



RESUMEN

Título: La legislación como herramienta económica en la reutilización de aguas residuales

Autores y e-mails: Amelia Díaz¹, Belén Noguera², Miquel Salgot³

Departamento: ^{1,3} Grupo consolidado de investigación HIDROSEC. ² Departament de Dret Administratiu, Dret Processal i Dret Financer i Tributari

Universidad: ^{1,2,3} Universitat de Barcelona

Área Temática: *La gestión del agua en el contexto de la economía circular*

Resumen:

La reutilización de aguas residuales en los países desarrollados se basa en la voluntad política, en la aceptación de la práctica por los usuarios finales y en general por la sociedad y muy especialmente por la legislación y recomendaciones al respecto.

Desde el punto de vista legal, es obligatorio conseguir que el agua tenga una calidad adecuada, marcada por unos estándares o recomendaciones y en los últimos años por buenas prácticas. Entre estas últimas se pueden incluir los APPCC (análisis de peligros y puntos de control crítico) y los PSS (Planes de Seguridad del Saneamiento) que realmente aún no tienen cobertura legal salvo la voluntad política y sanitaria de reducir al máximo los riesgos en la reutilización.

Una de los grandes temas de discusión en el mundo de la reutilización es hasta qué punto la legislación debe ser estricta; es decir, cuántos parámetros deben controlarse y los límites que se fijan para esos parámetros. Debe alcanzarse un compromiso entre la economía (costes de tratamiento y análisis), la legislación (leyes y recomendaciones) y los riesgos aceptables en reutilización; aparte de las diversas posibilidades de uso del agua regenerada (cuáles se aceptan y cuáles no).

En este trabajo se analiza la legislación europea y española, proponiendo líneas de mejora puesto que el cumplimiento de la legislación tiene repercusiones económicas importantes, hasta el punto de poder comprometer el éxito de los proyectos de reutilización.

Tal como señala el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, una regulación adecuada requiere tiempo y es costosa, pero si se toman en cuenta los costos y beneficios a lo largo de toda la vida útil de la gestión de aguas residuales, los ahorros para la sociedad, el ambiente y la economía pueden ser sustanciales.

Palabras Clave: *aguas residuales, legislación, costes y beneficios*

Clasificación JEL: Q25; H7



1. Introducción

La reutilización de aguas residuales tiene como objetivo aumentar la cantidad de agua disponible para su uso en una región determinada; en los países desarrollados se fundamenta en la voluntad política, la aceptación de la práctica por los usuarios finales y en general por la sociedad y muy especialmente por la legislación y recomendaciones al respecto. No obstante, como en numerosas actividades, el éxito de la práctica depende de su viabilidad económica marcada por los beneficios que pueden obtenerse mediante la disponibilidad de más agua para las actividades de los diversos sectores de la sociedad. Asumiendo que la prioridad en el uso del agua es el suministro a la población, los restantes usos son secundarios, aunque usualmente se prioriza legalmente el uso para agricultura frente a los usos industriales y de ocio.

Desde el punto de vista legal, es obligatorio que el agua tenga una calidad adecuada para poder usarla, marcada por unos estándares o recomendaciones y en los últimos años por las buenas prácticas. En estas últimas se pueden incluir los APPCC (Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos) y los PSS (Planes de Seguridad del Saneamiento) que realmente aún no tienen cobertura legal salvo la voluntad política y sanitaria de reducir al máximo los riesgos en la reutilización. El hecho de que estas iniciativas hayan partido de la Organización Mundial de la Salud (OMS) les confiere una fuerza importante. (OMS, 2006; 2015).

En la reutilización de aguas residuales, la confluencia entre legislación y economía (Tabla 1) es básica para el éxito de esta práctica, aunque pueden describirse numerosos condicionantes adicionales y usos muy diversos. La tabla se aplica a los usos de riego; para otros usos se deben añadir/eliminar otros aspectos. Por ejemplo, en torres de refrigeración es muy importante hacer un estudio específico de Legionella.

La legislación en reutilización se inició con las recomendaciones de California de 1918 (State of California, USA, 2009) y ha ido evolucionando con sucesivas adaptaciones. Posteriormente se pueden constatar desarrollos de otras agencias internacionales y de diferentes países. (Paranychiannakis et al, 2015).

Tabla 1 Economía y legislación en el ciclo de la reutilización (aplicación a los usos de riego)

Fase	Incluye	Comentarios
Proyectos	<ul style="list-style-type: none"> - Preparación - Debe incluir el PSS por lo menos - Programas de formación - Estudio económico previo y presupuestos - Estudio de Impacto Ambiental (EIA) 	<p>Incluye todos los trabajos previos a la implantación de la regeneración y reutilización</p> <p>Es importante que participen ya en esta fase los actores (usuarios finales, administraciones, gestores, ...)</p>
Preparación / aplicación de la legislación / normativa	<ul style="list-style-type: none"> - Consultas a expertos - Redacción de las piezas legales - Previsión de cambios 	<p>Requiere (teóricamente) diversos trabajos previos, grupos de expertos, comparación de normas, etc.</p> <p>Se debe consultar a Sanidad (informe vinculante)</p>
Construcción / implantación de los sistemas	<ul style="list-style-type: none"> - Transporte del agua de EDAR a ERA - ERA - Red de distribución - Controles económicos 	<p>Mitigación de impactos de la construcción</p> <p>Posibles compensaciones a afectados por la construcción / implantación</p>
Operación y mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Operación de la ERA - Mantenimiento preventivo y habitual - Presupuestos, imprevistos (e.g. análisis en caso de fallos), etc. 	<p>Todos los costes deben repercutirse en el precio del agua (mandato UE)</p> <p>Hay posibilidades de que el usuario final no tenga que pagar todos los costes (reparto de costes entre los beneficiados)</p>
Analítica inicial y hasta el punto de entrega	<ul style="list-style-type: none"> - Fijada por el RD 1620/2007, más los análisis adicionales solicitados por las autoridades - Voluntarias 	<p>La cantidad de análisis solicitados tiene un coste importante, por encima en ocasiones del de las aguas potables.</p> <p>Es importante establecer bien los PCC (Puntos de Control Críticos) y puntos de atención especial</p>
Programas de formación e información	<ul style="list-style-type: none"> - Cooperan al éxito de los proyectos y a la aceptación del producto - Desarrollos específicos para cada instalación 	<p>Deben iniciarse en fases muy iniciales del proyecto</p> <p>Deben adecuarse al perfil del "receptor"</p> <p>Se requieren profesionales de información</p>
Interpretación de datos	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar si se cumple la normativa - Aplicar conceptos de prevención (según HACCP / PSS) 	<p>La evaluación es difícil, y se requieren capacidades interdisciplinarias</p> <p>Puesto que los datos analíticos son "históricos" deben estudiarse las tendencias</p>
Distribución del agua regenerada	<ul style="list-style-type: none"> - Debe conocerse la red, que debería ser mallada - Gestión de los tiempos de residencia hidráulica - Mantener la presión en todo el sistema - Sistemas de almacenaje (abiertos o cerrados) - Re-desinfección si se necesita 	<p>Tendencia a la formación de biopelículas y recontaminación en la red</p> <p>Es importante establecer bien los PCC (Puntos de Control Críticos) y puntos de atención especial</p> <p>Tanques, lagos, lagunas pueden recontaminarse por pájaros y otros animales</p>

