarios
Agricultura	Salinidad	Suelos, plantas	Difícil de reducir. No hay estándares
	Salud	Hombre, animales	Gestión comparando con estándares o usando herramientas de riesgo.
	Toxicidad	Hombre, animales, plantas	
Usos urbano	Salud	Hombre, animales, plantas	Reducción de contacto. Gestión comparando con estándares o usando herramientas de riesgo.
Industria	Contenido sales	Equipos	Cara de reducir
	Salud	Emisiones de aerosoles	En estudio. Control de emisiones
Ocio	Salud	Emisiones de aerosoles, contacto grupos de riesgos	Reducción de contacto Gestión comparando con estándares o usando herramientas de riesgo
Incremento caudales naturales	Ambiente	Flora y fauna acuáticas naturales	En cualquier caso mejora la situación anterior cuando se vertía agua de secundario
Recarga de agua subterránea	Agua de bebida / Salud	Agua subterránea	Es difícil seguir algunos contaminantes en el medio, especialmente los químicos

## Normativa

Con respecto a las normas, recomendaciones y similares, podemos indicar que hay dos aproximaciones tradicionales, las muy restrictivas, tipo California, en las que se requiere que el agua regenerada sea prácticamente potable (2,2 CT/100 mL para riego sin restricciones) y las que son comparativamente más laxas, como las recomendaciones de la OMS que requieren para el riego sin restricciones menos de 1000 E. coli / 100mL.

Sin embargo, desde el año 2004 se está procediendo a redefinir la base de las normativas o recomendaciones, sustituyéndolas por cálculos específicos, adaptados a cada circunstancia local, regional o nacional. Esta nueva aproximación implica que las autoridades a cargo de la reutilización pueden establecer lo que consideran como límite de calidad aceptable en función de las capacidades de depuración y reutilización, la aceptación social y otras circunstancias. Sin embargo, la calidad aceptable no se define exactamente en función de unos parámetros límite que debe cumplir el agua regenerada, sino que se considera el riesgo de contraer una enfermedad o de que haya efectos tóxicos derivados de la reutilización.

Esta nueva aproximación se basa en la determinación y gestión del riesgo asociado a la reutilización. Para ello, existen diversas herramientas, pero previamente se debe indicar que la calidad del agua sigue siendo básica. Es decir, las determinaciones analíticas siguen siendo imprescindibles para cualquier cálculo, sea de riesgo o de estándares.

En este sentido parece importante indicar que se puede plantear la cuestión de la pertinencia de los parámetros empleados para el análisis de riesgo (determinación y gestión). En general, la mayor parte de estándares se basan en emplear indicadores bacterianos de contaminación fecal y en algunos casos huevos de nematodo. Ocasionalmente se emplea también la determinación de virus, bacteriófagos o parásitos diversos (*Giardia*, *Cryptosporidium*...) para efectuar diversos cálculos, como el denominado QMRA (Quantitative Microbial Risk Assessment).

Aunque para los estudios en relación con las aguas potables los indicadores de contaminación fecal o los organismos fecales tienen valor para demostrar que no ha habido una contaminación procedente de heces humanas o animales en el agua en cuestión o que el agua residual se ha tratado correctamente; en el caso de las aguas residuales se plantea un problema inverso: ¿para qué se utilizan indicadores de contaminación fecal en un agua que se sabe positivamente que es de origen fecal?

Se puede argumentar que los indicadores empleados pueden dar una estimación del grado de depuración de un agua. Aparte de cuestionar la utilidad de unos indicadores de contaminación para evaluar una tecnología, la mayor parte de sistemas actuales de depuración, e incluso los de regeneración, se han diseñado para eliminar principalmente sólidos en suspensión y materia orgánica. El hecho de que al mismo tiempo se eliminan tóxicos u organismos patógenos parece ser secundario. Además, el concepto actual de plan de saneamiento se basa en mantener y preservar la calidad de las aguas naturales, sin considerar claramente la contaminación por patógenos.

En esta encrucijada se presenta el problema de definir:

- a) ¿Cómo se evalúa el grado de depuración, y más concretamente el de desinfección?
- b) ¿Cómo se consigue tener datos a tiempo real que permitan actuar sobre un agua de calidad insuficiente antes de que se emplee?

En estos momentos no hay respuestas completas a estas preguntas; sólo algunas aproximaciones. Por ejemplo, se puede conseguir detectar ciertos indicadores bacterianos o víricos en menos de 4 horas.

Una segunda tendencia implantada en función de los desarrollos de control en otros tipos de industrias (básicamente de manufactura) se basa en los procedimientos de aseguramiento de la calidad que se implantan con un autocontrol casi exhaustivo. En efecto, en industrias en las que el producto presenta peligros importantes, como en la farmacéutica, alimentaria, de agua embotellada o aeronáutica, no parece demasiado adecuado esperar a las inspecciones de la administración para conocer la seguridad del producto. Se recurre en consecuencia al autocontrol, que permite una detección de los errores en períodos de tiempo relativamente cortos. En el caso de la reutilización el riesgo asociado a la calidad del producto quizá no sea tan elevado, pero sí pueden serlo las consecuencias de la ingestión o contacto del agua residual con las personas o la entrada en el ambiente de aguas con un tratamiento deficiente.

El autocontrol, asociado a las herramientas de análisis del riesgo puede permitir una reutilización más segura.

## 4. Calidad del Agua Regenerada

La definición de la calidad, tal como se ha indicado, tiene una parte obligatoria (la referida a los estándares) y otra de autocontrol. En todo caso, es preciso presentar a la administración informes periódicos con respecto a la calidad y a los problemas que se hayan presentado en el período de tiempo de referencia.

Como consecuencia de lo que se ha descrito respecto a los parámetros adecuados de control, es preciso indicar que hay varios temas pendientes de solución y que están siendo objeto de estudio actualmente. Entre ellos podemos destacar:

- a) En microbiología
  - Uso de indicadores adecuados por lo que respecta a eficiencia de los tratamientos.
  - Presencia y detección de virus.
  - Determinación de patógenos emergentes y re-emergentes.



b) En química

- Importancia y efectos de los cócteles de compuestos químicos.
- Presencia de disruptores endocrinos y otros microcontaminantes orgánicos y xenobióticos.
- Importancia real de los compuestos químicos presentes en el agua regenerada.
- Salinidad.

c) La mejora de las herramientas analíticas en términos de:

- Precisión.
- Análisis en tiempo real.
- Fiabilidad.
- Definición de la calidad real en relación con la reutilización.

d) La implantación de herramientas de validación y verificación.

e) La economía del proceso de aseguramiento de la calidad:

- Precio de los análisis.
- Repercusión de los costes analíticos y de aseguramiento de la calidad

En el caso de la economía, es obvio que existe un tema de economía de escala, pero el coste puede ser significativo ( $>0.05 \text{ €/m}^3$ ) en muchos casos. No hay que olvidar que se deben incluir en este coste:

- Autocontrol.
- Inspecciones.
- Muestreo.
- Transporte de muestras.
- Trabajo analítico.
- Interpretación e informes.
- Calibraciones interlaboratorios.
- Beneficio industrial.
- Otros.

## 5. El Proyecto Aquarec

Durante varios programas marco (del cuarto al sexto), la D.G. de Investigación de la Comisión Europea ha firmado diversos contratos de investigación en el tema de la reutilización de aguas residuales. Aquarec fue uno de éstos en el 5º Programa Marco. El equipo de Aquarec constó de 17 socios, tal como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Miembros del Consorcio AQUAREC

Laboratorio / Unidad	Institución	País
Chemical Engineering	RWTH Aachen	Alemania
Alemania Hygiene and Environmental Medicine	University Hospital Aachen	Alemania
Sanitary Engineering	Delft University of Technology	Holanda
School of Water Science	Cranfield University	Reino Unido
Applied Science	Ben-Gurion University of the Negev	Israel
Mekorot Water Company		Israel
Centre for Research and Technology Hellas CPERI	Tessaloniki University	Grecia
Centre for Water Systems	Exeter University	Reino Unido
GEONARDO Environmental Technologies		Hungría
Water Management	Brno University of Technology	Chequia
Wastewater Services of Flanders	AQUAFIN	Bélgica
Economía Internacional	Universitat de València	España
Environmental Engineering	University of Wollongong	Australia
S.C. APANOVA BUCURESTI	Veolia Water	Rumania
Applied Ecology	University of Lodz	Polonia
Centro de Transferencia de Tecnología	Fundación Gaiker	España
Edafología, Facultad de Farmacia	Universidad de Barcelona	España

Entre los objetivos del Proyecto se encontraba establecer el estado del arte de la reutilización en el mundo, y especialmente en los países de clima mediterráneo en Europa. Algunos de los resultados del proyecto se pueden encontrar resumidos en la Figura 1 y en

Figura 1. Aplicaciones del agua regenerada en el mundo (del proyecto AQUAREC, 2006)

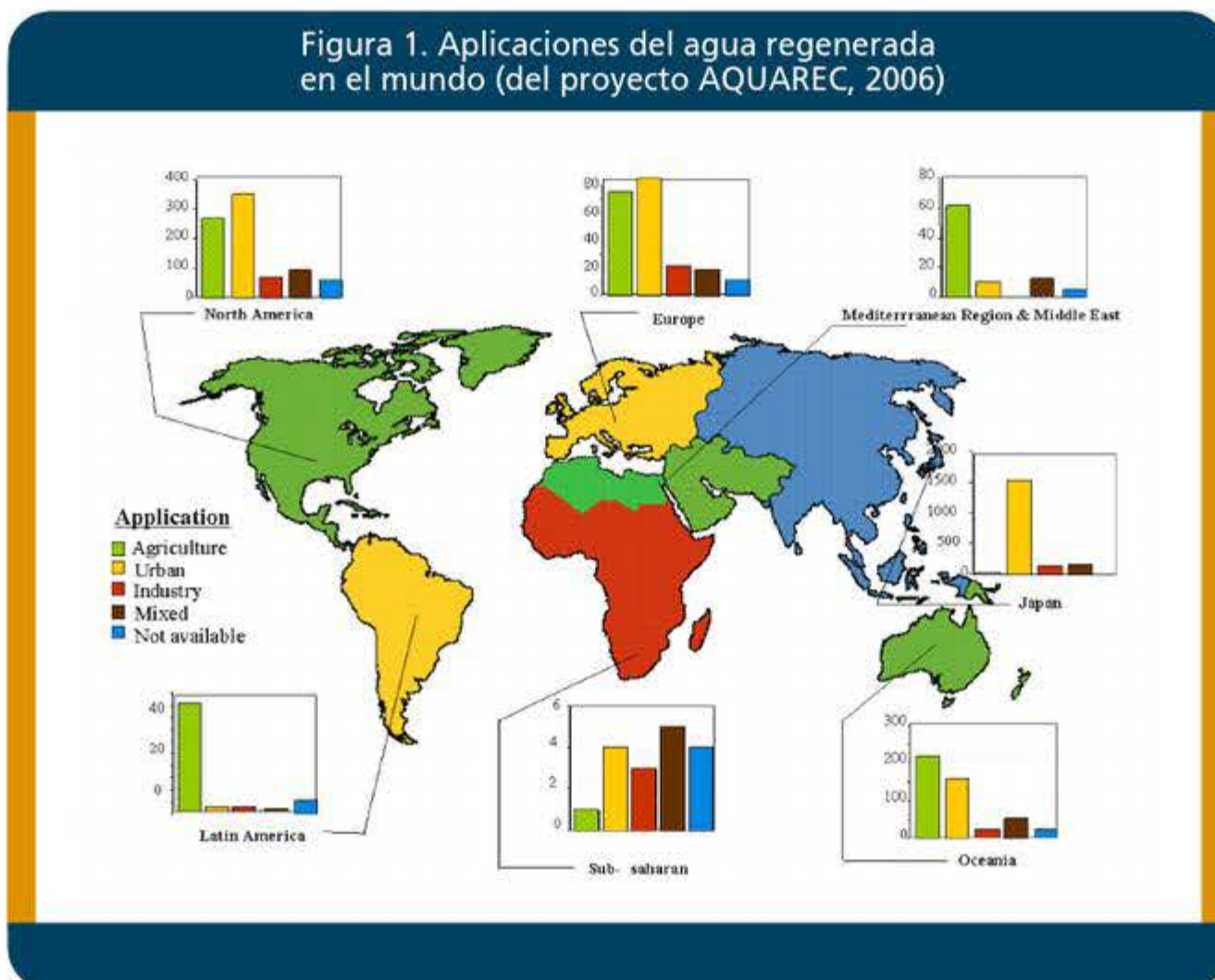


Tabla 3. Reutilización de agua regenerada en el mundo (del proyecto AQUAREC, 2006)

País	Reutilización de agua regenerada	
	2002 (1999 - 2005) (Hm <sup>3</sup> / año)	Cantidades que se ha planificado reutilizar próxima década. Hm <sup>3</sup> / año
Malta	4	9
Israel	280	380
Chipre	25	30
Italia	45	250
España	300	1200
Turquia	50	Sin datos
Albania	Despreciable	Sin planes
Francia	6-7	Sin planes
Grecia	> 10	> 15
Portugal	No está claro	> 20
<b>Total</b>	<b>&gt; 700</b>	<b>aprox. 2000</b>

la Tabla 3.

Entre las conclusiones del proyecto, podemos destacar:

- En Europa, el último decenio ha sido testigo de una aceptación creciente de la práctica de la reutilización, citándose más de 200 proyectos en activo de reutilización de aguas residuales. No obstante, sólo se está explotando una ínfima cantidad de las aguas reutilizables.
- Sigue abierto el interrogante de cómo combinar este enorme potencial con un marco legal adecuado y al mismo tiempo establecer los incentivos necesarios para hacer aumentar la práctica.
- La gran utilización potencial no debe contradecir la indicación de "cuando sea apropiado" de la Directiva de Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas de la Unión Europea, aunque deba determinarse claramente qué quiere decir "apropiado".
- Los aspectos señalados, además de los sanitarios y económicos, son tremendamente importantes en aquellos casos en que se puedan utilizar grandes volúmenes de agua, como en la recarga de acuíferos. Según las políticas de la UE, el precio del agua debería reflejar todos los costes imputables, lo que en cierta manera puede amenazar la implantación de la reutilización a gran escala.
- En AQUAREC también se ha señalado la importancia de tener un marco de buenas prácticas de reutilización y una buena política de comunicación al público.

## 6. Prospectiva de la Reutilización

Una de las conclusiones básicas de prácticamente todos los proyectos de reutilización, quizá no escrita pero sí adivinada, es que se trata de una práctica que en teoría implica un cierto riesgo, pero no más que el atribuible a la mayor parte de aguas no reutilizadas, de "primera mano". En realidad, la diferencia está en que en reutilización se conoce perfectamente el origen del agua, que en todo momento está controlada, mientras que el origen de las aguas empleadas habitualmente puede ser evidente pero no se manifiesta.

Durante muchos años se ha educado a la población, y especialmente a los responsables sanitarios, en el convencimiento de que la conexión fecal-oral era el origen de la mayor parte de enfermedades denominadas de origen hídrico. Con esto se ha implantado el "sano" temor de que el agua, y más concretamente el agua residual, está asociada con peligros sanitarios. En el momento en que se pretende que esta misma agua residual sea materia prima básica sustituyendo al agua de otro origen, se entra en una contradicción aparentemente obvia con lo que se ha estado defendiendo sanitariamente durante prácticamente un siglo.

En las sociedades desarrolladas, el grado de higiene y la gestión del agua alcanzados ha conseguido que las enfermedades de origen hídrico estén casi totalmente controladas y que sus efectos sean mínimos en relación con el número de habitantes consumidores del recurso. No obstante, esto no es así en diversos lugares del mundo, especialmente en los países en que la depuración de aguas residuales no está completamente implantada.

La solución a este dilema está siendo el empleo de las mejores tecnologías disponibles para cada lugar. Dentro de este concepto (BAT en inglés, por Best Available Technology)



aparecen consideraciones económicas y sociales.

Existen además, al hacer previsiones de futuro, determinadas preguntas, puntos oscuros y realidades que conviene mencionar. Destacamos:

- El cambio futuro de paradigma de la legislación, con el planteamiento de una posible sustitución de los estándares por análisis de riesgo.
- La aparición de nuevos países líderes en reutilización, como Australia, y Sudáfrica.
- La necesidad de mejores herramientas para luchar contra las sequías.
- Una cierta falta de credibilidad en la reutilización por parte de muchos usuarios potenciales, especialmente agricultores.
- En el futuro la distribución de agua será planificada incluyendo los recursos no convencionales, por ejemplo mediante:
  - Una gestión centralizada de recursos (e.g. Chipre).
  - Un precio según el origen/calidad del agua.
  - El uso del agua regenerada principalmente para riego.
- Las políticas de comunicación y los aspectos sociales cobrarán mayor relevancia, teniéndose en cuenta:
  - Aceptación social.
  - Políticas de la UE.
  - Relación con todos los "stakeholders".
  - Las opiniones de los grupos ecologistas.
- Aumentará la reutilización no-agrícola.
- La desaparición de la agricultura alrededor de las ciudades, con lo que habrá
  - Exceso de oferta de agua regenerada.
  - Otras demandas, como el incremento de los usos urbanos.
- La reutilización del agua residual será una parte importante de la gestión de los caudales naturales.
- Los campos de golf se convertirán en uno de los grandes usuarios del agua regenerada.
- La recarga de acuíferos se implantará con mucha fuerza en el marco de la reutilización.
- Se discutirán los usos en industria, por ejemplo teniendo en cuenta la alarma de las autoridades sanitarias sobre la Legionella en sistemas de aire acondicionado o los posibles intercambios de agua con otros usuarios.
- La gestión de la salinidad en reutilización será uno de los puntos a considerar con mucho detalle.
- La gestión se relacionará con los sistemas APPCC (análisis de riesgo y puntos de control críticos).

Por lo que respecta a las islas hay que indicar que son tanto un caso muy específico como un escenario ideal para la reutilización, puesto que:



- Son sistemas cerrados.
- Suelen tener demandas puntuales de agua muy elevadas (a veces coinciden con la generación de agua residual).
- Deben confiar en recursos no-convencionales (incluyendo normalmente agua desalinizada y regenerada) ya que suele ser imposible importarla del continente.
- Tienen a menudo un clima suave que favorece la agricultura competitivamente.

## 7. Discusión: situación actual

La gestión actual del agua en climas áridos y semiáridos se caracteriza por una falta de agua estructural, u ocasionalmente temporal, favorecida por los incrementos exponenciales de la demanda, que puede ser contrarrestada en parte por la reutilización del agua residual regenerada.

Se ha aumentado, y aumentará en el futuro, la disponibilidad de la materia prima (agua residual depurada) para reutilización, ya que se está generalizando la depuración del agua residual por la necesidad de mantener la calidad del agua natural y la salud de las poblaciones. Es preciso poner al día la normativa existente sobre depuración y reutilización, especialmente esta última.

Es preciso indicar que:

- El agua regenerada no es la panacea para los problemas de falta de agua.
- La reutilización debe estar complementada con otras soluciones, especialmente la gestión de la demanda.
- Las islas son más sensibles a la escasez de recursos hídricos.
- La escasez de recursos y la necesidad de ofrecer recursos no convencionales pueden potenciar la reutilización.

La gestión de la calidad debe considerar especialmente:

- la salinidad en usos de riego y recarga.
- la salud si hay contactos directos o indirectos del agua con la población.

El análisis a tiempo real es absolutamente necesario tanto en microbiología como en toxicidad.

Deben implantarse herramientas para la gestión correcta del agua regenerada:

- Determinación y gestión del riesgo.
- Buenas prácticas de reutilización.
- Análisis del ciclo de vida.
- Políticas de comunicación (con todos los actores e interesados).
- Principio de precaución.
- Análisis de costes (economía).



En cuanto a las políticas de reutilización hay que indicar que:

- Hasta ahora, la reutilización ha sido una práctica impulsada por los usuarios potenciales en muchos países.
- Estos usuarios han iniciado la reutilización con o sin las bendiciones de las administraciones y sin considerar su punto de vista (si existía).

Se puede afirmar también que ya hace mucho tiempo que la reutilización comenzó a ser una práctica habitual en muchos lugares (1918 en USA, 1950 en el Mediterráneo) y hasta ahora nunca ha alcanzado todo su potencial a pesar de las promesas políticas.

Por otra parte las condiciones actuales de la reutilización (exceso de exigencias de calidad y analíticas) plantean dudas acerca de la sostenibilidad de la práctica.

Se debería invertir más en I+D+I (al menos en España) para potenciar a los centros de investigación, universidades, comunidades de usuarios, etc.

## 8. Conclusiones

Hay que volver a pensar y replantear la integración del agua regenerada en el ciclo antrópico del agua.

¿Va a entender el usuario final toda la parafernalia que acompaña a la reutilización?

Ciertamente, una parte (importante) de los usuarios va a pedir a la administración que les devuelva sus recursos de agua tradicionales, simples y sin problemas burocráticos excesivos.

¿Se van a aplicar teorías de marketing a la gestión y venta del agua regenerada? Hasta ahora todo ha sido "anti-marketing":

- Burocracia
- Recuperación de todos los costes
- Seguridad del agua
- Autocontroles
- Investigación
- ...

NOTA FINAL: Se puede encontrar más información del proyecto AQUAREC "Integrated Concepts for Reuse of Upgraded Wastewater" en [www.aquarec.org](http://www.aquarec.org).

La Comisión Europea financió AQUAREC con el número de contrato EVK1-CT-2002-00130 en la Acción Clave 1 "Uso Sostenible del Agua" de la prioridad Energía, Ambiente y Desarrollo Sostenible del 5º Programa Marco.





# Real Decreto por el que se establece el régimen jurídico de la Reutilización de las aguas depuradas



La Ley 11/2005 de 22 de junio, por la que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, contiene una modificación del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, en la que se ha dado nueva redacción del artículo 109.1 "el Gobierno establecerá las condiciones básicas para la reutilización de las aguas, precisando la calidad exigible a las aguas depuradas según los usos previstos. El titular de la concesión o autorización deberá sufragar los costes necesarios para adecuar la reutilización de las aguas a las exigencias de calidad vigentes en cada momento".

Se mantiene, sin modificación, el apartado 2 del artículo 109, en el que se recoge la obligación de obtener concesión administrativa que quedará sustituida por una autorización cuando quien solicite el aprovechamiento de las aguas depuradas sea el titular de la autorización de vertido que dio lugar a la depuración de dichas aguas.

Se completa la modificación del artículo 109 con la supresión de los apartados 3,4 y 5 del precepto.

Este profundo cambio legislativo exige adaptar los artículos del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, dedicados a la reutilización.

Este real decreto se inscribe, además, en el mandato que el artículo 19.2 de la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad, impone a las autoridades sanitarias de participar en la elaboración y ejecución de la legislación sobre aguas, por lo que en su articulado prevé su intervención en aquellos aspectos de la reutilización de aguas no contemplados en las especificaciones técnicas y que podrían suponer un riesgo para la salud de los ciudadanos. Con el real decreto, se cumple también con el objetivo general previsto en la mencionada Ley General de Sanidad, sobre la necesaria participación de las Administraciones competentes en este ámbito mediante la vigilancia sanitaria, la promoción y la mejora de los sistemas que permiten alcanzar parámetros de calidad de aguas compatibles con la salud de la población.

Se hace preciso establecer una regulación reglamentaria más completa y detallada que posibilite las soluciones necesarias respecto de la reutilización. De este modo, se define el concepto de reutilización y se introduce la denominación de aguas regeneradas, más acorde con las posibilidades de reutilización que la norma establece y ampliamente admitida en la doctrina técnica y jurídica. Se determinan los requisitos necesarios para llevar a cabo la actividad de utilización de aguas regeneradas, los procedimientos para obtener la concesión exigida en la ley así como disposiciones relativas a los usos admitidos y exigencias de calidad precisas en cada caso.

Finalmente, debe destacarse la incorporación de dos anexos; el anexo I recoge los criterios de calidad para la utilización de las aguas regeneradas según los usos. Estos criterios tendrán la consideración de mínimos obligatorios exigibles. Por su parte el anexo II contiene

el modelo normalizado de solicitud que deben presentar quienes deseen obtener la concesión o autorización de reutilización de aguas depuradas.

Este real decreto deroga, con carácter general, cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo en él dispuesto y, en particular, los artículos 272 y 273 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

En el procedimiento de elaboración de esta norma se ha consultado a las comunidades autónomas, a las entidades locales y al Consejo Nacional del Agua.

Debe significarse que aunque el Tribunal Constitucional ha exceptuado de regulación mediante normas reglamentarias las condiciones básicas en una determinada materia, también ha señalado que esta excepción no es absoluta, pudiendo regularse reglamentariamente aquellas materias que por su carácter técnico o coyuntural, como es el caso, hacen imposible una determinación ex lege de sus requisitos básicos.

En su virtud, a propuesta de los Ministros de Medio Ambiente, de Agricultura, Pesca y Alimentación y de Sanidad y Consumo, con la aprobación previa de la Ministra de Administraciones Públicas, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros.

## Capítulo I

### DISPOSICIONES GENERALES

#### *Artículo 1. Objeto.*

Este real decreto tiene por objeto establecer el régimen jurídico para la reutilización de las aguas depuradas, de acuerdo con el artículo 109.1 del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio.

#### *Artículo 2. Definiciones.*

A los efectos de este real decreto se entiende por:

a) Reutilización de las aguas: aplicación, antes de su devolución al dominio público hidráulico y al marítimo terrestre para un nuevo uso privativo de las aguas que, habiendo sido utilizadas por quien las derivó, se han sometido al proceso o procesos de depuración establecidos en la correspondiente autorización de vertido y a los necesarios para alcanzar la calidad requerida en función de los usos a que se van a destinar.

b) Aguas depuradas: aguas residuales que han sido sometidas a un proceso de tratamiento que permita adecuar su calidad a la normativa de vertidos aplicable.



c) Aguas regeneradas: aguas residuales depuradas que, en su caso, han sido sometidas a un proceso de tratamiento adicional o complementario que permite adecuar su calidad al uso al que se destinan.

d) Estación regeneradora de aguas: conjunto de instalaciones donde las aguas residuales depuradas se someten a procesos de tratamiento adicional que puedan ser necesarios para adecuar su calidad al uso previsto.

e) Infraestructuras de almacenamiento y distribución: conjunto de instalaciones destinadas a almacenar y distribuir el agua regenerada hasta el lugar de uso por medio de una red o bien depósitos móviles públicos y privados.

f) Sistema de reutilización de las aguas: conjunto de instalaciones que incluye la estación regeneradora de aguas, en su caso, y las infraestructuras de almacenamiento y distribución de las aguas regeneradas hasta el punto de entrega a los usuarios, con la dotación y calidad definidas según los usos previstos.

g) Primer usuario: persona física o jurídica que ostenta la concesión para la primera utilización de las aguas derivadas.

h) Usuario del agua regenerada: persona física o jurídica o entidad pública o privada que utiliza el agua regenerada para el uso previsto.

i) Punto de entrega de las aguas depuradas: lugar donde el titular de la autorización de vertido de aguas residuales entrega las aguas depuradas en las condiciones de calidad exigidas en la autorización de vertido, para su regeneración.

j) Punto de entrega de las aguas regeneradas: lugar donde el titular de la concesión o autorización de reutilización de aguas entrega a un usuario las aguas regeneradas, en las condiciones de calidad según su uso previstas en esta disposición.

k) Lugar de uso del agua regenerada: zona o instalación donde se utiliza el agua regenerada suministrada.

l) Autocontrol: programa de control analítico sobre el correcto funcionamiento del sistema de reutilización realizado por el titular de la concesión o autorización de reutilización de aguas.

### **Artículo 3. Régimen jurídico de la reutilización.**

1. La reutilización de las aguas procedentes de un aprovechamiento requerirá concesión administrativa tal como establecen los artículos 59.1 y 109 del texto refundido Ley de Aguas.. Será aplicable a la reutilización el régimen jurídico establecido en las secciones 1ª "La concesión de aguas en general" y 2ª "Cesión de derechos al uso privativo de las aguas" del capítulo III del título IV del texto refundido de la Ley de Aguas..



2. No obstante lo establecido en el apartado anterior, en el caso de que la reutilización fuese solicitada por el titular de una autorización de vertido de aguas residuales, se requerirá solamente una autorización administrativa.

3. En el caso de que no coincidan en una misma persona, física o jurídica, la condición de primer usuario de las aguas y de titular de la autorización de vertido se entenderá preferente la solicitud de reutilización que hubiese presentado el titular de la autorización de vertido.

4. La misma preferencia a favor del titular de la autorización de vertido se entenderá reconocida respecto de las solicitudes de concesión de reutilización que presenten terceros que no coincidan con el primer usuario de las aguas.

## Capítulo II

### CONDICIONES BÁSICAS PARA LA REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS DEPURADAS

#### *Artículo 4. Usos admitidos para las aguas regeneradas.*

1. Las aguas regeneradas podrán utilizarse para los usos indicados en el anexo I.A.
2. En los supuestos de reutilización del agua para usos no contemplados en el anexo I.A, el organismo de cuenca exigirá las condiciones de calidad que se adapten al uso más semejante de los descritos en el mencionado anexo. Será necesario, en todo caso, motivar la reutilización del agua para un uso no descrito en el mismo.
3. En todos los supuestos de reutilización de aguas, el organismo de cuenca solicitará de las autoridades sanitarias un informe previo que tendrá carácter vinculante.
4. Se prohíbe la reutilización de aguas para los siguientes usos:
  - a) Para el consumo humano, salvo situaciones de declaración de catástrofe en las que a autoridad sanitaria especificará los niveles de calidad exigidos a dichas aguas y los usos.
  - b) Para los usos propios de la industria alimentaria, tal y como se determina en el artículo 2.1 b) del Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, salvo lo dispuesto en el anexo I.A.3.calidad 3.1c) para el uso de aguas de proceso y limpieza en la industria alimentaria.
  - c) Para uso en instalaciones hospitalarias y otros usos similares.
  - d) Para el cultivo de moluscos filtradores en acuicultura.

- e) Para el uso recreativo como agua de baño.
- f) Para el uso en torres de refrigeración y condensadores evaporativos, excepto lo previsto para uso industrial en el anexo I.A.3.calidad 3.2.
- g) Para el uso en fuentes y láminas ornamentales en espacios públicos o interiores de edificios públicos.
- h) Para cualquier otro uso que la autoridad sanitaria o ambiental considere un riesgo para la salud de las personas o un perjuicio para el medio ambiente, cualquiera que sea el momento en el que se aprecie dicho riesgo o perjuicio.

### **Artículo 5. Criterios de calidad.**

1. Las aguas regeneradas deben cumplir en el punto de entrega los criterios de calidad según usos establecidos en el anexo I.A. Si un agua regenerada está destinada a varios usos serán de aplicación los valores más exigentes de los usos previstos.
2. Los organismos de cuenca, en las resoluciones por las que otorguen las concesiones o autorizaciones de reutilización, podrán fijar valores para otros parámetros o contaminantes que puedan estar presentes en el agua regenerada o lo prevea la normativa sectorial de aplicación al uso previsto para la reutilización. Asimismo, podrán fijar niveles de calidad más estrictos de forma motivada.
3. La calidad de las aguas regeneradas se considerará adecuada a las exigencias de este real decreto si el resultado del control analítico realizado de acuerdo con lo previsto en el anexo I.B cumple con los requisitos establecidos con el anexo I.C
4. El titular de la concesión o autorización de reutilización de aguas es responsable de la calidad del agua regenerada y de su control desde el momento en que las aguas depuradas entran en el sistema de reutilización hasta el punto de entrega de las aguas regeneradas.
5. El usuario del agua regenerada es responsable de evitar el deterioro de su calidad desde el punto de entrega del agua regenerada hasta los lugares de uso.
6. Las responsabilidades previstas en los apartados 4 y 5 se entenderán sin perjuicio de la potestad de supervisión y control de las autoridades ambientales y sanitarias.
7. La concesión de reutilización podrá ser modificada como consecuencia de las variaciones o modificaciones que se aprueben respecto de la concesión otorgada para el uso privativo del agua al primer usuario de la misma.

## Capítulo III

### CONTRATOS DE CESIÓN DE DERECHOS SOBRE AGUAS REGENERADAS

Artículo 6. Características de los contratos de cesión de derechos sobre aguas regeneradas.

1. Los titulares de la concesión de reutilización y los titulares de la autorización complementaria para reutilización de las aguas podrán suscribir contratos de cesión de derechos de uso de agua de acuerdo con lo establecido en los artículos 67 y 68 de la texto refundido de la Ley de Aguas con las siguientes particularidades:

a) El volumen anual susceptible de cesión no será superior al que figure en la concesión o autorización otorgada.

b) La Administración pública al autorizar el contrato suscrito, además de velar por el cumplimiento de los criterios previstos en el artículo 68.3 texto refundido de la Ley de Aguas, observará que se cumplen los criterios de calidad en relación a los usos a que se vayan a destinar los caudales cedidos.

2. Quienes obtienen la concesión o la autorización de reutilización podrán ceder, en los términos que establece el artículo 343 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, con carácter temporal a otro concesionario o titular de derechos de igual rango, la totalidad o parte de los derechos de uso que le correspondan, percibiendo a cambio la compensación económica que establece el artículo 345.2 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico. De igual modo podrán participar en las operaciones de los Centros de Intercambio de Derechos.

## Capítulo IV

### PROCEDIMIENTO PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

*Artículo 7. La reutilización de aguas a través de iniciativas o planes de las Administraciones Públicas.*

1. Con la finalidad de fomentar la reutilización del agua y el uso más eficiente de los recursos hidráulicos, las Administraciones Públicas estatal, autonómica o local, en el ámbito de sus respectivas competencias, podrán llevar a cabo planes y programas de reutilización de aguas. En estos planes se establecerán las infraestructuras que permitan llevar a cabo la reutilización de los recursos hidráulicos obtenidos para su aplicación a los usos admitidos. En dichos planes se especificará el análisis económico-financiero realizado y el sistema tarifario que corresponda aplicar en cada caso. Asimismo, estos planes y programas serán objeto del procedimiento de evaluación ambiental estratégica conforme



a lo establecido en la Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente.

2. En la ejecución de los citados planes y programas, se cumplirán las exigencias establecidas en el artículo 109 del texto refundido de la Ley de Aguas, y en este real decreto respecto de la necesidad de obtener la concesión o autorización de reutilización de aguas por quien vaya a realizar la actividad.

3. Si la explotación se realiza de forma temporal o permanente por alguna de las administraciones públicas, estatal, autonómica o local, la concesión o autorización de reutilización se otorgará a nombre de la misma, o de la entidad o sociedad pública a quien se haya encomendado la ejecución de las infraestructuras o su explotación, que será la responsable del cumplimiento de todas las condiciones impuestas durante los periodos de prueba y explotación.

4. Cuando la explotación de una infraestructura correspondiese a determinados usuarios, será preciso que la Administración pública correspondiente lleve a cabo la entrega de dicha infraestructura formalizando el oportuno documento en el que deberán constar todas las circunstancias en las que se produce la entrega. En particular se mencionará el hecho de que se transfiere a los usuarios, desde ese momento, la concesión o autorización de reutilización del agua y en consecuencia la responsabilidad en el cumplimiento de las condiciones impuestas. En el ámbito de la Administración General del Estado, las Sociedades Estatales de Aguas solicitarán la necesaria concesión o autorización respecto de las instalaciones de reutilización que se le hubieran encomendado en el correspondiente Convenio de Gestión Directa.

5. Cuando la explotación del sistema de reutilización del agua se realice a través de contratos de concesión de obra pública, el concesionario estará obligado a solicitar la correspondiente concesión o autorización de reutilización.

#### ***Artículo 8. Procedimiento para obtener la concesión de reutilización.***

1. Cuando la solicitud de concesión para reutilizar aguas sea formulada por quien ya es concesionario para la primera utilización de las aguas, el procedimiento se tramitará, sin competencia de proyectos, de acuerdo con lo establecido en este artículo.

2. El expediente se iniciará por el concesionario de las aguas para la primera utilización, que a tal efecto deberá presentar su solicitud dirigida al organismo de cuenca territorialmente competente en cualquiera de los lugares designados en el artículo 38 .4 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, y en el modelo normalizado que figura en el anexo II, manifestando en ella su propósito de reutilizar las aguas, con indicación del uso para el que las solicita. Dicho modelo estará disponible en la página Web del Ministerio de Medio Ambiente.

3. El peticionario deberá presentar un proyecto de reutilización de aguas que incluya la documentación necesaria para identificar el origen y la localización geográfica de los puntos de entrega del agua depurada y regenerada; la caracterización del agua depurada; el volumen anual solicitado; el uso al que se va a destinar; el lugar de uso del agua regenerada especificando las características de las infraestructuras previstas desde la salida del sistema de reutilización de las aguas hasta los lugares de uso; las características de calidad del agua regenerada correspondientes al uso previsto así como el autocontrol analítico propuesto como establece el anexo I; el sistema de reutilización de las aguas; los elementos de control y señalización del sistema de reutilización; las medidas para el uso eficiente del agua y las medidas de gestión del riesgo en caso de que la calidad del agua regenerada no sea conforme con los criterios establecidos en el anexo I correspondientes al uso permitido.

4. Cuando el destino de las aguas regeneradas fuese el uso agrícola se acreditará la titularidad de las tierras que se pretenden regar a favor del peticionario o, en el caso de concesiones solicitadas por comunidades de usuarios, el documento que acredite que la solicitud de concesión ha sido aprobada por la Junta General. Se presentará en todo caso una copia actualizada del plano parcelario del catastro, donde se señalará la zona a regar. Cuando las características del agua regenerada superen los valores de los parámetros e indicadores definidos en el "anexo I.A. Uso Agrícola", el organismo de cuenca recabará, de acuerdo con las instrucciones técnicas vigentes, información adicional referida a los parámetros y las características de los cultivos.

5. El organismo de cuenca examinará la documentación presentada e informará sobre la compatibilidad o incompatibilidad de la solicitud con el Plan Hidrológico de cuenca atendiendo, entre otros, a los caudales ecológicos. En el primer caso continuará la tramitación del expediente; en el segundo denegará la solicitud presentada.

Simultáneamente solicitará el informe al que se refiere el artículo 25.3 del texto refundido de la Ley de Aguas, para el que se concede el plazo de un mes, transcurrido el cual, sin que se haya emitido, continuará la tramitación del expediente en los términos previstos en la Ley 30/1992, de 26 de noviembre.

6. A continuación, el organismo de cuenca elaborará una propuesta en la que se establecerán las condiciones en las que podría otorgarse la concesión para reutilizar las aguas. Este condicionado contendrá, entre otros extremos:

- a) El origen y la localización geográfica del punto de entrega del agua depurada;
- b) El volumen máximo anual en metros cúbicos y modulación establecida, caudal máximo instantáneo expresado en litros por segundo.
- c) El uso admitido.
- d) El punto de entrega y el lugar de uso del agua regenerada.

e) Las características de calidad del agua regenerada que deben cumplir los criterios de calidad exigidos para cada uso que se establecen en el anexo I.A de este real decreto, hasta su punto de entrega a los usuarios.

f) El sistema de reutilización de las aguas.

g) Los elementos de control y señalización del sistema de reutilización.

h) El programa de autocontrol de la calidad del agua regenerada que incluya los informes sobre el cumplimiento de la calidad exigida que se determinará conforme establece el anexo I.B y I.C.

i) El plazo de vigencia de la concesión.

j) Las medidas de gestión del riesgo en caso de calidad inadmisibles de las aguas para el uso autorizado.

k) Cualquier otra condición que el organismo de cuenca considere oportuna en razón de las características específicas del caso y del cumplimiento de la finalidad del sistema de reutilización del agua.

