



Congreso Nacional del Medio Ambiente
Cumbre del Desarrollo Sostenible

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Proyecto Sostaqua: desarrollos Tecnológicos hacia el Ciclo Urbano del Agua Autosostenible

Autor: Josep Flores Bados

Institución: Aguas de Barcelona. Centro Tecnológico del Agua (CETaqua)
E-mail: jflores@agbar.es



RESUMEN:

ANTECEDENTES En febrero de 2007 el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial CDTI, organismo dependiente del Ministerio de Industria, resolvió sobre los proyectos presentados a la segunda Convocatoria CENIT del programa Ingenio 2010. En dicha resolución se incluía la subvención al proyecto SOSTAQUA liderado por Aguas de Barcelona. **INTRODUCCIÓN** El proyecto SOSTAQUA, bajo el título Desarrollos Tecnológicos hacia el Ciclo Urbano del Agua Autosostenible, realiza un análisis sobre la sostenibilidad de los procesos del agua de abastecimiento urbano desde cuatro direcciones complementarias: Agua, Residuo, Energía y Salud y Medio Ambiente. El proyecto dispone de un presupuesto de 24 millones de euros con una subvención cercana al 50% y una duración de 4 años. Su realización corresponde a una agrupación de 16 empresas (10 grandes empresas y 6 PYMES) de diferentes ámbitos, lideradas por Aguas de Barcelona. Así mismo incluye 12 organismos públicos de investigación OPIs y centros tecnológicos de investigación CTs con los que la agrupación ha firmado un total de 26 contratos. El proyecto SOSTAQUA es el primer proyecto del sector del agua que ha sido seleccionado y subvencionado dentro de la convocatoria CENIT de programa Ingenio 2010 **CONTENIDO** Los objetivos del proyecto cabe resumirlos en llevar a cabo desarrollos tecnológicos que permitan una mayor disponibilidad de recursos hídricos, una menor producción e impacto ambiental de los residuos, todo ello con una menor demanda energética y una mayor protección de los aspectos sanitarios y medioambientales. En el vector 'agua' se plantea una mayor eficiencia de la desalación, una apuesta decidida por la reutilización de las aguas residuales depuradas y, como no, de las aguas pluviales. Todo ello, sin olvidar la eficiencia necesaria en la gestión de los recursos. En el vector 'residuos', se apuesta por la valorización energética, la minimización y finalmente, la segura deposición en el medio. En el vector 'energía' los objetivos se orientan a la autosuficiencia energética de la depuración y a la decidida apuesta por las energías renovables. Finalmente, la actividad 'salud y medio ambiente', de una forma transversal a todas las actividades anteriores, centra su objetivo en revisar los procesos que ellas incluyen para alcanzar una mayor protección sanitaria y ambiental.



1. INTRODUCCIÓN

El ciclo urbano del agua, entendido como el conjunto de actividades necesarias para la captación del recurso, el uso y la devolución del agua al medio en condiciones óptimas para el medioambiente receptor, supone el desarrollo de un gran número de actividades que requieren un alto nivel tecnológico.

Como todo ciclo, el ciclo urbano del agua puede concebirse como una serie de procesos que interactúan entre sí dentro de un ámbito determinado, y se relaciona con el exterior mediante unas entradas y salidas de materia y energía. En la situación actual el “ciclo” urbano del agua no es en realidad tal ciclo, ya que se trata de un “ciclo abierto”. Según se observa en la figura 1 el agua es obtenida del medio natural exterior al ámbito, sometida a ciertos procesos relacionados con su utilización y depuración, y finalmente vertida de nuevo al medio natural. Para el funcionamiento de estos procesos se requiere un entrada de energía al ciclo. En términos generales, no se obtiene ningún beneficio energético de tales procesos.

El ciclo del agua genera también una cierta cantidad de residuos, normalmente aportados durante el uso del agua o bien durante los procesos de tratamiento y depuración de la misma. Conceptualmente puede considerarse también como residuo el agua vertida al medio - depurada o no - con calidad inferior a la de éste, puesto que abandona el ciclo y puesto que contribuye a la contaminación medioambiental. Finalmente, el agua de lluvia, que cae en el ámbito urbano y que debe ser drenada, se introduce también en el ciclo por cuanto comparte las infraestructuras de drenaje y vertido de las aguas utilizadas y por cuanto constituye una fuente muy importante de residuos (contaminación del medio) de salida del ciclo.

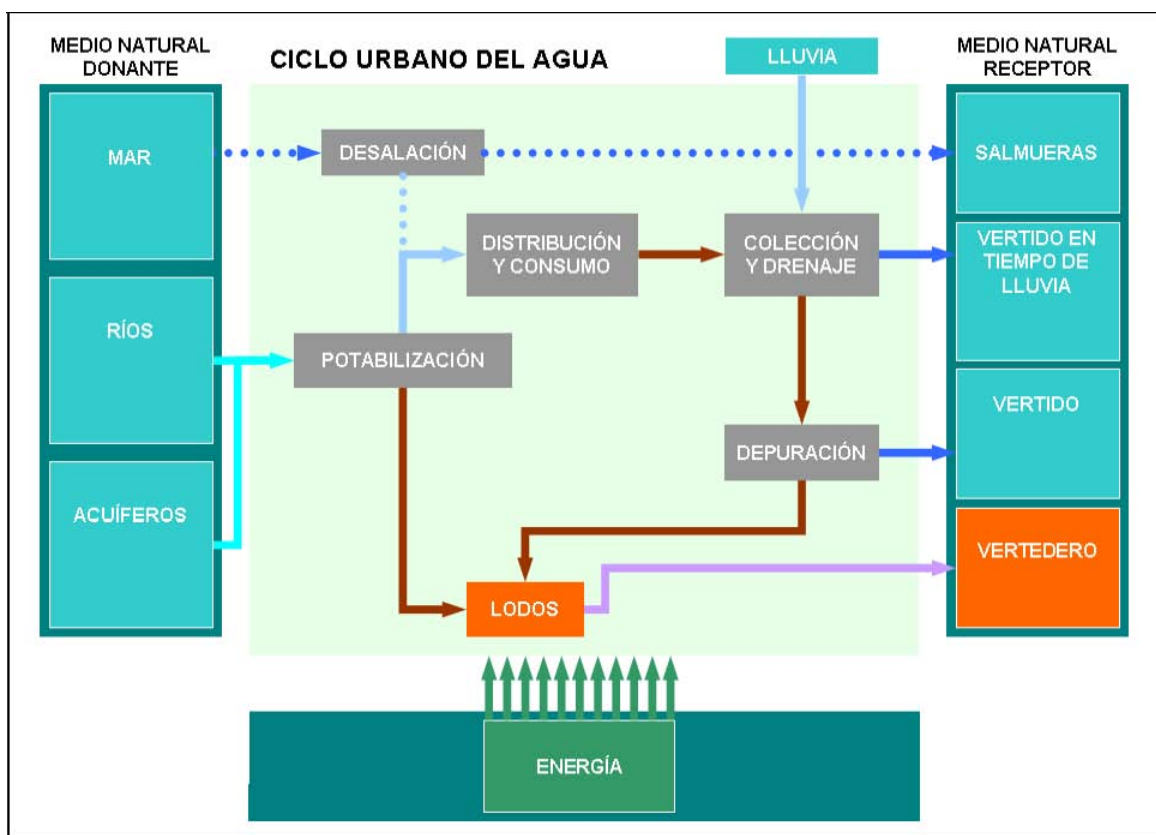


Figura 1: Ciclo urbano del agua convencional

1.1. Retos para la sostenibilidad del ciclo urbano del agua: necesidades, antecedentes y estado del arte

La situación actual y previsible de nuestro país en cuanto a la disponibilidad de los recursos hídricos, en cuanto a la disponibilidad de energía, y en cuanto al mantenimiento y restauración de las masas de agua en un buen estado ecológico, exige más que aconseja la optimización de dicho ciclo urbano del agua. En definitiva, se trata de hallar las vías para hacer evolucionar tales procesos hasta conformar un ciclo urbano del agua sostenible (Figura 2).