Operación de los sistemas de aplicación	<ul style="list-style-type: none"> - El agricultor (asociación) debe mantener la calidad del agua - Posibilidad de mezclas con aguas de otro origen - Deben cumplirse las exigencias según el método de aplicación 	<p>El operador de la EDAR puede o no ser el de la ERA</p> <p>Es recomendable que haya asociaciones de usuarios con capacidad técnica</p> <p>Variaciones importantes (legislación, calidad del producto) según el sistema de riego (aspersión, localizado, a manta, ...)</p>
Controles después del punto de entrega <ul style="list-style-type: none"> - Alimentario - Ambiental - Otros después del uso 	<ul style="list-style-type: none"> - De visu - Físicos - Químicos - Microbiológicos - Ecología/Toxicología - Sociales - Económicos - Aplicación de los sistemas APPCC y PSS 	<p>Es importante controlar el producto final después de la cosecha y al cabo de un tiempo (incluso en el mercado)</p> <p>Periódicamente se deberían rendir cuentas desde el punto de vista social y económico</p> <p>Los controles deberían servir para implantar medidas preventivas</p>
Publicidad y difusión de resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Seminarios - Publicaciones - Otros medios - Información a las autoridades del agua y sanitarias 	<p>Se recomienda controlar la difusión de los resultados, facilitándolos si es preciso</p> <p>Es importante participar en eventos científicos haciendo públicos los datos y las actuaciones</p>
Actuaciones en caso de mal funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Medidas para limitar la dispersión del agua - Debe existir una sistemática de trazabilidad del agua - Protocolos de actuación - Coste que debe ser incluido en el precio del agua (estimación) 	<p>Los operarios deben saber cómo actuar en caso de incidencia</p> <p>En este caso, deben fijarse las medidas antes de reiniciar el servicio, incluyendo el conocimiento del origen del problema</p>

Fuente: elaboración propia

Cada uno de los ítems mencionados en la Tabla 1 implica un coste y hay que decidir qué parte del presupuesto se dedica a cada uno de ellos, o si se decide descartar alguno de los aspectos teóricamente prescindibles.

A continuación, se facilitan detalles de algunos de los puntos relevantes, según nuestro criterio. En ningún caso son evitables los aspectos legales ni los económicos, aunque en este último caso suelen aparecer imprevistos.

2. Estándares y Analítica

La analítica ha sido siempre básica en la determinación del riesgo asociado a la reutilización. Principalmente, la analítica ha servido para establecer las comparaciones con los estándares y definir si un agua es o no adecuada “legalmente” para determinados usos en reutilización.



La evolución de la comparación de los resultados analíticos con los estándares y la necesidad de trabajar preventivamente han constituido la base para el establecimiento de las aplicaciones basadas en la determinación del riesgo en reutilización. A partir de aquí se pueden emprender varias discusiones, por ejemplo:

- Si los estándares que se usan son adecuados.
- Cómo se puede obtener el máximo de información con el mínimo posible de análisis.
- Cómo se puede preparar un análisis de riesgo con los datos disponibles usualmente.
- Si los desarrollos del QMRA (*Quantitative Microbiological Risk Assessment*) son útiles o no para la reutilización real, y no tan sólo para la académica/de investigación.
- Si hay que trabajar con los indicadores microbiológicos actuales (principalmente *E. coli* y similares; y huevos de nematodo) o se tendría que trabajar con otros, incluidos los indicadores de virus. En determinados casos se exige la determinación de la presencia de microorganismos patógenos en la legislación.
- Si el mismo concepto de análisis cuantitativo de riesgo se puede aplicar a la química.
- Qué aproximación ecológica hay que hacer en la reutilización, en función de la calidad del agua y del medio receptor.
- El cálculo coste-beneficio de hacer un número elevado de análisis en determinadas reutilizaciones; o expresado de otra manera, cuál debería ser el nivel de riesgo aceptable definido por un trabajo analítico.

Cualquiera de estos temas forma parte de las cuestiones que hay que discutir tanto desde el punto de vista de la reutilización actividad global, como desde la aplicación caso por caso.

Hay que indicar que, de hecho, la analítica de control tal como se entiende en la actualidad, en la mayor parte de los casos sirve mayoritariamente para hacer historia y



tomar decisiones a posteriori, más que como herramienta preventiva. Esto se está intentando resolver con la aplicación de las herramientas incluidas en los PSS. (OMS, 2015).

Uno de los grandes temas de discusión en el mundo de la reutilización ha sido el origen del uso de los coliformes termotolerantes, totales o fecales o de *E. coli*, como parámetro indicador de la eficiencia de los tratamientos de depuración y regeneración y de la calidad del agua regenerada. De hecho, este parámetro se introdujo inicialmente en el control de calidad de las aguas potables y seguidamente en el de las aguas residuales. Si bien el objetivo inicial era determinar si había una contaminación de origen fecal en el agua de bebida, no parece lo más adecuado usarlo para determinaciones de la presencia de organismos de origen fecal en aguas residuales.

Las normas “originales” (las primeras que aparecieron) fueron las de California; el conocido Title 22 (State of California, 2009), que se han copiado y re-copiado a lo largo de los años hasta que han logrado el status de verdad bíblica. Estas normas fueron publicadas en un momento en que la reutilización como práctica con base científica era una novedad; sin mucha más justificación que copiar las de las aguas potables, puesto que era la mejor referencia existente. De hecho, haría falta re-estudiar seriamente esta aproximación.

