



INGENIERIA QUIMICA

Ingeniería - Control de Procesos - Operación - Mantenimiento - Medio Ambiente

INGENIERIA QUIMICA

El ecodiseño de productos

La tecnología electroquímica contra el mejillón cebra

Control de emisiones

Tratamiento de aguas residuales

Gestión, valorización e incineración de residuos



Regeneración de suelos contaminados

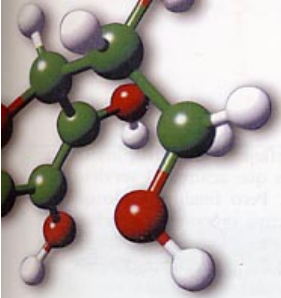
energuía
La Guía de la Energía
www.energuia.com

VISITE:
mr.com

9-11 Sumario
253 Directorio
312 Índice de anunciantes
314 Servicio de información

www.alcion.es
info@alcion.es





Tratamiento de Aguas Residuales

Reutilización de aguas residuales

Recomendaciones generales de la Directiva Marco del Agua y legislación vigente en España

M.D. Hidalgo, M. Gómez y R. Irusta
División de Medio Ambiente. CARTIF

1. Introducción

Se han desarrollado muchos y diferentes enfoques para la regulación del uso del agua reciclada, con objeto de proporcionar medidas eficaces y económicas, a la vez que proteger la salud pública y el medio ambiente. Los países desarrollados han adoptado una pauta de actuación conservadora en cuestión de tratamiento y reutilización de aguas residuales, que incluye sistemas de alta tecnología/alto coste/bajo riesgo o regulaciones como la de California. Algunos países menos desarrollados se han esforzado por seguir este acercamiento regulador, pero en la práctica no siempre han conseguido reducir el riesgo que conlleva el uso de agua residual, bien por motivos económicos o falta de experiencia. Los límites de accesibilidad financiera han llevado a algunos países en vías de desarrollo a seguir la actuación de baja tecnología/ bajo coste/riesgo "controlado", intentando seguir, en todo caso, las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS). La OMS, con sus recomendaciones en materia de reutilización de agua residual, trata de adaptarse a la situación específica de cada país que las aplique, a sus condiciones nacionales y presupuestarias, de tal forma que se trabaje con umbrales de calidad para equilibrar riesgos y accesibilidad [1].

La ausencia de directrices internacionales en materia de reutilización de agua hace que aparezcan inconsistencias entre las normativas adoptadas por los diferentes

países. Incluso aunque dichas normativas sean similares en lo general, existen grandes variaciones en las aplicaciones particulares. Hay también inconsistencias dentro de un mismo país, como consecuencia de diferencias en las pautas adoptadas por las diferentes regiones, como es el caso de España. La ausencia de una posición científica unificada incrementa la preocupación por el riesgo que pudiera suponer la utilización de un agua reciclada si el tratamiento llevado a cabo no es el adecuado, y puede llevar a actuaciones excesivamente conservadoras, e incluso radicales, en este campo. El desarrollo de un marco regulador internacional incrementaría la confianza del público en general en el agua reciclada, mejorando la gestión de riesgos y reduciendo los costes [2].

2. Recomendaciones de la Directiva Marco del Agua

Los principios legales y administrativos y las obligaciones de la nueva política del agua de la Unión Europea constituyen el marco dentro del cual se han de desarrollar las políticas del agua específicas de los estados miembros. En septiembre de 2000, el Parlamento Europeo y el Consejo acordaron una nueva política para la Comunidad a través de la Directiva Marco del Agua. Finalmente, la planificación integrada a largo plazo se convirtió en el pilar de la política comunitaria del agua, con grandes implicaciones en la plani-

Los principios legales y administrativos y las obligaciones citadas en la nueva política del agua de la Unión Europea constituyen el marco dentro del cual han de desarrollarse las políticas del agua específicas de los estados miembros.