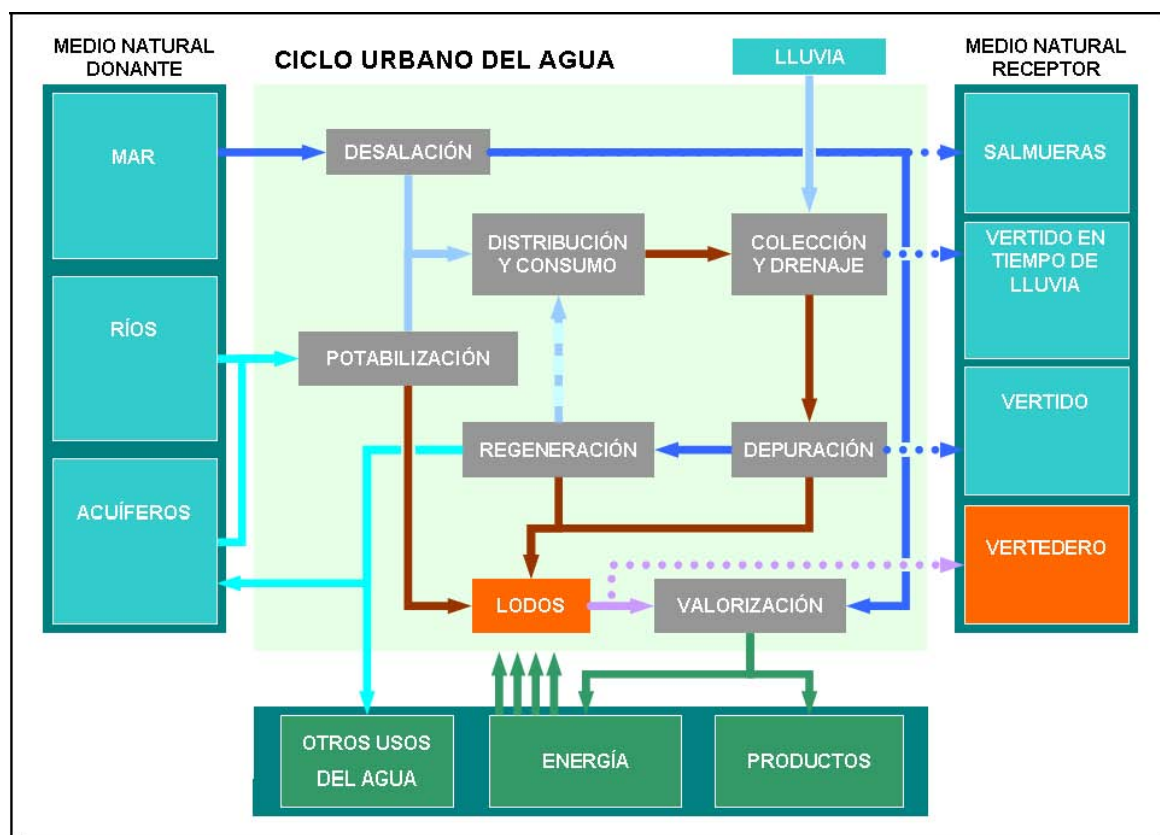


Figura 2: Ciclo urbano del agua autosostenible

La sostenibilidad del ciclo será mayor cuanto menor sea el requerimiento de recursos naturales – agua y energía – y menor sea el volumen de residuos – sólidos y líquidos – generados y no reciclados. Las características principales de este ciclo “autosostenible” serían:

1. *Empleo de los recursos hídricos renovables de aguas superficiales y acuíferos*, con la limitación de asegurar un buen estado ecológico de las correspondientes masas de agua. La naturaleza pone a nuestra disposición, aunque de forma irregular, un cierto volumen de recurso hídrico que ha de servir como base de todo el ciclo del agua. El aprovechamiento adecuado de este recurso es la primera garantía de sostenibilidad. Otras fuentes de suministro tienen requerimientos energéticos y producción de residuos que dificultan su sostenibilidad.

La situación de escasez e incluso sobreexplotación de los recursos hídricos renovables en muchas zonas de España motiva la necesidad de evaluar la disponibilidad de los mismos a largo plazo, y de optimizar el ciclo del agua para reducir su explotación.

2. *Empleo de la desalación como fuente complementaria de recurso*. La desalación de agua de mar tiene una fuente inagotable de materia prima y puede ser adecuada como complemento a los recursos renovables, en especial para compensar su irregularidad en el tiempo (sequías). Su principal inconveniente es el consumo energético y la producción de un rechazo fuertemente salino (salmuera) que se convierte en el principal residuo del sistema.



3. *Suministro de agua para consumo humano con todas las garantías sanitarias.* Muchas de las fuentes de recurso agua se encuentran contaminadas en mayor o menor magnitud. Las regulaciones que afectan a la calidad del agua para consumo humano son cada día más estrictas para garantizar un uso seguro por parte de la población. El tratamiento del agua requiere un control exigente sobre todos los contaminantes, con especial mención a las denominadas sustancias prioritarias y a los contaminantes emergentes.
4. *Máxima eficacia en la explotación de los recursos hídricos.* Esta eficacia es requerida por la antes aludida escasez de recursos hídricos renovables y por el impacto de la falta de agua en los ecosistemas naturales, así como por el creciente empleo de recursos alternativos. Por ello el ciclo urbano del agua debe apostar por una línea de integración y optimización de esta gestión.
5. *Minimización del impacto de los vertidos al medio natural en tiempo de lluvia.* Las causas principales del impacto de las ciudades sobre el medio hídrico son la captación de agua y el vertido de la misma contaminada. En esta segunda se incluye como aspecto primordial el vertido durante los episodios de lluvia. Dicho tipo de vertido es actualmente inevitable, y contribuye decididamente a la degradación del estado ecológico de las masas de agua próximas a las ciudades y, por tanto, a la degradación del agua como recurso. Este proceso interacciona con el ciclo urbano del agua porque el drenaje se produce a través de las redes de alcantarillado y porque su eventual solución tiene gran relación con la gestión moderna y conjunta del sistema alcantarillado y drenaje y de la depuradora. Asimismo deben aprovecharse las oportunidades de valorización de esta masa de agua que actualmente “transita” por el ciclo.
6. *Reducción de la contaminación vertida al medio.* La contaminación vertida al medio desde el ámbito urbano tiene un impacto sobre la calidad de las aguas, incluso aun cuando las depuradoras cumplen la normativa correspondiente. En las zonas donde los recursos renovables son escasos o sobreexplotados el impacto es extraordinario debido a la ausencia de volumen suficiente en los cursos naturales para permitir la dilución y autodepuración natural por parte de la masa de agua. Por ello el ciclo urbano debe reducir su carga contaminante hasta los límites que realmente puedan soportar las masas de agua receptoras sin degradarse su estado ecológico.