No es lo bastante claro si la incidencia de enfermedades posiblemente asociadas con la reutilización justifica que se efectúe un gran número de analíticas que en muchos casos tan solo dan resultados negativos. El caso más evidente son los ceros habituales (inferior al límite de detección) de los huevos de nematodo, que además presentan dificultades de identificación y a menudo se confunden.

Hay otras aproximaciones analíticas, como el análisis microbiológico de aerosoles cerca de las depuradoras o de los sistemas de aplicación del agua, que inciden en matrices ambientales que parecen en cierto modo olvidadas.

Por último, hay que comentar los análisis de microcontaminantes orgánicos y de las nanopartículas, que han sido el parámetro de moda en los últimos años tomando el relevo de los metales pesados y los disruptores endocrinos; en convivencia pacífica con



los PCPP (*Personal Care Products and Pharmaceuticals*) y a menudo con las drogas ilegales de todo tipo. En los últimos años hay bastante financiación en la investigación para determinar estos compuestos, pero olvidando hasta cierto punto, casi siempre, lo que puede pasar con los denominados cócteles de estas sustancias. Es decir, qué sucede cuando se encuentran varios contaminantes en un mismo cuerpo de agua. Ineluctablemente, esto conduce a la Toxicología o Ecotoxicología, para ser más exactos. Partiendo de la analítica que podríamos denominar de parámetros de laboratorio (aunque se incluya la que se hace in situ), hay una serie de controles que se deberían hacer pero que requieren una aproximación diferente. Este sería el caso, por ejemplo, de las determinaciones del estado ecológico (de nuevo la Ecotoxicología) de los lugares donde se aplica agua residual. Es cierto que hay modificaciones en los ecosistemas en que se usa agua regenerada, ya sean agrícolas, de ocio, naturales, etc. y hay que trabajar en este tema.

Por una parte, se modifica el modelo de presencia de agua en el punto de aplicación; por otra se modifica la productividad de los ecosistemas, lo que genera cambios de flora y fauna, y también se puede indicar el cambio de modelo de presencia de agua en los cuerpos de agua relacionados con el punto de aplicación.

Volviendo a la legislación, no todos los países tienen normas sobre reutilización de aguas residuales, incluso no las tienen sobre depuración. No obstante, de forma habitual, se hace referencia a las recomendaciones de la OMS, o bien a las del estado de California, USA, si no hay normas nacionales. No obstante, hay que plantear también que en muchos de los países faltan a menudo las infraestructuras de saneamiento más básicas. En términos de normas, no siempre se dispone de la capacidad técnica ni de la voluntad para hacerlas. No obstante, cada vez es más patente la necesidad de disponer de más recursos de agua y de mejorar su calidad; lo que en cierto modo corresponde a los objetivos de desarrollo del milenio en cuanto a las aguas. Esto ha hecho que se planteen varios tipos de reutilización que han llegado hasta los usos potables del agua regenerada, como es el caso de Windhoek (Namibia) o Singapur.



En los últimos años y a causa de la sequía muy grave que se ha sufrido en Australia y en California se ha planteado muy seriamente la reutilización directa para usos potables. En estos casos los planteamientos legales están variando, lo que hace pensar que en un tiempo no demasiado lejano esta posibilidad se desarrolle en países donde no se consideraba e incluso está prohibida excepto en casos de emergencia (como España). Hay que decir que en Barcelona se ha planteado en la última sequía proceder a la reutilización indirecta de agua regenerada después de verter en el río Llobregat agua regenerada de alta calidad aguas arriba de la potabilizadora de Sant Joan Despí, que abastece a la ciudad de Barcelona. De hecho, en este caso deja de ser reutilización al haber pasado el agua por el medio natural. No obstante, y considerando que existe riesgo, se está todavía estudiando la cobertura legal de esta práctica, aunque las infraestructuras ya están preparadas.

El problema en reutilización acostumbra a ser la carencia de experiencia de los técnicos y a menudo la falta de voluntad de proceder a lo que se considera una práctica de riesgo elevado.

2.1. Aplicación de los PSS

Los desarrollos de análisis/evaluación de riesgo en los últimos años se basan en las determinaciones de riesgo como alternativa a la comparación de la calidad del agua con estándares preestablecidos.

Los PSS trabajan de forma modular, analizando los sistemas y sus zonas asociadas, así como las actividades de reutilización de forma detallada.

Hay 6 módulos en un PSS (OMS, 2015), cada uno de ellos con varios submódulos:

- 1) preparación de los PSS;
- 2) descripción del sistema de reutilización;
- 3) identificación de los acontecimientos peligrosos, análisis de las medidas de control existentes y de los riesgos de exposición;
- 4) desarrollo y establecimiento de un plan de mejora progresivo;
- 5) control de las medidas de análisis y verificación de su rendimiento; y



6) desarrollo de programas de soporte y revisión de los planes.

Un sistema PSS debe establecerse y aplicarse mediante un equipo creado específicamente para cada caso concreto.

Inicialmente se llevan a cabo los estudios previos de gabinete y se establecen las características del sistema de reutilización examinado, según la documentación existente en el mismo. Todo ello debe comprobarse in situ.

Los espacios de aplicación prioritarios del sistema PSS serán las parcelas agrícolas y las áreas próximas en las que pueden ejercer influencia (aquellas áreas en las que existe la posibilidad de que llegue directamente el agua aplicada - regenerada o no) y otros componentes relacionados con el sistema por medio de escorrentía, aerosoles, etc. Debe aclararse si hay otro tipo de agua en las parcelas.

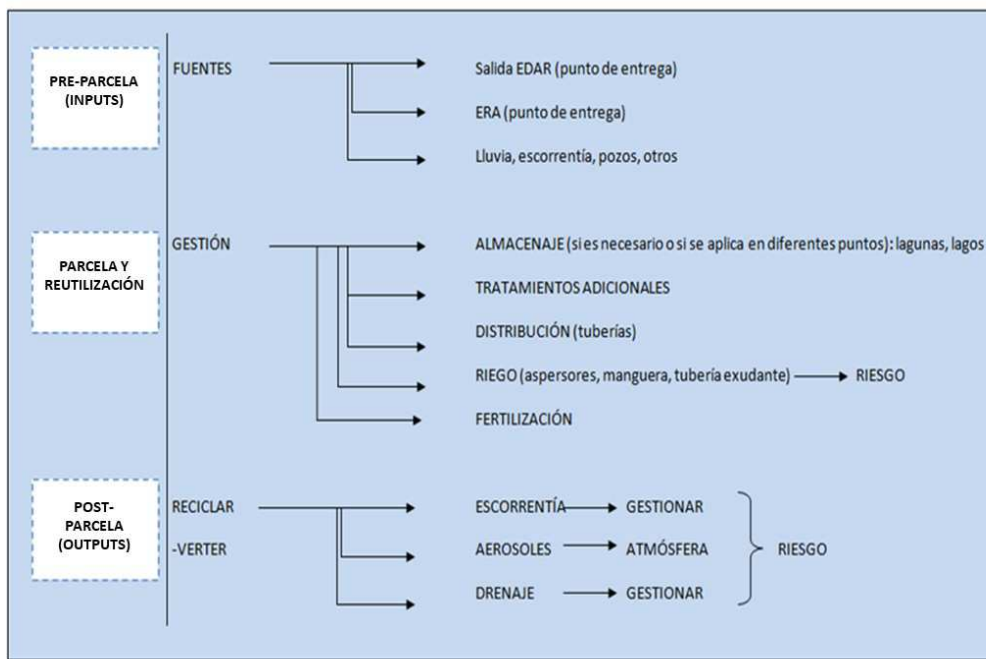
Los trabajos de preparación necesarios incluyen: (AEAS, 2012)