7. Elaborada la propuesta de condiciones, se solicitará la conformidad expresa del peticionario que tendrá lugar en el plazo de diez días hábiles. Transcurrido este plazo, el organismo de cuenca notificará la resolución expresa en el plazo máximo de un mes, contado desde que ha tenido constancia de la conformidad.

8. Si el solicitante no estuviera de acuerdo con las condiciones propuestas, presentará motivación justificada que podrá ser o no admitida, dando lugar a resolución expresa de la administración en el plazo de un mes.

9. De no haber respuesta, se denegará la concesión solicitada en el plazo de un mes, contado desde la notificación de la propuesta de condiciones.

### ***Artículo 9. Procedimiento para obtener la autorización de reutilización.***

1. Cuando el titular de la autorización de vertido presente una solicitud para reutilizar las aguas se le otorgará una autorización administrativa, que tendrá el carácter de complementaria a la de vertido, en la que se establecerán los requisitos y condiciones en los que podrá llevarse a cabo la reutilización del agua.

2. Si se solicita la obtención de una autorización de vertido manifestando el propósito de reutilizar las aguas residuales, la autorización de reutilización quedará supeditada al otorgamiento de la autorización de vertido.

3. Para obtener la autorización complementaria a la de vertido será preciso presentar

la solicitud prevista en el anexo II con la información exigida en el artículo 8.3 y, en su caso, 8.4. Dicha solicitud se dirigirá al organismo de cuenca territorialmente competente en cualquiera de los lugares designados en el artículo 38.4 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre.

4. Los sucesivos trámites serán los establecidos en los párrafos 5, 6, 7, 8 y 9 del artículo 8.

**Artículo 10. Procedimiento para quien no es concesionario de la primera utilización ni titular de la autorización de vertido.**

Si quien formula la solicitud de concesión para reutilización es un tercero que no ostenta la condición de concesionario para la primera utilización, ni la de titular de la autorización de vertido de las aguas residuales, se seguirá el procedimiento que establece el Reglamento del Dominio Público Hidráulico para las concesiones en general, previa presentación de la solicitud para obtener la concesión de reutilización de aguas según el modelo del anexo II. La propuesta de condiciones en la que podría otorgarse la concesión para reutilizar las aguas determinará los extremos establecidos en el artículo 8.6 de este real decreto.

**Artículo 11. Disposiciones comunes a la concesión y autorización de reutilización de aguas.**

1. Tanto las concesiones de reutilización como las autorizaciones de reutilización serán inscritas en la Sección A) del Registro de Aguas en la forma que establece el artículo 192 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

2. El incumplimiento de las obligaciones derivadas del condicionado de la concesión o autorización de reutilización será sancionado con arreglo a lo dispuesto en el título VII del texto refundido de la Ley de Aguas.

3. El titular de la concesión o autorización de reutilización deberá sufragar los costes necesarios para adecuar la reutilización de las aguas a las exigencias de calidad vigentes en cada momento y responderá permanentemente de dicha adecuación.

Cuando proceda a juicio de la administración concedente, la sustitución de caudales concesionales por otros procedentes de la reutilización, la administración responderá de los gastos inherentes a la obra en los términos del artículo 61.3 segundo párrafo del texto refundido de la Ley de Aguas.

**Disposición transitoria primera.** Régimen transitorio de las reutilizaciones directas de aguas depuradas con concesión o autorización administrativa vigente.

Las reutilizaciones directas de aguas depuradas que, a la entrada en vigor de este real decreto, cuenten con concesión o autorización administrativa deberán realizar las

adaptaciones que resulten necesarias para poder cumplir las condiciones básicas de la reutilización y las obligaciones impuestas en este real decreto en el plazo de dos años contados desde su entrada en vigor.

**Disposición transitoria segunda.** *Régimen transitorio de los expedientes de reutilización directa de aguas depuradas, iniciados y no resueltos a la entrada en vigor de este real decreto.*

Los expedientes de reutilización directa, iniciados y no resueltos a la entrada en vigor de este real decreto, se resolverán conforme a la legislación vigente al tiempo de su solicitud, sin perjuicio de que una vez otorgada la correspondiente concesión o autorización, el titular de la misma deba realizar, en el plazo de dos años contados desde el otorgamiento de la autorización, las adaptaciones que resulten necesarias para poder cumplir las condiciones básicas de la reutilización y las obligaciones impuestas en este real decreto.

**Disposición derogatoria única.** *Derogación normativa.*

Quedan derogados los artículos 272 y 273 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, así como cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo dispuesto en este real decreto.

**Disposición final primera.** *Carácter básico.*

Este real decreto tiene el carácter de legislación básica sobre sanidad y medio ambiente y sobre contratos y concesiones administrativas, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 149.1.13ª, 16ª, 23ª y 18ª de la Constitución, excepto los artículos 3.3, 8 -salvo el primer párrafo de su apartado 5 que también tiene carácter de legislación básica ambiental de conformidad con lo establecido en el artículo 149.1.23ª-, 9, 10 y 11.1, que serán exclusivamente de aplicación en las cuencas hidrográficas intercomunitarias, cuya gestión corresponde a la Administración General del Estado conforme al artículo 149.1.22ª de la Constitución.

**Disposición final segunda.** *Desarrollo, aplicación y adaptación del real decreto.*

Por los Ministros de Medio Ambiente, de Agricultura, Pesca y Alimentación y de Sanidad y Consumo se dictarán conjunta o separadamente, según las materias de que se trate, y en el ámbito de sus respectivas competencias, las disposiciones que exija el desarrollo y aplicación de este real decreto.

**Disposición final tercera.** *Entrada en vigor.*

El presente real decreto entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el "Boletín Oficial del Estado".







## Comparando la calidad microbiológica de las aguas superficiales, potables, residuales y regeneradas.

¿Cómo proteger la salud  
pública reutilizando aguas regeneradas?



## 1. Infecciones transmitidas por el agua

Numerosas enfermedades infecciosas se transmiten por agua. Los agentes causales de dichas enfermedades se pueden agrupar en cuatro grandes grupos: virus, bacterias, protozoos y metazoos parásitos. Los tres primeros grupos son seres microscópicos, que denominamos microbios o microorganismos. Los metazoos parásitos, del que la solitaria sería un ejemplo, han dejado de ser un problema en los países industrializados.

La principal vía de transmisión de microorganismos a través del agua es la denominada vía fecal-oral, que es aquella en que los microorganismos infectan a los humanos por ingestión y son liberados al medio a través de las heces. En el cuadro 1 se han resumido las principales enfermedades infecciosas de transmisión fecal-oral con indicación de los microbios que las causan. La gran mayoría de ellas son gastroenteritis.

Los microorganismos de transmisión fecal-oral que se transmiten por agua, se transmiten también por contacto persona-persona cuando hay falta de higiene personal, por contacto con superficies contaminadas, por ingestión de alimentos contaminados y por actividades de ocio en aguas contaminadas. Ello hace difícil calcular cual es la fracción de infecciones causadas por estos microbios de transmisión fecal-oral que se deben a la ingestión de agua contaminada.

Estudios epidemiológicos recientes en Estados Unidos han permitido estimar que cada persona sufre aproximadamente una gastroenteritis cada dos años. De un 3 a un 6 % de las mismas serían debidos a la ingestión de agua contaminada. En España y en los países de nuestro entorno europeo, la situación es similar a la de Estados Unidos. El cuadro 2 contiene algunos datos referentes a la incidencia de gastroenteritis agudas (GEAs) en Cataluña y Estados Unidos. El efecto de las infecciones de transmisión fecal oral sobre la salud en los países desarrollados es en el momento actual muy limitado. En cambio, en países en fase de desarrollo el efecto de los microorganismos de transmisión fecal oral sobre la salud de la población es enorme (Cuadro 3). Los últimos datos disponibles indican que siguen muriendo anualmente de diarrea, unos 1.8 millones de personas, la mayoría niños.

## 2. Los microorganismos fecales en el ciclo del agua

¿De donde proceden los microorganismos de transmisión fecal-oral presentes en el agua? Fundamentalmente de las heces y de aquí la denominación de contaminantes fecales y de contaminación fecal a la que tiene su origen en las mismas. En éstas encontramos fundamentalmente y siempre microbios comensales y a veces patógenos. Por estar presentes casi siempre y ser muy abundantes algunos comensales se utilizan como indicadores de contaminación por heces, a la que se denomina contaminación fecal. Entre otras características, los indicadores son mucho más abundantes y mucho más fáciles de detectar y cuantificar que los patógenos. Nos servimos de los microorganismos indicadores para definir la calidad microbiológica del agua y por lo tanto las normativas sobre calidad de la misma se refieren a indicadores. Asimismo, los microorganismos indicadores se utilizan para evaluar la eficiencia de los tratamientos de agua.

Muchos de los patógenos y todos los indicadores utilizados actualmente se originan tanto en el tubo digestivo de humanos como de animales. Se llaman zoonosis a las infecciones causadas por estos patógenos que infectan a humanos y animales. Otros patógenos, en cambio, sólo infectan y causan enfermedad en hombre (antroponosis) y por lo tanto llegan al agua sólo a través de las heces humanas (Cuadro 4). Sin ninguna duda el control de los patógenos capaces de producir zoonosis es mucho más complejo que el control de aquéllos que sólo afectan al hombre.

Los contaminantes fecales ya sean de origen humano o animal llegan al agua y al suelo a través de vertidos puntuales o difusos. Los vertidos puntuales llegan a las aguas superficiales a través de colectores, ya sean urbanos o de industrias agro-alimentarias (por ejemplo mataderos), en tanto que la contaminación difusa llega casi siempre después de pasar por el suelo a donde llega a través de vertidos de fosas sépticas, colectores de pequeños núcleos de población, restos de actividad ganadera (por ejemplo abonado con purines), fauna silvestre, etc.

La cantidad de microbios patógenos e indicadores de origen fecal que encontramos en una determinada masa de agua (río, lago, pantanos, acuífero, etc.) depende fundamentalmente de tres factores: los aportes fecales recibidos, la dilución sufrida por estos y la eliminación de los microorganismos contaminantes de origen fecal, que pueden persistir en el agua pero no multiplicarse.

El tercer factor, muy importante porque se puede influir sobre el mismo es la eliminación de los microorganismos fecales que contaminan un agua o un suelo. Para que un microorganismo fecal humano o animal llegue a ser ingerido por una nueva persona o animal debe superar diversos obstáculos (Cuadro 5). Sólo una fracción de los microorganismos excretados supera estos obstáculos o barreras. Barreras de uno u otro tipo las hay naturales e interpuestas por el hombre. Simplificando los conceptos, la gestión de los dos tipos de barreras es lo que conocemos como saneamiento. Las barreras naturales son aquéllas que se dan en ambientes acuáticos y suelo. Entre las barreras interpuestas por el hombre encontramos los tratamientos de aguas residuales, que se realizan en las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR), los tratamientos de potabilización de agua, que se realizan en las Estaciones de Tratamiento de Aguas Potables (ETAP) y los procesos de higienización de biosólidos.

La cantidad de microorganismos que encontramos en las aguas superficiales y subterráneas que han de servir como recurso para la provisión de agua para cualquier uso dependerá de los tres factores descritos en los párrafos anteriores.

La cantidad de microorganismos indicadores que encontramos en aguas residuales municipales son semejantes en países industrializados y en países en fase de desarrollo. En cambio puede haber una gran variabilidad en cuanto a los patógenos y sus números en aguas residuales, ya que aquéllos dependen del estado higiénico-sanitario de la población. Los datos disponibles en nuestro territorio nos indican que los patógenos que encontramos en algunas aguas residuales así como sus densidades son semejantes a los de los países



industrializados. En el cuadro 6 se han recogido algunos datos referentes a aguas residuales de Barcelona.

Aquellos microorganismos fecales que llegan a las masas de agua dulce ya sea directamente a través de colectores de aguas residuales brutas o depuradas o como arrastre de aquellos que se han vertido en el suelo serán más o menos diluidos y más o menos eliminados en función de diversos factores. Por lo tanto las densidades de microbios de origen fecal en las masas de agua serán muy variables. Por ejemplo en los ríos de Cataluña, de los que disponemos de datos hechos públicos por la Agencia Catalana del Agua (), son frecuentes zonas de los ríos con densidades de indicadores (coliformes fecales y estreptococos fecales) superiores a 1000 por 100 ml (Cuadros 7 y 8) y niveles detectables de algunos patógenos (Cuadro 9).

En cuanto a la presencia de microorganismos en aguas subterráneas es muy difícil generalizar. En un estudio realizado hace unos pocos años en varias Comunidades Autónomas del cuadrante Noreste de la Península Ibérica en el que se analizaron más de 150 aguas de suministro rurales cuyo origen era subterráneo; aproximadamente un 30% contuvieron bacterias indicadoras de contaminación fecal (Méndez et al., 2004). En el cuadro Cuadro 10 se pueden ver algunos ejemplos de la presencia de indicadores en algunos acuíferos de Barcelona y alrededores.

En cambio el agua que llega a las redes de distribución de agua potable suelen ser de buena calidad. Datos obtenidos para Cataluña del Sistema de Información de Aguas de Consumo (<http://sinac.msc.es>) indican un incumplimiento menor de un 1 % en lo que se refiere a indicadores microbiológicos de contaminación fecal. Estos valores son muy semejantes a los que se dan en países de nuestro entorno europeo (Humphrey and Cruickshank, 1985; Reid et al., 2003)

### 3. Riesgos microbiológicos ligados a la reutilización

Las aguas regeneradas a partir de aguas residuales municipales contienen, o pueden contener los mismos microorganismos de transmisión fecal oral que las aguas residuales, si bien sus densidades serán menores en función del tratamiento recibido. En general los tratamientos secundarios de tipo biológico usualmente empleados consiguen unas reducciones de las densidades de microorganismos patógenos e indicadores en el agua que oscilan entre 1.5 y 2 unidades logarítmicas, en el mejor de los casos 2.5 si hay precipitación adicional. En este caso hay muy pocas diferencias en la eficacia con que diferentes patógenos e indicadores son eliminados, y por lo tanto la eficacia de un tratamiento determinada por un solo indicador, por ejemplo coliformes fecales o E. coli, se puede extrapolar a todos los microorganismos con un margen de error muy pequeño. En cambio en tratamientos terciarios, en lo que se refiere a eliminación de microorganismos, hay diferencias importantes tanto en lo que se refiere a la eficacia del tratamiento como a la eliminación de diferentes microorganismos. Hay tratamiento que eliminan más que otros, pero también unos microorganismos son eliminados más eficientemente que otros (Figura 1). Muchos de los tratamientos terciarios usados actualmente, si se gestionan correctamente, proveen un agua

regenerada con una cantidad de microorganismo indicadores y patógenos menores que los encontrados en muchos de nuestros ríos (Cuadro 11). A la hora de plantearse los peligros ligados al uso del agua regenerada hay que considerar que usualmente la reutilización de la misma no prevé la utilización de las barreras naturales. Por lo tanto es necesario extremar las precauciones.

De lo antedicho es obvio que el uso de aguas regeneradas puede comportar algunos peligros de tipo microbiológico. Pero la cuestión no es tanto qué peligros, que ya hemos señalado anteriormente (Cuadro 1), sino el riesgo real asociado a los mismos. Es necesario determinar los riesgos ligados a la reutilización, consensuar los riesgos aceptables entre todos los actores implicados (usuarios, tratadores, administración) y tomar las medidas necesarias para bajar los riesgos por debajo de los aceptables. Sólo una correcta gestión de estos aspectos permitirá convencer a la población de que los riesgos de la reutilización son tolerables. Las medidas para minimizar el riesgo deberán buscar el equilibrio entre rebajar el riesgo y hacer posible la reutilización desde el punto de vista del costo. Actualmente disponemos de suficientes instrumentos para hacerlo, hay que ponerse a trabajar seriamente en ello.

En primer lugar deberemos cuantificar mejor el riesgo ligado a cada uno de los usos del agua regenerada. Aunque imperfectos, hay modelos matemáticos que nos permiten llevar a cabo un análisis cuantitativo del riesgo microbiológico (AQRM). Es cierto que para ir mejorando el AQRM habrá que mejorar la información disponible sobre las variables usadas en el desarrollo de estos modelos, como las densidades de patógenos en aguas residuales brutas y tratadas, las dosis infecciosas de los distintos patógenos, la exposición real que se deriva de los distintos usos del agua regenerada y la susceptibilidad de la población receptora.

Los riesgos aceptables deberán ser consensuados por los actores (administración, usuarios, productores, etc.) a quienes les corresponda. Parece lógico pensar que el riesgo aceptable para aguas regeneradas debe ser igual que el riesgo aceptable para el agua de bebida, sin que ello quiera decir que han de tener la misma calidad ya la exposición ligada a los usos del agua regenerada no es la misma que la de agua de bebida y además puede haber una posterior eliminación de patógenos desde que se produce el agua regenerada hasta el momento de la exposición. En cuanto a los riesgos aceptables, no hay por el momento un acuerdo generalizado. Así mientras la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de Norteamérica considera un riesgo aceptable  $< 10^{-4}$  infecciones causadas por microorganismos de transmisión fecal-oral por persona y año la Organización Mundial de la Salud considera que es aceptable  $< 10^{-6}$  DALYS, que se puede considerar equivalente a  $< 1$  muerto por  $10^5$  enfermos y  $< 10^{-3}$  enfermos por año. Es difícil establecer equivalencias ya que el número de personas que enferman como consecuencia de la infección es difícil de determinar y viene condicionado por diversos factores.

Los riesgos acordados como aceptables nos deberían permitir fijar las densidades de patógenos que no deberían ser sobrepasados en el agua regenerada. Sin embargo hay grandes dificultades técnicas en estas determinaciones. Debemos tener en cuenta para este propósito que algunas técnicas, muy en boga actualmente, basadas en la amplificación de fragmentos de ácidos nucleicos (PRC, RT-PCR, NASBA, etc.), no siempre dan valores que



corresponden a los valores de microorganismos que mantienen la capacidad infecciosa. Por lo tanto hay que recurrir a microorganismos indicadores.

Con el fin de garantizar que la reutilización de agua regenerada comporte unos riesgos aceptables se han establecido normas, que por el momento son bastante discordantes, debido posiblemente a que hay algunas diferencias en lo que se refiere al riesgo considerado como aceptable así como a la falta de información sobre las relaciones numéricas entre indicadores y patógenos tanto en aguas residuales brutas como en aguas regeneradas. Sirvan como ejemplo de estas diferencias los límites fijados para algunos indicadores en diferentes normas sobre la calidad de agua regenerada para uso no restringido en agricultura (Cuadro 12). No hay duda de que se debe ir obteniendo más información para disponer de una legislación que, como hemos señalado anteriormente, proteja a la población y haga factible la reutilización.

Nuestro punto de vista es que en condiciones normales los criterios de calidad microbiológica establecidos en el Real Decreto 1620/2007 deben ser suficientes para evitar cambios perceptibles en la prevalencia de infecciones de transmisión hídrica en aquellos entornos en que se reutilice. Otra cuestión es la percepción que pueda tener la población y la presión en contra de la reutilización que pueda ejercer la población o los medios de comunicación, seguramente inevitable si no se da la información adecuada. Para ello, deberíamos esforzarnos en disponer de análisis de riesgo fiables para cada uno de los usos del agua en nuestro entorno.

Además, para prevenir espirales no deseadas de oposición a la reutilización, que podrían dar al traste con los esfuerzos que se están realizando, se deberían evitar incidentes de funcionamiento que den origen a brotes infecciosos que se identifiquen con el uso de agua regenerada. Para ello quizás sería deseable introducir algún indicador adicional. Pensamos que un criterio de calidad basado en bacteriófagos (Jofre y Lucena, 2006) sería mucho más factible y útil que el criterio basado en huevos de helminto, que es caro de realizar y, debido al bajo número de huevos de helminto detectados en las aguas residuales brutas, muy poco informativo. Asimismo pensamos que sería conveniente establecer una gestión de las plantas basada en los principios de Análisis de Peligros y Control de Puntos Críticos (APCPC), tan sencillos como se quiera, pero diseñados o establecidos a partir de datos obtenidos en cada planta de regeneración.

## 4. Bibliografía

- Bosch, A, F. Lucena and J. Jofre. 1986. Fate of human enteric viruses (rotaviruses and enteroviruses) in sewage after primary sedimentation. *Wat. Sci. Technol.* 18: 47-52.
- Craun, M., G. Craun, R. Calderon, and M. Beach. 2006. Waterborne outbreaks reported in the United States. *J. Water Health* 4: 19-31.
- Gobierno de España. Ministerio de la Presidencia. 2007. Real Decreto 1620/2007 que regula el Régimen Jurídico de la Reutilización de Aguas Depuradas. *B.O.E.* 294: 50639-50661



- Humphrey, J.T and J.G. Cruickshank. 1985. The potability of rural supplies – a pilot study. *Community Med.* 7: 43-47.
- Jofre, J. y F. Lucena. 2006. Los bacteriófagos, un instrumento útil en la gestión de la calidad microbiológica del agua regenerada. *Tecnología del Agua* 271: 56-68
- Lucena, F., A.E. Duran, A. Moron, E. Calderon, C. Campos, C. Gantzer, S. Skraber and J. Jofre. 2004. Reduction of bacterial indicators and bacteriophages infecting fecal bacteria in primary and secondary wastewater treatments. *J. Appl. Microbiol.* 97:1069-1076.
- Lucena, F., F. Ribas, A.E. Duran, S. Skraber, C. Gantzer, C. Campos, A. Morón, E. Calderón and J. Jofre. 2006. Occurrence of bacterial indicators and bacteriophages infecting enteric bacteria in groundwater in different geographical areas. *J. Appl. Microbiol.* 101: 96-102.
- Méndez, J., A. Audicana, M. Cancer, A. Isern, J. LLaneza, B. Moreno, M. Navarro, M.L. Tarancón, F. Valero, F. Ribas, J. Jofre and F. Lucena. 2004. Assesment of drinking water quality using indicator bacteria and bacteriophages. *J. Wat. Health* 2: 201-214.
- Mocé, L. 2004. Avenços metodològics en la detecció de virus entèrics en aigües. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
- Montemayor, M., F. Valero, J. Jofre and F. Lucena. 2005. Occurrence of *Cryptosporidium* spp. in oocysts in raw and treated sewage and river water in North-eastern Spain. *J. Appl. Microbiol.* 99: 1455-1462.
- Muniesa, M., A.R. Blanch, F. Lucena and J. Jofre. 2005. Bacteriophages may bias outcome of bacterial enrichment cultures. *Appl. Environ. Microbiol.* 71: 4269-4275.
- Muniesa, M., F. Lucena, and J. Jofre. 1999. Comparative survival of free shiga toxin 2-encoding phages and *Escherichia coli* strains outside the gut. *Appl. Environ. Microbiol.* 65: 5615-5618.
- Muniesa M., J. Jofre, C. García-Aljaro and A.R. Blanch. 2006. Occurrence of *Escherichia coli* O157:H7 and other enterohemorrhagic *Escherichia coli* in the environment. *Environ. Sci. Technol.* 40: 7141-7149.
- Rodriguez, S. y R. Araujo. 2006. Comunicación personal.
- Reid, D.C., A. C. Edwards, D. Cooper, E. Wilson and B. MCGaw. 2003. The quality of drinking water from private water supplies in Aberdeenshire, UK. *Wat. Res.* 37: 245-254.
- Roy, S., E. Scallan and M. Beach. 2006. The rate of acute gastrointestinal illness in developed countries. *J. Wat. Health* 4: 31-71.
- U.S.EPA. 2004. Guidelines for Water Reuse. Report EPA/625/R-04/108. Environmental Protection Agency. Washington D.C. USA.



- World Health Organization. 2002a. Guidelines for the safe use of wastewater in Agriculture. Draft. Geneva. Switzerland.
- World Health Organization. 2002b. Global Burden of Disease Estimates 2001. Geneva. Switzerland.

## 5. Anexos

Cuadro 1. Principales enfermedades infecciosas de transmisión fecal - oral

Enfermedad	Patógeno
Artritis (no crónica)	Giardia, Salmonella, Campylobacter
Meningitis aséptica	Echovirus, Coxsakievirus
Cáncer, úlcera de estómago o duodeno	Helicobacter pylori
Cólera	Vibrio cholerae
Diarrea y gastroenteritis (GEAs)	Norovirus i sapovirus, rotavirus, astrovirus, algunos enterovirus, adenovirus enteropatógenos Giardia, Cryptosporidium Salmonella, Shigella, Campylobacter, E. coli enteropatógenas, Aeromonas
Problemas cardiacos	Coxsakievirus B
Diabetes, insulina-dependiente (?)	Coxsakievirus B
Problemas renales	E. coli O157:H7, Cyclospora
Hepatitis	Virus de la hepatitis A, Virus de la hepatitis E
Poliomielitis (en vías de erradicación)	Poliovirus

Cuadro 2. Algunos datos comparativos sobre la incidencia de gastroenteritis agudas (GEAs) en Estados Unidos y Cataluña.

	USA (1991-2002)	CATALUÑA (1995-2006)
Episodios de GEA por persona y año	0.56	Aproximadamente 0.5
GEAs estimadas (ligadas a agua - 3 a 6 %)	(4.200.000-11.690.000)	3.500.000 (105.000-200.000)
GEAs declaradas (ligadas a agua)	? - ?	350.000 - ?
Brotos ligados a agua por año	20	7
Casos por año en brotes	39.000 (2.557 excluyendo brote de Cryptosporidium de Milwaukee)	317
Aún el % más alto de brotes son sin agente identificado. Por los síntomas y el periodo del año se supone que son virus o protozoos	No identificados Giardia, Cryptosporidium, Norovirus, Shigella, Campylobacter, Salmonella, E. coli O157:H7	No identificados Norovirus, Shigella, Campylobacter, Salmonella, E. Coli enteropatógenas

Los datos de USA has sido extraídos de Roy et al., 2006 y de Craun et al, 2006.  
Los de Cataluña del Butlletí Epidemiològic de Catalunya ([www.gencat.net/salut/depsa/units/sanitat](http://www.gencat.net/salut/depsa/units/sanitat))

**Cuadro 3. Contribución de las gastroenteritis agudas a la totalidad de las enfermedades**

	Global	Países industrializados	Países en fase de desarrollo
DALYs * (%)	5.7	Aprox. 1	8.5
Mortalidad (%)	4.0	<0.01	7.7 - 1.800.000 muertes anuales

\* DALYs (Disability-adjusted life years) es un concepto usado por la OMS para valorar la importancia de los distintos tipos de enfermedad que incluye no solo mortalidad, sino también años perdidos de vida y duración y grado de incapacitación durante los episodios de enfermedad. Datos de WHO, 2002b.

**Cuadro 4. Algunos ejemplos de microorganismos patógenos causantes de zoonosis y antroposis**

Zoonosis	Campylobacter, Salmonella no thyphi, E. coli enteropatógenas (ej. O157:H7), Cryptosporidium, Shigella no dysenteriae, etc.
Antroposis	Salmonella typhi, Vibrio cholerae, Shigella dysenteriae, Helicobacter pilorii, virus de la hepatitis A, virus de la poliomielitis, etc.

**Cuadro 5. Microorganismos indicadores (valores medios) y patógenos (rangos) de transmisión fecal oral en aguas residuales del área de Barcelona**

Microorganismo	Densidades (por 100ml)	Referencia
Coliformes fecales	$2 \times 10^7$	Lucena et al., 2004
Estreptococos fecales	$2 \times 10^6$	Lucena et al., 2004
Esporas de clostridios	$5 \times 10^5$	Lucena et al., 2004
Colifagos somáticos	$8 \times 10^6$	Lucena et al., 2004
Salmonella ssp	$10^2 - 10^3$	Muniesa et al., 2005
E. coli enteropatógenas	$10^3 - 10^4$	Muniesa et al., 2006
Campylobacter ssp	$10^2 - 10^3$	Rodríguez i Araujo, 2006.
Cryptosporidium ssp	$10^1 - 10^2$	Montemayor et al., 2005
Enterovirus	$10^1 - 10^3$	Mocé, 2004
Rotavirus	$10^1 - 10^3$	Bosch et al., 1986

**Cuadro 6. Barreras encontradas por los patógenos e indicadores desde los excrementos hasta ser ingeridos por un nuevo huésped**

Separación	Sedimentación Adsorción al suelo o a filtros Retención por filtración	Sólo implica cambio de compartimento, pueden volver al sistema
Antroponosis	Factores físicos: calor, radiaciones, desecación, etc. Factores químicos: pH, amonio, fuerza iónica, desinfectantes, etc. Factores biológicos: "grazing", agentes virucidas, etc.	Implica eliminación definitiva

**Cuadro 7. Valores (por 100 ml) de indicadores bacterianos encontrados en el río Segre correspondientes a los muestreos mensuales del año 2005. Datos hechos públicos por la Agencia Catalana del Agua ([http://mediambient.gencat.net/aca/xarxes\\_de\\_control.jsp](http://mediambient.gencat.net/aca/xarxes_de_control.jsp))**

	Motferrer y Castellbó*	Camarasa **	Termens	Torres del Segre
	Curso alto	Curso medio	Curso medio-bajo	Curso bajo
<b>Coliformes fecales</b>				
Min-max	200-13000	<1 - 70	50-2900	92-2200
Valor medio	5900	17	940	800
<b>Streptococos fecales</b>				
Min-max	300-22000	<1- 335	<10-875	<10-4050
Valor medio	4500	47	280	680

\* El río ha recibido el impacto del río Valira procedente de Andorra y de las aguas residuales depuradas de la Seu d'Urgell.  
\*\* El punto de muestreo se encuentra después de un embalse.

**Cuadro 8. Valores (por 100 ml) de indicadores bacterianos encontrados en el río Ter correspondientes a los muestreos mensuales del año 2005. Datos hechos públicos por la Agencia Catalana del Agua ([http://mediambient.gencat.net/aca/xarxes\\_de\\_control.jsp](http://mediambient.gencat.net/aca/xarxes_de_control.jsp))**

	Motferrer y Castellbó*	Camarasa **	Termens	Torres del Segre
	Curso alto	Curso medio	Curso medio-bajo	Curso bajo
<b>Coliformes fecales</b>				
Min-max	< 1 - 157	200- 4100	1-14	<100-4700
Valor medio	23	1400	5.7	1600
<b>Streptococos fecales</b>				
Min-max	<1-192	60-1200	<1 - 16	10-1700
Valor medio	23	690	5.4	370

\* El punto de muestreo se encuentra después de un conjunto de 3 embalses en serie.

Cuadro 9. Densidades de E. coli (indicador) y algunos patógenos en un punto del curso bajo del río Llobregat

Microorganismo	Densidad	Referencia
E. coli	5x10 <sup>3</sup> por 100 ml	Muniesa et al., 1999
Campylobacter ssp	1 por 100 ml	Rodríguez i Araujo, 2006
Enterovirus	1 por litro	Mocé, 2004
Cryptosporidium ssp	1 por litro	Montemayor et al, 2005

Cuadro 10. Detección de diversos indicadores en aguas subterráneas

Microorganismo (% positivos en 100 ml)	Acuífero Llobregat	Acuífero Tordera	Barcelona
Coliformes fecales (por 100 ml)	0	27.0	24.0
Enterococos fecales (por 100 ml)	21.5	20.0	52.0
Esporas de clostridios (por 100 ml)	7.0	33.3	48.0
Colifagos somáticos (por 100 ml)	10.7	53.3	32.0

Datos extraídos de Lucena et al., 2006

Cuadro 11. Densidades de indicadores y patógenos en agua regenerada en la Planta Castell-Platja d'Aro- Consorci Costa Brava (CCB).

Datos disponibles en la Web  
(<http://www.ccbgi.org>) del CCB.

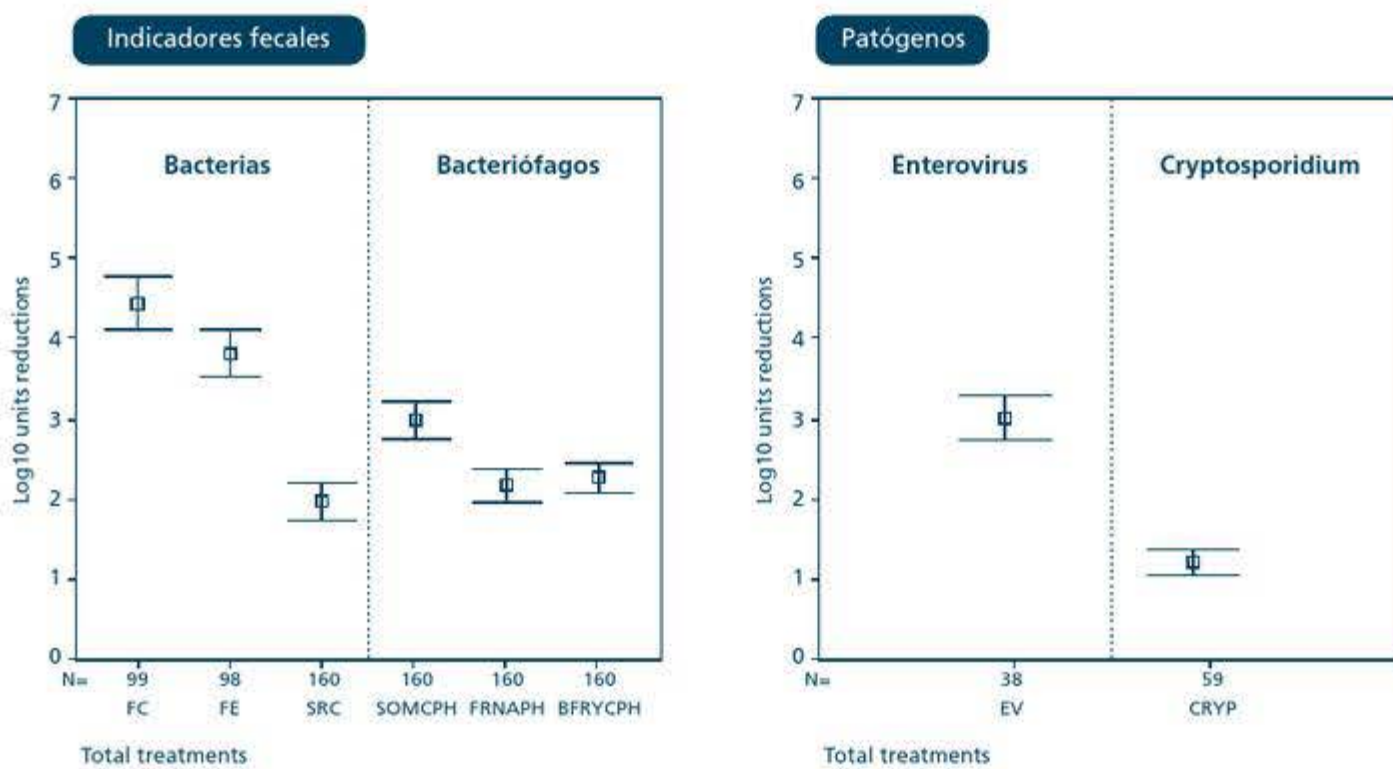
Microorganismo	Efluente secundario	Efluente terciario (media geométrica)	Efluente terciario (valor máximo)
Coliformes fecales (por 100 ml)	5.5	≤ 1.22	2.2
Enterococos fecales (por 100 ml)	4.5	≤ 1.0	1.5
Esporas de clostridios (por 100 ml)	3.8	≤ 1.8	2.8
Colifagos somáticos (por 100 ml)	4.8	≤ 2.5	3.2
Enterovirus (por litro)	≤ 1.3	≤ -1.9	≤ -1.6
Cryptosporidium (por litro)	≤ 0.63	≤ -0.07	1.7

Datos extraídos de Lucena et al., 2006

Cuadro 12. Valores límite de E. coli para riego agrícola no restringido en diferentes regulaciones.

Parámetro	WHO	EPA	Real Decreto 1620/2007
Huevos de helmintos (por litro)	< 1	No contemplado	< 0.1
E. coli (por 100 ml)	<1000	0	< 100

Figura 1. Reducciones logarítmicas de distintos grupos de microorganismos sometidos a diferentes tratamiento terciarios. Se han agrupado datos correspondientes a varios tratamientos (De Ana Costán et al., Swansea HRWM-IWA- Meeting, 2005).







# Situación de la Reutilización en la Macaronesia europea

El caso particular de Lanzarote





## 1. Situación de la Reutilización en la Macaronesia europea

La gestión sostenible de los recursos hídricos reviste enorme importancia de manera especial en entornos insulares. Las islas de la Macaronesia presentan problemas específicos concernientes al abastecimiento de agua, y como consecuencia del aislamiento y lejanía del continente, la gestión sostenible de aquella se hace indispensable (Shelef y Azov, 1996; Lazarova et al., 2001; Delgado et al., 2003). El desarrollo económico y demográfico experimentado por las islas afecta de manera directa a la disponibilidad y gestión de estos recursos.

La principal actividad económica de la Macaronesia la constituye el sector terciario, que representa más del 75% del producto interior bruto de Madeira y Canarias. Sin embargo, en demanda hídrica sigue siendo la agricultura, con diferencia, la actividad que mayor volumen consume. Las aguas subterráneas han sido el principal y casi exclusivo tradicional recurso hídrico de las islas. No obstante, cada isla presenta peculiaridades de tipo geográfico y climático que hacen que la disponibilidad de agua subterránea difiera notablemente entre las mismas. Así, el archipiélago de Azores, la isla de Madeira y las islas Canarias más occidentales como La Palma y La Gomera disponen de abundantes recursos convencionales que les han permitido, hasta el momento, no tener que recurrir a recursos alternativos. Por el contrario, en las islas Canarias orientales y la isla de Porto Santo (archipiélago de Madeira) desde hace décadas ha sido necesario desalar agua para poder abastecer a la población.

La reutilización del agua depurada comenzó en las Islas Canarias a finales del siglo XX (años 80 y 90) como consecuencia de la sobreexplotación de los acuíferos, con el fin de satisfacer la demanda de agua, especialmente con fines de riego agrícola. Desde entonces se han desarrollado varios sistemas de reutilización de agua depurada en las islas de Tenerife, Gran Canaria, Fuerteventura, Lanzarote y Porto Santo. Además de la reutilización del agua, en estas islas ha sido necesario recurrir a la desalación de agua de mar o salobre para el abastecimiento de agua potable. La reutilización del agua depurada ha surgido como una necesidad en aquellas islas en las que no es posible satisfacer el consumo de agua con los recursos tradicionales existentes. Así, la reutilización aparece como resultado de la escasez del agua, de forma que las islas con suficientes recursos convencionales todavía no han tomado en consideración la reutilización del agua depurada. La cuestión que se plantea es si disponiendo de agua depurada de buena calidad para su reutilización, ésta sólo debería ser usada cuando escaseen los recursos tradicionales, o si debería reutilizarse en cualquier caso (como una medida de conservación del medio ambiente).

En las islas en las que se está reutilizando el agua depurada el casi único destino es el riego, tanto agrícola como de campos de golf y parques y jardines, como se puede ver en la Tabla 1. La agricultura sigue jugando un papel importante en la demanda de agua para riego en las islas de Tenerife y Gran Canaria, representando el 66,4 y el 42,9% del consumo de agua depurada, respectivamente.

Tabla 1. Destinos del agua depurada y volúmenes anuales reutilizados en Macaronesia en 2005 (Hm<sup>3</sup>).