Debe también destacarse, como se ha hecho anteriormente al referirnos a la calidad del agua para consumo humano, la presencia en las aguas residuales de las denominadas sustancias prioritarias y los contaminantes emergentes. La fuente de dichos contaminantes está su mayor parte en los vertidos a las redes de alcantarillado procedentes de procesos industriales y en la acumulación de sustancias empleadas por grandes cantidades de población. El control y eliminación de estas sustancias es vital para permitir un uso seguro de las fuentes renovables.
7. *Reutilización del agua.* La limitación de disponibilidad de recursos renovables y los inconvenientes de la desalación (o su imposibilidad, caso de estar el uso del agua alejado del mar) obligan a considerar la reutilización de los recursos hídricos ya usados en el ámbito urbano para su empleo en otros ámbitos o incluso en el propio ciclo urbano del agua. Uno de los destinos más adecuados para la reutilización del agua urbana es el riego en zonas agrícolas cercanas al ámbito. Dependiendo de la localización de la zona urbana y de sus condiciones socioeconómicas esta demanda de riego puede no existir o ser muy reducida, o por el contrario asumir toda la “producción” de la zona urbana. Existen también usos de agua no potable en el ámbito



urbano (riego de zonas verdes, limpieza de calles,...) e industrial para los que el agua regenerada puede emplearse. El agua regenerada puede también emplearse para la recarga y protección de acuíferos, de manera que pueda incrementarse el recurso renovable subterráneo.

8. *Reducción y valorización de los residuos.* Una de las mayores dificultades a que se enfrenta la gestión del ciclo del agua urbano es, paradójicamente, la de la gestión de los residuos. Los residuos, principalmente los fangos procedentes de los procesos de tratamiento y depuración deben valorizarse y reciclarse como productos aptos para el consumo del entorno socioeconómico si se pretende que el ciclo del agua resulte sostenible. Otro aspecto importante en la gestión de los residuos radica en la posibilidad de obtener ganancias energéticas de los mismos, como se cita en el apartado siguiente. En todo caso debe investigarse cualquier posibilidad de reducción o valorización y aplicación de residuos.

Un residuo distinto de los fangos citados es la salmuera generada como rechazo del proceso de desalación por ósmosis inversa. El vertido de salmueras al mar es comprometido en determinadas circunstancias, pero sobre todo lo es cuando la ósmosis se realiza en localizaciones lejanas a la costa para, por ejemplo, la desalobración de acuíferos. Para estos casos deben investigarse los posibles ámbitos de valorización de dicha salmuera, para su utilización posterior.

9. *Reducción del consumo energético.* La sostenibilidad de cualquier proceso pasa inevitablemente por su optimización energética. Los procesos del futuro ciclo del agua deben ser optimizados energéticamente. Son conocidos, por ejemplo, los avances en la tecnología de la desalación en lo referente a eficiencia energética por mejora de las membranas y por la introducción de técnicas de recuperación de energía-presión de las salmueras. Sin duda puede seguir avanzándose en este campo, pero también en el de la reducción del consumo de energía en la potabilización y depuración de agua.
10. *Aprovechamiento energético de los procesos del agua o sus residuos.* Dentro de la optimización energética del ciclo urbano del agua propugnada en el apartado anterior, cabe sin duda desarrollar y aplicar procesos de recuperación y producción de energía. Esta energía puede aplicarse de nuevo a los procesos del agua o bien ser entregada a la red general eléctrica para su consumo en otros puntos. Las oportunidades de producción energética se sitúan principalmente en el ámbito de la gestión de residuos (fangos) y en la recuperación de energía hidráulica o térmica del agua.

La tendencia futura de desarrollo debe orientarse pues hacia la obtención de un Ciclo Urbano del Agua Autosostenible, que se cierre realmente sobre sí mismo en cuanto a los flujos de agua, y que minimice los requerimientos de energía y la aportación de residuos al medio natural.

Al intentar cerrar este ciclo, se presentan una serie de obstáculos. Estas dificultades se muestran sobre la base de los tres principales vectores que intervienen en dicho ciclo: el agua, los residuos y la energía, más un cuarto vector transversal que afecta a todas las actividades: la salud y el medio ambiente.

Agua: escasez de recursos

La situación de escasez e incluso sobreexplotación de los recursos hídricos renovables en muchas zonas de España está motivada por la variabilidad característica del clima mediterráneo (sequías) y la elevada demanda, y viene agravada en muchas ocasiones por una mala gestión. Por ello se requiere evaluar la disponibilidad de tales recursos a largo plazo, y optimizar el ciclo del agua para reducir su explotación.



Siguiendo el esquema tradicional del ciclo del agua, se puede constatar que en realidad se trata en la actualidad de un “ciclo abierto”, en el cual el agua es obtenida del medio natural donante, sometida a ciertos procesos relacionados con su utilización y depuración, y finalmente vertida de nuevo al medio natural receptor con una calidad inferior a la que tenía en el momento de su captación.

Los problemas originados por una gestión no sostenible de los recursos pueden poner en compromiso el suministro futuro de agua potable para la población así como el suministro de una materia prima imprescindible para la industria y la agricultura de nuestro país. Los recursos actuales deben ser objeto de una protección especial e incluso deben ampliarse para satisfacer la demanda propia de una sociedad en pleno desarrollo económico y social.

Residuos: exceso de subproductos

El ciclo del agua genera también una cierta cantidad de residuos (también denominados subproductos) durante los procesos de tratamiento y depuración de la misma, principalmente:

- Salmueras procedentes de plantas de desalación de aguas de mar o de aguas salobres.
- Fangos procedentes de plantas potabilizadoras
- Residuos procedentes de la limpieza de las redes de alcantarillado y drenaje urbano.
- Residuos de pre-tratamiento de plantas depuradoras de aguas residuales (arenas, basuras y grasas).
- Fangos procedentes de plantas depuradoras de aguas residuales.

El gran volumen producido de estos residuos, su difícil tratamiento y su polémico destino final en muchos de los casos (superada la capacidad de valorización agrícola, el vertedero o la incineración son las alternativas actuales), hace evidente la necesidad de soluciones viables a este problema. La producción cada vez más elevada de lodos de depuradoras genera un problema ambiental en aumento. En la Unión Europea se producen actualmente cerca de 9 millones de toneladas de lodos anuales (materia seca), 10% de los cuales se producen en España.

Energía: déficit energético en los tratamientos

El ciclo urbano del agua requiere una entrada de energía para el funcionamiento de sus procesos, no solamente para los de transporte (bombeo), sino también para aquellos en los que intervienen tecnologías de tratamiento del agua y de sus subproductos. Entre estos últimos, se destacan a continuación los procesos que requieren un mayor consumo energético:

- La desalación de agua de mar con un consumo de 3 kWh/m³ agua producto
- La depuración de aguas residuales urbanas con un consumo de 0,5 kWh/m³ agua depurada
- El tratamiento de potabilización de aguas superficiales convencionales con un consumo de 0,1 kWh/m³ de agua potabilizada
- El compostaje de lodos consume unos 1.000 kWh/t MS (materia seca) procesada, es decir: 0,25 kWh/m³ agua depurada



- El secado térmico de lodos consume unos 3.000 kWh/t MS procesada, es decir: 0,75 kWh/m³ agua depurada

La energía necesaria para estos procesos se ha obtenido tradicionalmente de la conexión a la red eléctrica. En España, aunque esté previsto un aumento del uso de fuentes de energía renovable en la producción eléctrica hasta alcanzar el 30% en el 2010 (IDAE, 2005), este porcentaje será pequeño comparado con el 70% restante proveniente de otras fuentes (combustibles fósiles y energía nuclear). Si se pretende incrementar el uso de recursos hídricos alternativos que, a priori, requieren un mayor consumo de energía, es ineludible el deber de progresar en el aprovechamiento energético de los procesos ligados al ciclo urbano del agua y reducir su dependencia de la red eléctrica.

Salud y medioambiente: impactos negativos

Los impactos positivos causados por la gestión de las empresas proveedoras de servicios en el suministro de agua potable y en el saneamiento son generalmente conocidos. El suministro de agua potable de calidad ha reducido drásticamente la incidencia de las enfermedades infecciosas transmitidas por este medio, y el vertido de un agua de mayor calidad al medio ha conseguido disminuir la contaminación de éste.