- Las áreas de interés y relacionadas
- Establecer los objetivos del PSS para la parcela en concreto
- Definir los límites físicos del sistema
- Crear el equipo de trabajo

Se requieren una descripción y mapas específicos (Figura 1). Los diagramas suelen ser útiles para describir la circulación del agua en el sistema. La aplicación del trabajo de gabinete incluye:

- Los mapas y diagramas del campo
- La caracterización de las fracciones de residuo y su eliminación adecuada
- La identificación de los grupos de exposición potencial

Figura 1. Diagrama de aplicación en agricultura o riego en general



Fuente: elaboración propia

Es importante que los mapas y diagramas reflejen la realidad del sistema y no sean únicamente una copia de un plano inicial anterior, que suele diferir de la realidad constructiva. El diagrama y plano deben comprobarse con visitas in situ, y se deben reflejar correctamente:

- Los sistemas de almacenaje y distribución.
- El sistema de uso (si es pertinente).
- Las pendientes y los sistemas de drenaje o las vías de escorrentía.
- Las parcelas regadas.
- Las zonas de la parcela/parcelas que tengan diferencias observables.
- Las infraestructuras o instalaciones no asociadas directamente al campo.
- Ecosistemas o instalaciones no asociadas directamente al campo.
- Ecosistemas potencialmente afectados, incluyendo suelos, flora y fauna, cueros de agua, etc.



- Las barreras (de reducción de riesgo) potenciales existentes (cortavientos, setos, ...).
- Los sistemas de distribución de agua no regenerada (riego con otras aguas, etc.).

El equipo debe recopilar toda la información posible, tanto de la zona regada como del sistema de riego y otras infraestructuras existentes. No debe olvidarse la comprobación de los resultados analíticos, sus posibles errores y la comparación con la legislación aplicable (interpretación de resultados).

En cuanto a la información contextual se reconocen:

- La legislación o regulación aplicables
- La normativa de vertido o reutilización
- Las calificaciones, certificaciones o actuaciones “ecológicas” de la parcela y zonas aledañas
- El cultivo de la parcela (tipo de gestión, sistema de riego, labores agrícolas, sistemas “bio”)
- Las acciones (protocolos) a desarrollar en caso de problemas o mal funcionamiento
- Los usos del sistema regado (cultivos continuos, plantas aisladas, raíces, campos de golf, setos, jardines, etc.)
- Los usos complementarios del sistema (zonas de protección ambiental, cortafuegos, recarga de acuíferos, protección de especies amenazadas, reserva de agua, etc.)
- Las recopilaciones de datos existentes

Una vez conseguida la información relevante, parte de ella (la de campo) debe ser corroborada (validada) in situ.

Es importante conocer y estudiar la política real (de la administración) en relación con la reutilización en sus diversos usos. Para ello es relevante la legislación, regulaciones, publicaciones oficiales, opiniones de funcionarios en conferencias y seminarios, entrevistas en los medios, etc., que deben seguirse atentamente.

Los lugares donde se aplica agua residual interactúan con su entorno no solo desde el punto de vista ambiental sino también social y económico. Las implicaciones económicas trascienden la localización física del lugar de aplicación, sea en ambientes exteriores o interiores

Las bases para los cálculos de riesgo en la reutilización de agua regenerada son:

- Identificar peligros y acontecimientos adversos.
- Definir los grupos y vías de exposición (dentro y fuera de las instalaciones).
- Identificar y analizar las medidas de control existentes (y hacerlas evolucionar si es preciso).
- Analizar el riesgo de exposición y establecer las prioridades de evaluación.

Según los datos y resultados obtenidos, se deben desarrollar planes de mejora. En situaciones en las que las medidas son capaces de mantener el riesgo controlado, el equipo debe únicamente definir y emplear las medidas de control de las operaciones para asegurar que continúan funcionando como se esperaba. La identificación de peligros y situaciones de peligro ayuda a enfocar los esfuerzos en el análisis subsiguiente de riesgo; es decir, en los peligros y riesgos significativos. Es importante tener clara la diferencia entre peligros y situaciones de peligro o peligrosas. La Tabla 2 resume estas características.

Tabla 2. Situaciones, peligros y modificaciones en los sistemas de reutilización

Situaciones problemáticas asociadas con el funcionamiento del sistema	Infraestructuras defectuosas Agua residual mal depurada Sobrecargas del sistema de regeneración Problemas por falta de o mal mantenimiento Conductas no seguras de los operadores
Situaciones peligrosas asociadas con fallos de los equipos o accidentes	Fallos de tratamiento Cortes de electricidad Roturas o averías de los equipos Errores de los operadores
Situaciones peligrosas relacionadas con factores climáticos o estacionales	Inundaciones o sequías Aumentos estacionales o temporales de población servida por el sistema de depuración Temperaturas extremas

Peligros indirectos o situaciones peligrosas	Afectan a la gente no directamente implicada en la cadena sanitaria Parásitos o vectores acantonados en el campo Efectos en las comunidades vecinas
Peligros acumulativos	Contaminantes químicos o físicos en suelos o vegetales
Modificaciones temporales de las condiciones de depuración	Estacionalidad de población Vertidos inusuales Cambios en la materia prima servida (agua depurada) a medio y largo plazo, o según ritmos estacionales (turismo de fin de semana, vacaciones, etc.).
Modificaciones temporales de las condiciones de regeneración	Problemas en el agua depurada Cambios en la materia prima servida (agua regenerada)
Modificaciones temporales de las condiciones del lugar de uso	Problemas en los sistemas de almacenaje (e.g. eutrofización)
Limitaciones en los presupuestos	Conducen a mal mantenimiento y a la no sustitución de equipos obsoletos Ver Tabla 1, para la preparación de los presupuestos