Uso	Lanzarote	Fuertev.	G.Canaria	Tenerife	P. Santo	Total
Agricultura	0,40	0,00	4,00	5,85	0,00	10,25
Parques/jardines/campos de golf	1,21	5,63	5,34	2,92	0,43	15,53
Otros	-	-	-	0,04	-	0,04
<b>Total</b>	<b>1,61</b>	<b>5,63</b>	<b>9,34</b>	<b>8,81</b>	<b>0,04</b>	<b>25,82</b>

En Tenerife existe un único sistema de reutilización que se abastece del agua procedente de las depuradoras de Santa Cruz y de Adeje-Arona, que comenzó a operar en 1993. Casi la totalidad del agua que se reutiliza tiene como destino el riego de plataneras y de campos de golf, en el sur de la isla, existiendo una fracción pequeña que se destina al riego de parques y jardines de la ciudad de Santa Cruz (11,3%). El volumen de agua reutilizada, en el año 2005, fue de 8,8 Hm<sup>3</sup>. En Gran Canaria más del 80% del agua residual depurada que se reutiliza procede de cinco grandes depuradoras localizadas en los municipios de Las Palmas de Gran Canaria, Telde, Agüimes, San Bartolomé de Tirajana y Mogán. Su principal destino es el riego de parques y jardines y campos de golf (57,1%, principalmente en la zona sur de la isla) y el riego agrícola (42,9%, platanera y tomates, fundamentalmente en la zona este y norte de la isla). El volumen de agua reutilizada en el año 2005 fue de 9,3 Hm<sup>3</sup>.

En las islas con una economía basada casi exclusivamente en el turismo el principal destino del agua depurada es el riego de campos de golf y parques y jardines, sobre todo de zonas turísticas (Lanzarote y Fuerteventura). Se debe resaltar que muchos de estos espacios verdes existen gracias a la incorporación de la reutilización del agua como recurso alternativo a los casi inexistentes recursos convencionales. La reutilización del agua depurada juega un papel clave en el desarrollo económico de estas islas.

En la isla de Fuerteventura el agua que se reutiliza procede tanto de depuradoras públicas (12) como privadas (42) pertenecientes a complejos turísticos. De hecho, el volumen de agua que se reutiliza de plantas privadas es muy superior al de las públicas. No debe extrañar, por tanto, que el principal destino del agua depurada sea el riego de parques y jardines (92,9%), sobre todo en áreas turísticas, fundamentalmente en el municipio de Pájara. En la isla de Porto Santo (archipiélago de Madeira) existe un sistema de reutilización de agua depurada cuyo único destino es en la actualidad el riego de un campo de golf. En Fuerteventura y en Tenerife la mayor parte del agua que se somete a un tratamiento secundario es posteriormente reutilizada (alrededor del 80% en ambos casos). Pero es

preciso indicar que este valor, si bien es notablemente alto, sería considerablemente inferior si consistiera en el porcentaje de agua residual generada en la isla que finalmente se reutiliza, puesto que tanto Tenerife como Fuerteventura presentan niveles de recogida y tratamiento de aguas residuales algo bajos hoy en día. La isla de Gran Canaria presenta niveles de recolección y tratamiento de aguas residuales bastante altos, pero sólo una fracción del agua que se depura es finalmente reutilizada (28%).

En la Tabla 2 se presenta el crecimiento que ha experimentado la reutilización del agua depurada en Macaronesia en el periodo 2000-05. Se observa claramente cómo en las islas con mayor experiencia en reutilización (Tenerife y Gran Canaria) el volumen de agua reutilizada ha experimentado un crecimiento moderado en estos años. En el caso concreto de la isla de Tenerife se aprecia un estancamiento de la reutilización del agua depurada (crecimiento del 0,7%), que se puede atribuir a un conjunto de factores, entre los cuales figuran, por un lado, la limitación del volumen de agua depurada que se puede reutilizar debido a la capacidad de los sistemas de transporte y almacenamiento y de tratamiento terciario, que en algunos casos han alcanzado la capacidad máxima, y por otro lado la competencia que representa en los últimos años la desalación, debido al abaratamiento de los costes asociados a la misma. Las islas de Lanzarote y Fuerteventura, en las que la reutilización comenzó más recientemente, han experimentado un crecimiento espectacular, precisamente por partir de volúmenes muy bajos de reutilización en el año 2000.

Tabla 2. Evolución del volumen de agua reutilizada en Macaronesia en el periodo 2000-2005 (Hm<sup>3</sup>).

	Lanzarote	Fuertev.	Gran Canaria	Tenerife	Porto Santo	Total
2000	0,93	1,40	8,40	8,75	0,40	19,88
2005	1,85	5,63	9,34	8,81	0,43	26,06
% crecimiento	98,9	302,2	11,2	0,7	8,5	31,1

## 2. El caso particular de Lanzarote

En Lanzarote se han visto forzados a desalar el agua de mar desde hace varias décadas para poder satisfacer la demanda hídrica de la isla. La mayor parte del agua que se desala tiene como destino el uso urbano y turístico (5,3 y 6,7 Hm<sup>3</sup>, respectivamente, en 2006), siendo la demanda hídrica agrícola considerablemente pequeña (0,6 Hm<sup>3</sup>, ese mismo año).

En cuanto a la recolección y al tratamiento del agua residual, ambos apartados han experimentado un crecimiento vertiginoso en la isla en los últimos años, pasando de 1,9

Hm<sup>3</sup> en 1997 a 6,2 Hm<sup>3</sup> en 2005. Así, en la actualidad Lanzarote presenta uno de los índices de recolección y depuración más elevados de Canarias. En concreto, en 2006, el 80,6% del agua residual producida en la isla se somete a tratamiento secundario. La mayor parte del agua residual recogida se trata en las depuradoras de Costa Teguisse, Arrecife, Tías y Playa Blanca, que son, a su vez, las estaciones que aportan los mayores volúmenes de agua depurada al sistema de reutilización de la isla. Las principales características de las mismas se presentan en la Tabla 3. Todas las depuradoras de la isla constan de tratamientos convencionales de lodos activos, excepto la de Haría que alberga un sistema de biorreactor de membranas. Asimismo, todas ellas disponen de tratamientos terciarios (sistemas de ultrafiltración o combinados de microfiltración y ósmosis inversa, excepto Haría que dispone sólo de ósmosis inversa), con capacidad para tratar a nivel avanzado la mayor parte del agua que se depura en la isla.

Tabla 3. Características de las estaciones depuradoras de agua residual de Lanzarote con reutilización (2006).

Depuradora		Arrecife	Tías	Costa Teguisse	Playa Blanca	Haría	Total*
Trat. secundario	Caudal diseño (m <sup>3</sup> /d)	8.000	8.000	5.000	2.250	400	23.650
	Caudal real (m <sup>3</sup> /d)	6.000	6.400	3.500	1.100	230	17.230
Trat. terciario	Caudal diseño (m <sup>3</sup> /d)	6.000	6.000	5.000	1.500	400	18.900
	Caudal real (m <sup>3</sup> /d)	700	1.575	10	230	50	2.565
% secundario sometido a terciario		11,7	24,6	0,3	21,2	100	14,9
Caudal agua reutilizada (m <sup>3</sup> /d)		700	1.575	2.500	230	50	5.055
% agua reutilizada		11,5	24,6	71,4	21,2	20,1	29,3

\* Sin contar la depuradora de Famara, que no dispone de reutilización.

De acuerdo a la política de reutilización que se sigue en Lanzarote, en general sólo se somete a tratamiento terciario el agua depurada que tiene como destino el uso agrícola, aplicándose en riego de zonas verdes agua procedente del tratamiento secundario. Así, en la actualidad los volúmenes de agua depurada sometidos a tratamiento terciario son relativamente bajos, respecto a los que se podrían alcanzar, teniendo en cuenta la capacidad de tratamiento instalada (Tabla 3). Asimismo, se aprecia claramente cómo la fracción de agua depurada que finalmente se reutiliza es, en general, relativamente baja, excepto en la depuradora de Costa Teguisse, donde se reutiliza el 71,4% del efluente secundario en riego de zonas verdes (principalmente en un campo de golf).

En la actualidad, la mayor parte del agua se reutiliza en el riego de zonas verdes (campos de golf y parques y jardines, 69,9%) y sólo el 30,1% tiene como destino el riego

agrícola, habiéndose distribuido en 2006 un total 1,85 Hm<sup>3</sup> de agua depurada (Tabla 4). Es destacable el crecimiento experimentado por la reutilización de agua en la isla en el periodo 2000-2005, durante el cual se pasó de 0,9 a 1,85 Hm<sup>3</sup> de agua distribuida en los distintos usos. En la actualidad se avanza en el desarrollo del sistema de distribución con el fin de hacer posible el riego con agua depurada en zonas alejadas de las estaciones de tratamiento. Hoy en día la reutilización se está llevando a cabo en zonas próximas a las estaciones depuradoras.

Tabla 4. Usos del agua depurada en Lanzarote (2006).

Uso	Arrecife	Tias	Costa Teguise	Playa Blanca	Haría	Total*	%
Agricultura (m <sup>3</sup> /año)	205.000	345.000	0	0	0	550.000	30,1
Campos de golf (m <sup>3</sup> /año)	0	0	547.000	0	0	547.000	29,9
Parques/Jardines (m <sup>3</sup> /año)	51.000	230.000	365.000	85.000	17.000	748.000	40,0
Total (m <sup>3</sup> /año)	256.000	575.000	912.000	84.000	17.000	1.845.000	100

Es preciso destacar que, teniendo en cuenta la capacidad de tratamiento terciario instalada en la isla, sería posible llegar a tratar la mayor parte del efluente secundario que se produce en las plantas de tratamiento, aumentando así la disponibilidad de agua depurada de elevada calidad, y haciendo posible satisfacer prácticamente toda la demanda hídrica de la isla para riego agrícola y de zonas verdes, siempre que el agua de que se dispusiera tuviera la calidad agronómica adecuada y la infraestructura de reutilización lo permitiera.

### 3. Obstáculos a los que se enfrenta la reutilización del agua

Como ya se indicó anteriormente, los volúmenes de agua depurada que se reutilizan en las islas son relativamente pequeños, en comparación con los volúmenes de agua depurada producidos en las estaciones de tratamiento (especialmente en Gran Canaria y Lanzarote). Este hecho está relacionado con que, con frecuencia, el agua depurada susceptible de ser reutilizada (de calidad adecuada y con garantía de suministro) se produce en puntos muy localizados, por lo general en grandes estaciones de tratamiento, habitualmente alejados de las zonas demandantes de agua depurada para reutilización, lo que implicaría la construcción de complejas infraestructuras de transporte y almacenamiento. Por otro lado, en ocasiones la orografía es muy abrupta y dificulta el transporte tanto del agua residual bruta para su tratamiento como la depurada para su reutilización. Asimismo, cuando la

demanda de agua es el riego agrícola, la frecuente estacionalidad de los cultivos requiere disponer de grandes depósitos de almacenamiento que ocupan grandes extensiones de terreno y que resultan muy difíciles de ubicar en las islas. Además de todo esto, la frecuente mala calidad agronómica de las aguas depuradas para riego agrícola (alto contenido en sales disueltas) obliga a desalar el agua, con el consiguiente aumento de los costes de tratamiento. Todos estos factores se suman y hacen que la cantidad de agua depurada finalmente susceptible de ser reutilizada sea relativamente pequeña.

Otro factor que influye negativamente en el desarrollo de la reutilización del agua es la desalación de agua de mar, que con los últimos avances en las tecnologías se ha vuelto cada vez más viable económicamente y se ha convertido en una alternativa a la reutilización. A este respecto, la existencia de varios organismos pertenecientes a diferentes niveles de la administración (desde la local o insular hasta la autonómica o estatal) con competencias relacionadas con la reutilización del agua (áreas de medio ambiente, agricultura, aguas, infraestructuras o sanidad) hace que sea difícil llevar a cabo una gestión integrada de los recursos hídricos, que contemple la desalación y reutilización de manera coherente, como recursos complementarios. El escenario actual debería cambiar en el futuro si se pretende conseguir una gestión sostenible de los recursos hídricos. Comparada con la desalación de agua de mar, según estudios recientes la reutilización del agua depurada debería ser una solución económicamente viable de cara a paliar la escasez del agua (Xu et al., 2003).

Finalmente, otro obstáculo al que se ha tenido que enfrentar la reutilización del agua depurada ha sido la ausencia hasta ahora de una normativa que la regule y que minimice el riesgo asociado a dicha práctica. El uso de normativas sobre reutilización resulta fundamental (Marecos do Monte et al., 1996; Angelakis et al., 1999) y la aplicación del recientemente aprobado Real Decreto 1620/2007 sobre reutilización de las aguas depuradas (Ministerio de la presidencia, 2007) contribuirá sin duda al uso de las mismas con garantías de seguridad y redundará en una aceptación mucho más amplia. Hasta el momento sólo tres comunidades autónomas habían desarrollado algún tipo de regulación para la reutilización del agua depurada para riego (Salgot y Pascual, 1996).

## 4. Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado dentro del marco del Proyecto AQUAMAC II - Técnicas y Métodos para la Gestión Sostenible del Agua en la Macaronesia – financiado por el Programa INTERREG III B “Azores-Madeira-Canarias”, en el cual participan como socios diferentes agentes de estos tres archipiélagos: el Instituto Tecnológico de Canarias, Direcção Regional do Ordenamento do Território e Recursos Hídricos - Secretaria Regional do Ambiente e do Mar da Região Autónoma dos Açores, IGA – Investimentos e Gestão da Água, S.A de Madeira; los Consejos Insulares de Aguas de Gran Canaria y Tenerife, el Cabildo de Lanzarote, Icodemsa, la Universidad de Madeira y la Mancomunidad del Sureste de Gran Canaria. Los autores desean agradecer a todos los socios del Proyecto y demás organismos y empresas que han colaborado suministrando la información necesaria para la ejecución del estudio, así como al Programa INTERREG III B “Azores-Madeira-Canarias” por la financiación concedida.



## 5. Bibliografía

- Angelakis A.N, M.H.F. Marecos do Monte, L. Bontoux, T. Asano, 1999. The Status of wastewater reuse practices in the Mediterranean basin: need for guidelines. *Wat. Res*, 33(10): 2201-2217.
- Delgado S., F. Díaz, M. Álvarez, J. Rodríguez, A. Yanes, B. Peñate, L. Rodríguez-Gómez, F. Oliveira, 2003. Role of water reuse in the integrated management of insular water resources: the case of the Autonomous Region of Madeira and the Canary Islands. Conference: Efficient Use and Management of Water for Urban Supply (IWA), Tenerife, Spain, 2003.
- Lazarova V., B. Levine, J. Sack, G. Cirelli, P. Jeffrey, H. Muntau, M. Salgot, F. Brissaud, 2001. Role of water reuse for enhancing integrated water management in Europe and Mediterranean countries. *Wat. Sci. Tech.* 43(10): 25-33.
- Marecos do Monte M.H.F., A.N. Angelakis, T. Asano, 1996. Necessity and basis for establishment of European guidelines for reclaimed wastewater in the Mediterranean region. *Wat. Sci. Tech.*, 33(10-11): 303–316.
- Ministerio de la Presidencia (2007). Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. BOE núm. 294.
- Salgot M., A. Pascual, 1996. Existing guidelines and regulations in Spain on wastewater reclamation and reuse. *Wat. Sci. Tech.*, 34(11): 261–267.
- Shelef G., Y. Azov, 1996. The coming era of intensive wastewater reuse in the Mediterranean region. *Wat. Sci. Tech.* 33(10-11): 115-125.
- Xu P., F. Brissaud, M. Salgot, 2003. Facing water shortage in a Mediterranean tourist area: seawater desalination or water reuse?. *Water Supply*, 3(3): 63–70.







# Resultados del Seminario Participativo sobre Reutilización de Aguas Depuradas en la Macaronesia

AQUAMAC II



## 1. Introducción

En el marco del Proyecto AQUAMAC II "Técnicas y Métodos para la Gestión Sostenible del Agua en la Macaronesia", a partir de la iniciativa del Consejo insular de Aguas de Gran Canaria y el Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. y con la colaboración del resto de socios integrados en el proyecto y diversos agentes implicados en el sector del tratamiento, distribución y reuso del agua depurada, se ha organizado el Seminario participativo sobre reutilización de Aguas Depuradas en la Macaronesia. Este Seminario constó de una serie de visitas para conocer algunas experiencias de reutilización, actualmente en funcionamiento en Gran Canaria, y una jornada eminentemente participativa, en la que se pretendía fomentar el conocimiento entre los agentes vinculados a la reutilización de las aguas depuradas y el intercambio de experiencias en esta materia. Esta última parte de carácter participativo se celebró bajo el formato de Taller, el pasado día 28 de junio de 2006, y sus aspectos más relevantes y conclusiones se reflejan en este documento.

Los objetivos perseguidos con la realización del mencionado Seminario fueron:

- Intercambiar opiniones y experiencias, así como generar visiones conjuntas acerca de la reutilización de aguas depuradas en la Macaronesia.
- Aportar información a los participantes, así como a los organizadores del Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria y del Instituto Tecnológico de Canarias, S.A., sobre la situación de esta tecnología y su aplicación en el contexto geográfico objeto del Taller.
- Generar propuestas y proyectos viables para el fomento y aplicación de la reutilización de aguas depuradas en la Macaronesia.
- Generar sinergias entre los participantes y los organizadores del Taller para mejorar la colaboración y cooperación futuras y la promoción de la reutilización aguas depuradas en la Macaronesia.

## 2. Metodología aplicada

El desarrollo del Taller estuvo basado en la metodología EASW (European Awareness Scenario Workshop) traducido al español como Taller Europeo de Concienciación en base a Escenarios de Futuro. Esta metodología impulsada por la Dirección General XIII-D de la Comisión Europea, está dirigida hacia el aumento de la participación consciente en las decisiones asociadas al impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Pretende, fundamentalmente, reforzar los vínculos entre el mundo de la investigación y el desarrollo, y las necesidades presentadas desde los grupos sociales involucrados activamente a diversos niveles en el desarrollo socio-económico: empresas locales, industria, sindicatos, grupos de presión, etc.

Sin embargo, las peculiaridades de este Seminario, enmarcado en la Iniciativa Comunitaria INTERREG III B Espacio "Açores-Madeira-Canarias" y en el Proyecto AQUAMAC II, motivó la adaptación de la metodología a las necesidades de los socios y organizadores del Seminario.

Por esa razón, se creyó oportuno profundizar en el diagnóstico de la situación de la reutilización mediante la realización de un análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades), para ser enviado y cumplimentado con anterioridad al desarrollo del Taller, de forma que aportase una primera información sobre la realidad actual de la reutilización de las aguas depuradas en la Macaronesia (Anexo 1). La información recogida en las fichas DAFO sirvió para concretar los puntos sobre los que desarrollar el Taller.

En el Taller de participación, vinculado al Seminario sobre Reutilización de Aguas Depuradas en la Macaronesia, participaron unas 42 personas procedentes de varios sectores implicados en la reutilización y de varias islas de los archipiélagos de Canarias, Madeira y Azores.

La primera sesión del Taller comenzó con una conferencia plenaria introductoria, a cargo de D. Sebastián Delgado Díaz, responsable del Grupo de Tratamiento y Reutilización de Aguas del Departamento de Ingeniería Química de la ULL, conferenciaron el título: "Datos preliminares de la situación de la reutilización del agua en la Macaronesia: Puntos estratégicos de discusión".

Posteriormente, se transmitió a los participantes, los objetivos y la dinámica a desarrollar durante el Taller, y se dividieron en cuatro **grupos funcionales** (relacionados con su ámbito profesional o sector de trabajo relacionado con la depuración y reutilización), todo ello con el objeto que cada grupo de trabajo expusiera una visión representativa desde un punto de vista particular:

- *Administración pública (con competencia en reutilización de aguas depuradas)*
- *Administración pública de otras áreas relacionadas (sanidad, agricultura, medio ambiente, etc.)*
- *Empresas gestoras de depuradoras y sistemas de reutilización.*
- *Usuarios y otros agentes vinculados a la reutilización.*

En estos grupos, se procedió al desarrollo de escenarios o visiones de futuro (20 años vista) positivas y negativas, siguiendo un modelo propuesto por la ficha de escenarios o visiones de futuro. Cada uno de los grupos funcionales tuvo la misión de crear una visión positiva de futuro (año 2025) y otra negativa, en relación al estado de la reutilización de aguas depuradas para la región de la Macaronesia.

Estas visiones grupales fueron presentadas en el plenario, detectándose las coincidencias a los que los diferentes grupos funcionales habían llegado, de forma independiente. Estas visiones fueron sintetizadas en una visión global negativa y en otra positiva que se presentan en el siguiente apartado. Esta última, la visión o escenario positivo global marca la situación deseable, la meta a la que se quiere llegar en el ámbito de la reutilización de las aguas depuradas en el futuro.

Una vez consensuada la visión positiva a alcanzar, comenzó la segunda sesión en la que se formaron otros cuatro grupos de trabajo, esta vez temáticos, que se exponen a continuación:

- *Atención e información al usuario*
- *Regulación (normativas y controles)*
- *Investigación y Desarrollo Tecnológico*
- *Fomento de la reutilización*

Los cuatro grupos temáticos se formaron distribuyendo a los componentes de los grupos funcionales que trabajaron durante la primera sesión, atendiendo a sus preferencias o intereses personales o profesionales. La tarea a realizar por los grupos en esta primera parte de la segunda sesión, fue la de generar una serie de propuestas, basadas en el consenso, que tuvieran como marco de referencia la visión positiva generada en la primera sesión. Hay que destacar que la conformación mixta de los grupos permitió el intercambio de opiniones y la construcción de iniciativas en equipo, por parte de personas pertenecientes a ámbitos profesionales diferentes, que en condiciones normales no tienen la oportunidad de coincidir y compartir sus variados enfoques sobre la reutilización. Una síntesis de las propuestas realizadas se presenta en el apartado 4 de este documento.

Seguidamente, los participantes realizaron una revisión individual y anónima del Taller con la finalidad de conocer si su participación había generado alguna evolución o cambio en su opinión, en relación a la reutilización de las aguas depuradas. Y finalmente, cada participante realizó la evaluación del Taller para ayudar a los organizadores y dinamizadores a conocer los aspectos positivos y negativos del mismo, y las sugerencias o cambios que aportan los participantes ante nuevos encuentros de índole participativa a desarrollar en un futuro.

El ambiente de trabajo, tanto en los grupos como en las sesiones plenarias, fue agradable y productivo, con el debate e intercambio de ideas que permitió el tiempo disponible, que fue realmente escaso.

### 3. Visiones o escenarios de futuro (año 2025)

Los cuatro grupos funcionales se reunieron en salas independientes para elaborar una visión de futuro (2025) positiva y otra negativa de la reutilización de aguas depuradas en la Macaronesia a cuatro niveles: económico, de gestión, del entorno social, de entorno ambiental.

A continuación, se presentan las visiones globales finalmente sintetizadas de las de cada grupo de trabajo:

### 3.1 VISIONES GLOBALES NEGATIVAS

La visión global negativa o a evitar para el año 2025 en relación a la reutilización de aguas estaría caracterizada por:

#### *A nivel económico/actividad económica*

- La reutilización de aguas depuradas es inviable (costes muy altos) e insostenible.
- Baja calidad del agua producto. La calidad del recurso es inferior al procedente de otras fuentes.
- No es competitivo. La demanda es baja debido a abandono del sector agrario.

#### *A nivel de gestión*

- Descoordinación entre agentes implicados: administración, productores, usuarios.
- No hay mecanismos de control eficaces.
- No hay inversión ni ánimo para mantener las tecnologías, ni para promocionar el producto.
- Mala gestión, vinculada a intereses particulares y sometida a presiones externas.

#### *A nivel del entorno social*

- Abandono sector agrario y aumento del desempleo
- No hay concienciación política y social sobre necesidad y beneficios de su uso controlado.
- Rechazo del agua depurada por parte del usuario. Desconfianza en el producto regado con AD.

#### *A nivel del entorno ambiental*

- Incumplimiento de objetivos ambientales.
- Contaminación costera, de acuíferos, del suelo, etc.
- Descenso de acuíferos por sobreexplotación.
- Desertización y desertificación.
- Incremento de desalación (más competitiva) incrementa demanda energética, genera más contaminación.

### 3.2 VISIONES GLOBALES POSITIVAS

La visión global positiva o deseable para el año 2025 en relación a la reutilización de las aguas depuradas estaría caracterizada por:

#### *A nivel económico/actividad económica*

- Oportunidad de diversificación económica vinculada a la reutilización de las aguas depuradas, debido a:
- Incremento en inversión en I+D,
- Formación específica,

- Recuperación del sector primario,
- Necesidad de mano de obra especializada
- La reutilización es viable y sostenible: disminución del coste soportado por el segundo usuario del agua, internalización de externalidades positivas, aumento de la calidad del producto.
- Las tarifas cubren los costes reales y hay estabilidad de precios

#### *A nivel de gestión*

- Garantía de suministro y calidad del producto.
- Aumento de la reutilización hasta llegar al 100%.
- Adecuada respuesta a la demanda.
- Existe un único organismo de control y coordinación. Coherencia y cumplimiento en la normativa canaria y estatal (agraria, sanitaria, etc.)
- Gestión integrada a nivel insular del ciclo del agua.
- Servicio de titularidad pública.

#### *A nivel del entorno social*

- Valorización del producto agua depurada. Concienciación y difusión de sus beneficios.
- Aumenta el número de usuarios y también se crea empleo vinculado al subsector. Recuperación del sector primario (desarrollo rural).
- Comunicación permanente entre los agentes.
- Población y sectores con mayor educación ambiental.

#### *A nivel del entorno ambiental*

- Disminución de la contaminación (vertido cero) y de la dependencia energética.
- Recuperación del acuífero y del litoral. Disminución de la desertificación y desertización. Protección del suelo. Situación de más sostenibilidad. Isla verde.

## 4. Propuestas de reutilización de aguas depuradas

La segunda parte del Taller, que consistió en generar, por parte de los asistentes, propuestas viables y de posible aplicación en la Macaronesia, teniendo como referencia el escenario de futuro positivo construido por los participantes en la primera sesión.

Las propuestas fueron construidas de forma consensuada mediante el trabajo de pequeños subgrupos (de tres o cuatro personas) en los que se dividió a los integrantes de cada grupo temático. Para su elaboración se siguió el siguiente patrón:

NOMBRE O TÍTULO DE LA PROPUESTA

Breve descripción:

Objetivos:

Beneficiarios:

Responsabilidad:



Agentes implicados:  
Financiación posible:  
Duración:

A continuación, se recogen las principales propuestas elaboradas en cada uno de los grupos temáticos presentes en el Taller.

## Grupo de Atención e Información al usuario

### PROPUESTA 1. INFORMACIÓN CON FORMACIÓN

**Breve descripción:** El usuario de agua regenerada debe conocer la calidad del agua que recibe en cada momento. Para ello han de saber interpretar la compleja información que puedan recibir. Se propone un plan de formación por comarcas, o tipos de cultivo con los siguientes contenidos:

- Procesos de producción de agua
- Calidades posibles, parámetros y riesgos.
- Recomendaciones de riego y dotaciones

Finalmente se debe proporcionar la información actualizada de la calidad del AD (por ejemplo a través de Internet), y generar y fomentar mecanismos de participación pública.

**Objetivos:** Proporcionar conocimientos a los usuarios que les permitan interpretar y participar de la información que les debe ser suministrada en virtud de un compromiso con la calidad del servicio.

**Beneficiarios:** Usuarios del agua (directos). Gestores de reutilización (indirectos)

**Responsabilidad:** Consejo Insular de Aguas. Cabildos

**Agentes implicados:** Comunidades de regantes. Consejería de Agricultura. Gestores de depuradoras.

**Financiación posible:** Consejo Insular de Aguas

**Duración:** Campaña de formación inicial (2 meses). Mantener programas de actualización permanentes. Mecanismos de consulta e información en Internet (permanentes)

### PROPUESTA 2 . REUTILIZAR ES LO NATURAL

**Breve descripción:** Crear un grupo de trabajo gubernamental para proponer medidas que mejoren la información e imagen de la reutilización de las A.D. en los comercializadores y consumidores de los productos irrigados con aguas depuradas.

Las medidas a llevar a cabo serían las siguientes:

- Proponer una normativa de ámbito europeo sobre la reutilización de A.D. tanto directa como indirecta, coherente con las características de la Europa árida.

- Realizar una campaña de información a grupos ambientalistas internacionales, nacionales y locales sobre los beneficios ambientales de la reutilización.
- Desarrollar un sistema oficial de información periódica al consumidor final que comprenda diferentes aspectos de la reutilización: vigilancia tecnológica, investigación, calidad de agua, controles realizados, etc.

**Objetivos:**

- Conseguir que el cliente europeo de productos cultivados en las islas de la Macaronesia admita los productos regados con aguas depuradas ya que cumplen una normativa de ámbito supranacional (europea) que implica a todos.
- Igualar las condiciones de los que reutilizan de forma indirecta en la Europa Húmeda.
- Concienciar al consumidor final del valor ambiental que supone la reutilización y que al adquirir productos pueda percibir un valor añadido ambiental que no tienen los productos regados con aguas producidas sin este valor (explotan los acuíferos, requieren de un coste energético alto, y consumen aguas que pueden ser destinadas a otros usos más sensibles como el doméstico).
- Generar Confianza en el consumidor final.

**Beneficiarios:** Toda la cadena de la reutilización.

**Responsabilidad:** Pública: Campaña conjunta liderada por el Gobierno de Canarias (Consejerías implicadas: Aguas, Agricultura, Medio Ambiente, Sanidad)

**Agentes implicados:** Gobiernos regionales, grupos ambientalistas, organizaciones de consumidores, grupos de investigación, Ministerios de Agricultura y Medio Ambiente, Comisión Europea.

**Financiación posible:** Fondos europeos o financiación local.

**Duración:** 3-5 años

### PROPUESTA 3. INFORMACIÓN DE CALIDAD Y DISPONIBILIDAD DE AGUA DEPURADA

**Breve descripción:** Información on-line bajo plataforma informática sobre redes de distribución, de los caudales y presiones del agua suministrados, niveles de depósitos, e información básica sobre su calidad.

**Objetivos:** Contribuir a que el usuario realice una gestión adecuada al volumen del agua almacenada y a su calidad para desarrollar una práctica óptima con las concentraciones de nutrientes, abonos, etc.

**Beneficiarios:** Usuarios en general.

**Responsabilidad:** Gestores del sistema de distribución.

**Agentes implicados:** Administración, gestores y usuarios.

**Financiación posible:** Fondos insulares

**Duración:** Permanente

## Grupo de Regulación (normativa y controles)

### PROPUESTA 1. IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA INSULAR DE GESTIÓN DEL AGUA DIRIGIDO POR LOS CONSEJOS INSULARES DE AGUA

**Breve descripción:** Normativa que contemplará detallar y hacer efectivas las competencias a ejercer por cada Consejo Insular de Aguas: ejecución, planificación, coordinación y control del ciclo integral del agua, competencias recogidas en la Ley de Aguas y planes hidrológicos, basándose en estudio previo.

**Objetivos:**

- Zonificar. Estructurar la isla en áreas de actuación para la recogida, tratamiento y reutilización, eliminando la actuación municipal.
- Controlar la homogeneidad, conseguir un suministro constante en cantidad y calidad, con depósitos/balsas de gran volumen y ejecución de un mantenimiento adecuado.

**Beneficiarios:** Gestores, usuarios. La sociedad en general. Medio ambiente, sanidad.

**Responsabilidad:** Consejo Insular de Aguas. Gobierno de Canarias

**Agentes implicados:** Administración local e insular. Empresas del sector. Usuario final.

**Financiación posible:** Regional. Apoyo europeo y estatal. Se necesitan 2,5 millones de Euros para empezar por isla.

**Duración:** 18 meses

### PROPUESTA 2. NORMATIVA CANARIA SOBRE REUTILIZACION

**Breve descripción:** Revisión de la normativa vigente. Se plantea generar un grupo interdisciplinar que analice la situación de la normativa, identificando por qué no se cumple y también informando de la normativa básica del estado.

**Objetivos:**

- Cumplir al 100% con la normativa de depuración.
- Completar la acometida de saneamiento para que se aproxime al 100% de la población.
- Prohibir el vertido al subsuelo (a través de fosas sépticas y pozos negros).
- Definir los parámetros de calidad del agua producto.
- Conciencia a la ciudadanía a nivel sanitario y agronómico sobre la depuración.

**Beneficiarios:** Agricultores. Ciudadanía en general

**Responsabilidad:** Dirección General de Aguas

**Agentes implicados:** Consejos Insulares de Aguas, departamentos gubernamentales con competencias en sanidad y agricultura. Usuarios de agua. Organizaciones de consumidores. Universidad, institutos de investigación y ONG's.

**Financiación posible:** Gobierno de Canarias

**Duración:** 2 años.

### PROPUESTA 3. COMPENSACIÓN POR EXPLOTACIÓN DE RECURSOS NO COMPATIBLES PARA EL EQUILIBRIO MEDIOAMBIENTAL

**Breve descripción:** Actualmente los medios que generan recursos que no aportan ventajas medioambientales (o incluso dañan) no están compensando a la sociedad por el daño que generan (salmueras, sobreexplotación, contaminación por consumos energéticos, deterioro de ecosistemas y del suelo, etc.), frente a los recursos que si aportan aspectos positivos al medio ambiente. Se trata de que la explotación no sostenible compense el daño revirtiendo en recursos ecológicos.

**Objetivos:**

- Gravar al recurso que perjudica al medio ambiente.
- Favorecer el diferencial de precio entre el agua regenerada y otro tipo de productos de extracción o no convencionales.

**Beneficiarios:** La reutilización de agua

**Responsabilidad:** Administraciones públicas

**Agentes implicados:** Administraciones públicas. Titulares de recursos no compatibles medioambientalmente. Titulares-usuarios de reutilización.

**Financiación posible:** Autofinanciación

**Duración:** Indefinida

## Grupo de investigación y desarrollo (I+D)

### PROPUESTA 1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE LA TECNOLOGÍA

**Breve descripción:** Estudio de las tecnologías de regeneración de aguas residuales urbanas para reutilización planificada no potable. Se trata de analizar que tecnología es más adecuada para los diferentes usos. Teniendo en cuenta que resulte asumible económicamente y eficaz técnicamente.

**Objetivos:**

- Seleccionar la mejor tecnología
- Maximizar calidad y reducir costes dentro de normativas vigentes.
- Facilitar la gestión y la mejora ambiental.
- Desarrollar varios sistemas.

**Beneficiarios:** Usuarios de la Macaronesia

**Agentes implicados:** Multidisciplinar

**Duración:** Indefinida

### PROPUESTA 2. I+D PARA OBTENER AGUA DE GRAN CALIDAD

**Breve descripción:** Se trata de poner en marcha programas de I+D para obtener agua de gran calidad técnica (más allá de la normativa), para uso agrícola y sanitario, así como para desarrollar las tecnologías asociadas.

**Objetivos:**

- Determinar, a través de programas I+D, la calidad del agua que optimice su uso sostenible: en cultivos, sistemas de riego, para consumidores y regantes.
- Desarrollar, a través de programas I+D, las tecnologías más adecuadas, para alcanzar la mejor calidad de agua.

**Beneficiarios:** Sociedad

**Responsabilidad:** Administraciones públicas y centros de investigación

**Agentes implicados:** Usuarios, investigadores y administraciones públicas

**Financiación posible:** Proyectos de I+D y financiación pública y privada

**Duración:** Indefinida

### PROPUESTA 3. PROYECTO DEMOSTRATIVO DE REUTILIZACIÓN

**Breve descripción:** Se trata de realizar ensayos integrales del ciclo de reutilización que incluya tecnologías y aplicaciones diversas. A través de este proyecto se puede verificar que se alcanza una calidad más allá de la exigida por la normativa.

**Objetivos:**

- Coordinar a diferentes grupos de investigación y desarrollo a través de este proyecto.
- Demostrar las tecnologías y aplicaciones a los usuarios
- Divulgar, formar y guiar a través de buenas prácticas.
- Asesorar a empresas en el ámbito de la reutilización.

**Beneficiarios:** Empresas, administraciones y usuarios.

**Responsabilidad:** Organismo público encargado de la gestión integral

**Agentes implicados:** Administración, organismos públicos de investigación e investigadores, empresas

**Financiación posible:** Gobierno de Canarias a través del Plan de I+D

**Duración:** A determinar en función de los resultados.

## Grupo de Fomento de la reutilización

### PROPUESTA 1. FOMENTO Y PROMOCION DE AGUAS DEPURADAS

**Descripción:** Se trata de aplicar el principio "quién contamina paga", para incentivar la reutilización mediante el desvío de los costes de explotación y amortización (incluidos los tratamientos terciarios) a los primeros usuarios del agua. La finalidad es dejar el agua en iguales condiciones que antes de su primer uso.

**Objetivos:** Incentivar al segundo usuario mediante aliciente económico.

**Beneficiarios:** El medio ambiente, la sociedad.

Primeros consumidores por la exclusividad de su recurso.

Segundos consumidores: sector agrícola, y sector turístico/industrial

**Responsabilidad:** Organismo hidráulico competente en la materia: Gobierno de Canarias y Consejos Insulares.



**Agentes implicados:** Empresa gestora, Consejos Insulares, Cabildos, Ayuntamientos, Gobierno de Canarias.

**Financiación posible:** Autofinanciación (aunque realmente es una derivación de la imputación de costes)

**Duración:** Permanente con revisiones periódicas

## PROPUESTA 2. MEJORA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEPURADAS

**Breve descripción:** Se trata de obtener mejor calidad de agua de abasto, mejorar el proceso de depuración, homogeneizar la calidad del producto. Y por último, mejorar los pliegos de condiciones de explotación de las plantas depuradoras.

**Objetivos:** Obtener un agua con calidad sanitaria y agronómica suficiente. Los parámetros físico-químico son pH, CE, STD, DBO, DQO, B, Cr, N, Na<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>

**Beneficiarios:** Agricultores, usuarios de campos de golf, usuarios de parques.

**Responsabilidad:** Organismo central de carácter regional que regule la gestión y el cumplimiento de la normativa. También, participación de ayuntamientos, consejos insulares y Gobierno de Canarias.

**Agentes implicados:** Suministradores de agua, Empresas distribuidoras y abastecimiento, Concesionarios de depuración, Ayuntamientos, Consejos Insulares y Usuarios.

**Financiación posible:** Mixta: pública y privada

**Duración:** Permanente

## PROPUESTA 3. CREACIÓN DE UN ÓRGANO DE LA REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS DEPURADAS

**Breve descripción:** Se trata de que todos los agentes implicados se beneficien de la unidad del recurso y promuevan su uso. Se crearía para ello un organismo u órgano que aglutine a todos los sectores y que tenga poder de decisión. Las islas serían como demarcaciones hidrográficas con un comité de autoridades competentes.

**Objetivos:**

- Velar por el cumplimiento de la normativa.
- Mejorar la imagen de la reutilización con aguas depuradas.
- Incentivar, bajando el precio con más aplicación.

**Beneficiarios:** Usuarios en general y el medio ambiente.

**Responsabilidad:** Administración

**Agentes implicados:** Administraciones, usuarios, gestores y consumidores.

**Financiación posible:** Administración

**Duración:** Permanente

## 5. Revisión individual anónima y evaluación del seminario

Las opiniones de los asistentes acerca de si el Seminario había modificado su posición con respecto a la reutilización, y cual podía ser su contribución desde su actuación profesional a favor de la reutilización, se realizó a través de las siguientes cuestiones:

- 1.- *¿Cuál es su posición en relación a la reutilización de las aguas depuradas?*
- 2.- *¿Ha cambiado esta posición en algo tras su participación en este seminario?*
- 3.- *¿De qué manera puede usted favorecer la reutilización de las aguas depuradas desde su situación profesional?*
- 4.- *¿Cree que le ha servido o le servirá de algo la participación en este seminario?*

La totalidad de los participantes valora como muy positiva la realización del seminario. Principalmente, la metodología basada en dinámicas participativas y la diversidad, calidad y cantidad de participantes.