Aunque se ha avanzado mucho en este campo, aparecen nuevos problemas asociados a los riesgos inherentes a la reutilización creciente del agua y a la presencia de nuevos compuestos y microorganismos a los que se asocia un impacto negativo sobre la salud y el medio (los denominados contaminantes y patógenos emergentes). La capacidad de eliminación mediante las nuevas tecnologías de tratamiento del agua es una oportunidad que debe analizarse para su aplicación a los nuevos aprovechamientos que puedan hacerse de las aguas residuales y los subproductos asociados.

1.2. Oportunidades de innovación tecnológica

El planteamiento, desde el ámbito del agua, consiste en la obtención de un producto de la calidad deseada, respetando el medio hídrico y minimizando a su vez las necesidades energéticas y la generación de residuos. Este enfoque precisa ser complementado desde la visión de los otros dos ámbitos – energía y residuos - tratados éstos como vectores preferentes: la aportación que puede hacer el ciclo del agua al ámbito de la energía, y las posibilidades de minimización y valorización de los residuos obtenidos durante el proceso.

La convergencia de estos tres vectores, junto con las actuaciones transversales del estudio de los riesgos sanitarios y de impacto ambiental que dichas actividades generan, permite identificar las líneas de avance y desarrollo necesarias.

Agua: fuentes inagotables

Para poder asegurar el suministro, es necesario incrementar la [eficiencia en la gestión y preservación de los recursos renovables tradicionales](#): agua dulce superficial (ríos) y subterránea (acuíferos); a la vez que se promocionan los recursos alternativos: agua residual regenerada y agua de mar desalada. Las políticas nacionales apuestan, cada vez más, por la [reutilización de las aguas residuales regeneradas](#) como una manera de cerrar el ciclo, evitando su vertido al medio y evitando también la captación de nuevo recurso; y por la [desalación](#) de agua de mar como fuente inagotable de materia prima.

El principal inconveniente de la desalación es hoy en día su elevado consumo energético. Las cifras actuales se sitúan próximas a los 3 kWh/m³ de agua producto, por lo que se



impone la necesidad de invertir esfuerzo en conseguir una **mayor eficiencia en la desalación**. Las diferentes soluciones pueden pasar por: nuevos **pretratamientos** para obtener una mejor calidad de las aguas de entrada a las membranas, **nuevos materiales y sistemas de membranas**, y el **aprovechamiento del rechazo** obtenido.

Aunque existen experiencias de reutilización del agua residual tratada, especialmente en agricultura, las exigencias cada vez más elevadas para el uso de este tipo de agua imponen la búsqueda de soluciones para obtener un **producto seguro y de alta calidad** adaptado a su uso final. Estas soluciones pasan por el desarrollo de **nuevos tratamientos terciarios** y por la **evaluación y minimización del riesgo** asociado a su aprovechamiento.

Además de la reutilización de las aguas residuales deben analizarse también las oportunidades de aprovechamiento del agua de lluvia. Ésta forma parte del ciclo urbano por cuanto comparte las infraestructuras de drenaje y vertido de las aguas residuales. En especial deben desarrollarse las posibilidades de **valorización del agua de lluvia** que actualmente se acumula en depósitos urbanos, armonizando la reutilización de este recurso con su actual función de **disminución del impacto ambiental**.

Finalmente, la gestión a corto, medio y largo plazo precisa de **sistemas tecnológicos** de ayuda a la decisión que proporcionen **estrategias optimizadas de explotación** de los recursos hídricos atendiendo a: la diversidad de su origen (subterráneos, superficial, regulación, desalación, reutilización), su coste, su naturaleza y variabilidad (evolución de acuíferos, política de desembalse,...), su calidad intrínseca y circunstancial,... para que mediante el sistema de producción, transporte y distribución que los conecta se proporcione un servicio de la máxima calidad y garantía, al menor coste económico y ambiental.

Residuos: minimizar su producción / maximizar su aprovechamiento

Este apartado está íntimamente ligado con el de la energía ya que algunos de los subproductos generados tienen un **valor energético atractivo**, como son los lodos y las grasas procedentes de plantas depuradoras. Estos subproductos se pueden tratar para **inertizarlos y reducir su volumen final**. En el caso de los lodos digeridos, su valor energético, aunque inferior a la de un lodo crudo, sigue siendo interesante (3.000 kcal/kg MS), lo que hace evidente la necesidad de investigar nuevas opciones para aprovechar este **valor energético residual**.

La forma de valorización preferencial de los lodos es su transformación en biogás. En la actualidad sólo una parte de la materia orgánica se transforma en biogás. Este biogás está compuesto por CH_4 (55-75%), CO_2 (25-40%), N_2 (2-7%) y H_2 (1-5%). La **valorización de este biogás** tiene un gran potencial, por lo que se hace interesante estudiar nuevas tecnologías para incrementar su producción y mejorar su aprovechamiento. Consecuente para el protocolo de Kyoto y las ratificaciones a las fases de efecto invernadero, se establecen formas de secuestro y **aprovechamiento del CO_2** , preferentemente en el propio ciclo urbano del agua o como un producto valorizable para otras actividades industriales, evitando de esta manera su emisión a la atmósfera.

Las salmueras y otros residuos salinos también pueden ser objeto de aprovechamiento, ya sea energético o para la **obtención de productos valorizables** como el cloro (desinfección) o la sosa (industria del papel y del aluminio), mediante la aplicación de **electrólisis** e incluso aprovechando el agua residual de la salmuera. Otra posible vía de valorización es la **extracción de minerales**, ya que el agua de mar incluye un total de 77 elementos químicos, muchos de los cuales son de gran interés industrial y energético.



Energía: eficiencia energética en el ciclo urbano del agua

La **valorización de los subproductos** del ciclo del agua, puede verse complementada con el empleo de las **energías renovables** como la solar y la eólica para **minimizar las necesidades de suministro de energía externa a los procesos del agua**, aumentando su eficiencia y reduciendo el uso, directo o indirecto, de combustibles fósiles.

El metano presente en el biogás obtenido a partir de los lodos puede ser transformado a **hidrógeno** mediante los procesos adecuados para poder ser aprovechado directamente en la planta mediante el desarrollo de **celdas de combustible**.

Los desarrollos tecnológicos futuros y sus aplicaciones pasan en gran medida por compensar la discontinuidad en la generación de las energías renovables con **formas de almacenamiento de energía**. En el ámbito energético del ciclo urbano del agua, merece una mención especial el almacenamiento de energía a baja temperatura en **estanques solares de salmuera** y otras **energías residuales del rechazo de la desalinización**.

Salud y Medio ambiente: evaluación de riesgos

El aprovechamiento de los subproductos obtenidos a partir del ciclo integral del agua requiere plantearse **el riesgo para el medio ambiente y la salud pública** de estos nuevos usos, ya que en tales subproductos pueden haberse acumulado todos aquellos contaminantes y microorganismos que el agua puede acabar incorporando durante su uso.

Con esta finalidad, se hace imprescindible establecer los procedimientos y sistemas de valoración de riesgo más adecuados, basados por ejemplo en el HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points), con sus correspondientes adaptaciones. Paralelamente, deben valorarse los beneficios sanitarios, económicos y medioambientales que se obtendrían de su implantación.



2. PROYECTO SOSTAQUA: CONFIGURACIÓN

2.1. Objetivos técnicos

El objetivo final de asegurar la autosostenibilidad del ciclo urbano del agua será tanto más factible cuanto menor sea el requerimiento de recursos naturales (agua y energía) y menor sea el volumen de residuos generados. El proyecto SOSTAQUA pretende contribuir a este objetivo mediante la potenciación de las fuentes de agua no convencionales, la valorización de los residuos obtenidos y la minimización e la demanda energética externa al ciclo.