Fuente: elaboración propia

3. Aspectos legislativos

Tal como señala la ONU en su Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de 2017: “Los marcos de políticas mundiales para las aguas residuales incluyen la Agenda 2030, que parte de otros instrumentos de política mundial para el agua, el medio ambiente y el desarrollo, así como principios ambientales como los de prevención y precaución y el principio de quien contamina paga. El reconocimiento mundial del derecho humano al agua y al saneamiento también tiene repercusiones en la política de aguas residuales, al instar a los Estados Miembros a adoptar políticas para aumentar el acceso al saneamiento y asegurar que los recursos hídricos estén protegidos contra la contaminación” (UN, 2017).

La Tabla 3 refleja los actores y funciones para gestionar las aguas residuales. En ella puede observarse la variedad de agentes participantes en el proceso, así como la diversidad de funciones y ámbitos relacionados con el mismo. El sombreado que aparece en la misma se refiere al nivel típico de responsabilidad: más oscuro = más importante, más claro = menos involucrado.

Tabla 3. Actores, papeles y funciones para gestionar las aguas residuales

Actores Funciones	Legislador/político/ responsable de la formulación de políticas	Reguladores (medio ambiente, salud, económicos)	Propietario del sistema (ciudad, ministerio, organismo de cuenta)
Elaboración de leyes	Definir y adoptar leyes a través del proceso consultivo inclusivo	Compartir expectativas en cuanto al papel de la gobernabilidad	Compartir expectativas en cuanto al papel de la gobernabilidad-
Formulación de políticas	Definir y adoptar políticas para aplicar la ley a través de procesos consultivos inclusivos	Compartir información sobre la situación actual y las preferencias de políticas	Compartir información sobre la situación actual y las preferencias de políticas
Planificación, coordinación y presupuestación	Definir modalidades para planificación, coordinación y presupuestación	Compartir preferencias a través de participación constructiva	Dirigir consultas, definir normas para la prestación de servicios; asignar y desembolsar presupuesto
Financiamiento de la gestión de aguas residuales	Decidir sobre subvenciones y modalidades de financiamiento	Regular tarifas y calidad del servicio	Planificación financiera estratégica, decisión sobre tarifas
Desarrollo de infraestructura de aguas residuales y operación de servicios e instalaciones de aguas residuales	Normas/reglamentos guía para la construcción y operación de infraestructura	Regular tarifas y calidad del servicio	Coordinar la planificación espacial, las decisiones de emplazamiento/zonificación; preparar llamados a licitación dependiendo del tipo deservicios/bienes
Reglamentación - monitoreo y aplicación	Definir marco regulatorio	Aplicar marco regulatorio (incluida la recolección de información de los proveedores de servicios y los titulares de permisos, garantizando el cumplimiento, inspecciones, etc.)	Denunciar acciones sospechosas
Mecanismos de reparación (incluido el Poder Judicial)	Definir las autoridades competentes para la reparación	Responsable o parte en una queja	Responsable o parte en una queja
Cumplimiento y prevención de la contaminación	Desarrollar incentivos para prevención y medidas disuasivas contra la contaminación	Aplicar incentivos (incluidos monitoreo y promoción para prevención de contaminación y eficiencia del uso del agua)	Apoyar la aplicación
Promoción y comunicaciones	Definir objetivos de política y defender el espacio para la comunicación	Promoción de la prevención de la contaminación y la eficiencia del uso del agua	Sensibilización e información al público; solicitar comportamientos conformes de la industria y los hogares
Creación de capacidades	Definir objetivos de política para el sector; crear capacidades	Monitorear las capacidades e incentivar el desarrollo	Apoyar el desarrollo
Investigación e innovación	Destacar las necesidades de investigación, asegurar el apoyo a la investigación y desarrollo (I+D)	Destacar las necesidades de investigación; incentivar I+D	Destacar las necesidades de investigación; guiar y participar en I+D

Fuente: UN, 2017



En países diferentes las necesidades legales son también muy diversas. No tan solo los aspectos legales difieren, sino que los aspectos económicos son indisolubles de la realidad sanitaria de cada país, así como la disponibilidad de fondos económicos para hacer funcionar las depuradoras (energía eléctrica) si se usan tecnologías duras.

No todos los países tienen normas sobre reutilización de aguas residuales, incluso no las tienen sobre depuración. De forma habitual, no obstante, se hace referencia a las recomendaciones de la OMS (2006, 2015) o bien a las del estado de California, USA (State of California 2009), en caso de que no haya normas nacionales. No obstante, hay que plantear también que en muchos países faltan a menudo las infraestructuras de saneamiento más básicas.

No se trata de carencia de capacidad de los cuadros técnicos, sino más bien de capacidad económica y de cultura de saneamiento. A menudo, hay también problemas de una cierta corrupción en términos de adjudicación de la construcción o del mantenimiento. Aparte de las grandes infraestructuras de depuración, se presentan los problemas de las instalaciones relativamente pequeñas. En algunos países hay tradición de trabajo comunitario, con el que se resuelven algunas de las dificultades; por ejemplo, el saneamiento o la construcción de depuradoras con sistemas extensivos, que requieren pocos trabajos de ingeniería complicada.

Cada vez es más patente la necesidad de disponer de más recursos de agua y de mejorar su calidad en muchos lugares del mundo; lo que en cierto modo corresponde a los objetivos de desarrollo del milenio en cuanto a las aguas. Esto ha hecho que se planteen en muchos países varios tipos de reutilización que han llegado hasta los usos potables del agua regenerada, como es el caso de Windhoek (Namibia) o Singapur. (Voulvoulis, 2018).

En los últimos años y a causa de la sequía muy grave que han sufrido Australia y California se ha planteado también en lugares muy desarrollados, y muy seriamente, la reutilización directa para usos potables. En estos casos los planteamientos legales están variando, lo que hace pensar que en un tiempo no demasiado lejano esta posibilidad se



desarrollará en países donde no se consideraba e incluso se había prohibido excepto en casos de emergencia (como España).