Los aspectos más destacados en la valoración han sido el poder compartir experiencias y el conocer las opiniones de personas vinculadas a diferentes sectores.

Las principales críticas, también emitidas por la mayoría de los asistentes fueron: la escasez de tiempo para profundizar en los análisis y en las propuestas presentadas; y la poca presencia de usuarios (consumidores del agua depurada o no) en el seminario. También se estimó que hay una excesiva presencia de la administración aunque no del ámbito político, lo cual habría sido aún más interesante.

Entre las sugerencias destacan las siguientes:

- Dar continuidad a este tipo de eventos.
- Ampliar el tiempo dedicado al intercambio y profundización de los debates.
- Aumentar el contacto con los diversos agentes que están vinculados a la reutilización, a través de más visitas e intercambios.

## 6. Conclusiones y resultados del Taller

La valoración del Taller participativo desarrollado en el marco del Seminario sobre Reutilización de Aguas Depuradas en la Macaronesia es altamente positiva, sobre todo si tenemos en consideración el escaso tiempo disponible para su desarrollo.

A tenor de las evaluaciones recibidas y de lo percibido por el equipo organizador durante su desarrollo creemos que el Taller ha respondido a una necesidad existente de intercambiar experiencias, dificultades, opiniones y buenas prácticas para una mejor y más amplia implementación de la reutilización de aguas depuradas, tanto en Canarias, como en los otros archipiélagos de la Macaronesia.

Asimismo, las propuestas presentadas por los participantes suponen un valor añadido a considerar por los organizadores del Seminario, las entidades vinculadas al Proyecto AQUAMAC II y los máximos responsables de la reutilización en Canarias.

Entre las opiniones emitidas a través de las fichas y en los espacios informales vinculados al Seminario destaca la necesidad de continuar y ampliar los contactos y el intercambio entre los agentes implicados en la reutilización de las aguas depuradas, incluyendo a aquellos que en esta ocasión no pudieron estar presentes por diversas causas. En especial, aquellos que utilizan de manera diaria este recurso (usuarios) y aquellos que toman las decisiones y que ostentan la representatividad de la ciudadanía en las instituciones (políticos).

Es por esto, que desde la organización del Seminario y del proyecto AQUAMAC SE anima a todas aquellas personas e instituciones que inciden sobre la aplicación de la reutilización de aguas depuradas a incrementar los esfuerzos y recursos destinados a:

- La divulgación, asesoramiento y formación en materia de reutilización de aguas depuradas,
- La investigación y el desarrollo de los procesos tecnológicos que hagan más competitiva la reutilización de las aguas depuradas frente a otras manera de obtener el recurso agua,
- El desarrollo de normativa y todo tipo de incentivos para fomentar el desarrollo de la reutilización, dentro de los requisitos y garantías de calidad y seguridad.

Por último, se recoge aquí la solicitud realizada por todos los participantes en el Seminario para celebrar futuros encuentros sobre la reutilización de las aguas depuradas, con mayor duración y profundidad.







# Impacto del uso de Aguas Regeneradas y Desalinizadas en el Agrosistema de "Arenados" de la Isla de Lanzarote

Marisa Tejedor  
Concepción Jiménez  
José Manuel Hernández  
Francisco Díaz  
J. Fuentes

Departamento de Edafología y Geología.  
Facultad de Biología. Universidad de La Laguna



## 1. Introducción

En la isla de Lanzarote, en un medio físico adverso y con un avanzado proceso de desertificación, el campesino isleño ha desarrollado unas modalidades agrícolas, adaptadas y respetuosas con el medio, conservacionistas, productivas y, en definitiva, autosostenidas. Es el resultado del esfuerzo de muchos años, de un importante trabajo de creación que ha modificado, en gran medida, el paisaje de la isla. Estas técnicas en secano han permitido el desarrollo de una agricultura con cierta productividad y rentabilidad y constituyen una estrategia de lucha contra la desertificación.

Sin embargo en los últimos años la disponibilidad de aguas no convencionales ha generado expectativas de una mayor producción y diversidad de cultivos, lo que ha llevado a un cambio de manejo de estos agrosistemas de secano a regadío con la consiguiente incógnita sobre el peligro de degradación de los suelos.

Entre las prácticas agrícolas originales en Lanzarote se encuentran los "arenados", sistemas basados en el uso de piroclastos (cenizas y lapillis) como cobertura del suelo.

## 2. Arenados

Con frecuencia se asocia el origen de esta práctica agrícola a las erupciones de 1.730-1.736 en Lanzarote, sin embargo algunos autores, señalan que es posible que con anterioridad a esa fecha, en la zona norte de la isla, en Haría, se cultivara en terrenos cubiertos por cenizas volcánicas procedentes de las erupciones del volcán de La Corona, considerado de la Serie Basáltica IV con una antigüedad de unos 6.000 años. No obstante, nadie duda que son las erupciones de 1.730-1.736 las que van a originar un profundo cambio en el paisaje y en la agricultura isleña, y es a partir de esta fecha cuando se generaliza el uso de materiales volcánicos en la agricultura de la isla.

A lo largo de este proceso eruptivo de seis años de duración, materiales volcánicos, fundamentalmente basálticos, de diferente naturaleza (lavas, cenizas, escorias y lapillis) cubrieron una superficie de aproximadamente 200 km<sup>2</sup> en la región centro-occidental de Lanzarote. Algunas de estas zonas afectadas, constituían originalmente vegas de gran fertilidad, que habían sido dedicadas a partir de la segunda mitad del siglo XVII al cultivo extensivo de cereales, principal producto agrícola del momento. Estas cosechas se destinaban fundamentalmente a satisfacer la demanda de las islas mayores y a su exportación a la isla de Madeira.

En los primeros años de actividad volcánica se produce una caída de la producción agrícola, provocada por la disminución de tierras disponibles y por la emigración de la población a otras islas. Sin embargo, esta reducción no fue tan importante como la que tuvo lugar en otros periodos de crisis, provocados por la falta de lluvias, y es rápidamente compensada, en años posteriores, por la puesta en cultivo de parte de las tierras afectadas por las erupciones. Se inicia el cultivo principalmente en aquellas zonas cubiertas por capas de cenizas y lapillis de poco espesor.

El hecho de que las erupciones no fueran continuas, alternándose periodos de actividad y de calma, permitió a la población irse adaptando a las nuevas condiciones. Es posible que la necesidad de tierras de cultivo, junto a los conocimientos que pudieran existir de la zona norte de la isla, provocara, incluso dentro del mismo periodo de actividad volcánica, la utilización de zonas cubiertas con capas de cenizas y lapillis.

A partir de ese momento la mejora que se produce en la productividad agrícola por utilización de los materiales piroclásticos, va a permitir la explotación de zonas que se creían inservibles, y la introducción de nuevos cultivos como la linaza, vid, frutales, maíz, calabazas y papas. Los cambios socio-económicos que esto representó provocó el desarrollo demográfico de la isla, pasando de 4.967 habitantes en 1730-33 a 9.705 en 1768.

La técnica de cultivo del arenado se extendió en épocas posteriores a la totalidad de la isla de Lanzarote y también, aunque en menor medida, a la isla de Fuerteventura. Los agricultores transportaban las cenizas y lapillis desde los conos volcánicos, y las colocaban en capas, de 10 a 15 cm de espesor, sobre suelos de vegas, suelos de antiguas gavias, o suelos transportados (sorribas), creando así los arenados artificiales. Este hecho va a permitir una intensificación de la actividad agraria y una gran diversificación de los cultivos, tomates, sandías, melones, cebollas, tabaco, etc., todos ellos en régimen de secano. Es a partir de los años sesenta del siglo pasado, mediante las subvenciones otorgadas por el IRYDA, cuando se construyen la mayoría de los arenados artificiales. En las últimas décadas el desarrollo del sector turístico ha relegado la agricultura a un segundo plano, convirtiéndose en una actividad marginal con escasa importancia en la economía de las islas, lo que ha provocado el abandono progresivo de los arenados, de manera que sólo un pequeño porcentaje de las hectáreas ocupadas por esta técnica sigue cultivándose en la actualidad.

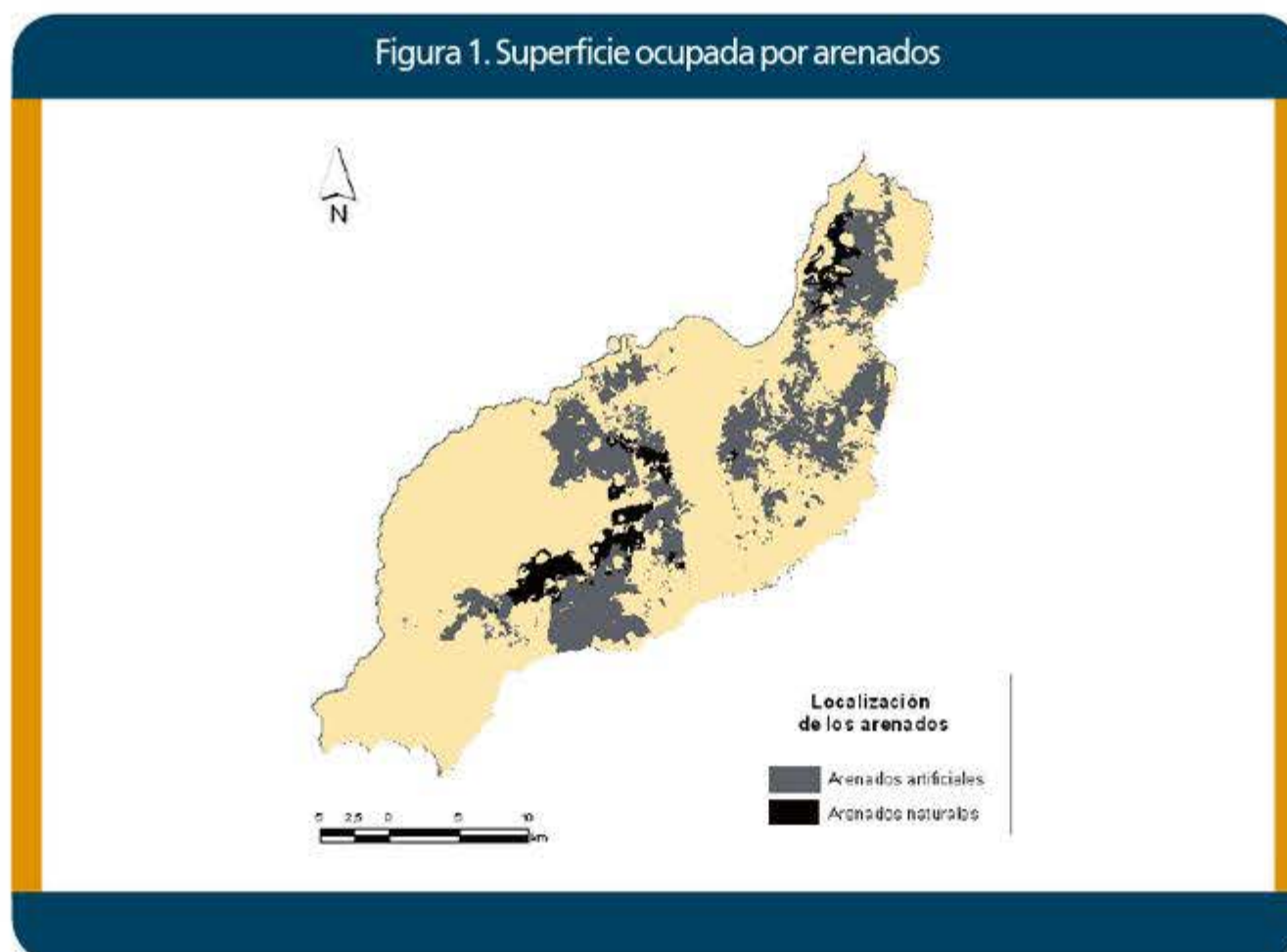
Una primera diferenciación de arenados se realiza según el origen de la capa superficial de piroclastos, así se distingue entre arenados naturales y arenados artificiales. En los primeros el aporte de piroclastos es natural y en los segundos es una actuación del hombre.

Tanto los arenados naturales como los artificiales pueden situarse dentro de lo que se denomina agricultura sin laboreo o de conservación, puesto que el suelo no es objeto de labor alguna.

La superficie ocupada por arenados es de 39.3 Km<sup>2</sup> en el caso de los arenados naturales y de 136.4 Km<sup>2</sup> para los artificiales. En la figura 1 se presenta su distribución en el paisaje.



Figura 1. Superficie ocupada por arenados



## 2.1 ARENADOS NATURALES

### *Diseño del sistema*

Los arenados naturales se sitúan relativamente cerca de los conos de emisión pudiendo ser importante el espesor de la capa de piroclastos, superando incluso los tres metros. La forma de cultivo es la siguiente: se hacen hoyos en la capa de piroclastos hasta llegar al suelo donde se realiza la plantación; con frecuencia se añade algo de estiércol. Las dimensiones del hoyo, con una cierta estructura de embudo, varían en función del espesor de la capa de lapilli, siendo en la zona más característica, La Geria, del orden de 3 m de diámetro por 2-2.5 m de altura. En los arenados con menor potencia de piroclastos se suele colocar, en la parte alta del hoyo, un muro semicircular formado por fragmentos de lava, con orientación perpendicular a la acción de los vientos, y cuya finalidad es actuar de cortaviento. Los cultivos en estos sistemas son esencialmente de plantas arbóreas, leñosas, con sistemas radiculares profundos, tipo viña e higueras. Debido a que en cada hoyo sólo se desarrolla una planta, la densidad de plantación es muy baja, constituyendo un importante factor limitante de la producción. La estructura del sistema imposibilita la utilización de maquinaria en la realización de las labores que requiere el cultivo, por lo que éstas se llevan a cabo de forma manual. Entre las labores más importantes se encuentra la de limpieza de los hoyos que se realiza cada 2-3 años, procediendo al desalojo de un importante volumen de piroclastos que cae al fondo desde las paredes. La fertilización, consistente en la adición de pequeñas cantidades de estiércol y nitrato amónico o sulfato amónico que son depositados en la superficie del suelo enterrado y posteriormente cubiertos de nuevo con piroclastos, se realiza sólo cada 5 o más años. Con estos espesores de lapilli está muy limitado el crecimiento de malas hierbas.

Las producciones son escasas pero de alta calidad. El rendimiento por hectárea es muy bajo, debido al laborioso sistema de cultivo utilizado. La producción total vitícola en la isla oscila entre 1 y 4 millones de kg de uvas anuales.

La variedad predominante de viña es la Malvasía, seguida en menor volumen por Listán negro, Listán blanco, Moscatel, Diego, Burra blanca y Negramoll. Los vinos blancos jóvenes son mayoritarios, seguidos de los tintos y rosados. No obstante, las vinificaciones especiales (Moscatel y Malvasía), de guarda y espumosos también son importantes. Su vino máspreciado es el Malvasía.

## **2.2 ARENADOS ARTIFICIALES**

Los arenados artificiales tratan de reproducir el sistema de arenado natural en aquellas zonas que no fueron cubiertas directamente por las emisiones de las erupciones, por ello suelen encontrarse algo más lejos de los conos volcánicos. La práctica agrícola consiste en extender una capa de piroclastos sobre el suelo que puede ser original de la zona o transportado de una vega más fértil.

El espesor de la capa suele oscilar entre 10 y 15 cm y, es variable igualmente el tamaño de grano del piroclasto. Cada 15-20 años se renueva la capa de piroclastos, pues a medida que el suelo se mezcla con ella va perdiendo efectividad el sistema.

El menor espesor de mulch en los arenados artificiales ha permitido una mayor diversificación de los cultivos, mayor densidad de plantación y una mayor intensificación de la actividad agrícola. Sin embargo, la mecanización sigue estando limitada pues provoca la mezcla de la capa de piroclastos con el suelo subyacente.

## **2.3 EFICACIA DEL USO DE ARENADOS EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO**

Estudios en campo, en parcelas experimentales y en simulaciones de laboratorio han puesto de manifiesto la eficacia que los arenados de Lanzarote, tanto naturales como artificiales, en condiciones de secano, tienen en diferentes propiedades del suelo, principalmente en la conservación del agua, temperatura, salinidad y sodicidad, y control de la erosión. Los estudios se han realizado comparando suelos cubiertos con suelos desnudos.

Los resultados obtenidos respecto al tamaño de grano coinciden con el conocimiento campesino, los piroclastos finos conservan mejor el agua del suelo que los gruesos. En la primera época de la puesta en marcha de los arenados artificiales se utilizaba de forma indiscriminada cualquier tipo de piroclasto, independientemente de su granulometría, siendo el condicionante principal la cercanía de la zona de extracción a la parcela que se iba a cultivar. Con el paso del tiempo, la incorporación de maquinaria y la mejora de las infraestructuras viarias, permitió el transporte de materiales desde zonas más lejanas, de esta forma los agricultores fueron sustituyendo los piroclastos gruesos por otros más finos



como consecuencia de la mayor rentabilidad de estos últimos. No obstante, los de granulometría gruesa son preferidos en alguna ocasión, en concreto en los cultivos de *Opuntia* destinados a la producción de tintes naturales. Se justifica la elección considerando precisamente su menor capacidad de conservación de agua, pues ésta desfavorece el enraizamiento de partes de la planta que caen al suelo durante las tareas de cultivo. Se considera que 10/15 cm es el espesor óptimo.

Con respecto a la temperatura, los resultados son igualmente concluyentes, cualquiera que sea la naturaleza, espesor y tamaño de grano de la capa de piroclastos ésta produce un retraso en los intercambios de calor entre el suelo y la atmósfera, y una amortiguación de las fluctuaciones diarias y estacionales de la temperatura frente al suelo desnudo.

El sistema de arenados se presenta muy eficaz en la rehabilitación de suelos salinos. Los resultados obtenidos muestran como los suelos bajo piroclastos tienen la CEes muy baja, incluso inferior a  $1.0 \text{ dS m}^{-1}$ , y por tanto no se catalogan como salinos, mientras que los suelos desnudos son altamente salinos.

Las coberturas de piroclastos tienen una acción protectora de la superficie del suelo, interceptando las gotas de lluvia y disipando su energía, preservando la estructura de los agregados y evitando así la formación del sello superficial. Esto conlleva una mayor tasa de infiltración, y por tanto una reducción de la escorrentía y de la pérdida de sedimentos.

### 3. Impacto del riego en arenados

La escasez de recursos hídricos en la isla, no siempre de buena calidad, y la creciente demanda de agua, sobre todo por parte del sector turístico, ha llevado a la adopción de métodos de desalinización y potabilización del agua de mar, y en algún caso también de aguas subterráneas, de forma que en la actualidad la mayor parte del agua consumida procede de esta fuente, creando una total dependencia de estos sistemas.

El agua regenerada utilizada en la isla para fines agrícolas se obtiene tras un tratamiento terciario, mientras que la desalinizada recibe un tratamiento por ósmosis inversa.

La empresa INALSA es la encargada de la producción y abastecimiento de agua potable para el consumo de toda la isla de Lanzarote (incluida La Graciosa). La producción nominal total supera los  $64.000 \text{ m}^3/\text{día}$  en las cuatro plantas de las que dispone.

Además, la empresa se ha planteado el aprovechamiento integral del agua con el propósito de reutilizarla en agricultura y jardinería a bajo precio. Para ello dispone de distintas instalaciones de producción a lo largo de la isla que llevan a cabo tratamientos terciarios basados en microfiltración, ósmosis y ultrafiltración.

El agua regenerada alcanza un precio de  $0.22 \text{ €/m}^3$  para los agricultores, llegando a ser más cara para otros usos, como la jardinería. Si bien el agua desalinizada para la



agricultura se encuentra subvencionada por el Cabildo de Lanzarote, su precio es de 0.92€/m<sup>3</sup> y de 0.62€/m<sup>3</sup> en el caso de que dispongan de carné de agricultor.

La disponibilidad de estos nuevos recursos hídricos, no convencionales, ha llevado a un cambio en el manejo del sistema de arenados de secano a regadío.

#### • RIEGO CON AGUAS REGENERADAS

Del total de estaciones depuradoras (EDAR) existentes en la isla sólo dos suministran agua para riego agrícola, la EDAR Arrecife II y la EDAR Arrecife, que es bombeada después de tratamiento terciario hasta un depósito común desde donde se distribuye a las zonas agrícolas. En los dos casos el agua proviene del uso urbano de la capital, Arrecife, y de los núcleos urbanos de la costa sur. Conviene tener en cuenta que el agua de abasto procede de la desalinización de agua de mar por ósmosis inversa.

La superficie actual dedicada a riego es de unas 400 ha, con una clara tendencia a seguir incrementándose. El principal cultivo es la batata (*Ipomoea batatas*), las variedades existentes son la cubana (6 meses, con hojas claras) y la denominada "ocho meses" (hojas palmeadas, de color oscuro). Las zonas bajo riego se concentran en la Vega de Machín, que constituye el núcleo principal, Hoya Limpia (Tías) y la Vega de Mácher.

Foto 1. Vega de Machín. Cultivo de batatas (variedad cubana) con riego por goteo



El sistema de riego generalmente consiste en una mezcla de goteo y aspersión, predominando el primero con goteros de 4 L h<sup>-1</sup>, siendo el riego variable en función del desarrollo del cultivo. El análisis químico de las aguas regeneradas refleja una mala aptitud para el riego, debido principalmente a los elevados valores de salinidad, sodio, boro y cloruros. La calidad de estas aguas según las Guías de la USEPA (2004) y de Nueva Zelanda-Australia (ANZECC y ARMCANZ, 2000) supone una serie de riesgos a corto plazo. Además hay que señalar la gran variabilidad en cuanto a su calidad, lo que dificulta hacer recomendaciones de manejo. En la tabla adjunta se presentan los valores mínimos y máximos obtenidos para los parámetros más relevantes, correspondientes a los muestreos mensuales realizados del agua regenerada empleada para el riego. Los elementos traza Fe, Al, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn también han sido determinados en todos los muestreos, sin que los datos obtenidos supongan ningún riesgo.

Tabla 1. Variación temporal de diferentes parámetros del agua regenerada utilizada para el riego

Parámetro		Parámetro	
pH	6.8 - 8.3	Cl <sup>-</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	3.7-11.9
CE (μS cm <sup>-1</sup> )	660 - 1472	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	0.5 - 4.0
Ca <sup>2+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	0.1 -1.6	P-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0.1- 7
Mg <sup>2+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	0.4 -1.5	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	3.4 - 19
Na <sup>+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	4.5 - 11.3	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0.0 - 18.7
K <sup>+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	0.4 - 1.2	B (mg L <sup>-1</sup> )	0.15 - 1.32
RAS (meq/L) <sup>1/2</sup>	6 -14	DQO (mg L <sup>-1</sup> )	13.3 - 68.4
Alcalinidad (mg L <sup>-1</sup> )	0.8 - 3.6	DBO (mg L <sup>-1</sup> )	<5 - 38.1

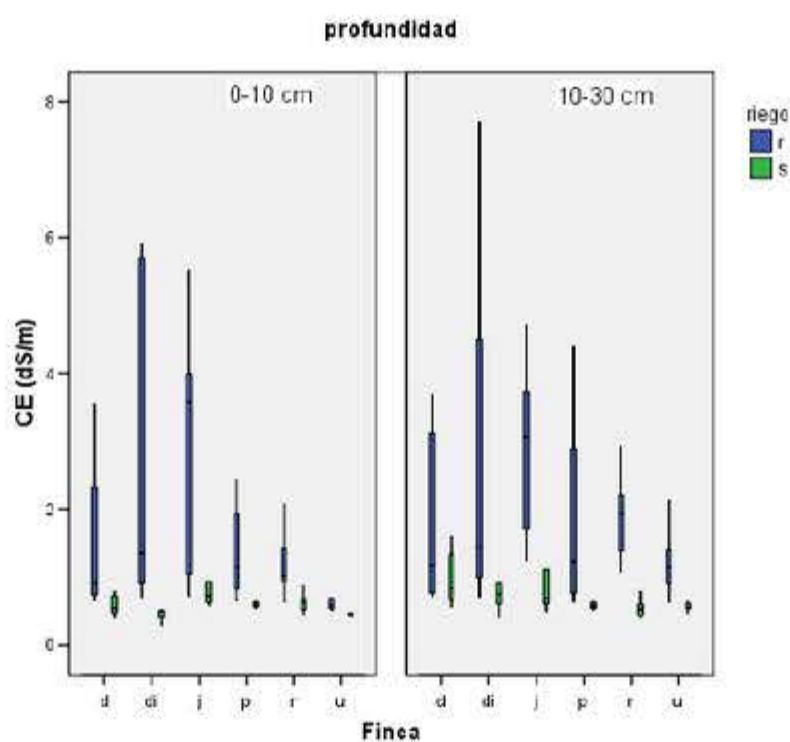
Se ha realizado un estudio comparativo entre seis fincas situadas en la zona de Vega de Machín (municipio de San Bartolomé), por presentar la mayor concentración de fincas y superficie regada con agua regenerada en la isla. Se seleccionaron seis fincas regadas (durante 8-10 años) y como control seis fincas adyacentes en secano, ambas cubiertas con piroclastos basálticos. Se han tomado muestras a dos profundidades (0-10 cm y 10-30 cm). En la tabla 2 se presentan algunos parámetros de los suelos estudiados.

Tabla 2. Comparación de la variación espacial de algunos parámetros de los suelos en seco y regadío

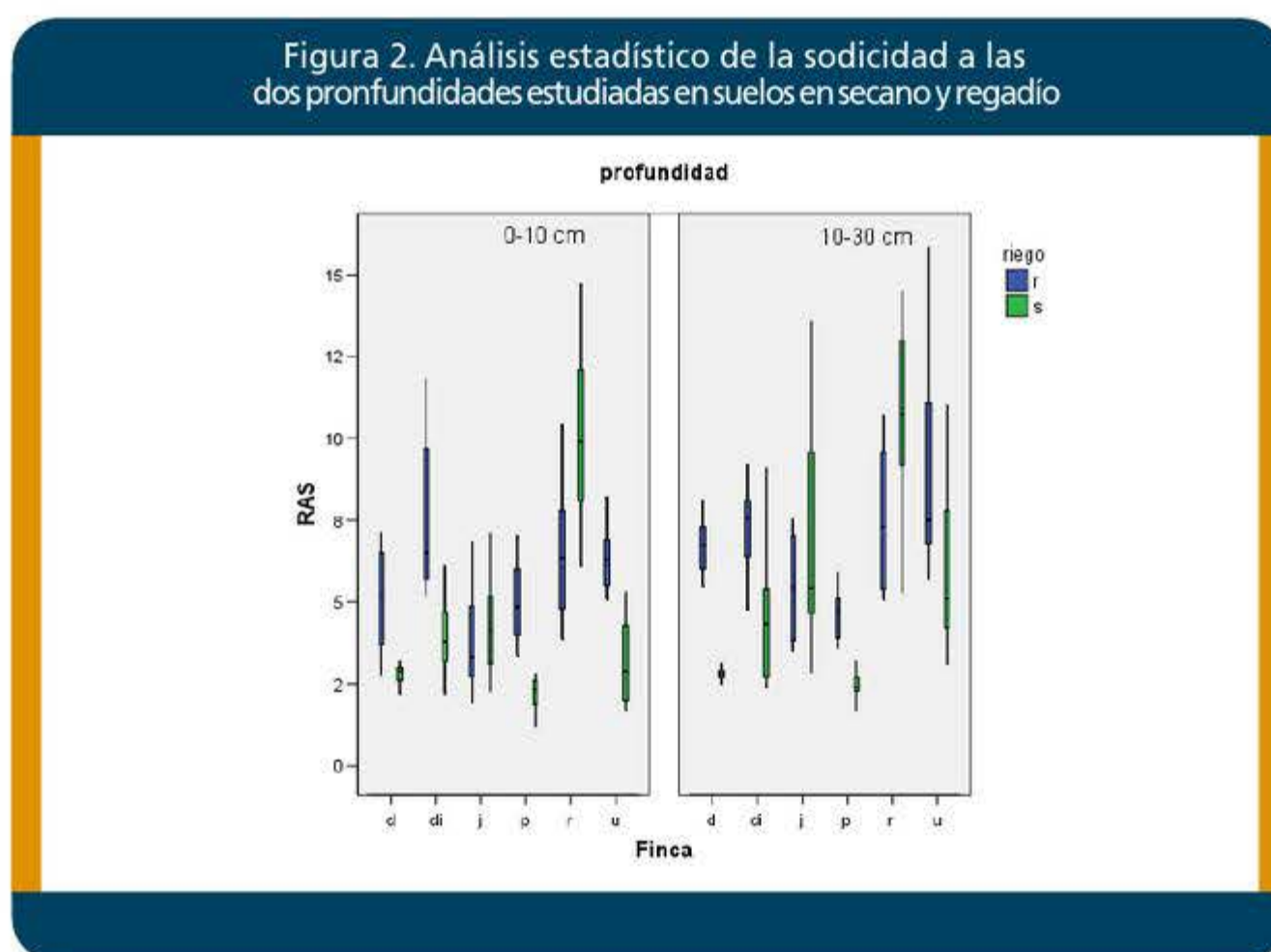
	pHes	Olsen P (mg kg <sup>-1</sup> )	C (g kg <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	Arcilla (g kg <sup>-1</sup> )	Limo (g kg <sup>-1</sup> )	Arena (g kg <sup>-1</sup> )
Prof. (cm) No regados								
0 - 10	6.7 - 7.8	4.9 - 51.2	1.6 - 7.5	0.3 - 0.9	1 - 77	125 - 346	351 - 545	128 - 524
10 - 30	7.1 - 7.9	1.5 - 14.4	1.4 - 5.6	0.4 - 0.8	1 - 134	227 - 566	367 - 562	61 - 304
Prof. (cm) Regados								
0 - 10	7.0 - 8.1	3.0 - 66.5	2.1 - 7.7	0.3 - 0.9	1 - 93	168 - 378	161 - 563	93 - 521
10 - 30	6.8 - 8.2	2.3 - 39.7	1.4 - 5.3	0.4 - 0.7	1 - 130	153 - 734	217 - 562	43 - 531

En los suelos no regados la conductividad eléctrica se mantiene siempre inferior a 1 dSm<sup>-1</sup>, con una baja variabilidad. Sin embargo con el riego se observa un incremento de la salinidad, con un aumento significativo de la conductividad eléctrica, especialmente en profundidad (0.3-1.0 dSm<sup>-1</sup> en suelos no regados frente a 0.5-4.0 dSm<sup>-1</sup> en los regados). En los suelos regados se observa además una gran variabilidad en este parámetro, que puede ser atribuida al manejo del riego con cambios periódicos de la situación de los goteros (Figura 1).

Figura 1. Análisis estadístico de la conductividad eléctrica a las dos profundidades estudiadas en suelos en seco y regadío



La misma tendencia se observa para el RAS, lo que puede llevar a una disminución de la permeabilidad del suelo (Figura 2).



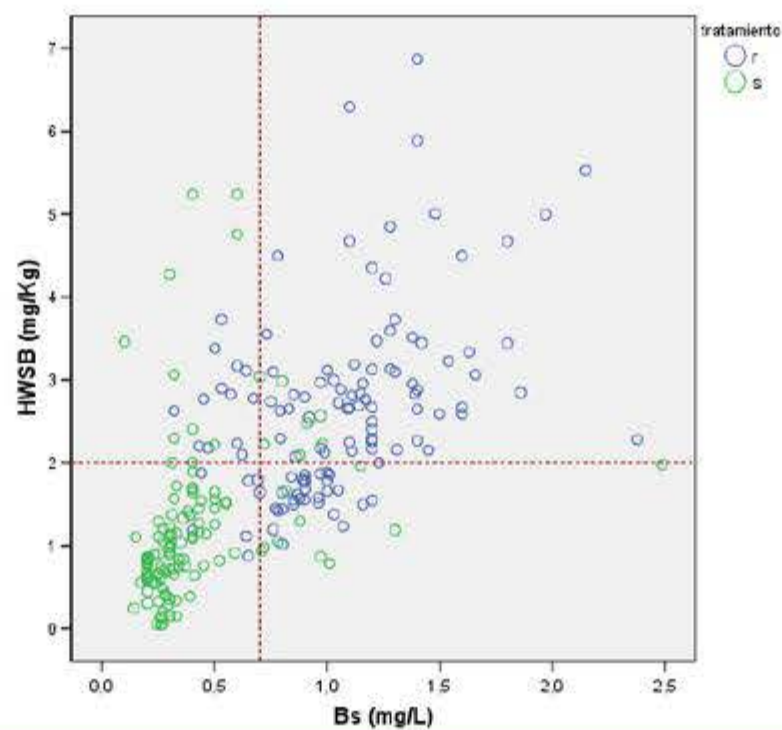
El análisis estadístico de los micronutrientes entre los suelos regados y no regados, no presenta diferencias estadísticamente significativas a excepción del boro a ninguna de las profundidades estudiadas. Los valores de Fe, Cu y Zn son adecuados, mientras que en el caso del manganeso presenta niveles elevados, aunque se trata de suelos alcalinos y carbonatados (tabla 3).

Tabla 3. Evaluación espacial de los micronutrientes en suelos en secano y regadío

		mgkg <sup>-1</sup>				
		Fe	Mn	Cu	Zn	B
<b>Prof. (cm) No regados</b>						
0 - 10		76.4 - 147.6	13.4 - 590.8	2.3 - 7.6	0.9 - 4.5	0.1 - 5.2
10 - 30		39.4 - 100.3	11.0 - 840.9	2.7 - 6.5	0.5 - 7.3	0.1 - 5.2
<b>Regados</b>						
0 - 10		60.6 - 329.5	14.9 - 618.6	2.1 - 6.4	0.6 - 8.0	1.2 - 6.9
10 - 30		0.9 - 180.1	1.2 - 579.4	0.5 - 5.8	0.1 - 6.2	0.9 - 6.3

Tanto el B extraído en agua caliente (HWSB) como el Bs (boro en extracto saturado) aumentan significativamente con el riego. Observándose en algunos casos valores que superan el umbral de peligro de toxicidad (Figura 3). Aunque como se ha señalado el incremento de las concentraciones de boro en los suelos regados es claro, no se observan síntomas de fitotoxicidad en los cultivos.

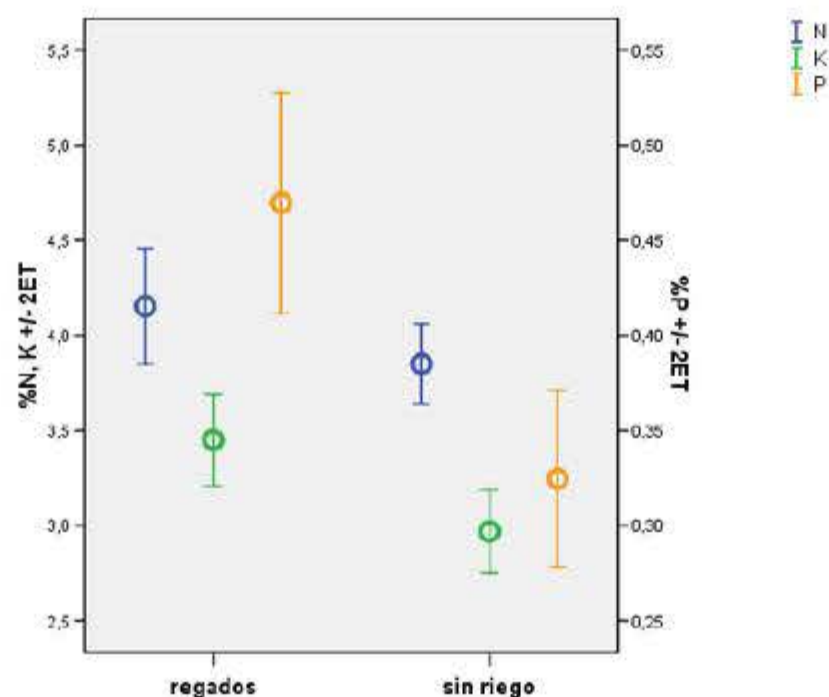
Figura 3.- Boro soluble (Bs) y boro asimilable (HWSB) en suelos en seco y regadío



También, con el objetivo de determinar los posibles cambios en la composición química de las plantas y frutos regados con agua regenerada con respecto a los de seco, se tomaron muestras de hojas y tubérculos de batata (principal cultivo de la zona), en las parcelas seleccionadas con y sin riego.

En los análisis foliares se observa una tendencia de los macroelementos N, P y K a aumentar con el riego que atribuimos al aporte de nutrientes con el agua regenerada, aunque este aumento sólo es significativo en el caso del fósforo (Figura 4). Se obtuvieron correlaciones positivas entre Ca-Mg, N-P y negativas entre P-Ca.

Figura 4. Contenido de macroelementos (N,P,K) en foliares de batata en suelos en secano y regadío. Media + 2x Error de estimación.



En el caso de los tubérculos, hay diferencias significativas al 99% (Test de Duncan) en el porcentaje de materia seca, siendo el valor más elevado en condiciones de secano.

Los contenidos en boro aumentaron significativamente en los tubérculos en las parcelas con riego, y no se observaron cambios en los foliares, a pesar de alcanzarse generalmente concentraciones de B en las disoluciones del suelo superiores a 1 mg/L, especialmente en superficie.

Con el riego se consiguen hasta dos cosechas al año, además de aumentar la producción ya que la densidad del cultivo es muy superior a la de secano, alcanzándose valores en regadío entorno a 30 Mgha<sup>-1</sup> (Granja Experimental del Cabildo de Lanzarote, comunicación personal). El precio que se paga al agricultor es de alrededor de 1.5 €/kilo. Lógicamente con el incremento del rendimiento las áreas sometidas a riego siguen en expansión.

Aunque la evolución de las propiedades de los suelos bajo riego con agua regenerada cuestiona la sostenibilidad de los sistemas de arenados a largo-medio plazo bajo las actuales prácticas de manejo, hasta el momento no se manifiestan problemas nutricionales en el cultivo de batatas.

La principal dificultad que se plantea a la hora de hacer recomendaciones de manejo es la gran variabilidad de la calidad del agua de riego. En este sentido se han realizado

reuniones con el Consejero de Agricultura del Excmo. Cabildo Insular y con responsables de INALSA (Insular de Aguas de Lanzarote S.A.) empresa responsable de la producción, distribución, saneamiento y reutilización del agua en la isla donde se ha planteado la necesidad de mantener unas características homogéneas del agua regenerada a lo largo del año para evitar los problemas de degradación de este sistema que constituyen un ejemplo de agricultura de conservación y de método de lucha contra la desertificación.

#### • RIEGO CON AGUAS DESALINIZADAS

La superficie bajo riego con aguas desalinizadas registrada es de 2.399 ha (Excmo. Cabildo Insular de Lanzarote, comunicación personal). El agua desalinizada constituye el principal recurso hídrico con 16.9 hm<sup>3</sup>año<sup>-1</sup>, lo que representa el 81% del total de la isla.