En la tabla adjunta se resume los objetivos y actividades planteados:

VECTOR	OBJETIVO	ACTIVIDAD
AGUA	INCREMENTO DE LA EFICIENCIA DE LA DESALINIZACIÓN	1. DESALINIZACIÓN: NUEVOS PRETRATAMIENTOS, ELIMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA, CONTROL DEL FOULING, REUTILIZACIÓN Y/O ELIMINACIÓN DEL RECHAZO
	VALORIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL	2. NUEVOS TRATAMIENTOS AVANZADOS EN DEPURACIÓN Y REGENERACIÓN. INERTIZACIÓN BIOLÓGICA
	VALORIZACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES COMO RECURSO HÍDRICO	3. VALORIZACIÓN DE AGUAS PLUVIALES
	INCREMENTO EN LA EFICIENCIA EN LA GESTIÓN	4. EXPLOTACIÓN INTEGRAL OPTIMIZADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN TIEMPO REAL
RESIDUOS	VALORIZACIÓN, MINIMIZACIÓN E INERTIZACIÓN DE FANGOS Y LODOS	5. MAXIMIZACIÓN DE LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LOS LODOS DE DEPURADORA 6. MINIMIZACIÓN, INERTIZACIÓN Y VALORACIÓN ÚLTIMA DE LOS FANGOS Y LODOS
	VALORIZACIÓN – MINIMIZACIÓN DE SALMUERAS Y RESIDUOS SALINOS	7. VALORIZACIÓN Y MINIMIZACIÓN DE SALMUERAS Y OTROS RESIDUOS SALINOS
	AUTOSUFICIENCIA ENERGÉTICA DE DEPURADORAS	8. AUTOSUFICIENCIA ENERGÉTICA DE DEPURADORAS. VALORIZACIÓN DEL BIOGÁS Y DEL CO ₂
ENERGÍA	AUMENTO DE LA SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA	9. EFICIENCIA ENERGÉTICA. ENERGÍAS RENOVABLES Y ACUMULACIÓN DE ENERGÍA
	SALUD Y MEDIO AMBIENTE	10. EVALUACIÓN Y CONTROL DE RIESGOS Y BENEFICIOS SANITARIO – AMBIENTALES



2.1. Participantes Proyecto Sostaqua: Empresas, OPI's y CTI's

Uno de los principales atractivos del consorcio es la multidisciplinariedad de los socios, pues incluye desde empresas de servicios a ingenierías y fabricantes, todos ellos con reconocida actividad en I+D. Esta diversidad de empresas se ve también reflejada en la variedad de actividades que abarca la propuesta. Con una perspectiva común desde el ciclo urbano del agua, comprende no sólo tecnologías para el tratamiento y la gestión de ésta, sino también tecnologías energéticas y las relacionadas con la gestión de residuos.

El instrumento CÉNIT, promoviendo esta interacción de empresas y organismos de investigación, contribuirá a encontrar una solución tecnológica al problema del agua en España mediante la interrelación en una única agrupación de empresas de sectores diversos. A pesar de haberse detectado en ocasiones anteriores la necesidad de esta colaboración, difícilmente se hubiera alcanzado la cooperación con un objetivo común sin la existencia de un instrumento de estas características.

2.2. Otros programas relacionados con los objetivos I+D+i

El proyecto SOSTAQUA integra actividades de I+D estratégicas relacionadas con las tecnologías medioambientales, centrándose en el ciclo del agua e incorporando las energías renovables y la gestión sostenible de los residuos, tal y como priorizan las políticas nacionales e internacionales (Programas de Trabajo del VI y VII Programa Marco y Agenda Estratégica de Investigación de la Plataforma Tecnológica del Agua) de aplicación en España.

Programas de ámbito Nacional:

- *Programa Nacional de Ciencias y Tecnologías Medioambientales*
- *Programa Nacional de biodiversidad, Ciencias de la Tierra y Cambio Global*
- *Programa Nacional de Energía*

Apoyo al cumplimiento de la Directiva Marco del Agua

3. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO SOSTAQUA

3.1. Introducción

El proyecto SOSTAQUA “Desarrollos tecnológicos hacia EL CICLO URBANO DEL AGUA AUTOSOSTENIBLE” se desarrolla en diez actividades, o líneas de trabajo, para la consecución de los objetivos mencionados en el capítulo 1. Los tres vectores AGUA, RESIDUOS y ENERGÍA hacen de hilo conductor de las propuestas de desarrollo tecnológico concreto. A su vez, todas ellas deben ser consecuentes con las condiciones sanitarias y ambientales que toda actividad técnico-industrial debe respetar.

La convergencia de estos tres vectores, completados con las actividades transversales relativas a los riesgos sanitarios y de impacto ambiental que dichas actividades generan, necesariamente confluye en la identificación de las líneas de avance y desarrollo necesarias.

La convergencia no sólo se pone de manifiesto en las actividades sino en las tareas y subtareas asociadas ya que todas ellas incluyen conceptos como: eficiencia, valorización y minimización, que las interrelacionan y hacen de común denominador.

Tabla: Actividades del proyecto SOSTAQUA

VECTOR	ACTIVIDAD
AGUA	1 DESALINIZACIÓN: NUEVOS PRETRATAMIENTOS, ELIMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA, CONTROL DEL FOULING, REUTILIZACIÓN Y/O ELIMINACIÓN DEL RECHAZO
	2 NUEVOS TRATAMIENTOS AVANZADOS EN DEPURACIÓN Y REGENERACIÓN. INERTIZACIÓN BIOLÓGICA
	3 VALORIZACIÓN DE AGUAS PLUVIALES
	4 EXPLOTACIÓN INTEGRAL OPTIMIZADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN TIEMPO REAL
RESIDUOS	5 NUEVOS TRATAMIENTOS AVANZADOS EN DEPURACIÓN Y REGENERACIÓN. INERTIZACIÓN BIOLÓGICA
	6 MINIMIZACIÓN, INERTIZACIÓN Y VALORIZACIÓN ÚLTIMA DE LOS FANGOS Y LODOS
	7 VALORIZACIÓN Y MINIMIZACIÓN DE SALMUERAS Y OTROS RESIDUOS SALINOS
ENERGÍA	8 AUTOSUFICIENCIA ENERGÉTICA DE DEPURADORAS. VALORIZACIÓN DEL BIOGÁS Y DEL CO2
	9 EFICIENCIA ENERGÉTICA. ENERGÍAS RENOVABLES Y ACUMULACIÓN DE ENERGÍA
SALUD Y MEDIO AMBIENTE	10 EVALUACIÓN Y CONTROL DE RIESGOS Y BENEFICIOS SANITARIO – AMBIENTALES



3.2. Vector agua

El vector Agua se compone de cuatro actividades que tienen por objetivo último disminuir el estrés a que están sometidos actualmente los limitados recursos hídricos naturales de agua dulce.

Actividad 1. Desalinización: nuevos pretratamientos, eliminación de materia orgánica, control del fouling, reutilización y/o eliminación del rechazo

Esta actividad está orientada a conseguir la máxima eficiencia energética y productiva de la desalinización así como a minimizar sus impactos ambientales. Se establecen 3 tareas principales. Las dos primeras dirigen sus esfuerzos a desarrollos tecnológicos que den respuesta al factor limitante más significativo de la desalinización por membranas: la colmatación por biofouling. Las direcciones son diferentes pero complementarias necesariamente.

1A. Nuevos pretratamientos de agua de mar para desalinización: esta tarea plantea minimizar el problema mediante el empleo de membranas más resistentes al *biofouling*, lo que redundará en un trabajo más eficiente de las membranas.

1B. Nuevos sistemas de eliminación de la materia orgánica disuelta en el agua de mar: esta tarea plantea caracterizar la causa del *biofouling* (la materia orgánica) para aportar soluciones innovadoras que limiten su aparición en las membranas.

1C. Prevención y control del fouling: la tarea se orienta a la medición preventiva del *fouling*.

