

ELABORACIÓN DE UN MANUAL SOBRE LOS CRITERIOS SANITARIOS DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS EN ANDALUCÍA

J. Picazo¹, C. Blancas², A. Castillo³ y J. López Díaz²

¹ *Junta de Andalucía. Consejería de Salud (Granada)*

² *Junta de Andalucía. Consejería de Salud (Sevilla)*

³ *Consejo Superior de Investigaciones Científicas e Instituto del Agua de la Universidad de Granada*

RESUMEN.- Con el presente trabajo se da cuenta de la existencia de la obra titulada "*Criterios para la evaluación sanitaria de proyectos de reutilización directa de aguas residuales urbanas depuradas*", realizada a instancias de la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía, y publicada con su patrocinio a finales de 1994. La obra constituye un manual de apoyo para los técnicos encargados de realizar los correspondientes informes sanitarios, preceptivos y vinculantes, previstos al respecto por la legislación española de aguas.

Una vez expuesta la metodología de trabajo y comentados los distintos aspectos tratados, se presentan los estándares de calidad y las consideraciones propuestas para las once aplicaciones de reutilización consideradas, clasificadas en las categorías de agrícola y forestal, municipal, industrial, acuicultura y turístico-recreativa.

Palabras clave: *aguas residuales urbanas, reutilización, criterios sanitarios, Andalucía.*

INTRODUCCIÓN

En la Comunidad Autónoma Andaluza, la reutilización de las aguas residuales urbanas es clave en la gestión de los escasos recursos hídricos disponibles, y así ha sido puesto de manifiesto por diferentes estamentos técnicos y políticos, incluido el Parlamento. No obstante, dicha práctica debe ser compatible con el respeto al medio ambiente, así como con la salvaguarda de la salud pública. En ese contexto, se hace imprescindible el establecimiento de unos estándares de calidad mínimos de las aguas a reutilizar, según los tipos de aplicaciones previstas.

Esta exigencia aparece recogida en el Real Decreto 849/1986, de 'Reglamento del Dominio Público Hidráulico (BOE, 1986), en el que se indica que el marco legislativo estatal que regule las condiciones básicas para la reutilización de las aguas residuales deberá fijar la calidad que han de cumplir las aguas a reutilizar. Asimismo, se establece que los Organismos de

cuenca recabarán, en todos los casos de reutilización directa, informe preceptivo y vinculante de la correspondiente autoridad sanitaria.

Afectada por esa disposición, la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía encargó a un grupo de expertos la tarea de realizar un manual sobre criterios de evaluación sanitaria de proyectos de reutilización, con la finalidad de servir de guía a los técnicos encargados de realizar los preceptivos informes sanitarios que pudieran serles remitidos desde los correspondientes Organismos de cuenca.

Como resultado de todo ello, se elaboró la obra "*Criterios para la evaluación sanitaria de proyectos de reutilización de directa de aguas residuales urbanas depuradas*" (Castillo *et al.*, 1994), realizada merced a un contrato de asistencia técnica suscrito entre la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía y la Fundación Empresa-Universidad de Granada.

METODOLOGIA DE TRABAJO

Se consideró indispensable la colaboración de un equipo de trabajo interdisciplinar, con personas interesadas en el tema genérico de la reutilización y formadas en campos tan variados como la microbiología, la parasitología, la epidemiología, la sanidad ambiental, la hidrología, la depuración de aguas o la química agrícola. Con ello se pretendió conseguir un amplio contexto conceptual del tema, en el que las distintas opiniones estuvieran representadas en el debate sobre las directrices sanitarias a adoptar y en la valoración de las diferentes alternativas.

Una parte muy importante del trabajo consistió en la recopilación y estudio de la literatura científica y técnica disponible hasta el momento. La mayor parte de los trabajos consultados fueron localizados mediante búsqueda informática, para los últimos 20 años, de las bases de datos de *Pollution Abstract*, MEDLINE (*Index Medicus*), ME66, ACS, AL83 (*National Agricultural Library*) y SCISEARCH (*Science Citation Index*). Las palabras clave utilizadas fueron reuse/reutilization/recycle/recycling, junto con municipal wastewater/urban wastewater.