En Barcelona se ha planteado en la última sequía proceder a la reutilización indirecta de agua regenerada después de verter en el río Llobregat agua regenerada de alta calidad aguas arriba de la potabilizadora de Sant Joan Despí (que abastece en un 40% en agua potable al área metropolitana de Barcelona). De hecho, en este caso deja teóricamente de ser reutilización al haber pasado el agua por el medio natural. No obstante, y considerando que hay un riesgo teóricamente apreciable, se está todavía estudiando la cobertura legal de esta práctica a pesar de que las infraestructuras ya están preparadas.

El problema en reutilización acostumbra a ser la falta de experiencia de los técnicos y a menudo la carencia de voluntad de proceder a lo que se considera una práctica de riesgo elevado.

4. Aspectos económicos: su relación con la legislación

La economía ha sido y es una parte integral de la reutilización y difícilmente separable de todas las restantes circunstancias de la práctica. Cuando el vertido de aguas residuales causa daños ambientales, se generan costos externos (externalidades) y se pierden los beneficios potenciales del uso de aguas residuales. Para garantizar la gestión eficiente de cualquier proyecto de agua regenerada, es imprescindible la cuantificación de sus posibles consecuencias o externalidades. Por ejemplo, en un proyecto de reutilización deberían considerarse las siguientes externalidades positivas: aumento en la disponibilidad de agua, disminución en el uso de fertilizantes, entre otras. Las externalidades negativas se relacionan esencialmente con los riesgos químicos y biológicos (Alfranca, 2016).

En esta misma línea, cabe señalar que Naciones Unidas en su Programa para el Medio Ambiente señala que si las aguas residuales son reconocidas como un bien económico, adecuadamente tratadas pueden tener un valor positivo tanto para quienes las producen como para quienes las consumen (PNUMA, 2015).

En la Tabla 3 se destacan algunas de las implicaciones para los diferentes actores (stakeholders) implicados en la práctica. Se utilizan varias aproximaciones a la

reutilización que pueden alterar la aproximación económica, por ejemplo, la consideración de este nuevo recurso como recurso de sustitución de otros caudales o bien como recurso para nuevos usos del agua. También es evidente que según cual sea la política de las autoridades del agua y de las sanitarias, los costes variarán sensiblemente: una de las mayores influencias es la legislación.

En las consideraciones económicas se deben hacer comparaciones entre el agua regenerada y los otros tipos de agua que estén disponibles y el coste de obtener nuevos recursos diferentes del agua regenerada.

Tabla 3. Aspectos económicos: actores en reutilización

Actor/es	Implicación y aspectos económicos	Observaciones en economía
Administraciones	Políticas y decisiones Control Legislación Obligaciones adicionales	Tendencia a atrasar las decisiones y a no facilitar la práctica Implantación de las infraestructuras necesarias
Usuarios directos finales (agricultores)	Pueden ser responsables de mantener la calidad	Pueden ser obligados a una sustitución de recursos (¿compensación?)
Asociaciones de agricultores	Gestionan el agua regenerada y asesoran a los agricultores	Pueden asumir los gastos analíticos y los de asesoramiento
Usuarios indirectos	Deberían contribuir a los gastos	Se liberan recursos de agua que pueden utilizar (sustituciones de caudales)
Explotadores de las depuradoras	Empresas concesionarias o ayuntamientos	Según el tipo de empresa se deben obtener beneficios o no
Explotadores de la regeneración	Empresas concesionarias, ayuntamientos o usuarios finales	Hay que decidir quién asume las inversiones y los gastos
Público en general	Impuestos Paseantes cerca de la aplicación Vecinos de la zona	Reducción de valor de las propiedades donde se instalen los equipos
Consumidores de los productos regados	Vía de entrada simple (infecciones, toxicidad) Pueden tener que pagar parte de la regeneración y la analítica	El precio del agua suele tener poca incidencia en el precio final de los cultivos

Fuente: elaboración propia

Es absolutamente claro, según se ha indicado, que la regeneración y reutilización es cada vez más una actividad en la que tienen mucha incidencia los aspectos económicos. No se trata tan sólo de los gastos asociados al tratamiento, sino que el tema es mucho más complejo.



La relación entre aspectos legales y económicos en materia de agua queda evidenciada claramente en la Directiva Marco del Agua, ya que entre sus conceptos fundamentales se encuentra el de recuperación de los costes. Dicho principio implica que en el cálculo de los costes y beneficios relacionados con la reutilización del agua deberían considerarse no solo los costes financieros, sino también los costes y beneficios ambientales. La incorporación de los costes y beneficios ambientales introduce complejidad en el análisis dado que con frecuencia no existe un mercado para estos bienes, y por lo tanto no pueden asignarse mediante un precio., siendo necesario aplicar técnicas de valoración ambiental.

En el contexto de la gestión de recursos hídricos se aplican una serie de metodologías como apoyo al proceso de toma de decisiones. Uno de los métodos de mayor aceptación es el Análisis Coste-Beneficio (ACB). Es evidente que la realización de ACB, requiere que los beneficios y costes estén expresados en las mismas unidades; sin embargo, cuando se analiza ambientalmente un proyecto, los beneficios generalmente se miden en diferentes unidades físicas, mientras que los costes se miden en unidades monetarias; de ahí que el ACB requiere de la valoración monetaria como método de homogeneización de las unidades de medida.

En este sentido, desde la teoría económica se han desarrollado diversas metodologías para la cuantificación e internalización de las externalidades ambientales derivadas de los proyectos de inversión. En el ámbito de los recursos hídricos, la literatura especializada recoge que, en la mayoría de las aplicaciones, la cuantificación de dichas externalidades se ha realizado mediante el método de valoración contingente. Sin embargo, aunque muchos autores consideran este método como una técnica consolidada debido a que se encuentra avalada por numerosas aplicaciones prácticas, en la comunidad científica no existe un consenso unánime sobre la validez de esta metodología como herramienta de valoración de bienes ambientales. Este debate, unido al elevado coste monetario de este tipo de estudios, ha despertado un cierto interés en la búsqueda de alternativas a la valoración contingente en el contexto ambiental y, especialmente, en el ámbito de los recursos hídricos. (Hernández et al. 2010).

Otro ejemplo de la relación entre aspectos legales y económicos en materia de agua lo constituyen las políticas económicas y agrícolas de la UE, trasladadas a los ordenamientos de los diferentes países miembros, desde la Política Agraria Común (PAC) hasta la exigencia de pagar por todos los costes asociados a la regeneración y reutilización. (Paranychiannakis et al, 2015). La financiación de las infraestructuras y su mantenimiento están teóricamente incluidos en estas consideraciones (Tabla 4). Se incluyen los factores previos en la regeneración y los posteriores a la aplicación del agua regenerada, pero no la depuración secundaria. En algún punto se hace referencia a otros usos del agua regenerada.