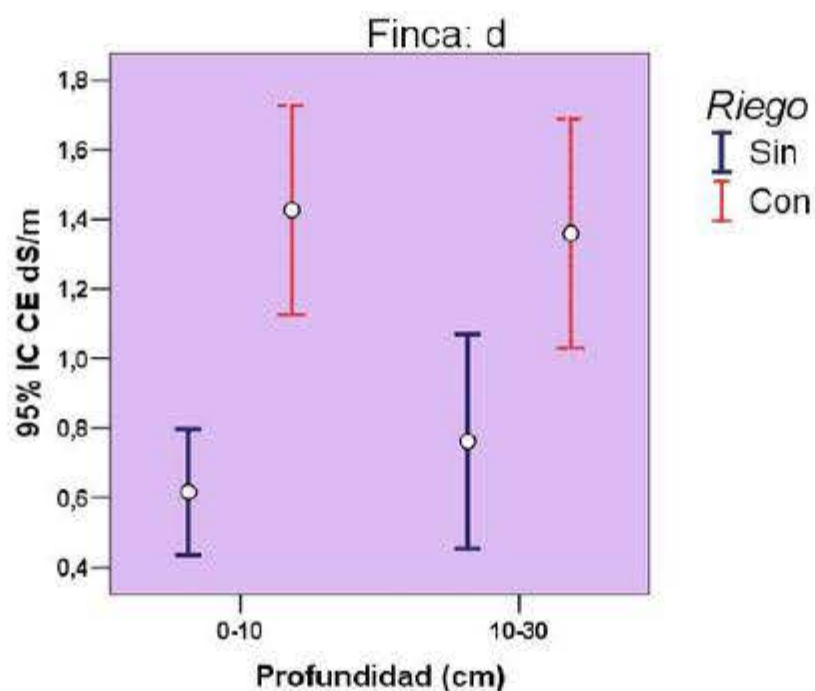
El análisis de esta agua (tabla 4), tratada mediante ósmosis inversa, presenta valores de RAS (7-10 meqL<sup>-0.5</sup>) y boro elevados (≈1 mgL<sup>-1</sup>).

Cuadro 4. Variación temporal de diferentes parámetros del agua desalinizada utilizada para el riego

Parámetro		Parámetro	
pH	7.1 – 8.1	CE (μS cm <sup>-1</sup> )	880-1078
Ca <sup>2+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	0.2 -0.5	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	0
Mg <sup>2+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	0.6 -1.6	HCO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	0.4-0.8
Na <sup>+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	4.5 – 8.0	Cl <sup>-</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	6.7-8.7
K <sup>+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	0.1 – 0.3	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	0.3-1.1
RAS (meq/L) <sup>1/2</sup>	7-10	B (mg L <sup>-1</sup> )	0.7-1.0

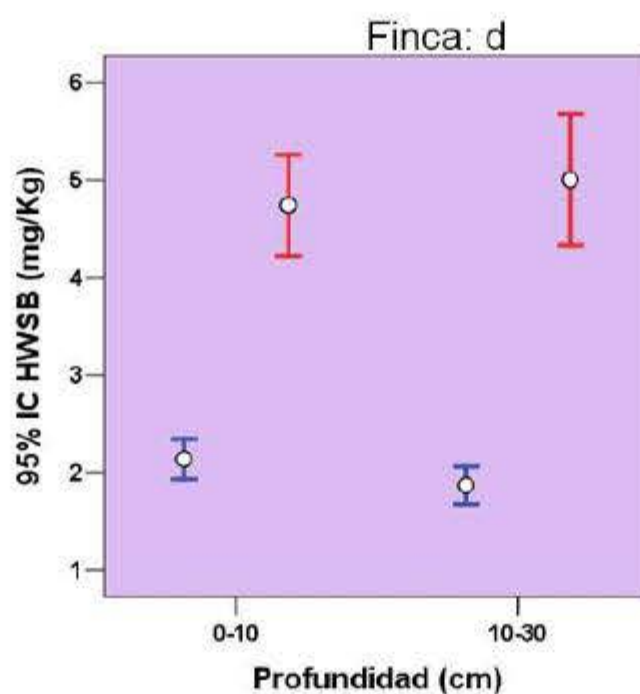
Los resultados obtenidos hasta el momento en suelos regados con estas aguas muestran que hay un aumento significativo de la salinidad de los suelos, especialmente en superficie, aunque no se superan los 2 dSm<sup>-1</sup> (Figura 5).

Figura 5.- Análisis estadístico de la conductividad eléctrica a las dos profundidades estudiadas en suelos en secano y regadío en una de las fincas estudiadas



El RAS también se incrementa con el riego. El boro tanto en extracto saturado como el boro soluble en agua caliente (HWSB) aumenta significativamente con el riego, llegando a valores potencialmente tóxicos en algunos casos (Figura 6). Sin embargo, no se observan síntomas de fitotoxicidad en los cultivos.

Figura 6. Evolución del Boro extraído en agua caliente





Los resultados obtenidos reflejan una creciente degradación de la calidad del suelo con el riego con agua desalinizada a corto-medio plazo, especialmente en el caso del boro.

#### 4. Perspectivas de futuro

Como se ha visto, los arenados en seco constituyen un sistema agrícola tradicional con un alto grado de adaptación al medio y son conservadores de suelos y agua, recursos limitados en zonas áridas, por lo que se les puede considerar sostenibles.

Estos agrosistemas representan algo más que una forma de cultivo, están vinculados a la identidad cultural y paisajística de esta isla y forman ya parte del patrimonio que debemos legar a las generaciones futuras con las adaptaciones que correspondan. Además, es un atractivo turístico de gran interés en una isla donde este sector constituye la principal fuente de ingresos.

Hasta el momento los resultados obtenidos en los suelos arenados sometidos a riego con aguas regeneradas y desalinizadas son muy preocupantes, pues reflejan el peligro de degradación de los suelos. No obstante, con las dosis de riego utilizadas los efectos negativos se hubieran alcanzado antes, debido a la reducción de la evaporación que ejerce la capa de piroclastos (que implica fracciones de lavado muy superiores a las esperadas considerando las dosis de riego empleadas). Es necesario evitar que una actuación positiva a corto plazo, sea negativa a medio-largo plazo. En ello se está trabajando, siendo indispensable la colaboración institucional a través de un plan de actuación para el mantenimiento de estos sistemas.

#### 5. Publicaciones y comunicaciones a congresos del equipo investigador relacionadas con el tema

- Díaz, F., Tejedor, M. y Jiménez, C.C. 2003. Dry farming agriculture with natural tephra mulch. A model of production and conservation. II World Congress on Conservation Agriculture. Foz do Iguaçú (Brasil).
- Díaz, F. 2004. Sistemas agrícolas tradicionales de las zonas áridas de las Islas Canarias. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna, Tenerife, Spain.
- Díaz, F., Jiménez, C., Tejedor, M. y Mejías, G. 2004. The use of tephra mulch increases soil fertility (Lanzarote, Spain). 13th International Soil Conservation Organization Conference (ISCO 2004). Brisbane (Australia).
- Díaz, F., Jiménez, C. y Tejedor, M. 2004. Influence of the thickness and grain-size of tephra mulch on soil water evaporation. 14th International Congress of the ESSC. Soil Conservation in a changing Europe. Budapest (Hungría).
- Díaz, F., Mejías, G., Tejedor, M. y Jiménez, C. 2004. Influence of tephra mulch thickness and grain-size on soil temperature. I Congreso Iberico Ciencia do Solo. Bragança (Portugal).
- Díaz, F., Jiménez, C.C. y Tejedor, M. 2005. Influence of the thickness and grain size of



- tephra mulch on soil water evaporation. *Agricultural Water Management*, 74/1: 47-55.
- Díaz, F., Tejedor, M., Jiménez, C., y Hernández-Moreno, J.M. 2006. Effects of irrigation on the sustainability of the "Arenados" tephra mulching agrosystems (Canary Islands, Spain). *International ESSC Conference on Soil and Water Conservation under Changing Land Use*. Lleida (España).
  - Hernández-Moreno, J.M., Tejedor, M. y Jiménez, C.C. 2007. Effects of land use on soil degradation and restoration in the Canary Islands. *Soils of Volcanic Regions of Europe. V. Volcanic Soils and Land Use*, 565-580.
  - Hernández, M., Tejedor, M., Jiménez, C., Díaz, F. y Hernández-Moreno, J.M. 2005. Comportamiento de suelos volcánicos frente al riego con aguas depuradas y desalinizadas. Influencia del yeso en la corrección de problemas de boro y sodio. *Monografías INIA, Serie Agrícola*, 17: 220-226.
  - Jiménez, C. y Hernández-Moreno, J.M. 2006. Avance del Plan de Lucha contra la Desertificación en Canarias. *SOSTENP IV Jornadas Forestales de la Macaronesia*. La Palma (España).
  - Jiménez, C., Tejedor, M., Díaz, F. y Hernández-Moreno, J.M. 2007. Sustainability of tephra mulched systems under irrigation with desalinized-reclaimed water in Lanzarote (Spain). *6th Conference on Wastewater Reclamation and Reuse for Sustainability*. Antwerp (Bélgica).
  - Jiménez, C. 2007. Cartografía de los suelos de la isla de Lanzarote (E: 1:25.000). *Jornadas de DivulgaÇao dos Projectos Cartograf I, Cartograf II, Cartograf III*. Terceira (I. Azores, Portugal).
  - Jiménez, C.C., Tejedor, M., Hernández-Moreno, J.M. Fuentes, J. y Neris, J. 2007. Impacto del riego con aguas desalinizadas en "arenados" (Lanzarote, Islas Canarias). *III Simposio Nacional sobre Control de la Degradación de Suelos y Desertificación*. Abstracts.
  - Jiménez, C., Neris, J., Fuentes, J. y Hernández-Moreno, J.M. 2007. Plan de lucha contra la desertificación en Canarias. *III Simposio Nacional sobre Control de la Degradación de Suelos y Desertificación*. Abstracts.
  - Tejedor, M., Rodríguez, A., Jiménez, C. y Díaz, F. 1999. Evaluation of traditional agrosystem function in arid zones: hydric state and fertility. *Soils with Mediterranean Type of Climate 6th International Meeting*. Extended Abstracts 355-356. Barcelona, Spain.
  - Tejedor, M., Jiménez, C. y Díaz, F. 1999. Problemática de la clasificación de suelos con mulch de cenizas volcánicas. *14 Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo*. Resúmenes, p. 215. Temuco (Chile).
  - Tejedor, M., Rodríguez, A., Jiménez, C. y Díaz, F. 1999. Evaluación del funcionamiento de agrosistemas tradicionales en zonas áridas: aprovechamiento hídrico y estado salino. *14 Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo*. Temuco (Chile).
  - Tejedor, M., Jiménez, C., Díaz, F. y Rodríguez, M. 2000. The canarian traditional agricultural systems as soil temperature regulators. *Third International Congress of the European Society for Soil Conservation*. Man and Soil at the Third Millenium. Valencia (España)
  - Tejedor, M., Jiménez, C.C. y Díaz, F. 2000. Optimización del espesor y tipo de mulch de cenizas volcánicas en la conservación del agua del suelo. *Resultados preliminares*. *11 International Soil Conservation Organization Conference*. Buenos Aires (Argentina).
  - Tejedor, M., Jiménez, C.C. y Díaz, F. 2001. Volcanic materials ash mulches for water conservation. *International Workshop Volcanic Soils: properties, processes and land use*. Azores (Portugal).
  - Tejedor, M., Jiménez, C.C. y Díaz, F. 2001. Use of volcanic mulch in rehabilitation of saline soils. *3rd International Conference on Land Degradation*. Río de Janeiro (Brasil).

- Tejedor, M., Jiménez, C.C. y Díaz, F. 2001. Agricultura de Conservación en regiones áridas utilizando materiales volcánicos. I Congreso Mundial de Agricultura de Conservación. Madrid (España).
- Tejedor, M., Jiménez, C.C., Díaz, F. y Morillas, G. 2002. Traditional agricultural practices in the Canaries as soils and water conservation techniques. Impact assessment and economic evaluation of water harvesting techniques in dry mediterranean zones. Canary Islands (Spain).
- Tejedor, M., Jiménez, C.C. y Díaz, F. 2002. Volcanic Mulching: a soil and water conservation strategy. International Symposium on Sustainable use and management of soils in arid and semiarid regions. Murcia (España).
- Tejedor, M., Jiménez, C.C. y Díaz, F. 2002. El cultivo en arenados de Canarias. *El Pajar*, 13: 34-39.
- Tejedor, M., Jiménez, C.C. y Díaz, F. 2002. Soil moisture regime changes in tephra-mulched soils: implications for Soil Taxonomy. *Soil Science Society of America Journal*, 66, 202-206.
- Tejedor, M., Jiménez, C.C. y Díaz, F. 2002. Traditional agricultural practices in the Canaries as soil and water conservation techniques. *Tropical Resource Management Papers*, 40: 3-12.
- Tejedor, M., Jiménez, C.C. y Díaz, F. 2002. Farming practices affect soil classification in arid regions. 17 World Congress of Soil Science. Tailandia.
- Tejedor, M., Jiménez, C.C. y Díaz, F. 2003. Use of volcanic mulch to rehabilitate saline-sodic soils. *Soil Science Society of America Journal*, 67: 1856-1861.
- Tejedor, M., Jiménez, C.C. y Díaz, F. 2003. Volcanic materials as mulches for water conservation. *Geoderma*, 117: 283-295.
- Tejedor, M.; Jiménez, C.; Díaz, F. 2004. Dry farming agriculture with natural tephra cover in Lanzarote, Spain. *Soil Use and Management*, 20: 360-362.
- Tejedor, M., Jiménez, C. y Díaz, F. 2004. Use of volcanic mulch for saline-sodic rehabilitation: short and long term experiences in the Canary Islands. *Volcanic Soil Resources in Europe. COST Action 622 Final Meeting. Iceland.*
- Tejedor, M., Jiménez, C., Monteagut, F., Mejías, G. y Díaz, F. 2004. Impact of tephra mulching and unmulching on the soil salinisation-sodification processes. *Eurosoil. Freiburg (Alemania).*
- Tejedor, M., Jiménez, C.C. y Díaz, F. 2007. Rehabilitation of saline soils by means of volcanic material coverings. *European Journal of Soil Science*, 58:490-495.
- Tejedor, M., Hernández-Moreno, J.M. y Jiménez, C.C.. 2007. Soils of volcanic systems in Spain. *Soils of Volcanic Regions of Europe. I. European Volcanic Soil Resources*, 101-112.
- Tejedor, M., Jiménez, C.C., Hernández-Moreno, J.M. y Díaz, F. 2007. Influencia del riego con aguas depuradas en los cultivos de "arenados". III Simposio Nacional sobre Control de la Degradación de Suelos y Desertificación. Abstracts.

## 6. Referencias

- ANZECC y ARMCANZ. 2000. Australian guidelines for water quality monitoring and reporting. National Water Quality Management Strategy Paper No. 7. Australian and New Zealand Environment and Conservation Council & Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand, Canberra.
- USEPA 2004. Guidelines for wastewater reuse. US Environmental Protection Agency. EPA/625/R-04/108. Washington, DC



# Regeneración y Reutilización de aguas en la Costa Brava: criterios prácticos de organización y gestión



## 1. Introducción

En 1989 el Consorci de la Costa Brava (CCB) inició el suministro de agua regenerada (entonces, simplemente efluente secundario desinfectado) para el riego del Golf Mas Nou, en la localidad costera de Castell-Platja d'Aro. Desde entonces, la experiencia práctica acumulada ha permitido ampliar y mejorar paulatinamente el servicio a los usuarios hasta llegar a la situación actual, en la que varios municipios han empezado ya a instalar y a poner en servicio redes específicas para el transporte y posterior uso de agua regenerada para todo tipo de usos no potables, entre los que cabe destacar el riego de jardinería (inicialmente municipal, pero con aspiraciones de llegar al suministro a usuarios privados) y la limpieza de calles. Esta evolución hacia nuevos y más exigentes usos ha sido posible gracias a los sucesivos planteamientos realizados, siempre orientados a la consecución de una mayor calidad tanto físico-química como microbiológica y, por tanto, a una mejor protección de la salud pública, retomando el espíritu inicial de las actividades relacionadas con el saneamiento, en las que preponderaban los criterios sanitarios por encima de los medioambientales. En esta ponencia intentamos analizar y resumir cuáles han sido, a nuestro entender, las decisiones tomadas que han permitido dicho avance, así como reflexionar sobre algunas cuestiones relativas a la reutilización del agua regenerada en España.

## 2. Definiciones

De entrada, parece adecuado definir los principales conceptos que van a ser tratados en esta ponencia, con el fin de aclarar de qué estamos hablando en cada momento. Así pues, los principales conceptos a definir son los siguientes:

- Agua residual: residuo líquido que es recogido por los sistemas de alcantarillado de una población y que es conducido hasta una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) para que pueda ser tratado y devuelto posteriormente al medio, sin que se produzca un impacto negativo para éste.
- Tratamiento de depuración: es el tratamiento aplicado al agua residual en una EDAR con el objetivo de reducir su nivel de contaminación hasta aquél que la convierta en apta para su vertido al medio.
- Agua residual depurada (= efluente secundario, si la EDAR es biológica): es el agua resultante de la aplicación del tratamiento de depuración que es vertida al medio. Los niveles de calidad exigidos son como mínimo de DBO (demanda bioquímica de oxígeno) inferior a 25 mg/L y MES (materia en suspensión) inferior a 35 mg/L. Sin embargo, para el vertido en las llamadas zonas sensibles las exigencias de calidad afectan también a la concentración de nitrógeno y de fósforo, que deben estar por debajo de 15 mg N/L y de 2 mg P/L, respectivamente, si la población servida está entre los 10.000 y 100.000 habitantes equivalentes, y por debajo de 10 mg N/L y de 1 mg P/L si dicha población supera los 100.000 habitantes equivalentes.

- Tratamiento terciario o de regeneración: es aquel tratamiento adicional que se aplica a un agua residual ya depurada con el objetivo de convertirla en apta para un uso posterior. Habitualmente se tratará de un proceso de desinfección, a menudo con unos tratamientos previos de preparación del agua (coagulación, floculación, sedimentación y filtración, o distintas combinaciones de ambos), aunque en función del uso posterior del agua se pueden aplicar tratamientos que prioricen otros objetivos, como por ejemplo la reducción adicional de nitrógeno y fósforo mediante sistemas de humedales artificiales.
- Agua regenerada: es el agua resultante de un tratamiento de regeneración y que es apta para un uso determinado, habitualmente no potable.
- Reutilización del agua: proceso por el cual un agua es utilizada por segunda vez, después de haber pasado por un proceso de regeneración que la ha convertido en apta para tal cometido.

### 3. La reutilización en la Costa Brava en 2007

El Consorci de la Costa Brava (CCB) es un organismo creado en 1971 y formado por los 27 municipios del litoral gerundense y la Diputación de Girona, que se ocupa de la gestión del ciclo integral del agua en dicha zona. Esta gestión integral comprende el abastecimiento en alta a diversos municipios, que en la actualidad se sitúa alrededor de los 20 millones de metros cúbicos al año, el saneamiento y depuración de las aguas residuales de los 27 municipios, con un volumen total depurado de unos 35 millones de metros cúbicos al año, y la regeneración y reutilización de las aguas depuradas, que se sitúa entre 5 y 6 millones de metros cúbicos al año. Suponiendo una dotación por habitante de 150 litros/día, este volumen reutilizado correspondería al agua que consumiría en un año una población de 110.000 habitantes. En la Figura 1 se puede observar la evolución de la producción de agua regenerada en la Costa Brava desde 1989 hasta la actualidad, mientras que la Figura 2 muestra una imagen del agua regenerada producida en la EDAR de Portbou, en el norte de la Costa Brava.

Figura 1. Evolución de la producción de agua regenerada en la Costa Brava (1989-2006)

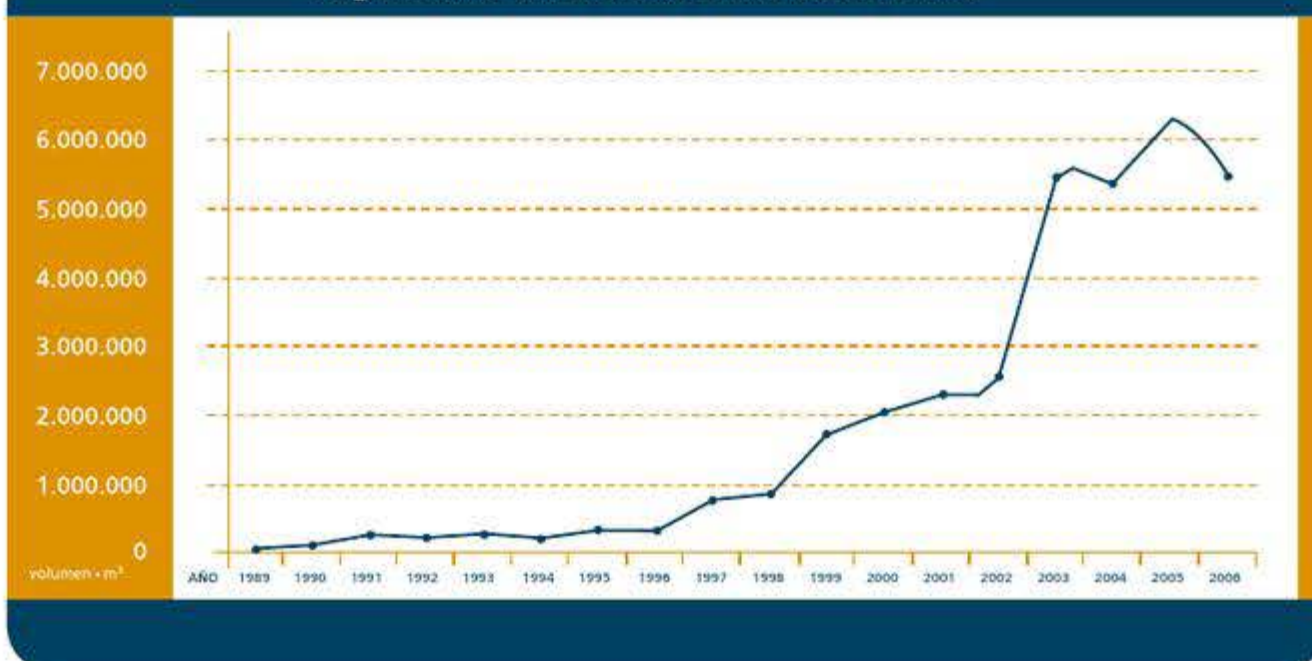
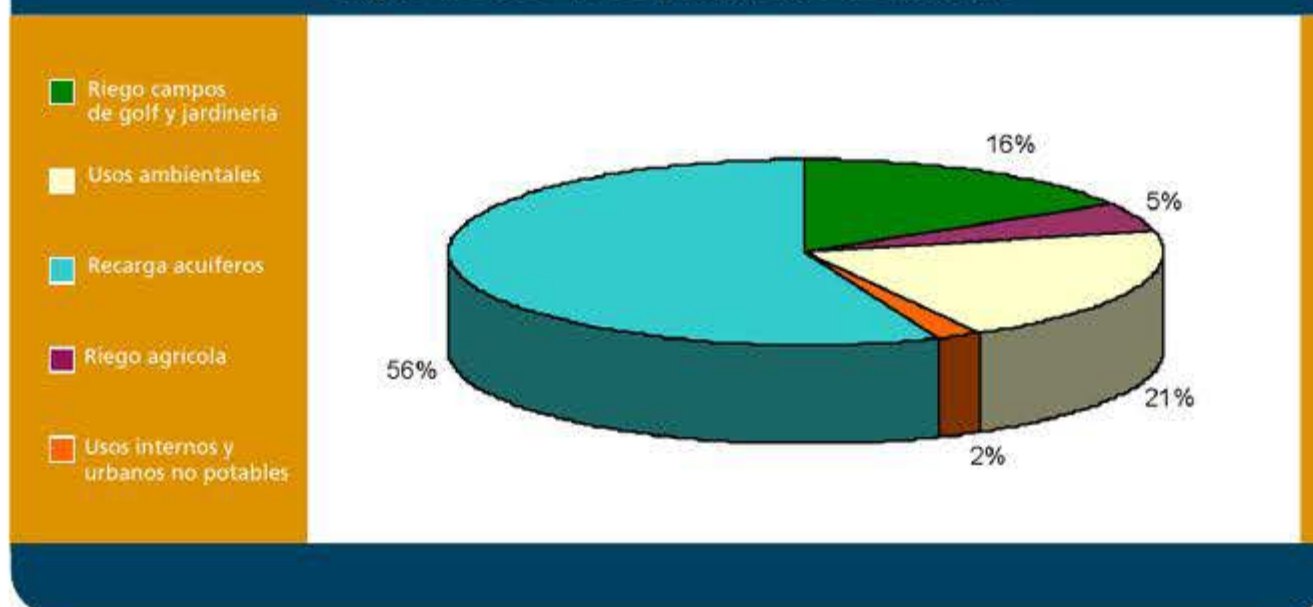


Figura 2. Detalle del agua producida en la planta de regeneración de Portbou (30 de junio de 2005)



Por lo que respecta a los usos, en la Costa Brava existe una amplia variedad de aplicaciones para el agua regenerada. Ordenados de mayor a menor en cuanto a volumen suministrado, estos usos son la recarga de acuíferos, los usos ambientales, el riego de campos de golf y jardinería, el riego agrícola y los usos internos y urbanos no potables (Figura 3).

Figura 3. Distribución del agua regenerada producida en 2006 según los usos a los que ha sido destinada.





En cuanto a volumen, el principal proyecto en la Costa Brava es el de la recarga del acuífero del tramo inferior del río Tordera con el agua producida en la planta de regeneración de Blanes, una instalación que aporta cada año desde 2003 unos 3 millones de metros cúbicos de agua al acuífero y que hasta aquel momento eran vertidos al mar. La recarga se realiza por percolación superficial y la calidad del agua es muy elevada, tanto desde el punto de vista microbiológico como físico-químico, con concentraciones de nitrógeno total inferiores a los 10 mg N/l (Figura 4) y con valores de ausencia de *Escherichia coli* en la gran mayoría de muestras (percentil 90 año 2006 = 4 ufc/100 ml).

Figura 4. Detalle del agua regenerada utilizada para la recarga superficial del acuífero del tramo inferior del río Tordera. Foto tomada el 7 de julio de 2005, cuando el 100% del caudal era agua regenerada.



Dentro de los usos ambientales destacan dos proyectos de reutilización:

a) el del Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà –Parque Natural de los Humedales del Ampurdán- (Figuras 5 y 6), donde a través de un sistema de humedales artificiales se reduce la concentración de nitrógeno y fósforo de forma previa a su utilización para la alimentación de la laguna del Cortalet y para la restauración de los prados húmedos típicos de la zona (las "closes").

b) el del Parque de Sa Riera en Tossa de Mar (Figura 7), donde en 1998 se transformó un antiguo vertedero de escombros en una nueva zona ajardinada para el disfrute de la población. Desde este parque se alimenta indirectamente a la riera de Tossa con un agua de gran calidad (Figura 8) a través de una laguna artificial ubicada en el propio parque.

El tercer grupo de usos por orden de importancia es el riego de campos de golf. A fecha de hoy (junio de 2007), los principales campos de golf de la Costa Brava (6) utilizan agua regenerada para el riego de sus instalaciones, ya sea de forma total o parcial.

El sector con un mayor potencial de crecimiento es el riego agrícola. Con las experiencias positivas de las comunidades de regantes de Castell d'Aro, Solius (término municipal de Santa Cristina d'Aro) (Figura 9), Mas Rabassa (término municipal de Blanes) y Mas Duran (Torroella de Montgrí), y del riego de un viñedo en Garbet (término municipal de Colera) (Figura 10), es de esperar que otros agricultores puedan interesarse por poder disponer de un recurso que haga que su producción sea independiente de la climatología. Las fuertes inversiones que es necesario realizar para el transporte y el almacenaje del agua y la limitación del recurso son frenos para su desarrollo de manera generalizada, pero en aquellos sitios donde la coyuntura lo haga factible, el agua regenerada será un recurso de gran valor no sólo para la agricultura en sí, sino también para la preservación de unos paisajes y de una manera de vivir que en la Costa Brava está desapareciendo a velocidad de vértigo.

Figuras 5 y 6. Vista general del "Estany Europa" (laguna del sistema de humedales artificiales de Empuriabrava), 4 de abril de 2006 (izquierda) y detalle del agua de salida del sistema de humedales artificiales de Empuriabrava, 4 de abril de 2006 (derecha).



Figuras 7 y 8. Vista general del Parque de Sa Riera, 12 de junio de 2007 (izquierda) y detalle del agua aportada a la riera de Tossa (seca aguas arriba del Parque de Sa Riera), 12 de junio de 2007 (derecha).



El sector con un menor consumo hasta el momento es el de los usos urbanos no potables. Las grandes inversiones que requiere la distribución del agua, la dispersión de los puntos de consumo, principalmente jardines municipales, y los pequeños volúmenes que representa el agua captada por los bomberos o para la limpieza viaria harán que siempre presente unos volúmenes inferiores a los del resto de usos. No obstante, para algunos municipios con una evidente limitación en la disponibilidad de recursos hídricos (Portbou, Port de la Selva), estos ahorros significan un aumento de la garantía del abastecimiento potable, al poder atender estas demandas con un agua que no disminuye las reservas disponibles.

Figuras 9 y 10. Riego de maíz en Solius (28 de junio de 2006) (izquierda) y viñedo regado con agua regenerada en Garbet (Colera) (derecha) en 2003.

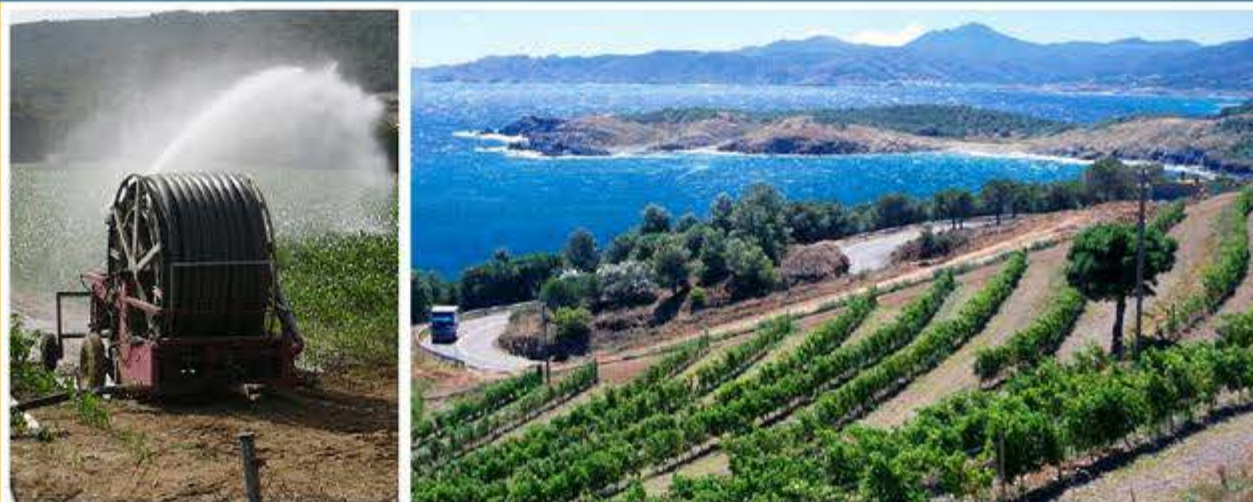
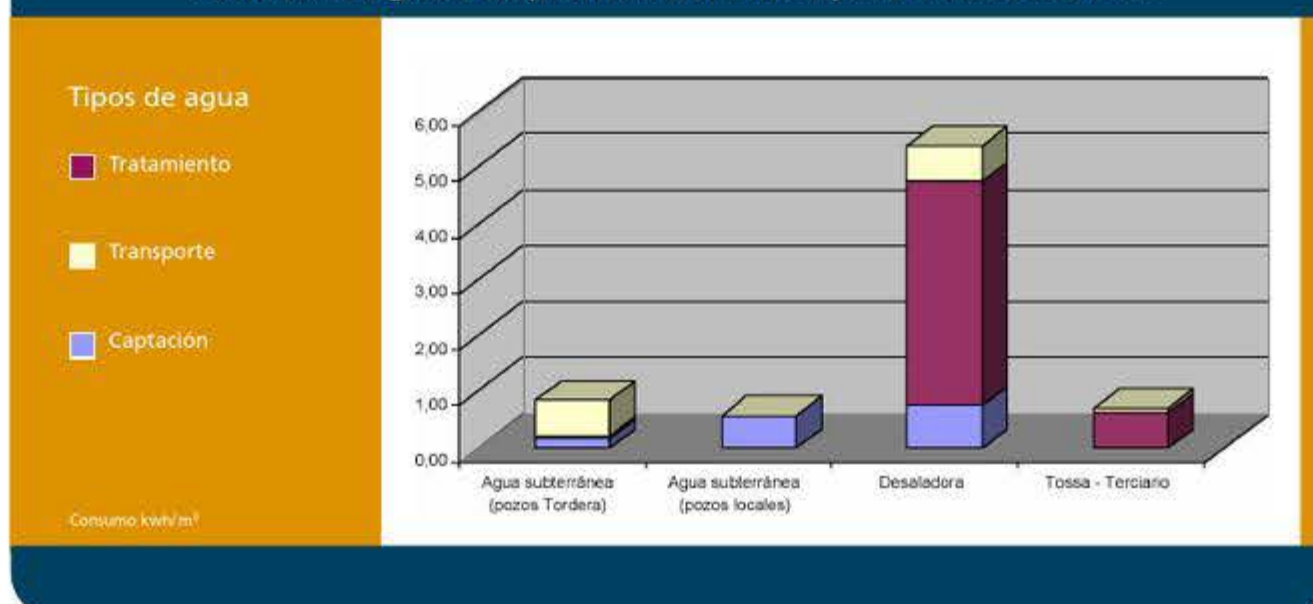


Figura 11. Comparación del coste energético de las distintas fuentes de agua a disposición del municipio de Tossa de Mar.



Pero no sólo los municipios con limitación de recursos para el abastecimiento potable han apostado por potenciar la reutilización del agua para los usos urbanos no potables. Tossa de Mar y Lloret de Mar, que tienen ya en servicio desde la primavera de 2007 lo que se podría considerar como la columna vertebral de su red municipal de agua regenerada, han optado también por desarrollar este recurso no por falta de agua sino como forma de ahorro conjunto de agua y energía, así como para atender a determinado tipo de demandas. Ambas poblaciones se abastecen en buena parte de la planta desaladora de Blanes, de manera que al coste energético del propio proceso de desalación es necesario añadirle el del transporte desde este término municipal hasta los depósitos de agua potable de Lloret de Mar (7 km al norte) y de Tossa de Mar (17 km al norte). En el caso de este último municipio, el más desfavorable por ser el que se encuentra más alejado del punto de producción, la estimación del coste energético del agua desalada es de unos 5,4 kWh/m<sup>3</sup>, entre 8 y 10 veces mayor que el coste del agua subterránea de los pozos locales (la más económica, pero insuficiente) y que el coste de los pozos del tramo inferior del río Tordera, en el municipio de Tordera (Figura 11). Es en este marco donde aparece como interesante el desarrollo de un nuevo recurso local, el agua regenerada, a partir de un agua depurada que de otra forma sería vertida al mar. Por un coste energético estimado en 0,6 kWh/m<sup>3</sup>, también casi 10 veces inferior al del agua desalada, el municipio de Tossa de Mar dispone de un agua segura y de calidad suficiente para la limpieza viaria, el riego de jardines, la recuperación de espacios como el Parque de Sa Riera, la revegetación de la propia riera en su tramo urbano o la mejora de la jardinería de la parte más emblemática de la localidad, el recinto amurallado de Vila Vella (Figura 12). En Lloret de Mar, el uso inicial del agua regenerada ha sido el riego de los jardines de Santa Clotilde, una de las zonas más emblemáticas del municipio (Figura 13). Cubrir estas demandas sin un agua de bajo coste energético y que no comprometiera el abastecimiento municipal habría sido una tarea no solamente más cara, sino quizás también imposible en algún caso.

Figuras 12 y 13. Hidrante de agua regenerada en la Vila Vella de Tossa de Mar (12 de junio de 2007) (izquierda) y riego con agua regenerada de los Jardines de Santa Clotilde, en Lloret de Mar (derecha) (12 de junio de 2007)



#### 4. Criterios de explotación de una EDAR con vistas a una posterior reutilización

Conceptualmente, el tratamiento terciario o de regeneración no es sólo una extensión del proceso convencional de depuración, sino que se trata de una actividad encaminada a producir un recurso, por lo que no debe ser vista como un mero añadido a la EDAR. Cuando en una EDAR se proyecta una reutilización, ello significa que va a ser utilizada como fuente de agua y que el concepto de calidad pasará a jugar un papel preponderante. A pesar de no haber aún legislación vigente sobre este tema en España, sí que se conoce desde hace tiempo cuáles son los criterios que más plausiblemente pueden ser exigidos, por lo que es perfectamente posible calibrar esa determinada instalación en función de dichos criterios y ver cuán cerca o cuán lejos se está de su cumplimiento. Es importante hacer notar que los criterios de calidad en las aguas depuradas suelen referirse a los valores medios (mensuales, anuales), mientras que en el caso de las aguas regeneradas lo hacen en base a los valores del percentil 90, es decir, que exigen un cumplimiento en por lo menos un 90% de las muestras tomadas en el período de un año.

El salto que implica en cuanto a consecución de una calidad no es irrisorio, sino todo lo contrario. No sólo los límites numéricos exigen una mejora en la calidad del agua, sino que se exige también una regularidad a la que muchos explotadores quizás no estén habituados porque hasta el momento de iniciar la reutilización no tienen necesidad de ella. La reutilización, para que sea una actividad con continuidad en el tiempo y para que por tanto sea verdaderamente útil para una gestión más racional de los recursos hídricos, requiere necesariamente de esta transición mental de un estadio a otro. Dicho de forma burda pero

muy gráfica, ello significa pasar de gestionar el sistema de tratamiento del agua para que como mínimo una de cada dos muestras cumpla con la normativa de vertido, a gestionarlo de forma que la proporción sea como mínimo de nueve de cada diez. El reto es formidable y obliga a tomar decisiones pensando sólo en la calidad, lo cuál significará también, con toda probabilidad, mayores costes de explotación y una mayor atención sobre todo el proceso, empezando prácticamente desde el control de los vertidos a las redes de saneamiento.

Tabla 1. Resumen estadístico de los valores de MES en algunas de las EDAR con regeneración de aguas en la Costa Brava en el verano de 2006. Datos aportados por los laboratorios de la Empresa Mixta d'Aigües de la Costa Brava, SA, encargada de la explotación de dichas EDAR.

Tipo de agua / EDAR	Materia en suspensión, mg/L (datos 2006)					
	Junio		Julio		Agosto	
	Media	P90	Media	P90	Media	P90
<b>Efluente secundario desinfectado</b>						
Pals (cloración)	4,2	4,4	8,5	11,5	6,4	9,7
Torroella de Montrí (UV + cloración)	5,5	7,2	6,2	9,9	4,0	5,5
<b>Efluente secundario con tratamientos adicionales previos a la desinfección</b>						
Castell-Platja d'Aro (efluente 2ario)	7,3	10,7	6,2	9,2	5,6	8,2
Castell-Platja d'Aro (efluente 3ario - filtración, UV y cloración)	4,0	5,5	2,5	4,6	4,5	6,3
Tossa (efluente 2ario)	9,6	12,2	14,0	19,8	13,9	17,8
Tossa (efluente 3ario - coagulación, floculación, decantación, filtración, y cloración)	3,0	3,9	2,5	3,6	3,7	5,0

Tabla 2. Resumen estadístico de los valores de turbidez en algunas de las EDAR con regeneración de aguas en la Costa Brava en el verano de 2006. Datos aportados por los laboratorios de la Empresa Mixta d'Aigües de la Costa Brava, SA, encargada de la explotación de dichas EDAR.