Finalmente, se realizó un proceso de comparación y análisis de dicha documentación, para concluir con un debate interno, no siempre fácil, sobre el modelo de estándares y directrices sanitarias a recomendar para la Comunidad Autónoma de Andalucía. Aunque la obra va dirigida a técnicos especializados, la labor de revisión y actualización realizada se cree útil tanto para estudiosos o interesados en el tema genérico de la reutilización de las aguas residuales, como para técnicos sanitarios no familiarizados con la temática abordada.

ORGANIZACIÓN DE LA OBRA

El texto se organizó en cinco capítulos. En el primero (ASPECTOS LEGALES) se recopilan y comentan los principales preceptos legales relacionados con la reutilización de las aguas residuales urbanas; especial hincapié se presta a la Ley de Aguas de 1985 (BOE, 1985) y a su desarrollo reglamentario; también se recopilan otras disposiciones nacionales con posibles connotaciones en la reutilización; por último, se trata el tema a nivel de la Comunidad Europea, haciendo referencia a las principales Directivas de interés.

El segundo capítulo (LA REUTILIZACIÓN; ASPECTOS TÉCNICOS Y SANITARIOS) aborda, a modo de revisión, los aspectos técnicos y sanitarios más relevantes de la reutilización de las aguas residuales urbanas. De este modo, se exponen los principales

tratamientos de depuración de aguas residuales urbanas, experiencias de reutilización en distintos ámbitos, y, fundamentalmente, los aspectos sanitarios ligados a las actividades de reutilización; en este último apartado se incluye una revisión de las principales características de los organismos patógenos y de las sustancias químicas tóxicas contenidos en las aguas residuales urbanas; también se valoran los diferentes riesgos sanitarios derivados del uso de las aguas residuales urbanas.

En el capítulo tercero (DIRECTRICES Y NORMATIVAS SANITARIAS) se presenta una amplia recopilación de las principales directrices y normativas sanitarias, de posible comparación, existentes en el mundo. Estas fueron agrupadas en los apartados de OMS, normativas nacionales (países europeos, Estados Unidos y otros países) y España (incluida la normativa vigente en la Comunidad Autónoma de Baleares; BOCAIB, 1992).

El capítulo cuarto (INFORMES SANITARIOS) abordó, por fin, el objetivo planteado al principio de la obra, correspondiente al establecimiento de los requisitos a cumplir por los proyectos de reutilización de aguas residuales urbanas, de cara, principalmente, a su evaluación sanitaria. La organización del capítulo fue especialmente ideada para los técnicos encargados de realizar los correspondientes informes sanitarios. De este modo, se expone la información previa necesaria, a aportar por el peticionario al Organismo de cuenca, para proceder a emitir el correspondiente informe sanitario; se efectúan unas consideraciones previas y de procedimiento administrativo, a las que siguen otras consideraciones de aplicación más general, con objeto de definir el marco en el que debe desarrollarse, desde un punto de vista sanitario, la reutilización de aguas residuales; y, finalmente, se establece el catálogo de aplicaciones de reutilización admitidas viables desde el punto de vista sanitario, junto a los estándares de calidad recomendados y las consideraciones particulares de aplicación al caso; también se hace mención a lo establecido para el uso en cuestión por otras normativas y directrices sanitarias representativas.

Por último, el capítulo quinto (BIBLIOGRAFÍA) contiene la extensa relación bibliográfica citada en texto, cuya búsqueda se ayuda a través de la adscripción de cada una de las referencias a un catálogo de palabras claves.