1D. Reutilización del rechazo: la tarea se orienta a investigar nuevos desarrollos que hagan posible el reciclaje del rechazo incrementando así el rendimiento de la producción, y a analizar la viabilidad de la tendencia al “vertido cero” de salmueras.

Estos objetivos requieren la participación de empresas y entidades multisectoriales y pluridisciplinarias que aporten e intercambien sus conocimientos y experiencias. Bajo el liderazgo de DEGREMONT España empresa líder mundial en Ingeniería y Tecnología del agua, participan en esta actividad un líder en fabricación y desarrollo de membranas como Dow Ibérica, y dos empresas de gestión del sector agua de grandes (AGBAR) y pequeños y medianos abastecimientos (CANARAGUA), que aportan su experiencia como usuarios y gestores.

El perfil de los organismos de investigación implicados está orientado a las necesidades de la línea de trabajo que consisten en una avanzada y compleja caracterización analítica de las matrices (URV, CSIC) y en estudios de ingeniería y mecánica de fluidos. (UB-Química Industrial), conjuntamente con la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) y el Centre Tecnològic de Manresa (CTM).

Actividad 2. Nuevos tratamientos avanzados en depuración y regeneración. Inertización biológica

La actividad 2 plantea como objetivo último valorizar al máximo el actual efluente de agua residual de aguas urbanas depuradas en EDARS para hacerla apta con garantías a los diferentes usos que cada vez reclaman con mas insistencia diferentes sectores (agrario, ocio, industrial, recarga, etc...)

Para ello se pretende dar respuesta fiable a los tres factores que actualmente limitan y condicionan dicha valorización: alta actividad biológica y microbiológica, restitución del contenido mineral original y la presencia de contaminantes orgánicos e inorgánicos (persistentes o emergentes). Estos condicionantes unidos a una falta de conocimiento de



los riesgos sanitarios y medioambientales que pudiera comportar la reutilización, se manifiestan significativamente a la hora de establecer legislativamente especificaciones de calidad adaptada al uso posterior.

2A. Inertización biológica-indicadores: orientada a los usos menos exigentes en cuanto a calidad del agua como pudiera ser el agrario, donde un tratamiento terciario consistente en una clarificación convencional y desinfección final, pretende suplir las limitaciones e ineficiencias de los actuales sistemas de desinfección utilizados con otras opciones que sean capaces de abordar la intensa actividad biológica y microbiológica que esta agua presenta.

En esta tarea, se pretende, en síntesis, revisar las prácticas existentes en las industrias alimentarias y farmacéuticas para valorar su aplicabilidad y rendimiento en los tratamientos de aguas residuales depuradas.

2B. Inertización biológica mediante pulsos: plantea el ensayo y evaluación de esta técnica utilizada en la industria alimentaria.

2C. Regeneración de aguas residuales urbanas por sistemas de membranas: para aquellos usos que requieran una máxima calidad, las membranas dan respuesta a dicha necesidad al permitir, a la par, reducir parcialmente el contenido mineral hasta en nivel deseado y garantizar la correcta calidad microbiológica.

El factor limitante, al igual que en desalinización, continúa siendo la colmatación de las membranas por biofouling. Para ello se precisan nuevas membranas de nanofiltración y osmosis inversa más bioresistentes, que pueden aplicarse no sólo a los actuales efluentes depurados sino a bioreactores de membrana (BRM) optimizados que permitan trabajar con mayores cargas de biomasa que los actuales de obra civil. Este último avance, permitiría reducir muy significativamente el volumen de las instalaciones, manteniendo siempre una alta calidad microbiológica.

2D. Biorreactores de membranas para otras aplicaciones: evalúa los BRM en campos como aguas con nitratos, lixiviados y otros.

2E. Nuevos sistemas de eliminación de la materia orgánica disuelta en aguas residuales depuradas:

con una estrategia similar a la utilizada en desalinización, esta tarea plantea la caracterización orgánica de esta compleja matriz para seguir y medir objetivamente la eficiencia de diferentes pretratamientos, para finalmente, conociendo la composición de la materia orgánica que llega a las membranas de nanofiltración y osmosis inversa, establecer soluciones innovadoras que eliminen el biofouling en ellas y por tanto aumenten su eficiencia.

La agrupación de las empresas participantes es similar a la de la línea 1, aunque en este caso lideradas por Dow Ibérica y completada por Degremont España, Aguas de Murcia (EMUASA), AGBAR, y las PYMES CRIC y REMOSA. El perfil de organismos de investigación muy similar al de la actividad anterior.

Actividad 3. Valorización de aguas pluviales

La necesidad de obtener recursos hídricos alternativos obliga a plantearse la posibilidad de valorización de las aguas pluviales. Adicionalmente, hay que tener en cuenta que actualmente se hace énfasis en una visión cada vez más amplia del ciclo del agua. En este sentido, los vertidos de aguas pluviales procedentes de las redes de saneamiento son unos de los principales causantes de la contaminación de las aguas superficiales,



que a su vez son la fuente principal de obtención de agua potable.

El objetivo principal de la actividad 3 es obtener recomendaciones sobre las mejores prácticas y tecnologías necesarias para la valorización de las aguas pluviales recogidas por las redes de saneamiento y drenaje urbano. Dos son, en síntesis, los aspectos a tratar: analizar las oportunidades de captación y puesta a disposición del agua pluvial, que actualmente circula sin aprovechamiento por las redes de alcantarillado y drenaje y es vertida al medio; y analizar los posibles tratamientos de mejora de la calidad del agua que pueden aplicarse a esta agua en función de su uso destino y de los condicionantes que presentan los entornos muy urbanos en que deberían emplearse. En relación al primer aspecto se investigará con especial énfasis las oportunidades de valorización de las aguas recogidas por los tanques de tormenta a tanques “antiDSU”. Las subtarefas en que se organiza esta actividad son:

- Estado del arte.
- Caracterización de las aguas pluviales.
- Estudio de técnicas de minimización de la contaminación de las aguas pluviales.
- Estudio de técnicas de captación y almacenamiento de las aguas pluviales.
- Estudio de técnicas de tratamiento y adecuación de las aguas pluviales según su uso o función posterior.
- Elaboración de recomendaciones sobre las mejores prácticas y tecnología necesarias para la valorización de aguas pluviales.

Esta actividad está liderada por la empresa Clavegueram de Barcelona (CLABSA) y cuenta con la participación de AGBAR y Aguas de Murcia (EMUASA). Como organismo de investigación figura la Universidade da Coruña que dispone de investigadores especializados en el estudio y diseño de sistemas de alcantarillado y regulación, así como en los aspectos de gestión de calidad asociados.

Actividad 4. Explotación integral optimizada de los recursos hídricos en tiempo real

El incremento de la complejidad en la gestión de los sistemas de abastecimiento de agua se debe en gran parte al incremento del número de fuentes de suministro, así como de su diversidad. Por tanto, la explotación conjunta y óptima de los recursos es un problema inabordable si no se dispone de información en tiempo real de la situación de los recursos, de modelos de predicción de su evolución, de criterios pre-estudiados para su optimización, y de herramientas tecnológicas adecuadas para el manejo de toda esta información.

El objetivo principal de esta línea de investigación es obtener los requerimientos de un sistema de explotación en tiempo real de las diversas fuentes de recursos hídricos de un ámbito de suministro, que simule en continuo la evolución de recursos y demandas, que permita responder a la pregunta “¿Qué pasaría si...?”; y que disponga de criterios y herramientas de optimización para el análisis automatizado de estrategias. Las subtarefas en que se organiza esta actividad son:

- Estado del arte.
- Análisis de criterios de optimización en la gestión de recursos.
- Definición de la arquitectura del sistema de ayuda a la decisión.
- Diseño robusto del sistema de adquisición de datos en tiempo real, con capacidad



de detección, diagnóstico y gestión de fallos.