El Parlamento Europeo y el Consejo acordaron en 2000 una nueva política del agua para la Comunidad Europea, conocida como la Directiva Marco del Agua, bajo los principios del desarrollo sostenible.

La reutilización de aguas residuales convenientemente tratadas es una práctica que se ha deseado potenciar dentro de esta Directiva, con objeto de paliar, en cierta medida, la escasez de agua existente en algunas regiones, si bien cada país ha desarrollado su propio enfoque para la regulación del uso de agua reciclada. En este artículo se trata el caso de España.

ficación espacial y el uso de este elemento.

La Directiva Marco de Agua (2000/60/EC del 23 de Octubre) combina la protección del estado ecológico con el uso del agua a largo plazo y el desarrollo sostenible. Es un nuevo instrumento para la planificación espacial e integración de políticas, un marco legal de acercamiento común, principios y objetivos medioambientales y de sostenibilidad. Las obligaciones que esta Directiva incluye son la protección del estado ecológico y el mantenimiento del buen estado del agua superficial y subterránea. Los objetivos están enfocados a respetar las áreas naturales fuente de agua potable (prohibiendo, por ejemplo, descargas directas a corrientes subterráneas) y la fijación de precios para el uso del agua.

La Directiva Marco del Agua pone objetivos comunes para todas las políticas europeas del agua y establece un marco coherente, legal y administrativo, que puede facilitar la realización de estos objetivos a través de medidas coordinadas dentro de un proceso de planificación total. La política se mueve desde la protección de aguas particulares (cotos de pesca, zonas de recreo, etc.), hasta la protección y uso basado en una apreciación total de la hidrología y ecología del ciclo natural de cada cuenca hidrográfica.

La Directiva exige que el agua de un estado ecológico alto no debe deteriorarse. Sin embargo, para la mayor parte de las aguas el objetivo principal es una combinación de su uso sostenible y la protección del medio acuático.

Las exigencias esenciales de la Directiva Marco del Agua son las siguientes: la Directiva establece objetivos, medidas básicas y definiciones comunes del estado ecológico de ecosistemas acuáticos. El foco de atención es el agua durante su flujo natural hacia el mar, teniendo en cuenta la interacción natural del agua superficial y agua subterránea en cantidad y calidad, cubriendo toda la cuenca del río incluso estuarios, lagunas, aguas

costeras y otras aguas de transición. Esto requiere un estudio de las descargas basado en el control en la fuente, junto con el análisis de los estándares de calidad ambientales para la aguas de recepción. Se requieren proyectos de gestión con programas de medidas coordinados para asegurar el buen estado del agua hacia el año 2015, que es cuando los objetivos principales de la Directiva deben haber sido alcanzados.

Los programas de medidas deben tener en cuenta todas las fuentes de presión e impactos en los ecosistemas acuáticos, incluyendo impactos de la agricultura, producción energética, transporte y planificación espacial.

La propuesta de la Directiva introduce la exigencia del cobro a los usuarios, para la recuperación de los gastos derivados del suministro de agua y, a largo plazo, prepara para la recuperación de los costes medioambientales derivados del uso del recurso. La Directiva tiene una fuerte componente de participación pública con la exigencia de que todos los proyectos de gestión de la cuenca deben someterse a un proceso de consulta que implique a todas las partes interesadas.

La Directiva hace una mención especial al coste real del agua y lo que hay que cobrar al usuario por su disfrute. Asegurar la provisión de un recurso cuya demanda aumenta continuamente es una de las principales preocupaciones que argumentan una de las mayores innovaciones de esta Directiva: la introducción de un análisis económico del uso del agua en las propias cuencas suministradoras y la obligación del usuario de pagar para contribuir a la recuperación de los gastos que conlleva el servicio del agua. El agua debe ser valorada y los usuarios deben realizar las contribuciones adecuadas por los gastos derivados de su uso, dividiendo estos usos en industriales, agrícolas y domésticos.