Tipo de agua / EDAR	Turbidez, NTU (datos 2006)					
	Junio		Julio		Agosto	
	Media	P90	Media	P90	Media	P90
<b>Efluente secundario desinfectado</b>						
Pals (cloración)	1,0	1,9	2,6	3,9	1,3	1,6
Torroella de Montrí (UV + cloración)	1,2	2,1	2,0	4,3	0,8	1,6
<b>Efluente secundario con tratamientos adicionales previos a la desinfección</b>						
Castell-Platja d'Aro (efluente 2ario)	2,0	3,5	1,8	3,4	2,1	3,1
Castell-Platja d'Aro (efluente 3ario - filtración, UV y cloración)	1,7	2,5	1,8	3,6	1,9	2,7
Tossa (efluente 2ario)	5,4	7,2	8,0	13,6	7,1	9,9
Tossa (efluente 3ario - coagulación, floculación, decantación, filtración, y cloración)	2,0	2,4	2,1	2,9	2,5	3,2

El primer paso para poder regenerar el agua depurada con garantías es el de obtener un efluente secundario de la mayor calidad posible. Cuanto menores sean la DBO y la MES, mejor calidad tendrá el agua depurada y más fácil serán los posteriores tratamientos de regeneración, de manera que habrá que llevar la EDAR a su máxima capacidad de tratamiento (ver Tablas 1 y 2). Dado que ello representará un mayor consumo energético en los reactores biológicos, es importante que la empresa explotadora de la EDAR no tenga ninguna restricción, directa o indirecta, sobre su uso. Debe emplearse aquella que sea necesaria para conseguir el máximo rendimiento en el reactor, ya que la separación posterior de los sólidos se hará por gravedad en el decantador secundario, mientras que si se deja para etapas posteriores –en caso de que existan–, los contralavados de los filtros generarán un nuevo consumo energético perfectamente ahorrable y unas complicaciones operativas nada desdeñables. Por tanto, dado que la disponibilidad de energía eléctrica es un factor esencial, es importante también que esté fuera del presupuesto de explotación de la EDAR y sujeta a una liquidación, por ejemplo, a finales de año y en función del consumo realizado. Es importante evitar las posibles tentaciones de un mayor beneficio en la explotación de una EDAR con sistemas de regeneración de agua en base a un elemento tan importante como es el consumo energético, porque sencillamente en la calidad final del agua se echará en falta la energía ahorrada de forma inoportuna.

## 5. El proceso de desinfección

La desinfección es el proceso esencial dentro del tratamiento de regeneración, puesto que es el que verdaderamente actúa protegiendo a la salud pública. La desinfección evita que los microorganismos patógenos aislados mediante la recolección de las aguas residuales sean esparcidos de nuevo en el ambiente a través usos en los que la posibilidad de contacto humano es más elevada que la del vertido de efluente secundario, que no suele ser desinfectado. La eficacia del proceso de desinfección se evalúa mediante el recuento de microorganismos indicadores de contaminación fecal, como por ejemplo los coliformes fecales o *Escherichia coli*, una de las especies de bacterias pertenecientes a este grupo. La reducción de microorganismos indicadores hasta niveles muy bajos o de ausencia sirve para asegurar que los microorganismos patógenos, que se encuentran en menor concentración que los indicadores, también habrán desaparecido del agua, por lo cual es lógico pensar que su utilización es segura, especialmente en el caso de aplicaciones para usos no potables.

Así, tanto el borrador de reutilización del Ministerio de Medio Ambiente como las directrices de la Agencia Catalana del Agua (ACA) piden un cumplimiento mínimo de una concentración de *Escherichia coli* inferior a 200 ufc/100 ml en el 90% de muestras en el plazo de un año (Tabla 3). En la Tabla 4 se presentan los valores de las concentraciones de coliformes fecales (grupo que incluye a *Escherichia coli*, por lo que es más conservador en cuanto a seguridad sanitaria) de algunas de EDAR con regeneración de aguas de la Costa Brava y en ella se puede apreciar la gran reducción que se consigue en cuanto a estos microorganismos y la elevada regularidad en los resultados, que cumplen en todos los casos el límite de 200 ufc/100 mL.



Tabla 3. Resumen de las directrices de calidad del agua regenerada para el más exigente de los usos de riego, según la Agencia Catalana del Agua (ACA, 2007) y el borrador del Ministerio de Medio Ambiente (Iglesias, 2005)

Parámetro	Límites directrices ACA	Límites borrador Ministerio de Medio Ambiente
MES, mg/L	< 10	< 20
Turbidez, NTU	< 5	< 10
E. coli, ufc/100 mL	< 200	< 200
Huevos de helmintos parásitos	< 1/10L	< 1/10L
Legionella spp. (aerosoles), ufc/L	< 1.000	< 1.000

Tabla 4. Resumen estadístico de los valores de coliformes fecales en algunas de las EDAR con regeneración de aguas en la Costa Brava en el verano de 2006. Datos aportados por los laboratorios de la Empresa Mixta d'Aigües de la Costa Brava, SA, encargada de la explotación de dichas EDAR.

Tipo de agua / EDAR	Coliformes fecales, ufc/100ml (datos 2006)					
	Junio		Julio		Agosto	
	Media	P90	Media	P90	Media	P90
<b>Efluente secundario desinfectado</b>						
Pals (efluente secundario)	13.000	49.000	28.000	180.000	8.100	42.000
Pals (cloración)	4	62	2	5	< 1	< 1
Torroella de Montrgi (efluente secundario)	7.000	87.000	23.000	390.000	2.700	5.800
Torroella de Montrgi (UV + cloración)	< 1	3	2	10	5	24
<b>Efluente secundario con tratamientos adicionales previos a la desinfección</b>						
Castell-Platja d'Aro (efluente 2ario)	180.000	740.000	130.000	450.000	150.000	770.000
Castell-Platja d'Aro (efluente 3ario - filtración, UV y cloración)	3	21	2	14	6	25
Tossa (efluente 2ario)	250.000	1.300.000	180.000	4.000.000	240.000	410.000
Tossa (efluente 3ario - coagulación, floculación, decantación, filtración, y cloración)	< 1	< 1	< 1	< 1	3	31



Sin embargo, el que se produzca esta reducción de coliformes fecales o de *Escherichia coli* no significa que los distintos tipos de microorganismos (bacterias que forman esporas, virus, protozoos patógenos) se reduzcan en igual proporción. De hecho, lo que sucede es que cada grupo de microorganismos se reducirá de una forma específica, en función de su sensibilidad o resistencia frente al agente desinfectante y de la intensidad del tratamiento realizado. Así, en ensayos de la eficacia de desinfección de distintos agentes, solos o combinados, frente a distintos microorganismos, se puede observar que los coliformes fecales o *Escherichia coli* se encuentran entre los más sensibles, mientras las esporas de clostridios sulfito-reductores son especialmente resistentes. Otros, como los ooquistes de *Cryptosporidium* spp., pierden su infectividad después de haber pasado por un proceso de desinfección que incorpore la emisión de luz ultravioleta (ConSORCI de la Costa Brava, 2006).

Una de las conclusiones importantes de los estudios realizados en la Costa Brava en colaboración con el Departamento de Microbiología de la Facultad de Biología de la Universidad de Barcelona y con la Sección de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Cataluña es que no solamente es la concentración de coliformes fecales o *Escherichia coli* que pueda tener un agua la que define su calidad, sino también el cómo se ha llegado a ella, es decir, qué tipo de desinfección se ha aplicado. Así, por ejemplo, a igualdad de valor numérico en la concentración de coliformes fecales, la calidad real del agua en términos microbiológicos puede ser muy distinta en función de si se ha empleado sólo cloro (habrá menor inactivación de virus y de ooquistes de *Cryptosporidium* spp.), sólo luz ultravioleta (puede haber una cierta variabilidad en el grado de desinfección en función de si la calidad físico-química del agua sufre oscilaciones, algo a lo cual esta tecnología es muy sensible), o de si se han combinado ambos elementos (caso en el que se ofrece una mayor garantía sanitaria del agua, porque se ataca a diversos grupos de microorganismos a la vez que se ofrece regularidad en los resultados).

## 6. Integración de la regeneración del agua en la explotación y mantenimiento de las EDAR

Seguramente existen muchas fórmulas para organizar la explotación y mantenimiento de un tratamiento de regeneración de aguas, pero no todas permiten que el proceso suceda con igual facilidad. Dado que llevar a cabo cualquier actividad humana entraña ya de por sí la necesidad de organizar las cosas, de vencer resistencias, de hacer frente a nuevos costes, etc., es decir, a vencer a las dificultades, la regeneración del agua para su posterior reutilización cuenta con unas adversidades "extra", como pueden ser la falta de legislación, una cierta prevención, cuando no visión negativa, a nivel de población general, y la preocupación natural de toda actividad nueva, en definitiva, de lo desconocido. Es por ello por lo que en el CCB se ha procurado que el encaje técnico, administrativo y económico de la regeneración y de la reutilización del agua no fuera una dificultad añadida, sino que estuviera en gran medida resuelta de antemano, contando, lógicamente, con la complicidad de la Agencia Catalana del Agua.



Se trata, en resumen, de ver a los tratamientos de regeneración no como entes autónomos y aislados del resto del mundo, sino como instalaciones que se añaden a estructuras preexistentes, de mayor entidad, y que por tanto se pueden beneficiar de unas fundamentales economías de escala en cuanto a los costes indirectos, como pueden ser los de personal, mantenimiento y laboratorio. En nuestra opinión, cuando un tratamiento de regeneración se instala dentro de una EDAR para ser explotado por la misma empresa que lleva la depuradora –algo deseable, por lo general, como veremos-, es impropio pretender calcular un coste de personal asociado sólo al terciario, por los mismos motivos que hacen que nadie calcule los costes de personal asociados a, por ejemplo, al pretratamiento, a la decantación primaria o a la deshidratación de fangos, por separado. Las razones serían las siguientes:

a) El tratamiento terciario se instala dentro de una EDAR o incluso dentro de una zona de explotación con varias EDAR, en las que existen unos amplios equipos de personal (técnicos, personal de laboratorio, operarios, etc.), que habitualmente podrán hacerse cargo de la nueva instalación si ésta es vista como una parte de un todo de entidad superior. Y en caso de necesidad de contratación de nuevo personal, debería plantearse como de un refuerzo global del personal de la EDAR o de la zona, no sólo como asociado al tratamiento terciario, ya que de lo contrario la percepción que se tendrá de los costes del tratamiento de regeneración será superior a la que realmente es. Dado que existen distintos enfoques en cuanto a organización de la regeneración, nuestra sugerencia es que se escoja el que la haga más factible, no el que la haga más inviable.

b) Resulta extraordinariamente complicado el calcular los costes reales de mano de obra asociados al tratamiento de regeneración del agua, puesto que por ser el proceso final, secuencialmente hablando, multitud de decisiones tomadas anteriormente podrían ser también imputadas en mayor o menor grado a este concepto, por lo que este inevitable grado de subjetividad sólo crea confusión e impide la comparación entre diferentes tratamientos en diferentes EDAR. Por ejemplo, si en un sistema de saneamiento costero se toman medidas para evitar la intrusión de agua de mar en la red y evitar así el aumento de salinidad, debe ello ser imputado a la regeneración? Si se añade cloruro férrico en la entrada de la EDAR para reducir los malos olores debidos a los sulfuros, significa ello que hay que imputar una parte a la regeneración por lo que supone también de mejora de la calidad del efluente? Y si se cambia una reja de debaste de pretratamiento por un tamiz, debe repercutirse también una parte del coste a la regeneración por lo que supone de menor pase de plásticos y mejora de la capacidad de filtración del sistema?

Dado lo expuesto anteriormente, cuando un tratamiento de regeneración se integra dentro de una EDAR pública y/o de un sistema de saneamiento que abarca a varias EDAR, el incremento de coste que representa será probablemente, en una gran mayoría de casos, el asociado a la nueva energía eléctrica y a los nuevos reactivos consumidos. Si el laboratorio de control de la EDAR o de la zona es propio y el personal del mismo también está incluido en los costes de depuración, el sobrecoste de los análisis a realizar será el del nuevo material fungible a consumir.

Por todo ello también nos parece deseable que el tratamiento de regeneración sea explotado y mantenido por la misma empresa que explota y mantiene la EDAR, ya que de esta forma se producirán unas interesantes economías de escala que de otra forma serían desaprovechadas y encarecerían de forma notable el coste del agua. Además, si las empresas son distintas, aquella que explotara el tratamiento secundario no tendría ningún incentivo para sacar un agua de mejor calidad que la que exige la norma de vertido, que es de calidad un tanto pobre para llegar a los niveles requeridos si su posterior regeneración no se realiza con procesos que incluyan membranas; al contrario, si la empresa es la misma y debe realizar un esfuerzo para producir un efluente de la mejor calidad posible con vistas a una posterior reutilización, lo lógico sería que pudiera rentabilizar posteriormente dicha inversión en más calidad explotando el tratamiento de regeneración en unas condiciones favorables. La división entre empresas distintas de la cadena que significa el tratamiento del agua puede crear disfunciones y suponer por tanto un encarecimiento innecesario del producto.

## 7. Integración de la regeneración en la gestión integral del agua

La regeneración y posterior reutilización del agua es una técnica que, al permitir la oferta de un nuevo recurso, produce una reorganización de usos y demandas que si es tratada de forma adecuada debe producir una situación más favorable que la preexistente para la garantía de abastecimiento y/o para el medio ambiente. Dando por descontado que la reutilización siempre produce una reducción de vertidos, la situación más favorable es aquella en la que propicia un ahorro neto de recursos, aunque también puede servir para cubrir las nuevas demandas que no necesariamente tienen que ser atendidas con agua potable.

La Agencia Catalana del Agua (ACA), en su reciente borrador del Programa de Reutilización de Agua en Cataluña (agosto de 2007), ofrece un esquema para ayudar a discernir si un determinado proyecto de reutilización de aguas es interesante o no desde el punto de vista de la gestión de los recursos hídricos (Tabla 5). En una simple tabla, se recoge toda la casuística posible en cuanto a los distintos proyectos de reutilización y se analiza desde un punto de vista público de la gestión de los recursos si dichos proyectos tendrán interés o no y, en caso de tenerlo, desde qué punto de vista. Tal como se observa en dicha tabla, la ganancia neta de recurso solamente se produce en el ámbito litoral,

Tabla 5. Esquema teórico para la evaluación del interés de los proyectos de reutilización para una mejor gestión de los recursos hídricos (adaptado de ACA, 2007b).

Situación de la EDAR	¿Es una sustitución de caudales?	¿Afecta al caudal de mantenimiento-ecológico de un río?	¿La Reutilización es interesante?
Litoral	-	-	Si (ganancia recurso)
Interior	Si	-	Si (mejora calidad)
	No	No	Si (mejora calidad)
		Si	En general, no

mientras que en el interior la reutilización es útil sobretodo de cara a la reducción de vertidos al medio, siempre que dicha reducción no produzca un efecto negativo sobre los caudales ecológicos o de mantenimiento de un río.

Otro elemento de gran interés para dilucidar en qué grado pueden ayudar la regeneración y reutilización del agua a la mejora de la gestión de los recursos en general es el análisis del balance energético del ciclo completo del agua, comparando el coste en energía ( $\text{kW/m}^3$ ) de los distintos tramos del ciclo.

El coste energético asociado a la producción y suministro de agua potable tiene tres componentes principales: el de la captación, especialmente relevante cuando el agua tiene que ser extraída de pozos profundos, pero nulo cuando el agua baja por gravedad de un embalse; el del tratamiento, muy importante en el caso de la desalación, y relativamente poco relevante en plantas tradicionales de potabilización; y el del transporte hasta los depósitos municipales, que puede ser elevado en caso de tener que trasladar el agua a grandes distancias y/o elevarla a ciertas cotas. Teniendo en cuenta que la depuración del agua residual debe hacerse tanto si hay una reutilización posterior como si no debido a las normativas europeas existentes, el consumo energético asociado al tratamiento del agua residual hasta nivel secundario no computa en el balance global. Ello significa que en la posterior producción de agua regenerada los costes de transporte del agua residual desde los distintos puntos donde se genera hasta la EDAR quedan englobados, financiación incluida, dentro de los del propio tratamiento, de manera que los consumos a comparar con los asociados a la gestión del agua potable son los del tratamiento de regeneración y del transporte hasta el punto de utilización.

La realización de los cálculos de los balances energéticos en los municipios de la Costa Brava ha permitido observar que en aquellos casos en que el agua potable es energéticamente cara, ya sea debido a la captación, al tratamiento, al transporte o a una suma de varios de dichos factores, la regeneración y posterior reutilización suelen presentar un menor consumo energético asociado, especialmente si no son necesarios tratamientos mediante tecnologías de membrana, lo que puede producir un ahorro simultáneo de agua y energía. En la Tabla 6 se puede observar un resumen de los consumos energéticos asociados a los distintos tipos de aguas de los municipios de la Costa Brava.

Tal como se ha comentado anteriormente, el caso extremo que ilustra perfectamente esta situación es el del municipio de Tossa de Mar (Figura 11), que se abastece preferentemente del agua potable procedente de los pozos situados en el tramo inferior del río Tordera, cerca de Blanes, así como del agua producida por la desaladora situada también en Blanes, con lo además del coste energético de la desalación hay que sumarle de nuevo el coste del transporte 17 km más al norte. En estas circunstancias, el uso de agua potable para usos no potables municipales tales como el riego de jardines o la limpieza de calles supone un despilfarro enorme de recursos (hídricos y energéticos), lo que lo hace prohibitivo; en estas circunstancias es donde el agua regenerada, producida mediante un tratamiento Título-22 (coagulación, floculación, decantación, filtración y desinfección) resulta especialmente adecuada, ya que aparte de no suponer ningún riesgo sanitario por su elevada calidad

permite los mencionados ahorros y una mayor calidad de vida en el municipio, al convertir en posibles unas prácticas que sin el agua regenerada quedarían fuertemente restringidas, y todo ello con un recurso que hasta hace poco era vertido al mar.

Tabla 6. Comparación del consumo de energía de los diferentes tramos del ciclo del agua en los municipios del Consorci de la Costa Brava (Adaptado de Serra & Sala, 2003)

Tipo y origen del agua	Rango de consumo energético kWh/m <sup>3</sup>
<i>Suministro de agua potable (incluido transporte hasta depósitos principales)</i>	
Aguas superficiales	0,0002 – 1,74
Aguas subterráneas	0,37 – 1,32
Desalación	4,94 – 5,41
<i>Tratamiento biológico del agua residual</i>	
Fangos activados	0,43 – 1,09
Aireación prolongada	0,49 – 1,01
Lagunaje	0,05
<i>Tratamiento de regeneración para la eliminación de patógenos (a)</i>	
Filtración directa (filtros de lecho pulsado) + desinfección por luz UV	0,18
Filtración directa + desinfección por luz UV	0,50 – 1,21
Título-22 (b) con desinfección por luz UV	0,20 – 0,63

(a) El consumo de la distribución del agua regenerada no se ha incluido debido a la gran variabilidad que puede presentar dependiendo de la ubicación del usuario de la misma.

(b) En el argot técnico, el tratamiento llamado "Título-22" consta de coagulación, floculación, decantación, filtración y desinfección.

## 8. Conclusiones

La experiencia práctica acumulada desde 1989 en la Costa Brava en la regeneración y reutilización de aguas ha permitido analizar cuáles han sido los factores que han permitido el relativo éxito conseguido hasta el momento. Entre estos factores, son de vital importancia los relativos a la organización y a la gestión, ya que definen un marco favorable al desarrollo de esta actividad.

Los principales factores son:

a) La explotación de las EDAR para conseguir un máximo rendimiento a nivel de tratamiento secundario.

b) La toma de decisiones en base a la estricta mejora de la calidad físico-química y microbiológica del agua.

c) La realización de un seguimiento detallado de la calidad, tanto físico-química como microbiológica, con profusión de datos que ayuden a una mejor interpretación de la realidad y ayuden a la posterior toma de decisiones.

d) La consideración del tratamiento terciario o de regeneración como una parte de un todo superior, sea una EDAR o un conjunto de EDAR, de forma que se puedan aprovechar las enormes economías de escala que ello supone.

e) La explotación del tratamiento de regeneración debe ser realizada preferentemente por la misma empresa que explota hasta el tratamiento secundario, para garantizar una lógica continuidad en el tratamiento y seguir aprovechando las economías de escala.

f) En el cálculo de costes, consideración sólo de los costes directos de explotación del tratamiento de regeneración, entendiendo que los indirectos se reparten en una estructura de tamaño superior.

g) La búsqueda de factores de decisión totalmente objetivos que puedan apoyar a los proyectos de reutilización, tales como el ahorro neto de recursos (agua y/o energía).

## 9. Referencias

- ACA (2007a). *Criteris de qualitat de l'aigua regenerada segons diferents usos (Criterios de calidad del agua regenerada según los distintos usos)*.  
[http://mediambient.gencat.net/aca/documents/ca/planificacio/criteris\\_tecnics/criteris\\_reutilitzacio\\_aigues\\_regenerades.pdf](http://mediambient.gencat.net/aca/documents/ca/planificacio/criteris_tecnics/criteris_reutilitzacio_aigues_regenerades.pdf)
- ACA (2007b). Programa de Reutilització d'Aigua a Catalunya. Documento Preliminar, versión 2.2.1.
- Consorci de la Costa Brava (2006b). Acción combinada de agentes desinfectantes en la planta de regeneración de agua de Blanes. Informe técnico.  
[http://www.ccbgi.org/docs/Informe\\_accio\\_combinada\\_desinfectants\\_Blanes\\_2006\\_ES.pdf](http://www.ccbgi.org/docs/Informe_accio_combinada_desinfectants_Blanes_2006_ES.pdf) (acceso 16 Agosto 2007).
- Iglesias, R. (2005). Escenarios existentes y propuestas para el avance de la regeneración y reutilización de aguas en España. Resúmenes de las Jornadas "La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos: El papel dinamizador del territorio", Lloret de Mar (Costa Brava, Girona).  
[http://www.ccbgi.org/jornades2005/ponencies/10\\_iglesias.pdf](http://www.ccbgi.org/jornades2005/ponencies/10_iglesias.pdf) (acceso 16 Agosto 2007).
- Serra, M. & L. Sala (2003). Energy balance in several municipalities on the Costa Brava (Girona, Spain). Resúmenes de las Jornadas sobre Uso y Gestión Eficiente del Agua en Áreas Urbanas, Tenerife, 2-4 Abril 2003.





## La experiencia de la Reutilización en el sur de Tenerife





## 1. Antecedentes

### 1.1. EL SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DEL ÁREA METROPOLITANA SANTA CRUZ-LA LAGUNA

La terminación en el año 1979 de las obras de la estación depuradora de aguas residuales de Santa Cruz de Tenerife –en adelante EDAR S/C– ponía al alcance de la Administración la posibilidad de aplicar una de las fórmulas más claras que, para el incremento de los recursos hidráulicos, ha sido universalmente aceptada. La reutilización de las aguas tratadas procedentes del alcantarillado de aquella conurbación, permitía aportar a la oferta insular un volumen anual de unos 7 hm<sup>3</sup> –previsto en una primera etapa por el PHI-1995– que podrían ser utilizados en amplias zonas agrícolas de la Isla de Tenerife.

Las experiencias positivas que en este sentido se conocían, tanto dentro como fuera del territorio nacional, permitieron iniciar con garantía las primeras actuaciones encaminadas a crear la infraestructura física y administrativa para transportar las aguas depuradas hasta los futuros centros de consumo.

En diciembre de 1981, el Real Decreto sobre “medidas excepcionales para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos escasos a consecuencia de la prolongada sequía”, supuso el primer paso firme hacia la contratación del Proyecto inicial de «Reutilización de las aguas tratadas en las estaciones depuradoras de aguas residuales de Santa Cruz de Tenerife y San Cristóbal de La Laguna», adjudicado por aquella Dirección General en 1983 a la empresa “GINES NAVARRO Y CONSTRUCCIONES, S. A.”

Los estudios que con posterioridad a la redacción de aquel Proyecto fueron abordados por distintos organismos oficiales, relativos a la demanda de agua para riego y expansión de las áreas de cultivo en las distintas comarcas de la Isla, aconsejaban reconsiderar los aspectos cuantitativos y cualitativos del proyecto de reutilización adjudicado.

Con este claro objetivo, el Cabildo de Tenerife y el Instituto para la Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA), acordaron llevar a cabo en íntima colaboración los trabajos necesarios para la elaboración de un documento técnico en el que fundamentar las propuestas de modificación del proyecto adjudicado y la realización de las fases siguientes del proyecto general. Este fue el «Estudio de Viabilidad de la Reutilización de las aguas depuradas de las ciudades de Santa Cruz de Tenerife y La Laguna (junio 1984)» en el que, entre otras conclusiones, se recogían las siguientes:

“•La depuración de aguas residuales urbanas obedece a dos motivaciones: evitar la contaminación medioambiental o/y aumentar los recursos disponibles con su reutilización. En estas islas dado el bajo índice de contaminación química de nuestros efluentes es admisible el vertido al Atlántico mediante emisarios submarinos y un ligero tratamiento previo. Una depuración más completa con vistas a su reutilización sólo se justifica, a pesar de nuestra escasez de recursos, si es más rentable que el incremento de éstos por otros procedimientos.

- Del estudio se deduce como mejor solución para la reutilización de las aguas depuradas de Santa Cruz su transporte y distribución en una primera etapa en el Valle de San Lorenzo y el escalonamiento en el tiempo de las obras complementarias que se precisen; y para las de La Laguna su reutilización en Valle Guerra; demostrándose en ambos casos su viabilidad técnica y su rentabilidad económica.

- En Valle Guerra, la estabilidad de su situación hidráulica y de su agricultura hacen prever que la implantación del riego con aguas depuradas sea muy lenta y condicionada fundamentalmente por la demanda de la zona metropolitana Santa Cruz-Laguna.  
.../...

En marzo de 1985 la Dirección General de Obras Hidráulicas concluye la redacción del Modificado del Proyecto adjudicado siguiendo las conclusiones y recomendaciones del citado estudio, con lo que dicha obra, cuyo Presupuesto de liquidación se elevó a 1.500 millones de pesetas (9 M€), se configuraba básicamente como una Primera Fase de la conducción de transporte (25 km) de los efluentes urbanos depurados de Santa Cruz de Tenerife para su reutilización en Valle de Las Galletas del término municipal de Arona.

El Cabildo Insular de Tenerife redactó (julio-85) el Proyecto de la Segunda Fase de la conducción, en el tramo comprendido entre Güímar y Arona (42 km). Las obras de este proyecto fueron adjudicadas por el MOPU a "GINES NAVARRO Y CONSTRUCCIONES, S. A.", por un importe global de 1.920 millones de pesetas (11,53 M€).

Como obra que completaba el sistema de transporte, el Ministerio de Obras Públicas sacó a licitación en julio de 1988 la estación de bombeo que se sitúa bajo la depuradora de Santa Cruz, obra ejecutada por la empresa "ABENGOA" con un presupuesto de 350 millones de pesetas (2,10 M€).

Siguiendo aquel "Programa de Reutilización" de aguas residuales depuradas, la Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de Canarias y el Cabildo Insular de Tenerife suscribieron el 5 de junio de 1989 un Convenio de Colaboración que incluyó la construcción de las balsas reguladoras de "San Isidro" (50.000 m<sup>3</sup>) y "Valle de San Lorenzo" (250.000 m<sup>3</sup>), ejecutadas ambas por la empresa "HUARTE, S. A." con presupuestos de 160 y 520 millones de pesetas, respectivamente (4,09 M€). Concluidas en el verano de 1991, fue a partir de estas fechas cuando pudo entrar en funcionamiento la "Balsa de Valle de San Lorenzo" para almacenar, en los inviernos de 1992 y 1993, aguas blancas excedentes de las explotaciones agrícolas de la zona; siendo finalmente el día 15 de abril de 1993 cuando llega el agua depurada procedente de Santa Cruz a la Balsa de San Isidro.

### 1.1.1. La entrega de la infraestructura

Con fecha de 10 de julio de 1991 es firmada, por el Director Territorial del Ministerio y el Director General de Aguas, el "Acta de entrega por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes al Gobierno de Canarias de las obras de Reutilización de las aguas tratadas en las estaciones depuradoras de aguas residuales de Santa Cruz de Tenerife y San Cristóbal

de La Laguna (Tenerife) Clave 13.338.393/2111", procediéndose en la misma a la entrega de las siguientes obras:

1. Depósito regulador de cabecera de 15.000 m<sup>3</sup> de capacidad.
2. Conducción de impulsión con una longitud total de 6.631 metros a depósito cubierto del Tablero.
3. Depósito cubierto con capacidad de 15.000 m<sup>3</sup> en el Tablero.
4. Conducción principal de transporte de 20.044 metros.
5. Derivación a depósito de Güímar con una longitud de 3.106 metros y
6. Depósito regulador de 5.000 m<sup>3</sup> de capacidad en Güímar.

En el párrafo tercero del acta se señalaba que: *"con la entrega de estas obras comienza la obligación del Gobierno de Canarias de la explotación y conservación de las mismas"*.

El día 12 de febrero de 1993, en un acto celebrado en la propia estación de bombeo de las aguas depuradas, con la asistencia del Excmo. Sr. Consejero de Obras Públicas, Vivienda y Aguas del Gobierno de Canarias y el Ilmo. Sr. Presidente del Cabildo Insular de Tenerife, se hizo la entrega por aquella Consejería al Cabildo Insular del conjunto de obras que figuran en la relación anterior; comprometiéndose la Corporación Insular a *"la correcta conservación y explotación de las obras entregadas"*.

Con fecha de 8 de febrero de 1994 y por los dos mismos cargos anteriores, se firma el *"Acta de entrega por el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente al Gobierno de Canarias de las obras de Reutilización de las aguas depuradas de Santa Cruz de Tenerife. Conducción de transporte Güímar-Arona. Clave 13.251.118/2112"*, relativa a las siguientes obras:

1. Conducción de transporte, entre Güímar y Arona, de 41.667 metros de tubería.
2. Obras auxiliares.

Infraestructuras, estas últimas, que se entregan por la COPVA al Cabildo Insular el 18 de abril de 1994, quien igualmente en aquella acta *"se compromete a la correcta conservación de las obras entregadas"*.

### **1.1.2. La gestión de la infraestructura**

Para la gestión de la infraestructura del *«Plan de Balsas del Norte de Tenerife»* la Corporación Insular optó por la creación en septiembre de 1988 del "Organismo Autónomo Local Balsas del Norte de Tenerife (BALNORTE)". La finalidad básica recogida en sus Estatutos se ceñía al *"abastecimiento de aguas para riego y conseguir una regulación temporal de las aguas disponibles"*; sus órganos de gobierno se constituyeron con una nutrida participación del propio Cabildo, del Gobierno de Canarias, de los ayuntamientos y de los sectores agrícola e hidráulico. Se le adscribían en aquel momento las 10 balsas reguladoras que formaron parte del referido Plan y se zonificaba la vertiente Norte en 5 zonas que iban agrupando aquéllas.

En marzo de 1992, para asumir también un año más tarde las infraestructuras incluidas en el «Programa de Reutilización de las aguas depuradas de las ciudades de Santa Cruz y La Laguna» y ampliar sus fronteras a todo el territorio insular, se aprobó la primera modificación de los Estatutos del Organismo, pasando a llamarse Balsas de Tenerife (BALTEN). Se adscribían igualmente aquel conjunto de obras creándose una zona más que completaba la Isla, la denominada Zona 6, que al fin y a la postre iba a ser la más importante de todas las que abarcaba el organismo.

Fue finalmente el ya referido 15 de abril de 1993, después de doce años transcurridos desde la primera licitación de las obras, cuando el riego con agua depurada inicia su andadura; utilizando la Balsa de San Isidro como reguladora, pudieron distribuirse en la zona de Las Galletas durante el resto del año –a través de la red de la “Comunidad de Aguas Guargacho”– 863.445 m<sup>3</sup> de agua depurada, volumen que fue suministrado por EMMASA a BALTEN con el objetivo de poner a prueba la compleja trama de obras de infraestructura construidas, sin costo alguno para este último.

El resumen del agua depurada bombeada por BALTEN desde la Estación de Bombeo de aguas depuradas de Santa Cruz de Tenerife hasta el depósito regulador de El Tablero en el período comprendido entre el 15 de abril de 1993 y el 31 de diciembre de 2006, se recoge en el GRÁFICO 1 siguiente:



GRÁFICO 1

- El suministro de agua depurada por parte de la EDAR S/C creció a razón de un incremento medio anual del 56% (880.000 m<sup>3</sup>/año) en el periodo 1993 y 1998
- La entrada en funcionamiento de la EDAR Adeje-Arona en 1998 tuvo repercusión en aquella tendencia, no obstante, en el año 2000 se alcanza su valor máximo y en 2004 el segundo mayor.
- En los años 2005 y 2006 el decremento medio alcanzó un valor del 10,71%. La razón de este descenso es múltiple, pero nunca hubieron restricciones por parte de la EDAR. Las obras del “Tercer carril de la TF-1” paralizaron el transporte durante un mes en 2005 y 7 semanas en 2006, pero tampoco fueron óbice –salvo momentos puntuales– para satisfacer la demanda. En años anteriores, el servicio se hubiera deteriorado sensiblemente con estas paradas.

### 1.1.3. La mejora de la calidad

Un factor limitante para poder incrementar inicialmente los volúmenes reutilizados –como preveía el PHI– resultó ser la producción de agua con calidad química aceptable en la EDAR S/C; la ciudad producía en sus barrios altos –más la que se incorporaba desde La Laguna– unos 17.000 m<sup>3</sup> diarios cuya salinidad, medida en unos 1.650 microsiemens/cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de conductividad eléctrica, dificultaba de forma casi rotunda su uso en el riego del plátano; este caudal se trata en el secundario de Buenos Aires y el resto –cerca de 30.000 m<sup>3</sup>/día– reciben un tratamiento primario en la estación de Los Llanos y son vertidos al mar a través de un emisario submarino, pues su conductividad “superaba” aún el valor de 2.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; sólo en el verano y, ante la reducción que el efecto vacacional producía en los afluentes altos, se efectuaba una elevación desde el primario –de hasta 5.000 m<sup>3</sup>/día– que lograba paliar aquellas mermas. La puesta en marcha de la estación desaladora de agua de mar (EDAM) de la Capital el día 1 de agosto de 2001 se notó en Los Llanos, que pasó a contar desde aquel momento con un afluente de unos 1.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

En el mes de julio de 1994 el Servicio de Planificación Hidráulica del Cabildo Insular de Tenerife redactaba, con la ayuda de una asistencia técnica del consultor “Proyectos y Servicios, S. A., PROSER” dirigida por los Ingenieros de Caminos Sres. Fernández Bethencourt y Aguiar González, el Proyecto de «Planta desalinizadora de aguas en la Balsa de Valle de San Lorenzo (julio 1994)».

El proceso de desalación para este tipo de aguas resultaba claro, la electrodiálisis reversible (EDR) por su menor exigencia en los tratamientos terciarios previos a la misma –que compatibilizaban la estación de filtrado existente– y por el menor porcentaje de rechazo (15 %) que producía, se constituía como el proceso más idóneo. El Proyecto contempló así una planta desalinizadora de EDR –en adelante EDA54– y su pretratamiento capaz de producir 16.000 m<sup>3</sup>/día de agua producto, desglosado en cuatro fases con producción de 4.000 m<sup>3</sup>/día cada una con un presupuesto global de 1.008.899.634.- Pt (6,06 M€).

En diciembre de 1994 el Cabildo Insular adjudicaba a la empresa DRAGADOS Y CONSTRUCCIONES, S. A., por un presupuesto de 299 millones de pesetas (1,80 M€), una primera fase de este Proyecto que tenía como objetivo la producción de 4.000 m<sup>3</sup>/día de agua desalinizada por electrodiálisis, además de incluir las instalaciones y obras generales para las futuras ampliaciones que era preciso acometer, por no ser susceptibles de ser fraccionadas (depósitos reguladores, colectores, edificio, etc.); la Planta empezó a realizar las primeras pruebas a partir del mes de junio de 1996, adscribiéndose al organismo autónomo BALTEN el día 10 de septiembre siguiente, fecha desde la que éste la viene gestionando.

Con un año de antelación (julio 1995) y con el fin de poder paliar los defectos de calidad química del agua depurada, BALTEN suscribió un contrato para la adquisición de agua de muy buena calidad (247  $\mu\text{S}/\text{cm}$  26.05.98.) procedente del “Pozo de Barranco de Chacorche” (Candelaria), mediante su incorporación a la Conducción de Transporte de agua depurada Santa Cruz-Arona. A partir de agosto de 1997 se incorpora también a la conducción,

en los períodos del año que más falta hace, las aguas del "Pozo de Chiguengue" (518  $\mu\text{S}/\text{cm}$  06.11.97.), sito en el término municipal de Arafo, del que era titular la Asociación Mixta de Compensación del Polígono Industrial Valle de Güímar. El extraordinario crecimiento demográfico que ha padecido el Valle de Güímar ha propiciado –como no podía ser de otra forma– que a mediados del año 2005 aquellas fuentes retornen al abastecimiento urbano.

El constante incremento de la demanda de agua depurada experimentado en aquellos años –como fruto de esta mejora de calidad– llevó a los responsables del Consejo Insular de Aguas a la ejecución de las obras incluidas en el «Proyecto de Ampliación de la Estación de Tratamiento de Valle San Lorenzo (T. M. de Arona)», que constituía la 2ª Fase del Proyecto original con una producción adicional de 4.000  $\text{m}^3/\text{día}$ . Estas obras fueron adjudicadas a la empresa IONICS IBERICA, S. A. el 17 de diciembre de 1997, por un importe de 199.800.000.- pesetas; tramitados que fueron 2 modificados del Proyecto original, las obras fueron concluidas en octubre de 1999 con un presupuesto de 239,975 MPt (1,44 M€).

El contenido del párrafo anterior vuelve a repetirse 4 años después, con la fecha de 19 de diciembre de 2001 y un presupuesto de las obras del «Proyecto de Estación de Tratamiento de Valle San Lorenzo. Módulo IV» de 195.064.366.- Pt (1,17 M€), que llevó consigo que a partir del mes de septiembre siguiente se contar con una capacidad global de tratamiento de la Planta de 12.000  $\text{m}^3/\text{día}$ .

Hurgando en el histórico de los contratos del «Servicio para la realización de las funciones de Operación, Mantenimiento y Conservación de las instalaciones de la planta desalinizadora de Valle de San Lorenzo» desde su puesta en marcha, encontramos que las reposiciones de filtros de cartuchos más frecuentes fueron realizadas entre los días 6 de septiembre y 3 de octubre de 1996; llegándose a efectuar hasta 11 reposiciones de 70 unidades, lo que supuso un desembolso de 1.362.900 Pt (8.191,19 €). La baja calidad del efluente de la EDAR S/C –y es ésta la primera vez que hablamos del magnífico problema– y la proliferación de algas en el verano producía un verdadero cataclismo; el resultado fue la parada de la EDAS de San Lorenzo en los veranos de 1996 y 1997 hasta que la bonanza del invierno –mejores condiciones de depuración en la planta y menor radiación– permitieron su nuevo arranque.

Mediante acuerdo de la Junta de Gobierno del OAL BALTEN, de fecha 15 de noviembre de 2002, se tomó en consideración el «Proyecto de obras de cubierta de la Balsa de Valle de San Lorenzo (T. M. de Arona)», con un presupuesto de licitación de 493.133,89 € que fue adjudicado a la "UTE SATOCAN, S. A.-SACYR, S. A.", quien concluía las obras el 31 de marzo de 2004; el problema de formación de algas quedaba así solucionado. Ni que decir tiene el extraordinario esfuerzo que supuso para aquel organismo acoplar estas obras en su Presupuesto.