- Análisis de la aplicabilidad de las predicciones meteorológicas a la gestión probabilística de recursos hídricos.
- Diseño de un sistema de simulación continua, con capacidad de autoaprendizaje, de los recursos hídricos de una cuenca.
- Formulación de un modelo de predicción de la demanda.
- Análisis de la influencia de parámetros de calidad en los modelos de gestión de recursos hídricos. Integración de protocolos de seguimiento según criterios de calidad.
- Estudio de métodos de optimización aplicados a la gestión eficiente de recursos hídricos, tanto en cantidad como en calidad.
- Análisis de la aplicabilidad de la programación de sistemas basados en el conocimiento para la gestión de recursos hídricos.
- Diseño de los requerimientos del sistema tecnológico para la explotación integral de los recursos hídricos, y experimentación a nivel de cuencas.

Esta actividad está liderada por AGBAR, y cuenta con la participación de SENER, CLABSA y SINERIA. Acorde con el conocimiento de sistemas de gestión y control, interviene como organismo de investigación principal el grupo SAC de la UPC.

3.3. Vector residuos

Atendiendo a la definición de residuo como el producto residual obtenido por manipulación u operación química-biológica al mismo tiempo que el producto principal, cabe incluir en ella cualquier emisión de gases, líquidos y sólidos. El actual ciclo del agua, por lo general, no genera residuos en sí mismo sino que éstos tienen su origen en la contaminación presente en el agua a tratar.

Sin duda alguna, el problema de los residuos es el prioritario hoy en día para la administración y los gestores del ciclo del agua, atendiendo al impacto ambiental que está produciéndose como consecuencia de unas cifras de volumen inasumibles, hoy en día, tecnológica y medioambientalmente.

Las principales actividades donde se producen emisiones son:

- Tratamientos de clarificación de aguas subterráneas y superficiales: para cargas medias de 10-30 mg/l de materia en suspensión y un fango del 25% en materia seca (tratamiento convencional por centrifugación) cabe esperar unas cifras del orden de 0,04-0,12 Kg/m³ agua tratada.
- Depuración de aguas residuales: esta actividad produce actualmente un volumen de lodos digeridos del orden de 1 kg de lodo al 25%/m³ agua depurada. En caso de no existir digestión anaerobia, el volumen de lodos puede alcanzar cifras superiores (alrededor de un 30% más). También esta actividad genera, en menor cantidad que los lodos, una serie de otros subproductos como son las arenas y las basuras, que son asimilables a residuos sólidos urbanos, y grasas caracterizadas como residuo tóxico y peligroso por su potencial contaminación por hidrocarburos.
- Rechazo de la desalinización: la desalinización de agua de mar genera en la



actualidad como subproducto un rechazo próximo al 50% del agua de mar captada con una concentración salina el doble de la original.

Ante tales cifras, resulta claro que la sociedad y el sector demandan de forma urgente actuaciones de desarrollo tecnológico que den soluciones a los problemas planteados.

El vector RESIDUOS, atendiendo a la naturaleza y características de las matrices, estructura en 3 las líneas o actividades. La primera de ellas (actividad 5) está orientada a la valorización energética, considerando que es la que más aporte tecnológico precisa y que, a la par, sus subproductos estarán en mejores condiciones de afrontar su valorización final (actividad 6). Finalmente, la actividad 7 plantea avances tecnológicos específicos para la salmuera y residuos salinos, matrices éstas especialmente complejas desde la óptica medioambiental.

Actividad 5. Nuevos tratamientos avanzados en depuración y regeneración. Inertización biológica

En este apartado, se incluyen aquellos desarrollos que, basados en la valorización, minimización e inertización, den respuesta a la demanda existente. En la actualidad, sólo una parte de la materia orgánica (alrededor del 50%) contenida en los lodos se transforma en biogás mediante procesos de digestión anaerobia en aquellas plantas de tratamiento que disponen de esta tecnología y que, en general, son las plantas de mayor tamaño.

Se evaluarán nuevos procesos orientados a favorecer la máxima valorización energética, bien a través del incremento de la producción de biogás, bien a través de otros usos o procesos, que aprovechen el valor energético residual para generar más energía. En estos procesos también estarán en consideración los aceites y grasas actualmente catalogados como residuos tóxicos y peligrosos. Indicar finalmente que esta valorización energética implicaría una significativa minimización de los residuos, aumentando asimismo el potencial de valorización del residuo final en otras actividades (agrícola por ejemplo).

De forma extractada las tareas son:

5A. Mejora de la etapa de hidrólisis en la digestión anaeróbica

5B. Maximización de la producción de biogás

5C. Minimización de lodos y maximización de la generación de biogás

Realizadas por AGBAR con la colaboración de la Universidad de Valladolid (U.V)

5D. Optimización de la producción de biogás con otros residuos orgánicos

AGBAR recibe colaboración de la empresa SENER y ambas de la Opi GIRO

5E. Valorización de lodos secos

Intervienen AGBAR con la Universidad de Alcalá de Henares (U.A.H).

Actividad 6. Minimización, inertización y valorización última de los fangos y lodos

Incluye todos aquellos desarrollos tecnológicos que precisan tanto los fangos de los tratamientos de potabilización de aguas como los lodos de depuración de aguas residuales, bien sea a partir de su actual producción o como consecuencia de haber sido tratados por procesos de valorización previos. Dejando a un lado las particularidades que diferencian las matrices de fangos y lodos, la reducción del volumen se basaría en la deshidratación, y en la minimización de la actividad biológica. Finalmente, el producto así



obtenido puede ser objeto de una última valorización que defina aplicaciones de nulo impacto ambiental.

Las tareas, con alguna subdivisión de ellas, se estructuran según:

6A. Secado por atomización de lodos de EDAR: la evaporización instantánea del agua en una suspensión es una técnica utilizada por la industria alimentaria de múltiples formas y aplicaciones. Proporciona un producto seco, que mantiene la mayor parte de sus propiedades y estable biológicamente. El secado por atomización se ha aplicado con éxito recientemente al secado de fangos de ETAPs y su desarrollo para otras matrices, como los lodos de EDAR, aportaría múltiples ventajas respecto las actuales técnicas de secado. Esta tarea estaría desarrollada por AGBAR en colaboración con la Universidad Politécnica de Catalunya.

6B. Tratamiento de lodos para materia prima del cemento: con trabajos de AUMA, CEMENTS MOLINS y CSIC

6C. Reutilización de otros flujos residuales de Edar en el cemento

6D. Fangos de ETAP y el cemento

6E. Lodos de Edar y la fabricación del cemento

Liderados por Ciments Molins, S.A con la colaboración del CSIC

Actividad 7. Valorización y minimización de salmueras y otros residuos salinos

Liderada por Agbar con la colaboración de la UPC, se basa en dos tareas principales:

7A. Minimización de salmueras por reutilización en la Industria Electroquímica: el contraste de la caracterización química de los rechazos de las desalinizadoras y otros residuos salinos con los requerimientos de la electrolisis de la sal permitirán definir las posibilidades técnicas de valorización de estos residuos.

7B. Extracción de minerales del rechazo de la desalinización: la implantación masiva de instalaciones de desalinización por osmosis inversa aporta la captación de volúmenes enormes de agua de mar y, como mínimo, se dobla la concentración de sales. Ambas cuestiones pueden hacer más factible el desarrollo tecnológico que permita la extracción de estos minerales del agua de mar.

Esta tarea cuenta con el liderazgo de la empresa SOLVAY y la colaboración de la empresa Agbar así como de la Universidad Politécnica de Catalunya.