La Comisión originalmente propuso que el precio cargado a usuarios domésticos, agricultores e industriales por el uso del agua debe-

ría reflejar, para 2010, los costes reales que acarrea el servicio del agua. Pero finalmente, lo que la Directiva propone es mucho más ambiguo: "teniendo en cuenta el principio de recuperación de los gastos del servicio de aguas, incluyendo costes medioambientales y los derivados del uso de un recurso natural", "proporcionar incentivos para promover un uso eficiente de este recurso" y "asegurar una contribución económica adecuada de los diferentes usuarios del agua, divididos éstos en, al menos, industriales, domésticos y agrícolas, con objeto de compensar gastos". Pero los gastos corrientes para el uso del agua no están generalmente de acuerdo con estas previsiones. En particular, el sector agrícola recibe, generalmente, un tratamiento preferente porque no paga el verdadero coste del agua, ni las cantidades reales consumidas ni las grandes infraestructuras construidas para la gestión del agua de uso agrícola.

En muchos países, y en particular para la agricultura, el principio de recuperación total de los costes supondrá considerables cambios, aunque se trate de la versión moderada de la Directiva. Pero no es razonable que ciertos grupos de actores económicos, la industria del turismo y, en particular, la agricultura, cuyas actividades tienen un importante impacto negativo en el medio ambiente acuático, no paguen el precio real del agua.

Sin embargo, en una nota más positiva, la parte más visionaria de la agricultura moderna ha comenzado a realizar su papel como "cuidador" del medio ambiente y los recursos naturales. Hoy, cada vez más, existe la tendencia de ajustar los métodos de producción agrícola a una interacción equilibrada con el medio ambiente, con el fin de reducir y mejorar el consumo de agua. Un nuevo concepto ha evolucionado en el lenguaje comunitario: "la agricultura multifuncional europea", donde las tradiciones culturales, la estructura social y el desarrollo regional se combinan con los servicios ambientales (adaptándose a las condiciones medioambientales y manteniendo los valores naturales).



Figura 1.
Sistemas de riego

Debe subrayarse que la Directiva Marco no intenta armonizar los precios del agua en la Unión Europea. Lo que pide es que se respete el principio de "quien contamina paga", tratando de recuperar los costes reales del uso del agua (que serán diferentes en cada país), al igual que habrá que requerir el precio real al usuario. Las cantidades finales a cobrar se fijarán a nivel nacional.

El objetivo de asegurar el "buen estado del agua" tiene en cuenta las variaciones climáticas y ecológicas naturales de los países. También tiene en cuenta la muy particular y a menudo difícil situación de las islas, con escasez de aguas superficiales y subterráneas, y a veces también, precipitaciones bajas y estaciones secas de larga duración.

En la Directiva Marco, "el estado del agua" es definido de tal modo que su componente ecológico utiliza al estado ecológico natural en una posición específica dentro de un ecosistema acuático específico como su punto de referencia. Lo que constituye un estado ecológico bueno siempre se medirá en comparación con el estado ecológico natural para unos cuerpos de agua determinados en una posición dada. La ecología de los ecosistemas acuáticos en áreas con pocas precipitaciones y grandes variaciones estacionales de disponibilidad de agua, estará adaptada a tales condiciones de modo natural. No ocurrirá lo mismo en aquellas regiones

en que estas variaciones sean provocadas por un uso excesivo de los recursos hídricos.

Conforme a la nueva Directiva Marco, el agua no puede ser extraída, transferida o desviada en cantidades grandes sin previo examen de los impactos ambientales posibles. El objeto de este requerimiento es, probablemente, reducir la transferencia de agua entre áreas e incentivar otros instrumentos, como la gestión adecuada de la demanda, el cobro, la regeneración y reutilización del agua, políticas sobre el uso de la tierra, etc. Sin embargo, la Directiva, por sí misma, no prohíbe o previene la transferencia y desviación del agua, pero da incentivos para fomentar soluciones más equilibradas, como, por ejemplo, reduciendo las ayudas para construir infraestructuras grandes, caras y, a menudo, medioambientalmente problemáticas.