APLICACIONES DE REUTILIZACIÓN CONSIDERADAS Y ESTANDARES DE CALIDAD

En la obra se admiten, desde el punto de vista sanitario, once usos de aplicaciones de reutilización con aguas residuales urbanas; los usos aparecen agrupados en cinco categorías: agrícola y forestal, municipal, industrial, acuicultura y turístico-recreativa (tabla 1). Para cada uno de los usos previstos, se establece un estándar de calidad mínima recomendado, un tratamiento orientativo y una serie de consideraciones particulares (relacionadas en el pie de la tabla 1).

Desde un punto de vista sanitario, se recomienda la prohibición o excepcionalidad de la reutilización de aguas residuales en el suministro urbano no potable en red, el baldeo y limpieza de calles, calefacción y refrigeración urbanas, el lavado de instalaciones, y el lavado y transporte de materiales, además del consumo humano, que la normativa estatal (BOE, 1986) prohíbe, salvo excepciones, de forma expresa. En cualquier caso, se trata de usos de menor interés, muy excepcionales, con una nula aplicación en Andalucía, y que dado el elevado riesgo sanitario que pueden conllevar, requerirían la adopción de estándares de calidad próximos a los del agua potable, y severos programas de control.

Tampoco se contempla (desde el punto de vista de la emisión de informes sanitarios a que alude el artículo 272 del RD 849/86) la aplicación de aguas residuales al suelo y la recarga de acuíferos, ya que no constituyen una práctica de reutilización s.s., sino un vertido al Dominio Público Hidráulico.

APLICACIONES DE REUTILIZACIÓN (a,b,c,d)		ESTANDAR DE CALIDAD Consider. particulares	TRATAMIENTO ORIENTATIVO
AGRICOLA y FORESTAL (a)	Riego de vegetales de consumo en crudo (a1)	Nematodos < 1 /l CF/100 ml < 1.000 1,2,3,4	Estanques de estabilización o tratamiento equivalente
	Riego de cultivos industriales, madereros y forrajeros, cereales, árboles frutales y cultivos para conservas o cocinados (a2)	Nematodos < 1 /l 2,3,5,6,7,8,9,10	Retención en estanques de estabilización o tratamiento equivalente
MUNICIPAL (b)	Riego de campos deportivos y de zonas verdes con acceso público (b1)	Nematodos < 1 /l CF/100 ml < 200 1,3,11	Estanques de estabilización o tratamiento equivalente
	Riego de zonas verdes con acceso público prohibido (b2)	- 3,5,12	Primario
INDUSTRIAL (c)	Refrigeración (c1)	CF/100 ml < 1.000 (1) CF/100 ml < 10.000 (2) (1) circ. semicerrados (2) circuitos abiertos 13	Secundario
ACUICULTURA (d)	Producción de biomasa destinada al consumo humano (d1)	CF/100 ml < 1.000 14,15,16,17,19	Estanques de estabilización
	Producción de biomasa no destinada al consumo humano (d2)	- 5,15,17,18,19	Pretratamiento
TURISTICO y RECREATIVO (e)	Riego de campos deportivos y de zonas verdes con acceso público (e1)	Idem b1	Idem b1
	Riego de zonas verdes con acceso público prohibido (e2)	Idem b2	Idem b2
	Lagos artificiales con posible contacto público (e3)	Nematodos < 1/l CF/100 ml < 2.000 1,14,17,20	Estanques de estabilización
	Lagos artificiales con contacto público prohibido (e4)	- 5,17,19,20	Pretratamiento

Tabla 1. Relación de aplicaciones de reutilización directa de aguas residuales urbanas depuradas, con indicación de los estándares de calidad mínimos, consideraciones particulares y tipos de tratamientos orientativos recomendados para Andalucía (en Castillo et al., 1994)