Tabla 4. Factores económicos en la reutilización de aguas residuales en agricultura

Factor de coste	Tipo de factor / descripciones adicionales	Observaciones económicas
Captación	Ambientales	Disminución del valor hedónico del paisaje relacionado con el agua Reducción del valor ambiental Modificaciones de flora y fauna
	Volúmenes en los cuerpos de agua	Reducción/aumento de la disponibilidad de agua
	Sociales	Modificación (positiva y negativa) de la disponibilidad de agua para los usuarios (según el uso)
	Servicios ambientales	Modificación de la capacidad de generar servicios ambientales de los cuerpos de agua
Transporte (instalaciones y bombeo) ^a	Des de la EDAR a la ERA	El coste depende de la situación relativa de las dos instalaciones
	Des de la ERA hasta el punto de entrega	El coste depende de la situación relativa de las dos instalaciones El punto de entrega es donde acaba la responsabilidad de las instalaciones de tratamiento
	Desde el punto de entrega hasta el punto de uso	El coste depende de la situación relativa de las dos instalaciones y del sistema de riego utilizado (a presión o no)
Sistemas de almacenaje ^a	Lagunajes, tanques que pueden estar en diversos puntos del sistema	Requieren una gestión adecuada y posiblemente controles adicionales (Punto de Atención Especial [PAE])
Tratamiento (en función del uso final)	Terciario	Costes asociados a los tratamientos por el vertido a zonas sensibles o reutilización
	Avanzado	Para usos específicos; tratamientos usualmente caros (eliminación de microcontaminants)
	Desalinización	En cultivos sensibles y con buen retorno económico Para usos potables o recarga de acuíferos Tratamientos de uso intensivo de energía

	Desinfección	Requiere tratamientos previos Tiene costes importantes Genera subproductos (eliminación cara)
	Tratamiento en el sistema de riego	Filtración para la eliminación de sólidos en suspensión
Analítica	Marcada por la legislación	Analítica muy compleja para los usos más sensibles, en comparación con los costes elevados usuales
	Complementaria, según establezcan las autoridades	Suele ser analítica compleja y puede incluir el análisis de otras matrices (cultivos, suelos)
	Para estudios científicos	Se usan normalmente técnicas muy complicadas para estudiar contaminantes complejos en todas las matrices
	Por parte del usuario final	Está obligado a mantener la calidad del agua regenerada, lo que puede requerir analítica adicional
Evaluación de los sistemas, la analítica y los impactos ambientales. Incluye las evaluaciones post-aplicación y la evaluación global	Estudios de APPCC (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control)	Las consideraciones de base son la seguridad de la reutilización. Requiere trabajo “in extenso” de análisis de datos
	PSS (Planes de Seguridad de Saneamiento)	La OMS indica esta aproximación para el desarrollo de los sistemas de reutilización de aguas residuales en agricultura
	Comparativa con los estándares	Método habitual de evaluación de los sistemas de reutilización. Si se hacen todos los análisis, el coste es elevado
	Análisis de las matrices implicadas	Si se hacen todos los análisis, el coste es elevado
Distribución	Redes de distribución	Requieren una gestión adecuada de las biopelículas y análisis de Legionella ocasionalmente
Aplicación (según RD 1620/2017)	Todos los usos	Teóricamente, el usuario debe pagar todos los costes. Esto debe plantearse desde diversos puntos de vista (ver introducción)
	Agricultura y riegos diversos	La calidad y los controles son función del tipo de cultivo y de riego
	Usos urbanos	Requieren un tratamiento importante por el posible contacto con las personas
	Usos industriales	En función del uso, los tratamientos son muy variables, así como los costes
	Recarga de acuíferos	Costes variables en función de la forma de recarga (son precisos tratamientos diferentes)
	Otros usos	Costes en función de los riesgos

^a El orden no se ha considerado en las descripciones

Fuente: elaboración propia



En la actualidad, la reutilización en España depende de lo establecido en el RD 1620/2007 y en los documentos relacionados, (MMAMRM, 2010a, 2010b).

Por lo que se refiere al Real Decreto, cabe decir que uno de sus aciertos ha sido regular casi todos los usos posibles del agua regenerada. En este sentido abarca cinco ámbitos de aplicación a diferencia de otros textos legales que se refieren principalmente al uso agrícola y en determinados casos otras aplicaciones como la urbana o la ambiental [Recomendaciones de la OMS (2006) y la Guía de Reutilización de la Agencia de Protección del Medioambiente de Estados Unidos (2004)]. Y la norma española distingue hasta doce tipos de calidad agrupados en los cinco usos regulados, a saber: urbano, agrícola, recreativo, industrial y ambiental; fijando para cada tipo de calidad los valores máximos exigibles (UMA) para una serie de parámetros.

Una norma que, en definitiva, articula un bien sistema de gestión integrada del agua que garantiza la actividad de reutilización de las aguas depuradas; y que posee un marcado carácter técnico, encaminado a que se fijen los criterios sanitarios, que permitan normalizar el uso de esta técnica.

Si bien este Real Decreto y los documentos relacionados son el marco normativo existente en España en estos momentos, cabe señalar que en la Unión Europea se está tramitando un Reglamento que a buen seguro cambiará las condiciones económicas de la reutilización. (EC 2018).

La previsión es que este reglamento entre en vigor durante el presente año 2018. En cualquier caso, la aplicación de los aspectos legales tiene un impacto importante en los costes, como ya se ha dicho repetidamente. De hecho, la conducción y los tratamientos del agua residual hasta la salida del secundario están pagados por el usuario inicial del agua. A partir de aquí se abre un abanico de posibilidades en este aspecto económico, y en consecuencia los cálculos de costes no son tan simples como podría parecer inicialmente. (Tabla 5).