La conservación del buen estado del agua debiera también exigirse en las áreas de donde el agua es transferida o desviada. El foco de la Directiva está en la ecología y la calidad del medio acuático, y como nuevo elemento, también en la cantidad de agua. Además, la exigencia de un análisis económico detallado del coste del uso del agua también creará nuevos incentivos para cambios, exponiendo las verdaderas figuras inversoras, gastos corrientes e impacto ambiental, lo que permitirá la distribución de los gastos entre los grupos de usuarios del agua.

Es evidente que el ambiente natural, y en particular los recursos de agua natural y su estado ecológico, están sujetos a presiones ambientales, las cuales, de no ser corregidas, arruinarán a largo plazo la sostenibilidad ecológica e hidrológica. El conductor principal de este desarrollo es el riego (práctica fundamental en el sector agrícola).

La gestión de la demanda y un consumo reducido de agua (a través, por ejemplo, del empleo de tecnologías menos demandantes de agua y sistemas de incentivos económicos), la reutilización de aguas residuales y el desarrollo de sistemas de riego eficientes (Fig. 1) son sólo algunas de las opciones que se pueden barajar para alcanzar los objetivos marcados por la Directiva.

Es importante reconocer que la vulnerable situación en la que se encuentran algunas zonas del Mediterráneo es un desafío fundamental al pensamiento o lógica convencional, por detrás del desarrollo socio-económico tradicional, donde las soluciones tecnológicas y los medios se están empleando para permitir que un desarrollo, en principio no sostenible, siga adelante. La Directiva Marco del Agua debería ser vista como un incentivo para encontrar soluciones con las que alcanzar un mejor equilibrio entre la explotación de recursos disponibles y la protección y mejora de los recursos naturales y ecológicos.

3. Legislación vigente en España en materia de reutilización de aguas residuales

En general, la adopción de estándares para la recuperación y reutilización de aguas residuales sigue los problemas encontrados en cada país. Como resultado, por ejemplo a través de Europa, el estado legal de la reutilización de aguas residuales no es uniforme. Muchos países europeos y más en concreto los de la zona Norte (Reino Unido, Bélgica, los Países Bajos) no tienen ningún tipo de legislación específica en la materia. En cuanto a países del Mediterráneo europeos, Francia tiene recomendaciones nacionales, Italia una ley nacional y España varias regulaciones regionales. Portugal y Grecia piensan desarrollar pautas nacionales. Se analiza, a continuación, el caso de España.

La reutilización de aguas residuales tratadas es ya una realidad en varias regiones españolas para cuatro aplicaciones principales: riego de campos de golf, riego agrícola, recarga de acuíferos (en



Figura 2. Tratamiento de aguas residuales

particular para parar la intrusión de agua salada en acuíferos costeros) y aumento del caudal de ríos.

España tiene una legislación nacional de aguas y varias regulaciones regionales que regulan el uso del agua residual. La derogada Ley Nacional de Aguas (Ley de Aguas, 29/1985) simplemente preveía que el Gobierno "establecería las condiciones básicas para el uso directo de aguas residuales", de acuerdo con

los procesos de tratamiento (Fig. 2) a los que hayan sido sometidos, su calidad y los usos previstos.

En el año 2001 se publicó el Real Decreto Legislativo 1/2001, que derogó la antigua Ley de Aguas. El Real Decreto prevé unos límites de un huevo de nematodo por litro para todos los tipos de riegos y 10 coliformes fecales por 100 ml para el riego sin restricción. Para el riego restringido, los estándares de coliformes fecales llegan a ser 200 por 100 ml y en el caso de riego de cereales, cosechas industriales, cosechas de piensos y pasto, llegan a ser 500 coliformes fecales por 100 ml. Se hace especial hincapié en el contenido en metales pesados de los efluentes residuales industriales cuando se baraja la opción de su reutilización.