LEYENDA

- *Aplicaciones de reutilización para las que se recomienda su prohibición o excepcionalidad desde el punto de vista sanitario: potabilización; suministro urbano no potable en red, y baldeo y limpieza de calles; calefacción y refrigeración urbanas; lavado de instalaciones; lavado y transporte de materiales.*
 - *Otras aplicaciones de las aguas residuales depuradas no consideradas, a efectos de informe sanitario, como prácticas de reutilización: vertidos al suelo, recarga de acuíferos y lavado de suelos salinos.*
 - *Para los nematodos intestinales (nº de huevos viables), el 95% de las muestras no excederán el valor límite. Para coliformes fecales, el 90% de las muestras no excederán el valor límite.*
- (1) *Se trata de un uso de alto riesgo sanitario real, por lo que debe extremarse, si cabe, el seguimiento analítico, y el cumplimiento de las consideraciones y estándares de calidad de aplicación al caso (usos a1, b1=e1, e3).*
 - (2) *La heterogeneidad de los tipos de cultivos incluidos en esta categoría, por los diferentes riesgos sanitarios derivados de su ingesta, debe permitir una distinta aplicación de las consideraciones y/o estándares de calidad recomendados a título general (usos a1, a2).*
 - (3) *Cuando el sistema de riego a aplicar sea la aspersión, se tendrán en cuenta ciertas consideraciones adicionales (Castillo et al., 1994, pag. 185) (usos a1, a2, b1=e1, b2=e2).*
 - (4) *La aplicación de sistemas de riego que no lleguen a mojar la parte comestible de algunos cultivos, tales como el riego por goteo y el subsuperficial (subterráneo), puede permitir, en su caso, el empleo de aguas de menor calidad de la recomendada; en este supuesto, el riego se interrumpirá, al menos, dos semanas antes de la recolección de la cosecha (uso a1).*
 - (5) *Debido a la ausencia de estándar y/o a la baja calidad microbiológica del establecido, deben extremarse, si cabe, las medidas de higiene y seguridad de los trabajadores, al tiempo que se disponen las medidas pertinentes para evitar el contacto de las aguas con la población (usos a2, b2=e2, d2, e4).*
 - (6) *Las hortalizas no podrán regarse por aspersión ni por inundación con este tipo de estándar. Los árboles frutales deberán dejarse de regar con el agua residual al menos dos semanas antes de la recolección, y la fruta no deberá ser recogida del suelo. En cualquier caso, deben extremarse las medidas de higiene en la recolección y en el manejo de los productos en destino, a fin de no trasladar la contaminación a otros medios de cultivo más favorables (a2).*
 - (7) *Los productos de consumo humano cosechados no podrán ser lavados con el agua residual depurada utilizada en el regadío (uso a2).*
 - (8) *En el caso de cultivos que figuren con dos tipos de estándares, según sean consumidos en crudo o después de procesados, se aplicará el más estricto si no se especifica, o no se aportan garantías de que vayan a ser sometidos a procesamiento comercial (cocción, pelado, etc) (uso a2).*
 - (9) *En el caso de cereales, cultivos forrajeros y pastos para piensos o consumo en seco, plantaciones forestales y cultivos industriales, puede utilizarse aguas de peor calidad (tratamiento mínimo: sedimentación primaria), siempre que se adopten las oportunas*

