



GT-AGU. Nuevas fuentes de agua.

REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Ramón Guardino Ferre
Director General
Tecymed S.L.



TÍTULO:

Reutilización de Aguas Residuales

AUTORES:

Ramón Guardino Ferré, Director Tecymed SL, (Relator).

Cristina Danés Castro, Subdirectora General Adjunta de Gestión Integrada del Dominio Público Hidráulico. Ministerio de Medio Ambiente.

Francisco del Molino Pérez, Jefe Dpto. Calidad y Medio Ambiente, Cadagua.

Jorge Luís Loredó Pérez, Fundación INFIDE.

Yolanda Rubio Fontcuberta, Dpto. Estudios, Tecymed SL.



- España es un país con un histórico déficit hídrico. Esta situación aumentará debido al cambio climático: disminución de las lluvias, aumento de las temperaturas, etc.
- Es urgente el uso sostenible de este recurso limitado.



- La reutilización de aguas residuales depuradas es un sistema de obtención de agua no convencional y, teóricamente, continua en el tiempo.
- La reutilización de aguas residuales puede ser de dos tipos: indirecta o incidental y directa o planificada.
- La reutilización de aguas residuales es imprescindible para cerrar el ciclo del agua y en una política integrada del agua.



El **Programa A.G.U.A.** reconoce como beneficios de la reutilización del agua residual, los siguientes:

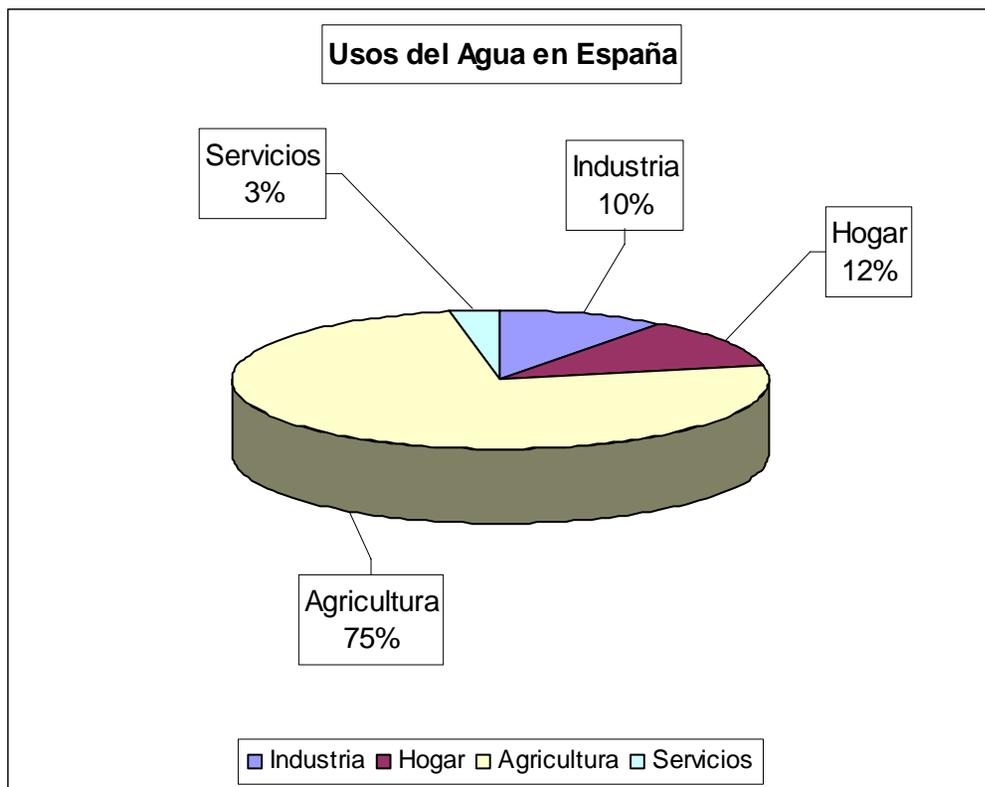
- Posibilita un incremento sustancial de los recursos existentes en las zonas en que los efluentes depurados se vierten al mar.
- Permite una mejor gestión de los recursos, al permitir sustituir con aguas regeneradas, volúmenes de agua de mayor calidad, que pueden destinarse a usos más exigentes.
- Reduce el aporte de contaminantes a los cursos de agua.
- Evita la necesidad de realizar costosas infraestructuras para transportar recursos adicionales desde zonas alejadas, eliminando también los problemas medioambientales que este tipo de obras pueden producir.
- Permite, en el caso de que el destino de la reutilización sea la agricultura, un aprovechamiento de los nutrientes contenidos en el agua residual, lo que reduce la cuantía de abonos a utilizar por los agricultores.
- Garantiza una mayor fiabilidad y regularidad del agua disponible.
- Estas consideraciones hacen de la reutilización de efluentes depurados un instrumento válido y eficaz para lograr una gestión renovada de los recursos hídricos más equilibrada y sostenible, que ponga el énfasis en el ahorro y en la satisfacción de las necesidades medioambientales.