La EDAR S/C ha seguido en su línea habitual de irregularidad absoluta en el proceso depurador –remitiendo desde aquí al Grafico 3– que ha impedido prácticamente el tratamiento de sus aguas depuradas en la referida EDAS. El cómo se ha podido trabajar a partir de 1998 –con largos períodos de cierta estabilidad– queda explicado en el siguiente apartado.



## 1.2. EL SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DEL COMPLEJO ADEJE-ARONA

El 30 de julio de 1998 fue suscrito entre el Consejo Insular de Aguas de Tenerife y los Ayuntamientos de Adeje y Arona el "Convenio para la gestión de las infraestructuras de los Sistemas de Desalación de agua de mar y Depuración y Vertido de Adeje-Arona", en el cual se dispone que el Sistema de Depuración y Vertido se estructura en los tres subsistemas siguientes:

- Subsistema de colectores generales, tratamiento adecuado y vertido.
- Subsistema de depuración biológica.
- Subsistema de reutilización.

La gestión de dichos subsistemas se realizaría de forma separada, disponiéndose que el CIATFE se comprometería a promover la encomienda de la gestión del sistema de reutilización de Adeje-Arona al OAL BALTEN, cuestión que fue tratada en la Junta de Gobierno del primero en su sesión de 22 de septiembre de 1998 y aceptada por la Junta de Gobierno del segundo el día 5 de noviembre de 1998.

El subsistema de reutilización comenzó su explotación a partir de aquella fecha, no siendo ajeno a la existencia de distintos problemas que, de una manera u otra, fueron parcheándose. Los vertidos incontrolados en la red de saneamiento de aquella zona turística –léase incorporaciones de salmueras procedentes de estaciones desaladoras o descalcificadoras clandestinas de distintos establecimientos turísticos, así como el no menos problemático vaciado de piscinas de los mismos– producía en algunos sectores conductividades extremas que no sólo las hacían inútiles para su posterior reutilización sino, incluso, para su propio tratamiento secundario.

Como solución inmediata se arbitró la de clasificar cada una de las dos líneas de tratamiento con que cuenta el primario en aguas con mayor y menor conductividad, lo que pudo permitir inicialmente la obtención de un volumen no superior a los 8.500 m<sup>3</sup>/día para su reutilización; agua que en una parte (32%) era consumida en la comarca Oeste por 2 campos de golf, algunas fincas y otros consumos industriales, pero que en su mayoría (68%) se transportaba al "Complejo Agrohidráulico de Valle San Lorenzo" –denominación que terminó por adoptarse para referirse a ese conjunto de instalaciones–, donde a partir de aquellas fechas pasó directamente a alimentar la planta de EDR, la totalidad de los 4.700 m<sup>3</sup>/día hasta octubre de 1999 y en una media de unos 5.800 m<sup>3</sup>/día, a partir de aquella fecha, en la que entró en funcionamiento el 3º módulo. ¿Qué era lo que pasaba?; aún con la clasificación de las aguas, la denominada como de salinidad "baja" no lograba rebajar su conductividad de los 2.000 µS/cm, razón por la que resultaban éstas poco aceptadas por los consumos enumerados –a los que el mercado no le daba otra opción–; por contra, la calidad física del agua, con DBO en torno a los 12 mg O<sub>2</sub>/l, sólidos en suspensión (MES) de 10 mg/l y turbideces inferiores a 5 NTU, las hacían óptimas para el tratamiento por electrodiálisis. Los problemas de ensuciamiento a los que hicimos referencia habían desaparecido, afortunadamente.



Los volúmenes reutilizados en el subsistema desde su puesta en marcha se recogen de forma comentada en el GRÁFICO 2.



GRÁFICO 2

- El suministro de agua depurada por parte de la EDAR A/A creció a razón de un incremento medio anual del 59% (702.000 m<sup>3</sup>/año) en el periodo 1998 y 2004. Más que por la demanda –que también– fue motivado por la necesidad de alimentar los sucesivos módulos de Valle de San Lorenzo con aguas “bien depuradas” y con características físicas adecuadas en aquellos años.
- En los años 2005 y 2006 el decremento medio alcanzó un valor del 18,48%. La razón de este descenso está –en este caso– muy clara: la mala calidad del efluente depurado –a lo que se suman los periodos de parada de la EDAR A/A en este bienio– no ha permitido el arranque de los módulos de ambas EDAS. Ante tal eventualidad, siempre es preferible trabajar en San Lorenzo con agua de la EDAR SIC, por su menor salinidad.

Con muy buen criterio, y utilizando para ello los fondos de reserva de inversión, la Comisión de Seguimiento del ya citado Convenio llevó a cabo las obras de «Estación de Tratamiento de la EDAR Adeje-Arona» (EDAS5); con una capacidad de tratamiento de 4.000 m<sup>3</sup>/día de agua desalada, fueron contratadas con la empresa IONICS IBERICA, S. A. por un importe de 325.194.454.- Pt (1,95 M€), habiéndose efectuado el periodo de pruebas en mayo de 2002.

Cambiaba así el panorama, permitiendo establecer un nuevo modelo de gestión del Sistema de Reutilización, ahora insular. La cesión en uso de la EDAS5 por el CIATFE a BALTEN efectuada en la Junta de Gobierno del primero celebrada el día 21 de junio de 2002, propiciaría que a partir de aquel momento el territorio comprendido entre Las Chafiras (San Miguel) y Los Olivos (Adeje) recibiera un mismo tipo de agua, con la misma conductividad; los campos de golf, con la inversión que suponen las cubiertas vegetales que los cubren, quieren también lo que en el argot denominamos como “agua platanera”; dicho y acordado esto, a los servicios técnicos del CIATFE le faltó tiempo para iniciar la redacción del Proyecto

de la «Estación de Tratamiento de la EDAR Adeje-Arona. Módulo II» con un presupuesto de 1.259.822,34 euros (209 Mpt), instalaciones que duplicaban la capacidad anterior de producción a un total de 8.000 m<sup>3</sup>/día y que entraron en funcionamiento en el último trimestre de 2004.

### 1.3. DIFICULTADES EN LA DESALINIZACIÓN

En el inicio del año 2005 se contaba con las herramientas precisas para hacer válidos los ya referidos propósitos acerca de un nuevo modelo de gestión, que como se pondrá de manifiesto en lo que sigue, las circunstancias terminaron por truncar.

En el GRÁFICO 3 se ha recogido la evolución de las características físicas –medida mediante turbidez– del agua depurada en ambas EDAR en el período transcurrido desde enero 2004 hasta diciembre de 2006, aguas que son recibidas en el Complejo Agrohidráulico.

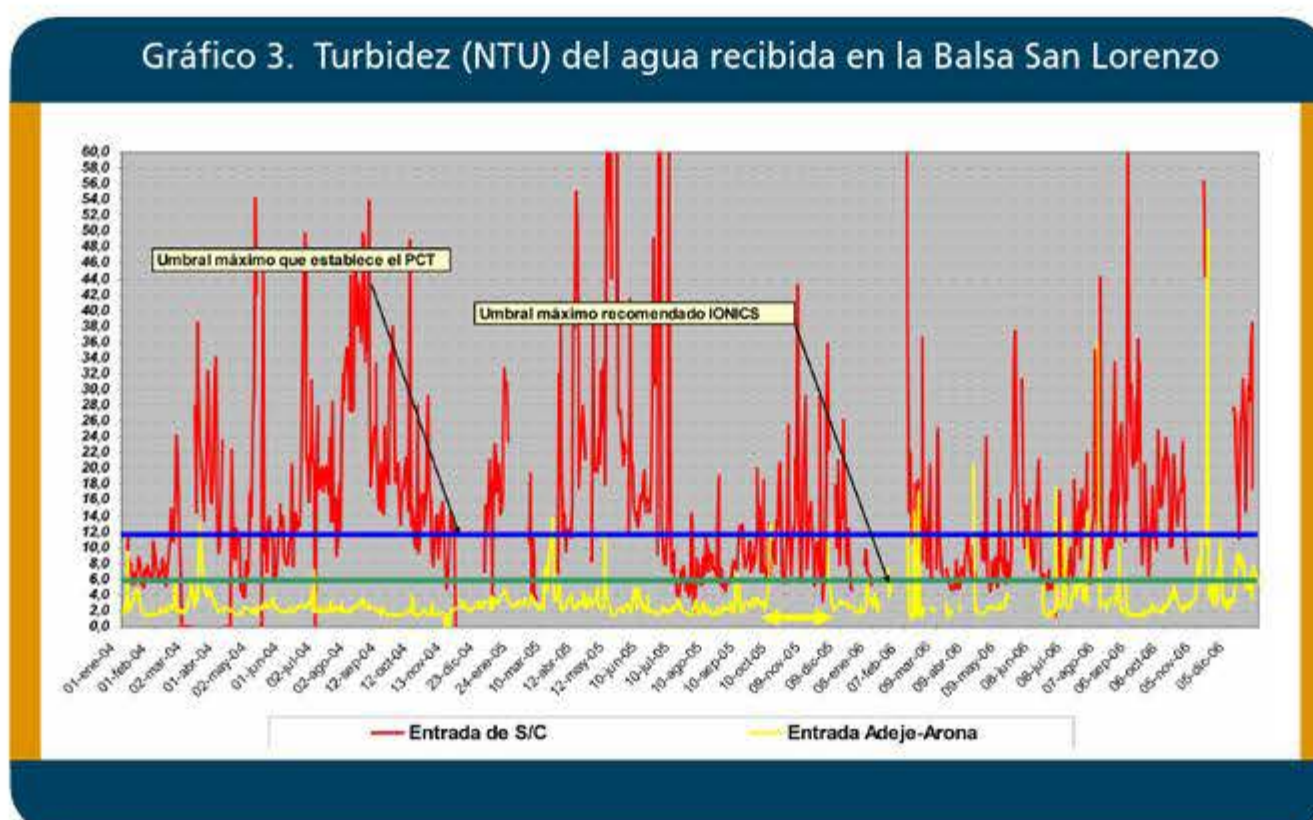


GRÁFICO 3

- La docilidad del agua procedente de la EDAR S/C para ser tratada en la EDAS4 del Complejo Agrohidráulico de la Balsa de Valle de San Lorenzo queda retratada en este gráfico; pueden pasar trimestres completos sin que sea posible su desalinización. Los veranos de 1996 y 1997 hubo que parar la planta por la alta turbidez.
- La puesta en marcha de la EDAR A/A en 1998 arregló esta situación: se pudo contar con agua muy bien depurada para alimentar la EDAS4 (v. ene04-sep05); situación ésta que resulta en sí misma una perversión de lo que se pretende para el futuro del Sistema Adeje-Arona y que se ha visto paliada con el retraso de las obras de la Reutilización en el Oeste (Adeje-Guía-Santiago); infraestructura ésta que no debiera entrar en funcionamiento mientras no haya agua dócil para la EDAS4.
- Al período de pruebas a caudal completo que sufrió la EDAR A/A en octubre de 2005 (v. doble flecha), ha seguido una fase conflictiva del proceso depurador, que parece imitar al de su homóloga de S/C.
- Con todo y con esto, el porcentaje de las horas de funcionamiento de la EDAS4 ha sido en el año de 2006 del 74,80% y en la EDAS5 del 58,49%, lo que podría traducirse en que la capacidad global de las 2 EDAS –de 20.000 m<sup>3</sup>/día– queda menguada a 14.135 m<sup>3</sup>/día (70,68%).

En el Pliego de Condiciones Técnicas que rige en el Contrato del Servicio para la «Realización de las funciones de operación, mantenimiento y conservación de las instalaciones de las plantas desalinizadoras que gestiona el OAL BALTEN», adjudicado por el OAL BALTEN a la empresa "IONICS IBÉRICA, S. A. U." –en el apartado "3.1.2. Indicadores de proceso" punto 3 "Reducción de salinidad"– se especifica que: "Para las EDAS4 (SL) y EDAS5 (A-A) se establece un umbral máximo de calidad física del agua de alimentación –medida a la salida de los filtros de arena– equivalente a 12 unidades de turbidez (NTU). Se entenderá que, si por indicación estricta de la Dirección del Servicio, se alimentase una de estas estaciones con agua que supere el valor anterior, el "Índice de reducción de la salinidad" que se obtenga no podrá ser empleado para su repercusión en el abono del Servicio al Contratista. Una vez dada tal circunstancia, la misma se mantendrá vigente el tiempo que implique llevar a cabo una operación de limpieza manual del total de pilas que contenga la EDAS afectada, contabilizado desde su inicio hasta su conclusión". La empresa operadora –y fabricante de la plantas EDR– recomienda que este límite se sitúe en un valor de 6 unidades. ¡Y ésta es la madre del cordero!, y éste resulta ser el mayor "quebradero de cabeza" con el que todos los días se levantan los operarios, técnicos y cuadros directivos responsables del sistema de Reutilización que gestiona el OAL BALTEN. El tratamiento de aguas que rebasen aquel límite produce un ensuciamiento en las membranas de EDR, que difícilmente tiene otra solución que la limpieza "manual", tarea ingrata y que resta dignidad al proceso de desalación. La pérdida de efectividad de una membrana sucia es muy acusada.

En el GRÁFICO 4 se recogen las conductividades eléctricas de las aguas brutas de ambas EDAR así como las de distribución de Adeje-Arona y de Valle de San Lorenzo en el año 2006.

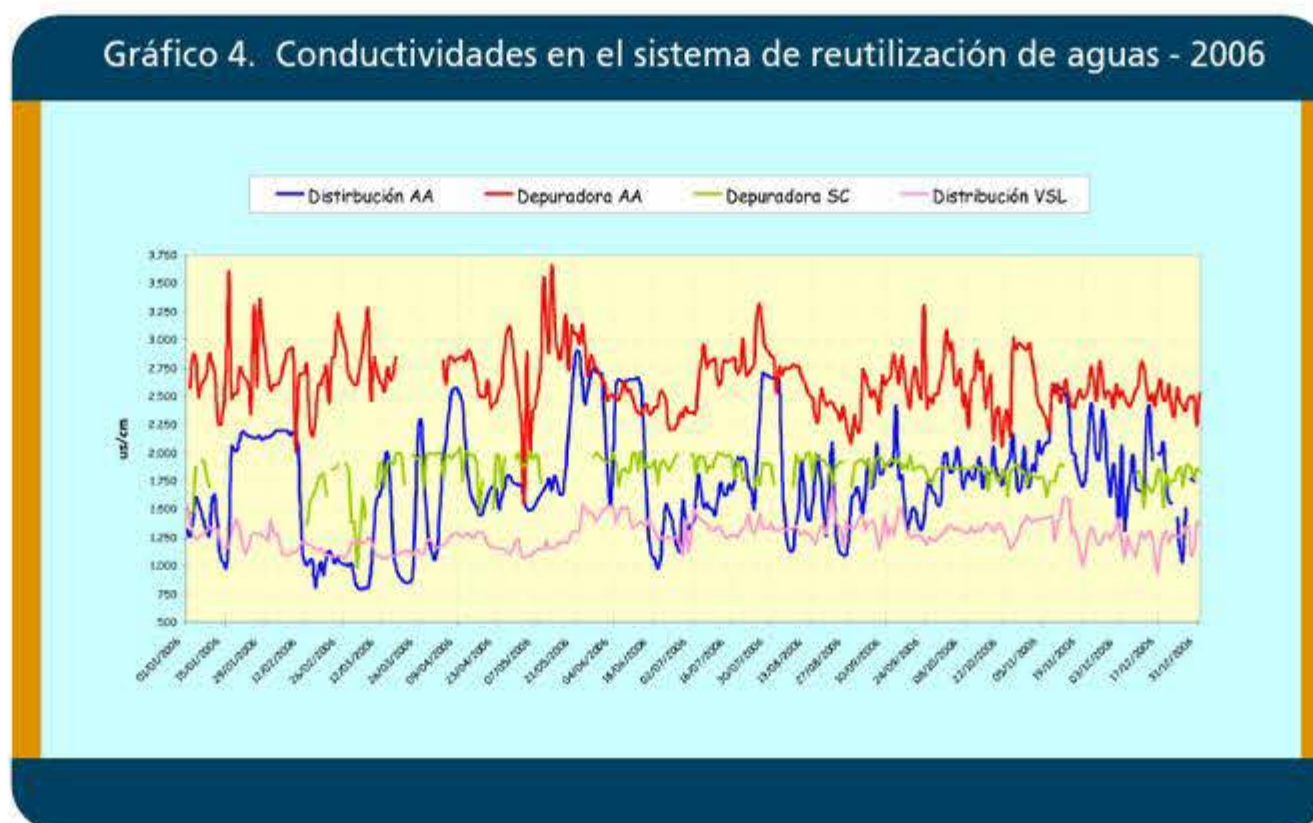


GRÁFICO 4

- La salinidad del efluente depurado en la EDAR A/A es extraordinariamente alta (2.250-3.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y no tiene posibilidad de ser reciclado sin el concurso de la desalación. La labor de policía en el alcantarillado en el control de vertidos resulta absolutamente imprescindible.

- La desalación en la EDAS5 en las actuales circunstancias logra solamente una equiparación salina irregular con el efluente procedente de la EDAR SIC. El esfuerzo económico que esto representa (450.000 €/año) justifica sobradamente la dotación de una brigada para el referido control del alcantarillado.
- El efluente de la EDAR SIC, por su uniformidad y relativa baja conductividad (<2.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) constituye un agua de alimentación óptima para su tratamiento en la EDAS4, siempre y cuando el tratamiento terciario necesario así lo permitiera.
- Si algo positivo se ha conseguido en estos últimos años, ha sido mantener al "territorio Galletas" con conductividades en la banda 1.200-1.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , empresa nada fácil, dadas las circunstancias. La desalabilidad del efluente de SIC, aún con la infraestructura actual, permitiría rebajar en más de 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  aquella franja.

En el GRÁFICO 5 se recoge finalmente la distribución durante el año 2006 de los volúmenes de agua depurada por la EDAR A/A que se transportan a Valle de San Lorenzo para, en su práctica totalidad, alimentar la EDAS4.



#### GRÁFICO 5

- Ante la dependencia de una fuente como el Sistema Adeje-Arona, este gráfico ilustra acerca de las vicisitudes que sufre el operador para prestar el "servicio público" de suministro de agua depurada en el Valle de Las Galletas. La contribución de la Balsa de El Saltadero ha resultado decisiva para no perder el tipo en el intento.
- Del análisis de la información vertida en estos Antecedentes resulta patente que la reutilización en el "Oeste" no deberá acometerse hasta tanto el Valle de Las Galletas resulte autónomo con las aguas de la EDAR SIC. Ambientado en la fraseología que se atribuye a aquella zona, cabe aquello de: "¡yo no lo haría, forastero!"

### 1.3. OTRAS INFRAESTRUCTURAS DEL SISTEMA DE REUTILIZACIÓN

Con la intención de que el lector de esta Ponencia y en particular de los Antecedentes –si es que no han desistido antes en el intento– puedan valorar en su justa medida el calibre de la inversión que se ha realizado en la Isla de Tenerife en torno al reciclado de las aguas residuales urbanas, nos ha parecido oportuno dejar constancia de las tres infraestructuras que tratamos a continuación, y ello porque la obra objeto del proyecto, por su montante económico, se vislumbra ahora con grandes sombras.

### 1.3.1. Red de distribución

Durante la puesta en marcha de la Balsa de Valle de San Lorenzo –en el tiempo en que se utilizó con aguas blancas y como fruto de la experiencia que se obtuvo en su reparto a través de la red de la Comunidad de Aguas Guargacho– se creó entre los regantes del Valle de Las Galletas, lo que fue “algo más” que un estado de opinión, favorable a la existencia de una red exclusiva para el suministro de agua depurada.

El Cabildo Insular de Tenerife encargó entonces a los Ingenieros Agrónomos J. F. González Hernández y J. Rodrigo López la redacción del proyecto de «Red de distribución de aguas depuradas desde la Balsa de Valle de San Lorenzo (enero de 1992)», que con un presupuesto de 931 millones de pesetas (5,60 M€) comprendía, además de la propia red (42 km), el telecontrol de la misma, un tratamiento terciario a base de desinfección y filtrado y la ejecución, con fines experimentales, de distintos invernaderos en los bancales que circundaban a la balsa. Estas obras, en base a un Convenio de Colaboración firmado el 30 de diciembre de 1992 por la Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de Canarias y el Cabildo Insular de Tenerife, fueron ejecutadas por las empresas DRAGADOS Y CONSTRUCCIONES, S. A., quien concluyó la Estación de Filtrado y Desinfección en octubre de 1993, y por la empresa HUARTE, S. A., que no concluyó definitivamente la red de distribución hasta octubre de 1995.

### 1.3.2. Balsa de el saltadero

El Depósito Regulador de El Saltadero nació dentro del denominado entonces «Plan Hidráulico Insular», plan que fue elaborado para el Cabildo Insular de Tenerife por el consultor GEOTEHIC, S. A. en el año 1967.

La funcionalidad de la obra –de 458.000 m<sup>3</sup> de capacidad– quedó en evidencia por ser el Aeropuerto Reina Sofía el único destinatario del agua embalsada; la eutrofización a que se vieron sometidas las aguas por su larga estancia en el embalse terminó porque las instalaciones aeroportuarias no pasaran sus aguas por aquél y, tal situación, llevó a su completo vaciado que trajo consigo la ruina total de la pantalla de impermeabilización y, por ende, la inoperancia de la balsa.

La puesta en funcionamiento en 1993 del Sistema de Reutilización de las aguas depuradas del área metropolitana, cambiaron de escenario los condicionantes que presentaba hasta esas fechas la Balsa de El Saltadero para su nueva entrada en servicio. Los estudios realizados por los técnicos, previos a la redacción del ya aludido proyecto de «Red de distribución», recogían que en el Valle de San Lorenzo: “la capacidad de regulación o embalse que haría falta complementar a los 1,3 hm<sup>3</sup> existentes será de 400.000 m<sup>3</sup>”.

De esta forma nació el «Proyecto de impermeabilización de la Balsa de El Saltadero. Conducciones Auxiliares y Estudios Complementarios (COPVA-abril 1996)», obras que fueron adjudicadas por el Consejo Insular de Aguas de Tenerife a la empresa SATOCAN, S. A. por un importe de 346.716.757.- pesetas (2,083 M€), mediante resolución de la presidencia de fecha 30 de diciembre de 1997, habiéndose iniciado el 28 de febrero siguiente.

Las obras, que incluyeron un Proyecto de Obras Complementarias con presupuesto de 47.212.125.- pesetas (0,284 M€), fueron concluidas finalmente el 28 de marzo de 2001.

No ha sido fácil la definitiva puesta en marcha del embalse, el efecto favorable de la cubierta que incorpora en las aguas almacenadas, el funcionamiento de los bombeos para su transporte a San Lorenzo, el transporte reversible de aguas desalinizadas desde San Lorenzo, etc., ha llevado a que actualmente "El Saltadero" constituya, además de un gran depósito regulador una desalinizadora que puede aportar aguas de 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  –en el año 2006– en un volumen diario de hasta 8.000  $\text{m}^3$ .

### **1.3.3. Depósito de Homogeneización**

En el verano de 2001 se realizó la puesta en marcha de un «Depósito de Homogeneización de Valle de San Lorenzo», depósito regulador de 15.500  $\text{m}^3$  de capacidad, construido en el Complejo Agrohidráulico y que situado bajo la balsa y la EDAS4 permite la mezcla homogénea de agua depurada filtrada y agua desalada y la regulación de su demanda, para conseguir las calidades y caudales solicitados a lo largo del día en la red de distribución.

Estas obras fueron adjudicadas por el CIATFE a la empresa SATOCAN, S. A. por un importe de 173.560.029.- pesetas (1,043 M€) que, sin duda, supuso un esfuerzo inversor importante pero que permitió de alcanzar un nivel de calidad en el servicio, reconocido por los usuarios.

### **1.3.4. Inversión en el Sistema de Reutilización**

A continuación se incluye un cuadro que el que suscribe ha deseado incorporar a memorias de proyectos de obras anteriores en las que he colaborado; las prisas de última hora nunca me lo permitieron pero "con la ayuda de un vecino...", he podido lograrlo esta vez; se trata de recoger en un cuadro cada una de las 16 obras a las que nos hemos referido en los Antecedentes; no me ha sorprendido el montante global de 88 millones de euros –de 31 de diciembre de 2006– que se han invertido en el Sistema de Reutilización del Sur de Tenerife –porque conocía su peso–, pero sí que la última de las obras se haya licitado –por el OAL BALTEN, por cierto– en un lejano ahora año 2002.



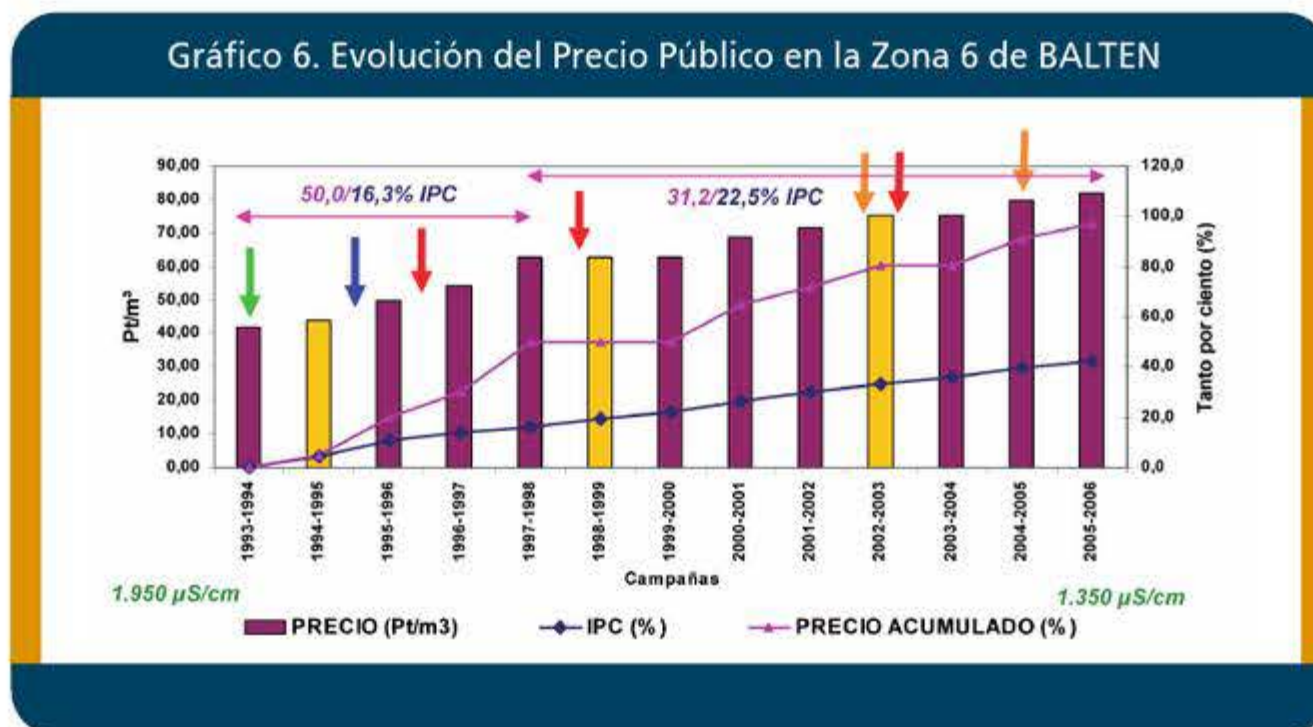
Obra	Año licitación	Presupuesto (€ corrientes)	Presupuesto (€ a 31.12.06.)
«Primera Fase de la Conducción de Transporte Santa Cruz-Güímar (25 km)»	1983	9.015.182,00	25.359.706,97
«Segunda Fase de la Conducción de Transporte Güímar-Arona (42 km)»	1985	11.539.432,00	27.521.545,32
«Estación de Bombeo de Aguas Depuradas de Santa Cruz de Tenerife»	1988	2.103.542,00	4.186.048,58
«Balsa de San Isidro (TM Granadilla)»	1989	961.619,00	1.790.534,58
«Balsa de Valle de San Lorenzo (TM Arona)»	1989	3.125.263,00	5.819.239,71
«Red de distribución de aguas depuradas desde la Balsa de Valle San Lorenzo»	1992	5.595.423,00	8.796.004,96
«Planta Desalinizadora de aguas en la Balsa de Valle San Lorenzo-1ª Fase (Módulos I y II)»	1994	1.797.026,00	2.580.529,34
«Proyecto de impermeabilización de la Balsa de El Saltadero (TM Granadilla)»	1997	2.083.810,00	2.723.539,67
«Proyecto de obras complementarias del de impermeabilización de la Balsa de El Saltadero (TM Granadilla)»	1997	283.751,00	370.862,56
«Proyecto de Ampliación de la Estación de Tratamiento de Valle San Lorenzo (Módulo III)»	1997	1.442.279,00	1.885.058,65
«Proyecto de nave-almacén en el Complejo Agro-hidráulico de Valle San Lorenzo»	2001	280.072,00	315.921,22
«Proyecto de Estación de Tratamiento de Valle San Lorenzo (Módulo IV)»	2001	1.172.360,00	1.375.178,28
«Estación de Tratamiento de la EDAR Adeje-Arona (Módulo I)»	2001	1.954.458,00	2.292.579,23
«Depósito de homogeneización de Valle de San Lorenzo»	2001	1.043.117,00	1.223.576,24
«Estación de Tratamiento de la EDAR Adeje-Arona. Módulo II»	2002	1.259.822,34	1.421.079,60
«Proyecto de obras de cubierta de la Balsa de Valle San Lorenzo (TM Arona)»	2002	493.133,89	556.255,03
<b>TOTAL INFRAESTRUCTURAS</b>	<b>1983-2002</b>	<b>44.150.290,23</b>	<b>88.217.659,92</b>

## 2. Situación actual

Resumir en el apartado anterior los catorce años de experiencia con que cuenta la “reutilización” de las aguas residuales depuradas en la Isla de Tenerife, no ha resultado fácil, pero sí creemos necesaria su exposición para tratar de analizar ahora cuál es “estado del arte”, cuáles son las razones de que los “suministros” hayan descendido en la forma que indican los Gráficos 2 y 3 en el período 2005-2006.

El escenario actual es diferente al de los años que precedieron a 2005; desde las instituciones parece que ha nacido una corriente que apuesta por aportar a la agricultura canaria el agua que mejor pueda obtenerse, a cualquier precio económico y donde no se valora el balance energético; el descenso en la demanda de agua depurada en los años de 2005 y 2006 (23,86 %) así lo atestiguan. El desinterés de los responsables de la “fábricas de agua” en lo que a los parámetros de calidad química y biológica se refiere han reafirmado a los que mantienen aquellas tesis. Y en aquella apuesta se terminó subvencionando la ejecución por parte de una comunidad privada de una EDAM en Las Galletas capaz de producir 4.000 m<sup>3</sup>/día, y que a partir de marzo de 2005 diezmó en aquella cantidad la demanda de agua a BALTEN.

Pero es que en el año 2006 sigue bajando la demanda –y ya no es sólo el efecto de la EDAM–. Si por un lado se viene produciendo un progresivo descenso del rendimiento económico de los mercados, no es menos cierto que los precios del agua depurada se han venido elevando continuamente hasta las 85,05 Pt/m<sup>3</sup> actuales (0,5112 €/m<sup>3</sup>), como figura en el GRÁFICO 6.



#### GRÁFICO 6

- El precio de 41,67 Pt/m<sup>3</sup> (20,00 Pt/pp) fijado en la primer campaña de 1993-94 fue necesariamente bajo, dado que se trataba de un nuevo producto del que el agricultor tenía muchas reservas, salvadas éstas por la contundencia de los hechos: el precio del agua blanca del Canal Intermedio alcanzó en el verano de 1993 las 50 pesetas la pipa, valor que aún hoy apenas roza el mercado. En estos años BALTEN entregaba a la "Comunidad de Aguas Guargacho" una caudal de agua depurada que ésta se encargó de repartir –y lo más importante, cobrar– en todo el valle.
- A partir del año 1995 se pone en marcha la "Red de Distribución" y con ello BALTEN empieza a establecer un "staff" en la zona, dotado de personal técnico y operario, que pone en funcionamiento un sistema que iba a permitir el riego a la "demanda" –en este caso, por turnos– de un total de 300 explotaciones (24,00-26,00 Pt/pp).
- Una vez salvado el escollo de la entrega del agua, los agricultores demandaron la mejora de la calidad de la misma; cuya consecuencia fue la realización de la 1ª Fase de la EDAS4 (1995-96); el precio –que se derivaba de incluir los costos de desalación (4.000 m<sup>3</sup>/día)– alcanzaba en aquellos años hasta las 30,00 Pt/pp.
- No se hicieron esperar las obras de ampliación de la EDAS4. El funcionamiento a pleno rendimiento del nuevo módulo se produce en el año 1999, propiciando una subida del precio en el periodo 2000-2001 a 68,75 Pt/m<sup>3</sup> (33,00 Pt/pp) después de un trienio de estabilidad.
- El primer módulo de la EDAS5 (4.000 m<sup>3</sup>/día) fue concluido en abril de 2001.
- Las obras del Módulo IV de la EDAS4 fueron puestas en marcha en el verano de 2002 (12.000 m<sup>3</sup>/día). En el periodo 2002-2004 se estabilizaba el precio a 68,75 Pt/m<sup>3</sup> (36,06 Pt/pp).
- El segundo módulo de la EDAS5 (8.000 m<sup>3</sup>/día) entró en funcionamiento a finales de 2004.
- Se pueden establecer dos periodos de comparación en relación con la evolución del precio y del IPC: entre los años 1993 y 1998 el precio público se vio incrementado en un 50 % mientras que el IPC creció un 16,3 %; en el ciclo 1998-2005 aquellos valores resultan del 31,2 % y 22,5 %, respectivamente.

El factor "precio/calidad" –como en todo mercado– deberá ser la razón que ha llevado a los usuarios a la menor demanda producida en los años 2005 y 2006, ante la aparición de otras alternativas, amén de que la actividad agrícola pueda estar respondiendo



a la transformación profunda que en la última década se ha producido en la sociedad canaria que, además, atisba sombras en el futuro del sector. Analizar por separado el denominador calidad –que debe ser grande a requerimiento de los rendimientos de los cultivos– y el numerador precio –que debe ser pequeño, máxime en un producto reciclado– podrá aclarar al lector la situación actual de la Reutilización en la Isla de Tenerife.

Que al usuario se repercuta un 33% del coste en concepto de desalación del agua reciclada –lo que se deriva del desinterés del fabricante en controlar también las redes de alcantarillado frente a los vertidos–, aunque resulte una barbaridad, es porque no existe otra alternativa; pero que haya que abonar a los ayuntamientos fabricantes el 26% del coste para compensar los costes de depuración es una circunstancia que sólo se da –en el territorio nacional– en la Isla de Tenerife. Es muy de destacar que la dependencia energética del agua reciclada no va más allá de 0,05 €/m<sup>3</sup> –una cuarta parte de la desalada–, factor decisivo en un mundo que se debate frente a las grandes cuestiones medioambientales.

### 3. Última Actuación

En el desarrollo de los dos apartados anteriores de la presente ponencia se han ido esbozando –en los comentarios vertidos al pie de los distintos gráficos– una serie de análisis acerca del Sistema de Reutilización de la zona Sur de Tenerife; una de las conclusiones que queda más patente resulta ser la que predice que a partir del momento que deje de recibirse agua del Sistema Adeje-Arona –tendencia de los dos últimos años–, la alimentación de la EDAS de San Lorenzo (14.000 m<sup>3</sup>/día) se podrá reemplazar única y exclusivamente con el agua procedente de la EDAR Santa Cruz, y ésta ya sabemos de los defectos que adolece.

Desde el año 1994 la Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Aguas del Gobierno de Canarias desarrolló el “Proyecto DERE (Demostración en Reutilización de Aguas)”, con el fin de experimentar distintas líneas de investigación acerca del tratamiento de las aguas residuales tales como microfiltración, ultrafiltración, ósmosis inversa, membranas cerámicas, ozonización, ultravioleta, tratamiento físico-químico, etc.; las instalaciones de experimentación a escala piloto se establecieron en un edificio construido a tal efecto en la estación depuradora del Polígono de Arinaga (Gran Canaria), habiéndose obtenido un importante banco de datos sobre los tratamientos del agua depurada.

La elección del proceso de desalación por el que se ha optado en Tenerife –la “electrodialisis reversible”– se sanciona para este tipo de aguas como el más indicado –si no, el único–, pero el tratamiento de afino previo sí que ha sido ampliamente debatido. No sólo en las dos plantas EDR destinadas al tratamiento de las aguas depuradas, sino en las otras cinco que gestiona el OAL BALTEN y que tratan aguas “blancas” procedentes de galerías, se han adoptado filtros monocapa o bicapa de arena/antracita verticales y en presión que han sido suficientes en estas últimas aguas pero que no han cumplido de forma uniforme y estable en las depuradas. Además, por muy bien que esté diseñada una depuradora convencional de aireación prolongada, siempre habrá situaciones en las que éstas tienen un bajo rendimiento depurador; un vertido indiscriminado en el alcantarillado siempre estará fuera de la voluntad del operador.

Nos debatimos ahora entre esperar a que se construya –o reconstruya– la nueva EDAR de Santa Cruz –con las inercias que las obras como éstas suelen presentar; o actuar de inmediato con la instalación de un terciario físico eficiente y que “pueda” con las aguas de la actual depuradora de Buenos Aires.

Por aquello del valor doble que se atribuye al prevenido, el Área de Agricultura del Cabildo de Tenerife ya tiene redactado el «Proyecto de obras de Tratamiento Terciario en la Estación de Bombeo de aguas depuradas del Polígono Costa Sur (5,16 M€-marzo 2007)», documento que tuve el honor de dirigir y del que espero resulte la definitiva dignificación de las aguas depuradas en el Sur de Tenerife.





# La Reutilización de aguas regeneradas en comunidad de regantes "Las Cuatro Vegas de Almería"

Claves del éxito



## 1. Introducción

Cuando allá por junio de 2007, Luisa María Vera me propuso participar en este Seminario, acepté sin dudarle un instante, como lo hago siempre que me brindan la oportunidad de exponer la gestión del tratamiento y reutilización de las aguas urbanas regeneradas de la ciudad de Almería que con gran éxito venimos realizando desde 1997 en la Comunidad de Regantes Las Cuatro Vegas de Almería.

Durante esta primera conversación, y en otras que le sucedieron, creí percibir en ella cierta sorpresa y asombro al conocer que la iniciativa de reutilizar partió de los propios agricultores y que la Comunidad se encarga de parte del tratamiento terciario ó de la actitud favorable de los regantes hacia la reutilización y de la complicidad que suscita Cuatro Vegas, tanto entre los regantes, como entre la gran mayoría de los vecinos.

La antedicha percepción me incitó a centrar mi intervención en exponer las claves del éxito de nuestra experiencia, porque en base a ella y a otros casos que conozco, puedo concluir, que aunque las técnicas aplicadas para el tratamiento sean de última generación y razonablemente adecuadas al tipo de reutilización prevista, que aunque sean cuantiosas las inversiones y grandes los esfuerzos en investigación y desarrollo y grande el empeño de las Administraciones, si no concurren las circunstancias que predispongan y susciten el interés de los usuarios, el intento de reutilización estará abocado al fracaso.