- medidas de protección para los trabajadores y se evite el contacto de la población con las aguas (uso a2).*
- (10) *En el riego de pastizales para consumo en verde de animales productores de leche o carne, éste se interrumpirá, al menos, dos semanas antes de la entrada del ganado.*
 - (11) *En condiciones de carestía de recursos hídricos, y a fin de preservar los espacios verdes recreativos, podrá informarse positivamente y, en su caso, autorizarse por el Organismo de cuenca, el riego con aguas de peor calidad en los siguientes supuestos: a) riego localizado (goteo, hoyos, surcos...) de setos y arbolado de parques públicos; b) riego de campos deportivos de acceso restringido; en ambos casos deberán adoptarse las necesarias medidas de protección del público (uso b1).*
 - (12) *Deberán existir barreras físicas que impidan el acceso de la población a las zonas irrigadas (uso b2=e2).*
 - (13) *Este tipo de uso estará prohibido en industrias alimentarias y auxiliares (uso c1).*
 - (14) *Las muestras de agua, para el seguimiento y control analítico del estándar establecido, deberán ser tomadas de la lámina de agua objeto de explotación o uso. A título informativo, se estima que en los colectores de entrada al sistema puede presentarse una concentración de coliformes fecales diez veces superior (usos d1, e3,).*
 - (15) *No existen referencias de afecciones producidas por esta práctica; sin embargo, es conocida la relación del cólera con el consumo de moluscos y, recientemente, de pescado, extraídos en aguas abiertas contaminadas (usos d1, d2).*
 - (16) *Las Directivas 91/492 y 493 (DOCE, 1991 a,b) fijan las normas sanitarias aplicables a la producción y puesta en el mercado de moluscos bivalvos y productos pesqueros para el consumo público, respectivamente (uso d1).*
 - (17) *El agua depurada no deberá desprender olores desagradables, ni ser foco de proliferación de insectos. Para ello deben favorecerse las condiciones aerobias (usos d1, d2, e3, e4).*
 - (18) *Debe asegurarse que los canales de comercialización de estos productos no se dirigen al consumo humano, ni siquiera una vez procesados. Los productos cosechados tampoco deben constituir el alimento en crudo de ganado productor de carne o leche (uso d2).*
 - (19) *Deberán existir barreras físicas que impidan el contacto de la población con las láminas de agua (usos d1, d2, e4).*
 - (20) *Se evitarán las acciones que puedan provocar aerosoles, tales como chorros de agua, géiseres, cascadas, etc; en el caso de estar contempladas en proyecto, se estará a lo dispuesto para el riego por aspersión (usos e3, e4).*

Para la totalidad de los usos previstos se adoptaron, según los casos, siete estándares de calidad diferentes (tabla 2). Los indicadores de calidad utilizados fueron nematodos intestinales (nº de huevos viables/l) y coliformes fecales por 100 ml. La frecuencia analítica dependerá del uso en cuestión, de modo que se garantice en todo momento un adecuado control de calidad. En algunos usos, en los que no está contemplado el contacto de la población con las aguas residuales, no se establece estándar de calidad concreto, si bien se exige un tratamiento mínimo de las aguas residuales (al menos pretratamiento), y, a través de una serie de consideraciones particulares, la necesidad de extremar las medidas de higiene y seguridad de los trabajadores.

Al haberse contemplado únicamente la reutilización de aguas residuales de procedencia urbana, no se incluyen estándares para el contenido en metales pesados u otros contaminantes químicos, si bien se recomienda, en el caso de que las aguas a reutilizar contengan vertidos

industriales de importancia, hacer uso de los límites recomendados por Le Conseil Superieur D`hygiene Publique de France (1991).

Para el establecimiento de los correspondientes estándares de calidad por tipos de usos (tabla 1), se recurrió al análisis comparativo de las diferentes normativas y directrices sanitarias más representativas. De entre todas ellas, se consideraron muy ponderados los estándares establecidos por la OMS (OMS, 1989 y 1990), los cuales constituyeron la base de referencia principal de los finalmente adoptados; semejantes a los anteriores, en los que están inspirados, son los estándares establecidos por el Ministerio de Sanidad francés (Conseil Superieur D`hygiene Publique, 1991), los cuales constituyeron, asimismo, un referente principal. En la elección de las directrices de referencia se tuvo muy en cuenta la situación agro-hidrológica y socio-económica de Andalucía, donde la imposición de normas de calidad estrictas, del tipo de las existentes en Estados Unidos o Israel (EPA, 1992), precisaría de sistemas sofisticados de depuración y control, fuera de las posibilidades económicas del momento.