En la Tabla I se muestra una recomendación de 2003, más detallada, que distingue entre 14 tipos de reuso.

Existen también estándares y legislaciones regionales (en Andalucía, Baleares, Cataluña y Canarias). En las Islas Baleares, la reutiliza-

Tabla I. Límites recomendados en proyecto de Real Decreto, 2003

Uso	Calidad microbiológica		Calidad físico-química	
	Huevos de nematodo (nº/L)	E. coli (ufc/100 mL)	SS (mg/L)	Turbidez (NTU)
1 Usos domiciliarios Riego de jardines privados Descarga de aparatos sanitarios. Sistemas de calefacción Refrigeración de aire domésticos Lavado de vehículos	< 1*	0	< 10	< 2
2 Usos y servicios urbanos Riego de zonas verdes de acceso público (campos deportivos, de golf, parques públicos) Limpieza de calles Sistemas contra incendios Fuentes y láminas ornamentales	< 1	< 200	< 20	< 5
3(1) Cultivos de invernadero	< 1	< 200	< 20	< 5
4 Riego de cultivos para el consumo en crudo Frutales regados por aspersión	< 1	< 200	< 20	< 5
5(2) Riego de pastos para consumo de animales productores de carne o leche	< 1	< 1.000	< 35	Sin límite

Tabla I. Límites recomendados en proyecto de Real Decreto, 2003 (continuación)

Uso	Calidad microbiológica		Calidad físico-química		
	Huevos de nematodo (nº/L)	E. coli (ufc/100 mL)	SS (mg/L)	Turbidez (NTU)	
6	Riego de cultivos destinados a industrias conserveras y productos que no se consuman crudos Riego de frutales excepto por aspersión	< 1	< 1.000	< 35	Sin límite
7	Riego de cultivos industriales, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas	< 1	< 10.000	< 35	Sin límite
8	Riego de bosques, industria maderera, zonas verdes y de otro tipo, no accesibles al público	< 1	Sin límite	< 35	Sin límite
9(1)	Refrigeración industrial, excepto industria alimentaria	Sin límite	< 10.000	< 35	Sin límite
10	Estanques, masas de agua y caudales circulantes, de uso recreativo en las que está permitido el contacto del público con el agua (excepto baño)	< 1	< 200	< 35	Sin límite
11	Estanques, masas de agua y caudales circulantes ornamentales, en los que está impedido el contacto del público con el agua	Sin límite	Sin límite	< 35	Sin límite
12	Acuicultura	< 1	< 1.000	< 35	Sin límite
13(3)	Recarga de acuíferos por percolación localizada a través del terreno	< 1	< 1.000	< 35	Sin límite
14(4)	Recarga de acuíferos por inyección directa	< 1	0	< 10	< 2

Fuente: Catalinas y Barro, 2003 [3]

ción de las aguas residuales está regulada por los Decretos 33/87 y 13/92, con valor legal, y que toma los mismos límites y recomendaciones que la OMS. Con esta normativa se pretende asimismo favorecer la reutilización de aguas residuales. Se prescribe el riego de campos de golf, la realización de ciertas actividades domésticas y el riego agrícola (Fig. 3) empleando agua regenerada,

y se reconoce el riego agrícola con agua reutilizada como una actividad de utilidad pública [4].

Cataluña tiene directrices con valor legal que contienen valores límite para el boro, cadmio, molibdeno y selenio, todos relevantes para la salud de cultivos de regadío [5]. Los límites microbiológicos son los mismos que los exigidos por la

OMS. Con el Decreto Legislativo 3/2003 se pretende también favorecer la reutilización de aguas residuales en esta Comunidad.

Andalucía tiene, desde 1994, unas recomendaciones que siguen el sistema francés de "autorización para reutilizar según el caso". Sin embargo, estas pautas excluyen expresamente la reutilización de aguas re-

Figura 3. Aplicaciones agrícolas del agua residual regenerada



INGENIERIA QUIMICA

siduales como aguas potables, limpieza de calles, calefacción, refrigeración municipal y limpieza de locales urbanos, así como para el lavado y transporte de materiales. En general, los tipos de reutilización permitidos se dividen en siete categorías. En la Tabla II se muestra un resumen.