Tabla 5. Costes de la reutilización y valoración

Tema	Descripción de su valoración
Análisis Coste-beneficio	Método de valoración económica para la toma de decisiones entre diferentes alternativas, con amplia aplicación en sistemas ambientales.
Atribución de costes/gastos y su reparto	Quién paga qué y por qué concepto. Se usa, con reservas, el tema de que hay que pagar todos los gastos asociados
Financiación de las estructuras y el control	Normalmente las estructuras y análisis se subvencionan, se avanza el dinero o se cubren las garantías por parte de las autoridades
Costes analíticos	Dependen de la legislación
Costes de gestión	A partir del tratamiento secundario, y el usuario los debería pagar si no existe subvención
Costes de interpretación de datos	Se consideran en pocas ocasiones. Lo suelen asumir las comunidades/asociaciones de regantes
Costes administrativos	Difíciles de atribuir. Teóricamente los asume el usuario, pero los legales son a cargo de la administración
Costes de “no control”	Difícilmente calculables y pueden implicar la clausura de la instalación si no se cumple la legislación, incluyendo la analítica
Pérdidas económicas por menor calidad del agua	Si resultan en un cambio necesario de cultivos o los suelos pierden calidad
Intangibles	De difícil valoración ya que con frecuencia no existe un mercado para estos bienes. Se han de utilizar técnicas de valoración alternativas

Fuente: elaboración propia

En primer lugar, la reutilización implica que el agua no vuelve directamente al medio, sino que pasa a otras matrices, habitualmente con un tratamiento adicional en la mayor parte de ocasiones. La consideración más habitual en este punto es que el usuario final del agua regenerada tiene que pagar por este tratamiento y por cualquier inversión, gestión o tratamiento posterior, incluyendo la analítica y la interpretación de datos. Por otro lado, al limitar/reducir los vertidos a los cuerpos de agua se pueden plantear impactos negativos debidos a la reducción de caudales, aunque la calidad mejore. El problema, como en otras circunstancias, es como cuantificar esta aparente contradicción.

En segundo lugar, si el agua se considera un recurso de sustitución, una parte del agua de primera mano, de alta calidad, se reserva para otros usos ya sea almacenada en embalses o en la cuenca. El agua sustituida significa que los recursos del sistema



aumentan y pueden ser redistribuidos a otros usuarios. Este aumento de reservas tiene obviamente un valor que debería ser considerado en la evaluación económica.

Por otro lado, tiene que tenerse en cuenta si la calidad del agua sustituida y la regenerada permiten los mismos usos. Sucede a menudo que el agua regenerada no permite cultivar el mismo que el agua inicial. Se puede interpretar que este cambio ocasiona un lucro cesante que hay que evaluar caso por caso o zona por zona.

Si el cuerpo de agua es un río, la generalización de la depuración ha permitido una mejora de la calidad las consecuencias económicas de la cual son varias, desde la mejora de la biodiversidad y la pesca hasta los valores estéticos. Contribuye también a la gestión natural de las crecidas. La mejora ecológica ocasionada al sustituir agua sin tratamiento terciario por el agua tratada sobrante permite una mejora cualitativa y cuantitativa en términos de flora y fauna. La cuantificación en este caso es más difícil y se puede considerar en el campo de los intangibles.

5. Conclusiones

La legislación se ha estado considerando un obstáculo para el desarrollo económicamente viable de la reutilización por varias causas, entre las que cabe destacar:

- La obligación implantada por la UE de que todos los costes sean repercutidos en el precio del agua. Existen serias dudas de que esto sea así.
- Los desarrollos legislativos inadecuados, apreciables en la legislación española por un número excesivo de análisis, de los cuales una buena parte no aporta conocimientos adicionales a los que se obtendrían con una mejor elaboración científica de las normativas.
- Es patente la baja calidad de la legislación existente, que nunca ha sido especialmente desarrollada per se, y se ha relacionado con los avances en la legislación para aguas de suministro.
- La dificultad de encontrar argumentos legalmente válidos para redistribuir los costes entre los varios beneficiados de la reutilización, además de los usuarios finales



En muchos casos se ha optado, aun contradiciendo la legislación, por implantar precios “políticos” al agua regenerada.

Por otra parte, dentro del binomio o nexus economía-legislación en el campo del agua residual, es preciso desarrollar con más detalle las herramientas que permiten evaluar las relaciones coste-beneficio desde un punto de vista de la seguridad del uso del agua regenerada.

El hecho de que la reutilización permita el desarrollo económico de las zonas regables debería ser motivo de especial atención en las políticas ambientales, especialmente en las del agua, debido a los beneficios de todo tipo que puede aportar a los usuarios del agua regenerada y a los beneficiados por la sustitución de recursos de agua, como son las ciudades o la industria.

Es obvio que la legislación con respecto a la regeneración y reutilización debería cumplirse, aun a pesar de los errores o dificultades de la misma. Es de esperar que la nueva normativa europea sea capaz de mejorar el contexto legislativo, y como consecuencia el económico.

También desde el punto de vista económico, y en este caso secundariamente el legislativo, pero no el sanitario, es importante poder evaluar los beneficios asociados a aumentar la seguridad del agua, tanto en cantidad como en calidad. La legislación debería favorecer este aumento de la seguridad, que no debería traducirse solo en la evaluación y reducción del riesgo en la reutilización.

6. Bibliografía

Alfranca, O. (2017) “Métodos de valoración ambiental aplicados a la regeneración y reutilización de aguas residuales en agricultura”. *Agua y Territorio*, nº 8, págs.61-69. Universidad de Jaén.

Comisión Europea (2018) *Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on minimum requirements for water reuse*. COM (2018) 337 final.

Hernández, F.; Molinos, M.; Sala-Garrido, R. (2010) “Estudio de viabilidad económica para el tratamiento de aguas residuales a través de un análisis coste beneficio”.



Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA. Volumen 11.
Páginas 1 a 25.

MMAMRM (2010a) *Guía para la Aplicación del R.D. 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. España.

MMAMRM (2010b) *Versión preliminar del plan: Plan nacional de reutilización de aguas*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. España.

OMS (2006) *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 1: Policy and regulatory aspects. Volume 2: Wastewater use in agriculture*. OMS, Ginebra

OMS (2015) *Sanitation safety planning. Manual for safe use and disposal of wastewater, greywater and excreta*. OMS, Ginebra.

Paranychianakis, N.; Salgot, M.; Snyder, S.A.; Angelakis, A.N. (2015) “Water reuse in EU states: necessity for uniform criteria to mitigate human and environmental risks”. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 45: 1409 – 1468

RD 1620/2007 de 7 de diciembre por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas.

Title 22. California Department of Public Health – Regulations Related to Recycled Water January 2009. State of California, USA.

United Nations (2017) *Aguas residuales el recurso desaprovechado*. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017.

Voulvoulis, N. (2018) “Water reuse from a circular economy perspective and potential risks from an unregulated approach”. *Current Opinion in Environmental Science & Health*. Volume 2, April 2018, Pàgs. 32-45.
<https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.01.005>