TIPOS DE ESTANDARES	APLICACIONES DE REUTILIZACION	CF/100 ml	Nematodos/l
1	b1=e1	< 200	< 1
2	a1	< 1.000	< 1
3	c1, d1 (1)	< 1.000	-
4	e3	< 2.000	< 1
5	c1 (2)	< 10.000	-
6	a2 (3)	-	< 1
7	b2=e2, d2, e4	-	-

Tabla 2. Tipos de estándares de calidad mínima recomendados para las distintas aplicaciones de reutilización consideradas para Andalucía (en Castillo et al, 1994)

CONSIDERACIONES FINALES

Los estándares propuestos lo son a nivel de recomendaciones exclusivamente técnicas. En un futuro deberán fijarse legalmente los correspondientes estándares de calidad mínima, bien a través de la regulación estatal prevista en el artículo 272.1 del Real Decreto 849/1986 (BOE, 1986), bien a raíz de lo que dispongan los respectivos Planes Hidrológicos de Cuenca, o en el desarrollo del cuerpo legislativo que compete a las respectivas Comunidades Autónomas. En este sentido es deseable que las normas o reglamentos que se adopten sean sobre todo realistas, huyendo de disposiciones estrictas, que finalmente terminan por vulnerarse, generando, paradójicamente, mayor riesgo sanitario que la adopción de otras disposiciones menos exigentes, pero más acordes con las posibilidades reales de cumplimiento. La propia OMS (OMS, 1990), con bastante experiencia en el desarrollo normativo en países poco o moderadamente

desarrollados, recomienda encarecidamente la adopción de medidas factibles, como paso inicial de un proceso gradual de mejora de la protección de la salud.

Los estándares microbiológicos propuestos, junto con las medidas preventivas expuestas en forma de consideraciones generales y particulares, se estiman suficientes para proteger satisfactoriamente la salud de la población. Más esencial, si cabe, será el seguimiento real de las directrices recomendadas. Como en otros países, el paso del tiempo permitirá ir adecuando las directrices al nivel de vida de la población y a los conocimientos científicos que sobre la propagación de enfermedades de origen fecohídrico se vayan aportando.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este artículo quieren manifestar su agradecimiento a la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía, financiadora del Proyecto que dió lugar a este trabajo, así como de la edición de la obra correspondiente. Asimismo, merecen ser recordados el resto de los investigadores participantes en dicho Proyecto: J.J. Cabrera, M.P. Fernández Artigas, B. García Villanova, J.A. Hernández Ruíz, J. Laguna y R. Nogales.

REFERENCIAS

- BOCAIB (1992). Decreto 13/1992, de 13 de febrero, por el que se regula la evacuación de residuales urbanas. *Boletín Oficial de la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares*, nº 29, 07/03/1992.
- BOE (1985). Ley 29/1985, de 2 de Agosto, de Aguas. *Boletín Oficial del Estado*, nº 189, 8 de agosto de 1985
- BOE (1986). Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico que desarrolla los títulos preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas. *Boletín Oficial del Estado* nº 103, 30 de abril de 1986
- Castillo, A., Cabrera, J. J., Fernández Artigas, M. P., García-Villanova, B., Hernández-Ruíz, J. A., Laguna, J., Nogales, R. y Picazo, J. (1994). *Criterios para la evaluación sanitaria de proyectos de reutilización directa de aguas residuales urbanas depuradas*. Consejería de salud (Junta de Andalucía). Ed. A. Castillo. 255 p. Granada.
- Conseil Superieur D'hygiene Publique de France. (1991). *Recommandations sanitaires concernant l'utilisation, après épuration, des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation des cultures et des espaces verts*. Ministère Charge de la Sante. République Française. 40 p.
- DOCE (1991 a). Directiva del Consejo por la que se fijan las normas sanitarias aplicables a la producción y puesta en el mercado de moluscos bivalvos para consumo público. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*. Directiva 492
- DOCE (1991 b). Directiva del Consejo sobre normas sanitarias aplicables a la producción y puesta en el mercado de los productos pesqueros. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*. Directiva 493
- EPA (1992). *Guidelines for water reuse*. U.S. Environmental Protection Agency. U.S. for International Development. 247 p. Washington, D.C.

- OMS (1989). *Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura*. Informe de un Grupo Científico de la OMS. Serie Informes Técnicos N° 778.
- OMS (1990). *Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura. Medidas de protección de la salud pública*. Mara, D. y Cairncross, S. 214 p. Ginebra.