Debido a la existencia de las diferentes legislaciones autonómicas, junto con la Directiva Marco, existe en la actualidad un debate institucional sobre si el Gobierno central debe o no legislar en este aspecto, dada la competencia que en esta materia tienen las comunidades autónomas. Esto puede ofrecer dudas sobre el futuro de una legislación estatal, pero al mismo tiempo demuestra el creciente interés en el reuso de las aguas residuales.

4. Bibliografía

- [1] Meulengracht, A. "The new water framework Directive - Prospects for sustainable water policy for the coming decades". International Conference: Spanish Hydrologic Plan and sustainable water management. Zaragoza, Spain; junio (2001).
- [2] Anderson, J., Adin, A., Crook, J., Davis, C., Hultquist, R., Jiménez-Cisneros, B., Kennedy, W., Shelkin, B. y van der Merwe, B. "Climbing the ladder: a step by step approach to international guidelines for water recycling". *Wat. Sci & Tech.*, 43, (10), pp. 1-8 (2001).
- [3] Catalinas, P.M. y Barro, J.R. "Estudio sobre los Beneficios y la importancia de la Reutilización de Aguas Residuales Urbanas Depuradas". Ministerio de Medio Ambiente (2003).

Tabla II. Pautas de calidad para varias aplicaciones del agua residual en Andalucía

Aplicación	Coliformes fecales/100 mL	Huevos nematodo/L
1 Riego de campos de deporte y parques de acceso público	<200	<1
2 Productos agrícolas para consumo en crudo	<1.000	<1
3 Producción de biomasa para consumo humano y refrigeración en circuitos abiertos	<1.000	Ninguno
4 Lagos recreacionales	<2.000	<1
5 Refrigeración en circuitos semi-cerrados	<10.000	Ninguno
6 Cultivos industriales, cereales, semillas de pienso, verduras conservadas o cocinadas	Ninguno	<1
7 Riego de áreas verdes sin acceso público, producción de biomasa para consumo no humano y lagos recreacionales con acceso prohibido	Ninguno	Ninguno

Fuente: Castillo et al., 1994 [6]

[4] Salgot, Cortés, A., Gomá, P., M. y Pascual, A. "Prevençió del risc sanitari derivat de la reutilització d'aigües residuals depurades com a aigües de reg. Generalitat de Catalunya". Direcció General de Salut Pública, Barcelona (1994).

[5] Salgot, M. y Pascual, A. "Existing guidelines and regulations in Spain on wastewater reclamation and reuse". *Wat. Sci.& Tech.*, 34(11), pp.115-126 (1996).

[6] Castillo, A., Cabrera, J.J., Fernández Artigas, M.P., García-Villanova, B., Hernández-Ruiz, J.A., Laguna, J., Nogales, R. y Picazo, J. "Criterios para la evaluación sanitaria de proyectos de reutilización directa de aguas residuales urbanas depuradas". Consejería de Salud, Junta de Andalucía. Ed. A. Castillo, Granada, España (1994).

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación de este estudio al partenariado Euro-Mediterráneo (Euro-Mediterranean partnership), y más específicamente a su Programa Regional de Gestión Local de Aguas (Regional Program for Local Water Management).

IQ

LIBRO



Ingeniería de aguas residuales Redes alcantarillado y bombeo

(Edición 1998)
España: 45 €
Resto Europa: 63 €
Resto Mundo: 81 \$
Páginas: 461
ref. 1817

Pedidos:

Teléfono: 914 402 923
Fax: 914 402 931
Internet: www.alcion.es
Correo: EDITORIAL ALCION
Medea, 4
28037 MADRID

PUEDEN CONSULTAR EL INDICE EN INTERNET: www.alcion.es

España: 4% IVA incluido

junio 05