3.4. Vector energía

Los campos de mejora tecnológica en el ciclo del agua que confluyen con los del sector de la energía y que, a la par, tienen como común objetivo la minimización del impacto ambiental, en general, y la minimización de residuos en particular, son:

- **Uso final de la energía:** mediante el incremento de la eficiencia de los procesos disminuyendo la demanda.
- **Tecnologías ambientales y economía del hidrógeno:** atendiendo a la necesidad de disminución de las emisiones y concentraciones en el medio de gases de efecto invernadero con el uso de energías secundarias menos contaminantes, se impone que los procesos actuales o futuros del ciclo del agua eliminen la emisión de CO₂. Una posible valorización energética pasa por la producción o generación de



hidrógeno con la aplicación de celdas de combustión específicas adaptadas a los procesos, si se desea su transformación en energía. Por otra parte, el CO₂, debidamente purificado, también puede valorizarse dado que es un aditivo de uso común en los tratamientos de agua, en especial en la remineralización de aguas desaladas, evitando su emisión.

- Energías renovables: mediante la adaptación de dichas energías a los procesos del ciclo urbano del agua.

La eficiencia energética ya ha sido tratada como un común denominador a todas y cada una de las actividades y tareas anteriormente desarrolladas en el presente proyecto con especial atención a que las nuevas tendencias y necesidades de desalinización y minimización de residuos requieren nuevas demandas energéticas a un campo siempre optimizable.

Las propuestas técnicas pretenden responder a la pregunta de qué puede hacer el ciclo urbano del agua, por sus propios medios, para disminuir su demanda energética ambiental en general y la no emisión de gases de efecto invernadero en particular.

Por ello se han establecido dos actividades en este tercer vector energía:

Actividad 8. Autosuficiencia energética de depuradoras. Valorización del biogás y del CO₂

8A. Autonomía energética de la EDAR de Murcia. Realizado por la empresa líder de la actividad EMUASA (Aguas de Murcia) con la colaboración de AGBAR, y del Centro Superior de Investigaciones Científicas CSIC.

8B. Utilización directa de lodos de depuración de aguas residuales para generación eléctrica. Esta tarea la desarrolla la empresa SENER.

Esta actividad plantea el aprovechamiento energético de un gas impuro y complejo como el biogás de forma ecológicamente limpia y sostenible. Para ello aprovecha el metano presente en el biogás para su reformado a hidrógeno y aprovechamiento energético sin emisiones; sin olvidar el secuestro del CO₂ tanto del biogás como en el reformado revalorizándolo en el ciclo urbano del agua.

Actividad 9. Eficiencia energética. Energías renovables y acumulación de energía

Siempre desde el ámbito limitado del ciclo urbano del agua, esta actividad explora las opciones tecnológicas de energías renovables que, aplicadas a los sistemas y procesos de dicho ciclo, hagan disminuir su demanda energética de la infraestructura nacional. De la misma manera, desde dicho ciclo se reflexiona sobre las posibilidades de acumulación de energía.

Las tareas se estructuran en los tres ámbitos citados según:

Eficiencia energética:

9C. Climatización de edificios mediante recursos de agua subterránea: donde se plantea la refrigeración de edificios con aguas freáticas. Realizada por la empresa Enviros.

Energías renovables:

9A. Análisis del Ciclo de Vida en la aplicación intensiva de las energías renovables en el ciclo del agua: Donde se evalúa y cuantifica la disminución del impacto ambiental debido a la incorporación de energías renovables en las distintas etapas del ciclo urbano del agua y se analiza la posibilidad de utilización de las energías renovables en las diversas



operaciones del ciclo urbano del agua Realizada por la empresa Auma.

9B. Aprovechamiento de la energía térmica residual del agua a baja temperatura: plantea como aprovechar energéticamente niveles térmicos bajos. Realizada por la empresa STC.

9D. Integración de fuentes de energía renovable (fotovoltaica) en tratamientos de aguas: realizada por AGBAR y UAH.

9E. Desalinización de agua con energía solar: donde se pretende acotar las posibilidades de esta tecnología. Realizada por CRIC y CTM.

Acumulación de energía:

9F. Almacenamiento de energía en estanques solares de salmuera: integración de sistemas de almacenamiento de energía en estanques solares y sistemas de concertación y recuperación de salmuera. Las particulares propiedades de la salmuera permiten potenciar las posibilidades de almacenamiento de energía a baja temperatura del agua y, a la par, minimizar las pérdidas que un almacén de agua tiene por radicación, convección y evaporación. Su desarrollo tecnológico plantea muchas posibilidades de complementariedad con la discontinuidad de las energías renovables en general y de la solar en particular. Cuenta con el liderazgo de AGBAR y la colaboración de la Universidad Politécnica de Catalunya

3.5. Salud y medio ambiente

Los desarrollos tecnológicos precisan de métodos, sistemas e indicadores que permitan evaluar la situación actual mediante la recopilación y tratamiento de información fiable y paralelamente, mediante el uso de herramientas adecuadas, proyectar los riesgos y beneficios que comportan.

Actividad 10. Evaluación y control de riesgos y beneficios sanitario – ambientales

Esta actividad tiene por objeto realizar una labor transversal al presente proyecto considerando que las matrices de estudio están claramente definidas: aguas brutas y tratadas, emisión de residuos del ciclo urbano del agua (lodos fangos, salmueras, gases,...), así como que las tendencias se dirigen, por un lado, hacia la valorización del agua de mar y residual regenerada, y por el otro, hacia la minimización (y por tanto concentración) de residuos.

Esta línea, atendiendo a su complejidad, requiere la intervención de múltiples disciplinas científicas dentro del ámbito de la salud y medio ambiente. Cuenta con el liderazgo de AGBAR que, en colaboración con Applus+ Medio Ambiente (LABAQUA), coordina un numeroso grupo de OPIs especializados en dichos ámbitos (Universidad de Barcelona, Centro Superior de Investigaciones Científicas, Universidad Rovira i Virgili, Universidad Politécnica de Catalunya). Estas aportaciones científicas se estructuran en un total de 13 tareas que estarán regidas por los siguientes criterios y objetivos:

- **Impacto medioambiental:** si bien éste es un campo afortunadamente cada día más normalizado internacionalmente, sus diferentes ámbitos de acreditación, verificación, evaluación, ciclos de la vida de los productos y materiales, buenas prácticas, mejores tecnologías disponibles, etc., siempre son campos donde pueden realizarse desarrollos tecnológicos adaptados a los procesos y matrices de estudio.



- Riesgos sanitarios: este ámbito también precisa de monitorización, pero especialmente está necesitado de nuevas herramientas de prevención como base fundamental del HACCP (Hazard Análisis and Critical Control Points). De ahí la importancia de conocer la movilidad de los compuestos orgánicos presentes (en especial los persistentes y emergentes) y la complejidad biológica y microbiológica, para así poder predecir toxicológicamente sus efectos.
- Beneficios medioambientales y sanitarios: paralelamente, considerando que todos y cada uno de los proyectos están enfocados desde la óptica de buenas prácticas eco-sanitarias, se valorarían los beneficios sanitarios, económicos y medioambientales que se obtendrían de su implantación.
- Evaluación de los riesgos y beneficios de la reutilización de aguas: como anteriormente se ha indicado, los proyectos serán evaluados de acorde con su nivel de desarrollo. Ahora bien, en el caso concreto de la reutilización de aguas, en atención a su interés y sobre todo considerando que ya empiezan a existir aplicaciones reales en el territorio nacional, el proyecto se plantea realizar una evaluación de los riesgos y beneficios con su correspondiente seguimiento analítico en aquellas reutilizaciones de aguas residuales que se consideren más representativas.
- Finalmente y considerando que el presente proyecto tiene por objeto avanzar hacia el ciclo urbano del agua autosostenible, se realizará una evaluación de la sostenibilidad actual de dicho ciclo en España, definiendo las líneas que en el futuro deberían seguirse y valorando las aportaciones que el presente proyecto realiza a ese objetivo.