Un buen punto de partida para el éxito de un proyecto es creer en él y actuar en coherencia con lo que se predica, y no siempre es así. Ilustraré lo dicho con una vivencia personal que acabó con *"mi gozo en un pozo"*:

*"Ocurrió en Sevilla. Recién estrenada estaba la primavera de 2005. La organización agraria COAG me invitó a exponer la gestión de las aguas regeneradas en Cuatro Vegas, en el marco de unas jornadas sobre la Gestión y Uso del Agua en el Sector Agrario. La ponencia estelar fue impartida por un alto (altísimo) responsable (ó cargo político) de la gestión del agua en Andalucía; en su intervención dijo y reiteró que la reutilización era una necesidad y una demanda de la sociedad moderna y bla, bla, bla.*

*Como vi el asunto más claro que el agua, quise llevar el agua al molino de la reutilización y le propuse una campaña institucional y mediática de promoción de las frutas, hortalizas y demás alimentos obtenidos mediante riego con aguas reutilizadas; y puesto a proponer, hasta le propuse el eslogan que era algo así como:*

*PRODUCTO OBTENIDO CON AGUAS REUTILIZADAS;  
¡¡CONSUMALO!! CONTRIBUYE A PRESERVAR LOS RECURSOS HÍDRICOS*

*... Y me llevé un chasco. (\*)*

*Su respuesta fue un: ¡¡mejor no!! y a la par que lo decía protegió su mejilla izquierda con ambas manos y con una mueca de rechazo en su rostro, giró la testa hacia la derecha, justo al contrario de mi posición.*

\* en honor a la verdad, aunque mi propuesta se tomara por agua de borrajas, era de agua tofana.

Como verán más adelante nosotros en Cuatro Vegas, si creímos en la reutilización.

Ya metidos en agua les contaré que, de cuando en cuando, se me plantea la duda de si el reutilizador tiene que asumir costes asociados a la regeneración o si por el contrario le corresponden al contaminador.

Obviamente creo que ha de ser el contaminador y ello por dos razones: la primera, por arrimar el ascua a mi sardina; la segunda, mas racional y menos egoísta, por coherencia con el principio de que quien contamina paga. Y puesto a pensar pienso que probablemente sea así (que pague) por lo que no descarto que, detrás del laudable interés medioambiental por la reutilización, existan intereses de lucro adicional.

De lo que no tengo duda alguna es que, en el entorno de Cuatro Vegas, el agua regenerada, como el resto de aguas, es un elemento de incalculable poder económico y social y que su control suscita todo tipo de tentaciones y acciones.

Dicho lo dicho, dejaré que corra el agua por el cauce que traía y contaré, desde mi atalaya de campesino, de regante y de dirigente, cosas sobre nuestra experiencia en Cuatro Vegas, soslayando disquisiciones técnicas profundas, porque no soy técnico, pero sin eludir el envite si éste tercia. Contaré de la situación de la agricultura en el ámbito de actuación de Cuatro Vegas, antes y después de la reutilización, de los beneficios y también de las vicisitudes. Lo contaré, como un ejemplo, sin ánimo de ser referente para nadie porque en reutilización también vale el refrán,

“Sabe más el loco en su casa que el cuerdo en la ajena”

Hecha la introducción, comenzaré por decir que el ámbito de Cuatro Vegas se ubica en las proximidades de la ciudad de Almería, formando parte de lo que se ha dado en llamar Comarca Bajo Andarax-Nijar.

Las sierras del Sistema Penibético, con numerosas cumbres de más de 2.000 metros y que en Sierra Nevada superan los 3.000, dificultan la llegada de frentes húmedos del Atlántico a este territorio, por lo que el clima es de tipo mediterráneo: seco y cálido. Como ejemplo de sequedad, Cabo de Gata, en el extremo sureste de la comarca, tiene 120 mm de precipitación media anual.

A pesar de la escasez de lluvias, la aplicación de la técnica del enarenado (capa de arena de unos 10 centímetros aportada sobre la tierra de cultivo) permitió desarrollar a partir de los años 60 del siglo pasado, una importante actividad agrícola basada en el cultivo de hortalizas extratempranas, al principio al aire libre y después en invernaderos, con aguas subterráneas del acuífero detrítico del Andarax del que también se abastecía la ciudad de Almería.



Como las extracciones fueron superiores a la recarga, el caudal de los pozos bajó considerablemente. Para contrarrestar este efecto se profundizaron los pozos y el resultado fue un incremento temporal de caudales, con aguas más salinas y de alto contenido en boro. Esto ocurrió en los pozos situados tierra adentro, pero en las cercanías de la costa, aunque no se profundizaron los pozos, el descenso de nivel freático trajo consigo un proceso de intrusión marina. Por entonces decíamos que uno de los parámetros analíticos del agua de estos pozos era el contenido en sardinas.

Como el agua del Andarax no satisfacía los requisitos para abastecer la ciudad de Almería, ésta pasó a suministrarse de pozos enclavados en el Campo de Dalías (Comarca del Poniente Almeriense) más caudalosos y con agua de mejor calidad. Obviamente, desde ese momento, la salinidad de las aguas residuales urbanas de Almería, fue muy inferior a las que se seguían extrayendo para el riego del Andarax. Esta mejor calidad de las aguas urbanas, favoreció su posterior reutilización.

Desde el punto de vista agrícola la salinización supuso la desaparición del cultivo de especies sensibles quedando el tomate como cultivo predominante por su mayor tolerancia a las sales, pero muy mermada en su productividad. Las consecuencias económicas fueron la pérdida de renta agraria, con especial incidencia en las explotaciones más pequeñas que no podían hacer frente a las necesarias inversiones en mejora de riego y tecnología.

Desde el punto de vista social, la problemática hídrica afectó al empleo y fue un obstáculo para la incorporación a la agricultura de los jóvenes, hijos de los primeros colonizadores llegados 15 ó 20 años antes a la zona, ya que las reducidas dimensiones de las explotaciones paternas hacía inviable su ubicación en ellas. Dicha incorporación requería poner más tierra en cultivo, pero no había agua suficiente para ello.

En síntesis, el mercado del agua en el Bajo Andarax presentaba una situación de alta demanda y escasa oferta, donde una acción de pozo (\*) llegó a cotizarse hasta 500.000 pesetas, allá por 1980.

\*Cada una de las 360 ó 720 partes en que se divide la propiedad de un pozo, según se organice en tandas quincenales ó mensuales. Una acción da derecho a disponer del caudal que tenga el pozo durante una hora. El caudal de los pozos podía oscilar entre 20 y 60 litros por segundo en cabecera, pero el caudal recibido en la finca era sensiblemente inferior por pérdidas en los cauces.

Si las acciones en propiedad eran insuficientes para cubrir las necesidades del regante, se recurría a la dádiva al relojero (aguador) para disponer de más agua de la que en derecho correspondiera, con el consiguiente retraso de las tandas y el perjuicio del resto de regantes. Los relojeros, fueron los verdaderos señores del agua y su poder real sobrepasaba incluso al de los dirigentes de los pozos.

La reutilización de las aguas urbanas regeneradas de la ciudad de Almería, nos vino como agua de mayo y cambió radicalmente ese mercado deficitario, al incorporar agua en abundancia de mejor calidad y a precios competitivos respecto del agua de pozo.

La repercusión de la reutilización en la agricultura fue inmediata y se concretó en el aumento de producción que en el caso del tomate, llegó a duplicarse, en la posibilidad de diversificar cultivos y de poner en explotación tierras abandonadas por falta de agua y

otras nuevas que permitieron la incorporación de los jóvenes a la agricultura. En definitiva la reutilización supuso la consolidación y desarrollo de la agricultura y con ello, empleo y riqueza.

Desde la óptica medioambiental, la reutilización ha aminorado las extracciones de aguas subterráneas, favoreciendo así la lenta recuperación del acuífero y ha menguado los vertidos de aguas residuales al mar.

No puedo concluir este apartado dedicado a las repercusiones de la reutilización, sin mencionar una que no estaba en el guión original, y que, si lo estaba, era entre bambalinas, pero que con el paso del tiempo, se ha convertido en protagonista principal, para disgusto de no pocos: la *unidad de los regantes*.

Así es, por mor de la red de distribución construida ad hoc para la reutilización, se interconectaron territorios hasta entonces dispersos, pudiendo afirmarse de forma irrefutable que dicha red ha sido un elemento vertebrador y unificador de los intereses de los regantes, de tal manera que hoy en día cualquier incidencia sensibiliza a un amplio colectivo de regantes y su entorno, sea cual sea su ubicación en el territorio.

Para justificar esta afirmación nos tenemos que remontar a la época anterior a la reutilización y a como se articulaba en aquel tiempo el regadío en nuestro ámbito, donde a groso modo, existían dos zonas claramente definidas, contiguas, pero inconexas:

- La Vega (de Acá y de Allá, según su proximidad o lejanía a la ciudad) con agua en su subsuelo. El suministro de agua de riego y la distribución tenían un ámbito limitado al entorno de cada cortijo (hacienda) que solía tener su propio pozo.
- Los Llanos (de La Cañada y de El Alquíán) donde, al contrario que en la Vega, raramente hay agua en el subsuelo. El riego en Los Llanos se ha hecho tradicionalmente con agua de pozos de propiedad colectiva situados en la cuenca del Andarax, trasvasada a través de cauces, también de propiedad colectiva.

Pero la red de riego aludida no hubiera sido suficiente por si sola, para alcanzar la unidad de los regantes, tan necesaria siempre y más en la actualidad, donde, a pesar de la sublimación justificada de los valores medioambientales del agua, la importancia económica y estratégica de su control se potencia por momentos y los regantes no podemos perder de vista que, suponiendo el regadío el 80% de los usos consuntivos del agua, somos un claro objeto de deseo.

Por eso, los promotores de Cuatro Vegas nos aplicamos desde el primer momento en cimentar y construir la Comunidad desde esa posición integradora. De hecho, la denominación "*Las Cuatro Vegas de Almería*" (Vega de Acá + Vega de Allá + Llanos de La Cañada + Llanos de El Alquíán) es un fiel reflejo de ello.

La reutilización, con su red de riego a demanda, ha contribuido también a mejorar la calidad de vida de los regantes que ya no tienen que esperar la llegada de la tanda, a veces a horas intempestivas, ni que entregar dádivas para disponer de agua. Otra repercusión





tangible fue la depreciación de las acciones de los pozos.

Ya va siendo hora de contar como y porqué surge entre los agricultores la idea de reutilizar las aguas urbanas de la ciudad de Almería.

Ya ha quedado dicho que los problemas hídricos en la comarca eran graves y más que graves, agudos y agónicos en la franja costera de la Vega por causa de la intrusión marina y por la ausencia de conexiones con fuentes de aprovisionamientos externas. Aquí la salvación de la agricultura fueron los Chupa-chups, nombre de rechupete con el que se bautizó a las extracciones semiclandestinas (prohibidas, conocidas y toleradas) de aguas residuales urbanas de la ciudad de Almería, mediante perforaciones en el emisario general que atravesaba La Vega hasta llegar a la depuradora de Almería, por entonces ubicada en Costacabana.

Regar con Chupa-chups, aparte de dar continuidad a la actividad agraria, era garantía de mayores producciones de una calidad extraordinaria en todo tipo de cultivos y por tanto de pingües beneficios para sus usuarios.

Los Chupa-chups son, sin ningún género de duda, el embrión de la reutilización que hoy día realizamos en Cuatro Vegas porque sus bondades no pasaron desapercibidas para el resto de los agricultores que en 1975 intentaron por primera vez organizarse para reutilizar las aguas urbanas de la ciudad de Almería, una vez depuradas, como única solución posible, en aquellos tiempos, para solventar los problemas hídricos.

Entre los muchos argumentos que se esgrimieron en favor de la reutilización, había uno de vigencia perdurable y de aplicación general: las aguas residuales urbanas son la fuente más segura por la prioridad del abastecimiento sobre otros usos del agua. Para nosotros, los almerienses, también es el segundo río (\*) más caudaloso de nuestra seca Almería.

\* En las aguas residuales urbanas, como en los ríos, existen periodos de crecida y de estiaje. En nuestro caso particular, para lograr el máximo porcentaje de reutilización, es aplicable una actuación típicamente fluvial, hoy denostada: el embalse.

Pero aquella primera tentativa resultó un autentico fracaso por la falta de apoyo ó mejor dicho por el repudio de las Administraciones hacia la reutilización. Quien iba a pensar que años después, la reutilización alcanzaría el rango de pilar fundamental de la Nueva Política Hidráulica.

El fracaso de este primer intento generó frustración y desconfianza porque se habían aportado importantes cantidades de dinero para realizar las obras y muchos no pudieron recuperarlo en su totalidad.

El segundo y definitivo intento tuvo lugar diez años más tarde, en 1985. En esta ocasión los "cabecillas" fuimos un grupo de agricultores jóvenes que, por suerte, contamos con la complicidad de políticos locales situados en órganos de decisión; eso facilitó el apoyo de las Administraciones, sin él que hubiera sido difícil materializar nuestra pretensión, no tanto por la cuantiosa inversión necesaria, como por desánimo tras el primer intento.

Fue a partir de 1988, cuando la Conserjería de Agricultura de la Junta de Andalucía, a través del Instituto Andaluz de Reforma Agraria (IARA), pone en marcha el Plan de Mejora de Regadíos del Bajo Andarax, que comprendía actuaciones en caminos rurales y regadíos, incluyendo en éstas, las obras captación, tratamiento y distribución de las aguas urbanas depuradas de la ciudad de Almería, otorgándoles el papel de complementarias de los recursos hídricos tradicionales, papel que en Cuatro Vegas ha sido ampliamente superado alcanzando el estatus de recurso principal e imprescindible.

Las obras comenzaron hacia 1991, siendo sus proyectos principales los siguientes:

**Proyecto PA-89.141-R:** comprende las obras para captación, elevación y tratamiento terciario con ozono de las aguas depuradas procedentes de la EDAR de Almería. El volumen reutilizable previsto era de 12 hm<sup>3</sup> anuales, a razón de 33.000 m<sup>3</sup> diarios, cifra utópica generadora de confusión y expectativas insostenibles y conflicto.

Entre las obras de este proyecto citaré las siguientes:

- Toma de agua desde la depuradora de Costacabana.
- Deposito A (10.000 m<sup>3</sup>) para regular los flujos irregulares propios de las aguas urbanas.
- Estación de bombeo para caudal máximo de 400 litros por segundo.
- Filtración
- Tubería de 7 kilómetros que conduce el agua depurada desde el deposito A, en Costacabana (cota 6) hasta Viator (cota 115).
- Planta para producir el ozono utilizado como desinfectante
- Deposito B de 120.000 m<sup>3</sup> de capacidad
- Tuberías en el Andarax y 3 depósitos reguladores de 10.000 m<sup>3</sup> de capacidad cada uno.

Estas obras concluyeron en 1994 y fueron entregadas a Cuatro Vegas en 1996.

**Proyecto PA-94.001:** red de tuberías ramificada de unos 90 kilómetros de longitud, realizada especialmente para distribuir las aguas urbanas depuradas y tratadas en las 2.000 hectáreas de riego tradicional que constituían el primitivo ámbito de Cuatro Vegas.

Las obras de este proyecto se iniciaron en 1995 y concluyeron en 1998.

La Administración asumió la ejecución y financiación de la totalidad de las obras, con ayudas comunitarias y el compromiso de los regantes de retornar el 60% del coste de las obras calificadas de interés común que eran todas las del PA-94.001 y parte de las del PA-89.141, y digo eran porque en la actualidad, la propia Administración, por intereses espurios, ha llegado a mudar la calificación preliminar de las obras, lo que ha motivado la interposición por Cuatro Vegas de un recurso contencioso administrativo.

El proceso de depuración, tratamiento terciario con ozono y posterior reutilización de las aguas urbanas de Almería consta de dos fases operativas. En la primera, el agua residual es sometida a depuración secundaria mediante fangos activados en la EDAR del Bobar. El agua salida de EDAR, se canaliza a través del emisario para su vertido a la Bahía

de Almería. Esta primera fase la lleva a cabo AQUALIA, empresa concesionaria del servicio municipal de abastecimiento y depuración.

Cuatro Vegas realizamos la segunda que consiste, sucintamente, en captar el agua desde el emisario y someterla a tratamiento de desinfección mediante ozono y cloro (\*). Una vez regenerada el agua pasa al depósito regulador B y desde éste se distribuye para su reutilización.

\* la aplicación de hipoclorito sódico se inició hacia 1999, al constatar que el tratamiento con ozono era insuficiente para alcanzar los objetivos de calidad previstos, por causa, sobre todo, de la mala calidad captada desde el emisario.

Como operadora de la segunda parte del proceso, Cuatro Vegas sufre y soporta las repercusiones de toda índole derivadas de los problemas de calidad del agua captada, cuyo origen está en el funcionamiento inestable e irregular de la depuradora del Bobar, en vertidos incontrolados al emisario y ocasionalmente por incorporación de aguas pluviales a la red general de alcantarillado.

Desde nuestro punto de vista, parte de estas anomalías eran evitables con la instalación de una tubería directa entre la EDAR y nuestra toma en Costacabana. Informada la Consejería de Agricultura allá por 1998, prometió soluciones que no llegaron.

No fue hasta finales de 2005, cuando otra Consejería, la de Medio Ambiente, inició por vía de urgencia la construcción de dicha conducción. Aunque el plazo de ejecución previsto era de seis meses, hasta septiembre de 2006 no se notificó su conclusión, más teórica que real porque un año después, septiembre de 2007, tiene entre sus problemas mas graves, el de aportar dos tercios del volumen total de aguas salidas de la EDAR, el resto sigue fluyendo, como antes, por el emisario.

En momentos de máxima demanda, en los que se necesita todo el agua de la EDAR y más aun que hubiera, recibimos una parte del agua relativamente limpia por la nueva tubería y el resto tenemos que captarlo por la toma tradicional, por lo que siendo igual la cantidad de porquería y menor el volumen de agua, es mayor la concentración.

La mala calidad del agua captada, se traduce en dificultades para alcanzar un nivel mínimo de calidad del agua para reutilizar, evolución química y microbiológica del agua una vez tratada y todo ello, unido a problemas de idoneidad de los materiales, es causa de altísima siniestralidad en las redes de transporte y distribución y rápida degradación de los elementos en contacto con el agua.

Desde la perspectiva económica, supone un incremento notable de costes de tratamiento y absorbe gran cantidad de recursos en mantenimiento de instalaciones. Ambas partidas, tratamiento y conservación y mejora, consumen aproximadamente dos tercios del gasto total anual de la Comunidad. Por ésta y otras razones, la mala calidad del agua captada es el punto débil del proceso.

Para las tareas de tratamiento y distribución contamos con una plantilla de 28 trabajadores, entre los que hay un gran número de operarios cualificados para el manejo

de las complejas instalaciones, en especial la planta de ozono. La relación entre el número de trabajadores en plantilla y la superficie regada, es mucho mayor en Cuatro Vegas que en cualquier otra comunidad, pero está justificada por la dispersión de las instalaciones, por la necesidad de producir agua permanentemente, de reparar con inmediatez las numerosas roturas e incidencias y de prestar un servicio eficaz y permanente a los comuneros y a otras comunidades menores de nuestro entorno. A destacar que en nuestra plantilla no existe la figura tradicional del relojero ó aguador.

El trabajo se organiza en tres áreas: producción de agua, redes y administración. Las relaciones laborales dentro de la *empresa* están reguladas mediante un Convenio de Trabajo *propio* que contempla la movilidad funcional. Los gastos de personal suponen aproximadamente un tercio del gasto total.

Disponemos también de un amplio parque de vehículos y maquinaria; taller metálico y de calderería; todo tipo de herramientas y utillaje; granja y barbacoa (\*); equipos y aplicaciones informáticas para la gestión y control; sistemas de telecomunicaciones.

\* Ambas, granja y barbacoa, juegan un importante papel en nuestras relaciones internas y externas. La granja, tiene, además de la aprovisionar, funciones didácticas para muchos escolares y estudiantes que nos visitan. La barbacoa es un eficaz instrumento de integración y consolidación de relaciones humanas y del grupo.

Con el agua reutilizada, mezclada a veces con subterráneas, regamos una superficie de 1.728 hectáreas dedicadas al cultivo de hortalizas, sobre todo tomate, situadas al Este de la ciudad de Almería. Ser linderos con la ciudad de Almería y tener en el interior de nuestro territorio numerosos núcleos poblacionales, acarrea una importante *presión urbanística* que afecta permanentemente a nuestro elenco. En los últimos años, 117 hectáreas, es decir 6.34 % de nuestra superficie total, han causado baja por cambio del uso rústico a urbano.

Los comuneros censados son 1.047, entre los que hay una importante presencia de agricultores jóvenes. Las *fincas regadas* inscritas en el elenco son 1.257, siendo la superficie media de las explotaciones inferior a 1,4 hectáreas.

En nuestro elenco figuran inscritas también 1.157 hectáreas en situación de *reserva*, con expectativas de futura transformación a regadío si bien este cambio resulta cada vez menos probable por imperativos medioambientales.

Tomando como referencia el Plan de Mejora de Regadíos del Bajo Andarax, dividimos el ámbito de riego en dos partes: la *zona regable* y la *zona no regable*, pero regada según se trate de tierras incluidas o excluidas de dicho Plan.

La zona no regable es de vital importancia para Cuatro Vegas ya que supone 27 % de la superficie total de la Comunidad y consumió, en 2006, más del 30% del agua facturada. Sin su presencia la gestión de la reutilización sería absolutamente inviable.

En los últimos años, desde algunos sectores de la Junta de Andalucía se ha criticado a Cuatro Vegas por integrar a la zona no regable. Esta posición de la Junta supone un cambio respecto de posicionamientos anteriores, ya que, por ejemplo, las obras del sector VI, zona



no regable por excelencia, fueron apoyadas por la Consejería de Agricultura y presentadas en el Congreso Nacional de Riegos celebrado en Huelva en el año 2000, como una actuación reseñable y paradigmática en la gestión del riego y la reutilización. En este cambio de actitud influyen intereses especulativos y políticos con el agua como protagonista.

Las fincas de zona no regable tienen, respecto de las de zona regable, condiciones económicas diferentes para su incorporación a la Comunidad y diferente manera de recibir el suministro de agua. Mientras que en la zona regable el suministro es a demanda y con presión suficiente para ser aplicada directamente en riego localizado, en la zona no regable el suministro es mediante llenado de las balsas particulares de los regantes y éstas han de tener, por imperativo de la Comunidad, una capacidad equivalente a 1.500 m<sup>3</sup> por hectárea de superficie inscrita.

Esta diferente forma de gestionar el suministro se justifica por la necesidad de optimizar el funcionamiento de las redes de distribución, sin deteriorar la calidad del servicio en la zona regable. Téngase en cuenta que el suministro de la zona no regable tiene como punto de partida la red de riego a demanda de la zona regable y sólo en determinadas horas del día, las de menor actividad en la zona regable, es posible realizar acopio en la zona no regable, lo que ocurre principalmente durante la noche, permitiendo así optimizar también los costes de los bombeos adicionales requeridos para la zona no regable, utilizando la tarifa eléctrica menos cara.

Las balsas son para la zona no regable (y en cualquier sitio y lugar) garantes de la disponibilidad de agua en épocas de máximo consumo, en las que la demanda supera ampliamente a la oferta y nos permiten acumular agua en la situación contraria. La estrategia adoptada en la zona no regable, supone incrementar, por cuenta de los demandantes la capacidad de reserva a la par que se incrementa la superficie.

Para comprender la importancia de las balsas de la zona no regable en nuestra gestión, hay que saber que suman en su conjunto unos 700.000 m<sup>3</sup> de capacidad, frente a los aproximadamente 345.000 metros cúbicos de las balsas de la Comunidad.

Sobre este último dato hay que decir que tan sólo 150.000 m<sup>3</sup> corresponden a balsas construidas dentro del PA-89.141 y el resto, 195.000 m<sup>3</sup>, corresponde a cuatro balsas construidas por la Comunidad con posterioridad a la entrega de las obras.

Cuando al hablar del Proyecto PA-89.141-R calificaba las previsiones de reutilización como utópicas, lo hacía en parte, por la escasa capacidad de regulación del sistema que, como se ha dicho, era de 150.000 metros cúbicos, para un total de 3.200 hectáreas de cultivos. A todas luces el diseño era una aberración al plantear un modelo ideal de equilibrio entre oferta y demanda.

La cabecera de la distribución es el Deposito B (Viator, cota 115) donde se almacena el agua regenerada. Con antelación el agua se eleva desde el Depósito A (Costacabana, cota 6). Del depósito B salen las tuberías generales de los sectores IV y V-Bajo y desde ésta última, la estación de bombeo del Boticario toma agua para impulsarla hasta la Balsa de

Las Viudas (cota 165) y desde aquí, un nuevo bombeo impulsa el agua hasta las balsas particulares del sector VI, llegando a alcanzar la cota 300 en algunos casos.

De cara a la distribución el territorio se estructura en 5 sectores de riego, según el número de bombeos necesarios para suministrar el agua. Los sectores de riego son:

- IV y V-Bajo: superficie 411 y 426 hectáreas respectivamente, casi todas ellas de zona regable. Son tierras situadas por debajo de la cota 70 y riegan directamente por gravedad desde el Depósito B. El agua regada en estos sectores requiere de un bombeo.
- V-Alto: tiene 621 hectáreas, de las cuales 229 son de zona no regable. Son tierras situadas entre las cotas 70 y 150. Riegan desde el depósito de las Viudas de 140.000 m<sup>3</sup> de capacidad, construido por la Comunidad en 1999. El agua regada en este sector necesita dos bombeos.
- Sector VI: superficie 236 hectáreas, todas de zona no regable, situadas entre las cotas 165 y 300. Las operaciones de llenado y la información de cada una de las balsas de los comuneros, se controlan por control remoto. El agua regada en este sector necesita de tres bombeos.
- Sector VII: superficie 34 hectáreas, próximas al depósito B y situadas entre cotas 80 y 120 que se suministran aprovechando el retorno de la refrigeración de la Planta de Ozono. El agua regada en este sector necesita dos bombeos.

El agua suministrada se contabiliza mediante contadores, requisito previo al inicio del suministro. La instalación y mantenimiento de los contadores compete a la Comunidad.

La economía de Cuatro Vegas se nutre de los ingresos por consumo, del canon y de otros ingresos por servicios prestados a los comuneros.

Las tarifas son fijadas para cada ejercicio por la Junta General, a propuesta de la Junta de Gobierno, tomando como referencia el incremento anual del IPC. Existen varios tipos de tarifas:

- Derecho de enganche: importe a pagar por una sola vez al inscribir la finca. Esta tarifa varía según se trate de fincas de zona regable o no regable y para 2007 está fijada en 0,19 y 0,32 euros/m<sup>2</sup> respectivamente.
- Medios materiales de conexión: también se pagan por una sola vez al inscribir la finca. Su importe varía según, entre otras cosas según sea el calibre del contador. Para el ejercicio de 2007 oscilan entre 550 y 3.432 euros
- Importe por obra nueva: se trata de cantidades a pagar por aquellas fincas situadas en zonas donde haya sido necesario realizar obras de ampliación de redes. Como en los casos anteriores, también se trata de un pago único. Para el ejercicio 2007 oscila entre 0,30 y 0,75 /m<sup>2</sup>
- Canon o cuota fija: tarifa de aplicación general independiente del consumo destinado a cubrir gastos fijos de explotación. Para 2007 es de 16,80 euros, con un mínimo de 8,40 euros, si la superficie no supera 0,5 hectáreas.
- Tarifa por consumo de agua (\*): se aplica al consumo y diferente para cada sector de riego. Para el ejercicio 2007 oscila entre 0,2436 y 0,3062 euros/m<sup>3</sup>.

\* Si el consumo anual supera 7.000 m<sup>3</sup> por hectárea, se aplican tarifas de gravamen según los siguientes tramos y porcentajes de incremento sobre las tarifas anteriores:

- Desde 7.001 a 8.000 m<sup>3</sup>, recargo del 15%
- Desde 8.001 a 9.000 m<sup>3</sup>, recargo del 30%
- A partir de 9.001 m<sup>3</sup>, recargo del 45%.



La gestión de cobro se realiza mediante domiciliación bancaria.

En el periodo 1997-2007 el volumen total facturado ha sido de 50 hm<sup>3</sup>, con un valor de facturación de 10,5 millones de euros, a los que hay que añadir otros 3 por concepto de canon.

Los volúmenes facturados han pasado de 238.000 m<sup>3</sup>, en 1997, hasta alcanzar en 2002 la cifra de 6 hm<sup>3</sup>, volumen que, con ligeros altibajos, se ha mantenido hasta ahora, si bien en 2007 se aprecia una leve tendencia al alza.

También a lo largo de esos diez años, Cuatro Vegas ha ido adquiriendo un notable protagonismo dentro de la Comarca y fuera de ella, colaborando con los movimientos vecinales ó en actividades deportivas, culturales y docentes, siendo frecuentes las visitas de profesionales y de centros de formación y universidades españolas y extranjeras.

Por supuesto, las relaciones con otras organizaciones de regantes constituyen uno de los ejes de nuestra proyección externa, propiciando el intercambio de experiencias y la unidad de los regantes. Cabría citar en este apartado que somos miembros fundadores de la Federación de Regantes de Almería, organización que agrupa a unas 70.000 hectáreas, de la Asociación de Comunidades de Regantes de Andalucía (en formación) y promovemos la constitución de una Comunidad General del Valle del Andarax.

Se equivoca quien piense que llegar a donde estamos ha sido todo coser y cantar. Muy al contrario, desde el mismo momento de la gestación de la Cuatro Vegas, hasta el momento actual, no han faltado dificultades, ni quien ponga chinitas en el camino.

De entrada hubo que motivar al colectivo de agricultores, desencantado por el fracaso de la tentativa inicial de 1975 y aguantar las burlas de unos pocos porque un grupo de jóvenes inexpertos, como nosotros, intentara conseguir lo que no habían logrado los prohombres de la zona, alguno de los cuales llegó incluso a dirigirse a la Administración, rechazando las aguas reutilizadas porque iban a ser la ruina del campo, actitud que sólo se entiende por la pérdida de protagonismo suya y de la Caja Rural de Almería que lo apoyaba. Pero esto no fue nada comparado con lo que se avecinaba.

Cuando en 1996 recibimos las obras del PA-141.89, no disponíamos de agua para regenerar y de haberla habido, no se habría podido reutilizar. Así es, en un perfecto ejercicio de descoordinación, no se tuvo en cuenta que el cambio de ubicación EDAR de Almería requería de un bombeo para elevar el agua desde el emisario al deposito A, que Cuatro Vegas tuvo que reclamar y que no concluyó hasta entrado 1997, pero es que además, entre la finalización de las obras para el tratamiento (1994) y el de las obras de distribución hubo un desfase de 3 años, aunque el Director de Obra propuso al que por entonces y por ahora, Presidente de la Junta de Andalucía, Manuel Chaves, durante la primera inauguración de las instalaciones de tratamiento, reutilizar el agua regenerada a través de los cauces tradicionales, ignorando que éstos servían, además de para riego para determinados usos domésticos, por no existir en los cortijos red de abastecimiento, casi como ocurre ahora, 13 años después.

Para tener una idea del gravamen que nos supuso a Cuatro Vegas dicha descoordinación, hay que nos constituimos legalmente en 1993 con el fin de gestionar la reutilización y que carentes de actividad, carecíamos también de ingresos para afrontar los costes de mantenimiento y vigilancia de las instalaciones recibidas. Nuestros intentos reiterados para que la Junta de Andalucía nos subvencionara transitoriamente en esta etapa, fueron baldíos.

A trancas y barrancas fuimos avanzando y consolidando la Comunidad, pero hacia el 2001, se pone en marcha una campaña orquestada por los poderes económicos locales, con el trasfondo del control del agua y la especulación urbanística y los campos de golf de por medio, por más que dijeran y digan (¡¡lagarto, lagarto!!) que el objetivo es beneficiar al campesino.

La puesta en escena de la campaña, cuenta con actores muy principales del elenco de la Junta de Andalucía, elevados a papeles estelares a partir de la transferencia de competencias en materia de agua. El argumento principal de la obra gira en torno a la mala calidad del agua. El papel de malo le ha sido asignado a Cuatro Vegas, por falta de preparación y descuido en el mantenimiento de las instalaciones (\*).

\* Según Noelina Ferrero Rodríguez (Doctora y Profesora de Economía (Univ. de Granada) y José López Gálvez, doctor y profesor de la Univ. De Almería las inversiones en mejoras realizadas por Cuatro Vegas hasta 2004, superaban los 4 millones de euros.

Del Acta de la reunión de 20 de julio de 2006 que mantuvieron, entre otras partes, la Consejera de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y el Alcalde de Almería, extraigo los siguientes párrafos y que cada cual saque sus propias conclusiones:

"... la depuradora de El Bobar se encuentra al límite de su capacidad de tratamiento..."

"...La Consejería de Medio Ambiente,... acometerá en esta depuradora obras que... mejoren sustancialmente la regularidad y estabilidad del proceso..."

Uno de los capítulos más delicados de esta tragicomedia, tuvo lugar en el otoño de 2006, cuando tras un duro enfrentamiento verbal entre el Presidente de Cuatro Vegas y cargos políticos de la Junta de Andalucía, entre los que se encontraba el Delegado de Agricultura, quien culpó a las aguas reutilizadas de la aparición de brotes localizados (\*) de la bacteria *Ralstonia Solanacearum*. La difusión tendenciosa y malintencionada de esta acusación nos supuso a Cuatro Vegas daños económicos irreversibles y daños a nuestra imagen recuperados cuando los resultados analíticos demostraron la falacia de tales acusaciones. Pero lo más grave de este acto irresponsable, fue que puso en riesgo de inmovilización a toda la producción de tomates de la provincia de Almería.  
\* Oficialmente la aparición de *R. Solanacearum* se hace pública en el Boletín Oficial de la Junta de Andalucía (BOJA) nº 39 de 10 de febrero de 2005.

A continuación se incluye un extracto de su contenido:





### Consejería de Agricultura y Pesca

ORDEN de 14 de febrero de 2005, por la que se establecen medidas para la erradicación y control del marchitamiento bacteriano del tomate, *Ralstonia solanacearum*, y se regulan las indemnizaciones derivadas de dichas medidas.

El organismo nocivo *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al, es causa de las enfermedades de la «podredumbre parda» en los tubérculos de patata y de la «marchitez bacteriana» en las plantas de patata y tomate y otras especies de solanáceas y representa una grave amenaza para las producciones de estos cultivos.

#### ARTÍCULO 4. MEDIDAS FITOSANITARIAS

Las medidas fitosanitarias que se adoptarán en aquellas explotaciones en las que se hayan detectado síntomas sospechosos del organismo nocivo serán:

1. Medidas cautelares ante la sospecha de existencia de un brote:
  - a) Prohibición de la circulación de las plantas, lotes o partidas de los que se hayan tomado muestras.
  - b) Prohibición de la entrada o salida de equipos de la explotación (tractores, maquinaria, etc.).
2. Medidas fitosanitarias a adoptar sobre la parcela contaminada, en caso de confirmación de la existencia de *Ralstonia solanacearum*:
  - a) Se procederá, en presencia del personal técnico de las Delegaciones Provinciales a:
    - Arrancar la plantación e introducir el material afectado en sacos y destruirlo por incineración en la propia explotación.
    - Desinfectar las instalaciones, utensilios, aperos, maquinaria, instalaciones de riego, cajas, etc., y todo aquello que haya podido estar en contacto con el organismo nocivo.
  - b) El personal que manipule el material vegetal, una vez finalizado su trabajo, procederá al cambio de ropas, zapatos y equipos de protección cuando cambie de parcela. Se utilizará un vado fitosanitario en la entrada de las parcelas.
  - c) Se prohibirá la plantación, durante 4 años siguientes a la adopción de las medidas de erradicación, de los cultivos de solanáceas (tomate, berenjena, pimiento, patatas, tabaco, etc.) y cultivos de vegetales del género Brassica (col, coliflor, brócoli, etc.).
  - d) Se podrán adoptar otras medidas complementarias o más estrictas que sean necesarias para impedir la propagación del organismo nocivo.

Dada la fecha de publicación es presumible que la aparición de la bacteria tuviera lugar en 2004, se dice que primeros focos se detectaron en el Valle del Guadalfeo, distante tan solo a mas de 100 kilómetros de Cuatro Vegas y que entre los focos detectados en 2006 había fincas regadas con aguas regeneradas y otras que no, unas dentro de Cuatro Vegas y otras a muchos kilómetros de distancia. Sin duda por muchas razones la calidad del agua regenerada es una cuestión de vital importancia y uno de los puntos vulnerables para la reutilización.

En los últimos meses se han producido tres intentos de sabotaje contra nuestras obras de captación en Costacabana. En los dos últimos, ha sido la empresa Albaida Recursos Naturales y Medioambiente, la que pretendió materializar dichos intentos, según ellos siguiendo instrucciones de la Agencia Andaluza del Agua.

Albaida es una empresa de Cajamar, antes Caja Rural de Almería, que según la prensa es acreedora del Sindicato de Riegos de Almería y Siete Pueblos de su Río, en la insignificante cantidad de 6 millones de euros, por la ejecución de unas obras en el Andarax. Hay rumores fundados de que Albaida tiene adjudicada la gestión del Sindicato de Riegos por 25 años y que necesita, para recuperar la deuda, las aguas regeneradas y las instalaciones que gestiona Cuatro Vegas.

En el momento de escribir este párrafo, a mediodía del 17 de septiembre de 2007, la Cuenca Mediterránea Andaluza me notifica el inicio de la constitución, de oficio, de una Comunidad General de Usuarios para la gestión conjunta de las aguas depuradas de la que formaran parte Cuatro Vegas y el Sindicato de Riego, repito deudor de 6 millones frente Albaida, repito también, empresa vinculada a CAJAMAR.

Durante el desarrollo de estas Jornadas en Lanzarote, en Almería estaremos interponiendo un nuevo recurso contencioso contra los intentos de atropello de la Junta de Andalucía.

Creo haber expuesto pruebas suficientes que avalan el éxito al que ha llevado Cuatro Vegas la gestión de la reutilización de las aguas tratadas de la ciudad de Almería para el regadío de hortalizas, pero si hay una prueba irrefutable son los reiterados intentos de la Junta de Andalucía por apartarnos de dicha gestión en favor de empresas públicas, privadas o mixtas. En cierto sentido esto es un halago para Cuatro Vegas, si tenemos en cuenta la "espantá" de la Junta en 1996, dejándonos abandonados a nuestra suerte.

Como pueden imaginar defendernos nos ocupa tiempo y recursos, pero aun nos quedan fuerzas para aplicarnos en avanzar hacia la gestión integral de los recursos hídricos, convencionales y "no convencionales". Sin prisa, pero sin pausa trabajamos para incorporar aguas de la desaladora de Carboneras y quizás también de la de Rambla de Morales, si como se especula es adquirida por ACUAMED.

## 2. Conclusiones finales

Entre las claves determinantes de nuestro éxito cabría citar: la necesidad, la convicción, la perseverancia, la unificación de esfuerzos, la competitividad de las aguas reutilizadas frente a las subterráneas de uso tradicional y la gestión con criterios empresariales.

La experiencia en Cuatro Vegas demuestra que las aguas reutilizadas pueden contribuir a la consolidación y al desarrollo económico y ser una fuente de riqueza, con efectos medioambientales favorables.



La reutilización es una valiosas aportación a la gestión integral y racional de los escasos recursos hídricos, propiciatoria de la permuta de aguas blancas de regadío por aguas urbanas regeneradas, sobre la base de que el campo no es un vertedero, porque el campo también es medio ambiente.

Y para terminar, lo que acontece en Cuatro Vegas puede ser (y así lo ofrezco) una buena fuente para el desarrollo de tesis doctorales sobre reutilización, Sociología y Derecho.



## JEFE DE FILA



## SOCIOS



## PROYECTO CONFINANCIADO POR



INTERREG III B  
AÇORES • MADEIRA • CANARIAS

<http://aquamac.itccanarias.org>