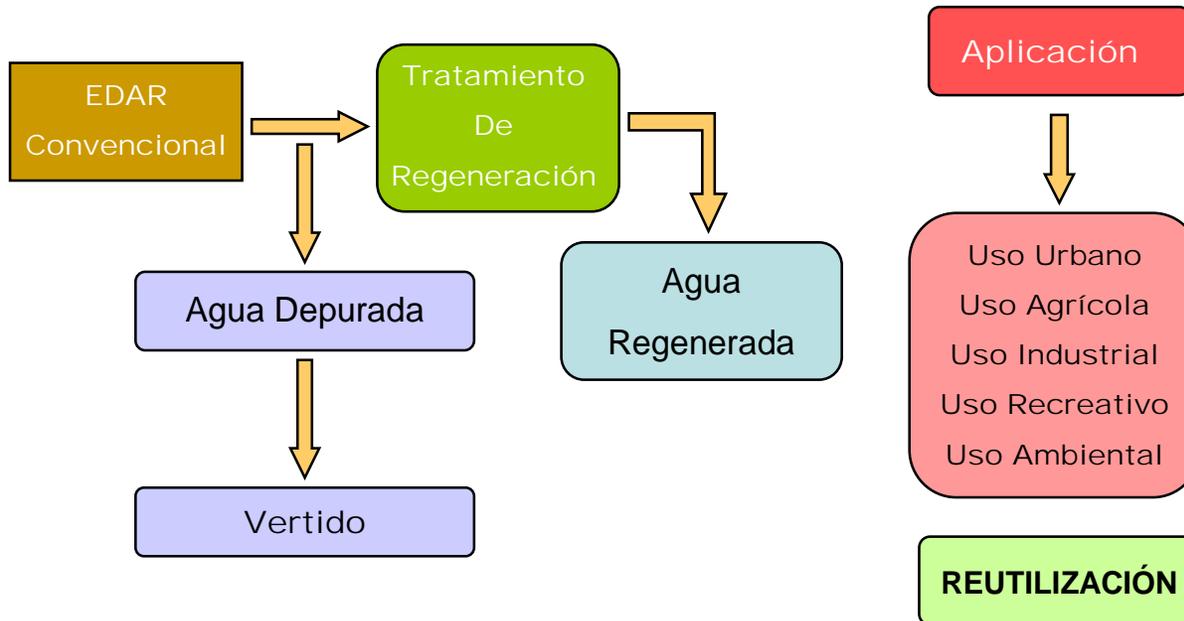
- A tener en cuenta:
 - No todas las aguas depuradas son susceptibles de ser reutilizadas, a lo largo del año no son necesarios los mismos caudales
 - Garantía de calidad.
 - Conductividad del agua de suministro.
 - El agua residual se produce, depura y regenera en los núcleos urbanos pero la mayor parte de esta agua regenerada se utiliza en agricultura. Cuanto mayor es la población mayor es la distancia a la que se encuentran los campos de cultivo. Necesidad de nuevas infraestructuras.
 - En Real Decreto 1620/2007 se contemplan, para riego agrícola, 3 calidades distintas de agua regenerada. Las redes de distribución son únicas.



- **Dos premisas:**
 - Costes de tratamiento: la “Directiva Marco del Agua” (DMA), Directiva 2000/60/CE, donde se exige el análisis económico del uso del agua.
 - Seguridad humana y ambiental: Real Decreto 1620/2007 de “Reutilización de Aguas Depuradas”, se definen los criterios de calidad para la reutilización de las aguas según sus usos.



Sólo podrá reutilizarse, tras depuración y regeneración, un máximo del 25% del agua consumida.





- El Real Decreto 1620/2007 relaciona los “Valores Máximos Admisibles” (VMA) con los usos del agua previstos.
 - Los VMA a controlar son de dos tipos: microbiológicos y contaminantes
 - Los parámetros microbiológicos son:
 - Nemátodos intestinales.
 - Escherichia coli.
 - Legionella spp.
 - Taenia saginata.
 - Taenia solium.
 - Los parámetros de contaminación incluyen:
 - Sólidos en suspensión.
 - Turbidez.
 - Nitratos.
 - Nitrógeno Total.
 - Fósforo Total.
 - Sustancias peligrosas orgánicas y metales.



USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MAXIMO ADMISIBLE (VMA)			
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSION	TURBIDEZ
1.- USOS URBANOS				
CALIDAD 1.1: RESIDENCIAL a) Riego de jardines privados. b) Descarga de aparatos sanitarios.	1 huevo/10 L	0 (UFC /100 mL)	10 mg/L	2 UNT
CALIDAD 1.2: SERVICIOS a) Riego de zonas verdes urbanas (parques, campos deportivos y similares). b) Baldeo de calles. c) Sistemas contra incendios. d) Lavado industrial de vehículos.	1 huevo/10 L	200 UFC/100 mL	20 mg/L	10 UNT

Real Decreto 1620/2007



CONAMA

9

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MAXIMO ADMISIBLE (VMA)			
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSION	TURBIDEZ
2.- USOS AGRICOLAS				
CALIDAD 2.1 a)Riego de cultivos con sistema de aplicación del agua que permita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles para alimentación humana en fresco.	1 huevo/10 L	100 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases con los siguientes valores: n = 10 m = 100 UFC/100 mL M = 1.000 UFC/100 mL c = 3	20 mg/L	10 UNT
CALIDAD 2.2 a)Riego de productos para consumo humano con sistema de aplicación de agua que no evita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles, pero el consumo no es en fresco sino con un tratamiento industrial posterior. b)Riego de pastos para consumo de animales productores de leche o carne. c)Acuicultura.	1 huevo/10 L	1.000 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases con los siguientes valores: n = 10 m = 1.000 UFC/100 mL M = 10.000 UFC/100 mL c = 3	35 mg/L	No se fija límite
CALIDAD 2.3 a)Riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana. b)Riego de cultivos de flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones. c)Riego de cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas.	1 huevo/10 L	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite



USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MAXIMO ADMISIBLE (VMA)			
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHI A COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSION	TURBIDEZ
3.- USOS INDUSTRIALES				
CALIDAD 3.1 a) Aguas de proceso y limpieza excepto en la industria alimentaria. b) Otros usos industriales.	No se fija límite	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	15 UNT
a) Aguas de proceso y limpieza para uso en la industria alimentaria	1 huevo/10 L	1.000 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases con los siguientes valores: n = 10 m = 1.000 UFC/100 mL M = 10.000 UFC/100 mL c = 3	35 mg/L	No se fija límite
CALIDAD 3.2 a) Torres de refrigeración y condensadores evaporativos.	1 huevo/10 L	Ausencia UFC/100 mL	5 mg/L	1 UNT

Real Decreto 1620/2007



USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MAXIMO ADMISIBLE (VMA)			
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSION	TURBIDEZ
4.- USOS RECREATIVOS				
CALIDAD 4.1 a) Riego de campos de golf.	1 huevo/10 L	200 UFC/100 mL	20 mg/L	10 UNT
CALIDAD 4.2 a) Estanques, masas de agua y caudales circulantes ornamentales, en los que está impedido el acceso del público al agua.	No se fija límite	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite

Real Decreto 1620/2007



USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MAXIMO ADMISIBLE (VMA)			
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSION	TURBIDEZ
5.- USOS AMBIENTALES				
CALIDAD 5.1 a) Recarga de acuíferos por percolación localizada a través del terreno.	No se fija límite	1.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite
CALIDAD 5.2 a) Recarga de acuíferos por inyección directa.	1 huevo/10 L	0 UFC/100 mL	10 mg/L	2 UNT
CALIDAD 5.3 a) Riego de bosques, zonas verdes y de otro tipo no accesibles al público. b) Silvicultura.	No se fija límite	No se fija límite	35 mg/L	No se fija límite
CALIDAD 5.4 a) Otros usos ambientales mantenimiento de humedales, caudales mínimos y similares.	La calidad mínima requerida se estudiará caso por caso			



- Usos no permitidos:

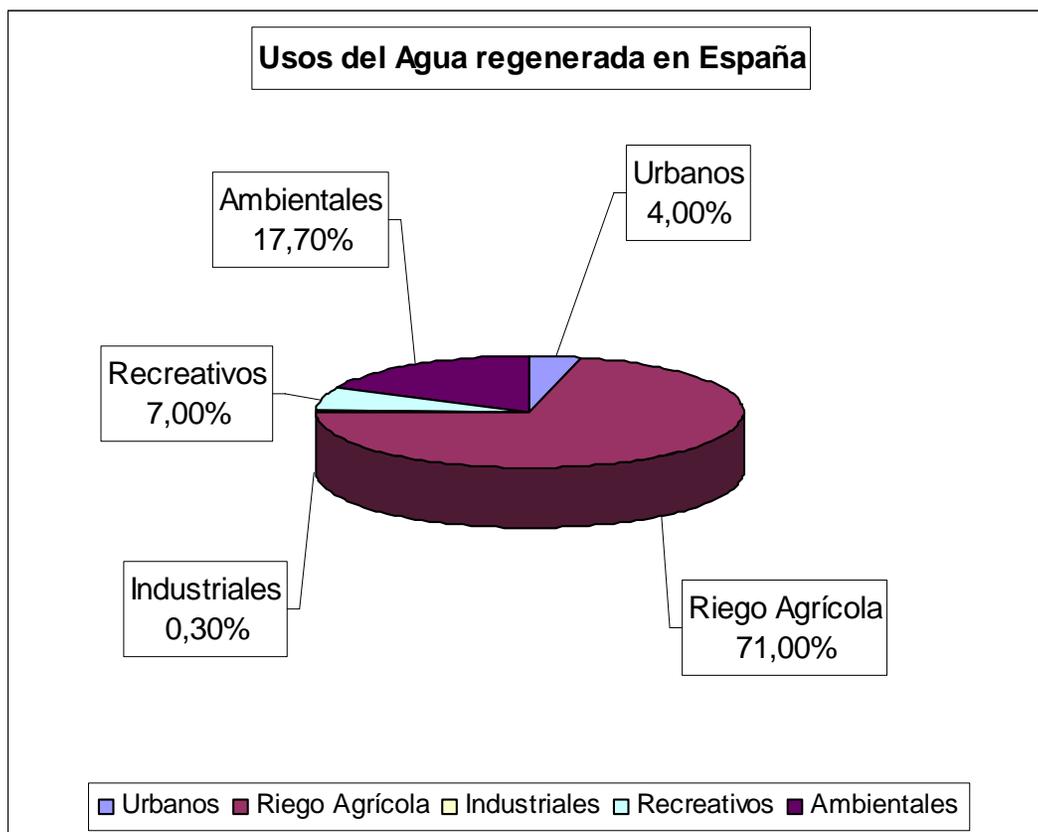
- se prohíbe la reutilización de aguas para el consumo humano, salvo situaciones de declaración de catástrofes.
- usos propios de la industria alimentaria.
- uso en instalaciones hospitalarias y otros usos similares.
- el cultivo de moluscos filtradores en acuicultura.
- uso recreativo como agua de baño.
- uso en fuentes y láminas ornamentales en espacios públicos o interiores de edificios públicos.
- para cualquier otro uso que la autoridad sanitaria considere un riesgo para la salud de las personas.
- para el uso en torres de refrigeración y condensadores evaporativos, se imponen condiciones muy estrictas, limitándolo a localizaciones que no estén ubicadas en zonas urbanas, ni cerca de lugares con actividad pública o comercial.



•Estaciones Depuradoras Aguas Residuales (2007):

- 2.335 EDARs.
- Caudal = 3.400 hm³/año.
- Caudal reutilizado = 368 hm³/a (10,8%):
 - 190 hm³/a con calidad exigidos en el Real Decreto 1620/2007.
 - 178 hm³/a deben adaptarse al RD mediante la construcción o modificación del sistema terciario de depuración antes de diciembre del 2009.

CCAA	Caudal reutilizado hm ³ /a
Andalucía	24,21
Aragón	0,17
Baleares	28,24
Canarias	17,8
Castilla-La Mancha	2,96
Cataluña	44,16
Valencia	148,66
Extremadura	0
Madrid	5,48
Murcia	84,52
País Vasco	12
TOTAL	368,2





– **Usos Urbanos.**

- 4% del uso del agua regenerada.
- 9.073 hectáreas de zonas verdes regables en términos municipales, (2.109 m³/ha*a): caudal agua regenerada =19 hm³/a.

– **Usos Agrícolas.**

- 71% del uso del agua regenerada. El mayor consumidor.
- 4.743.877 ha cultivables, (6.000 m³/ha*año) = 28.667 hm³/a de agua de riego.
- Las Comunidades Autónomas que mayores volúmenes reutilizan en riego agrícola: Valencia (113,52 hm³/año) y Murcia (83,59 hm³/año).

– **Usos Industriales.**

- Baja en comparación con el resto de usos (0,3%): (1,02 hm³/año)(2006).
- Fuertes restricciones sanitarias (Legionella spp).
- Restricciones más de tipo económico (coste del agua) que técnico.



– Usos Recreativos.

- Riego de campos de golf. En 2007, 417 campos de golf, (superficie regable 5.306 ha) = caudal de agua de 52 hm³/a.: 55% agua reutilizada (29 hm³/a). Déficit de 23 hm³/a
- MMA 2010 previsto: 552 campos de golf = 80 hm³ de agua regenerada al año. Para 2015: previstos 753 = 110 hm³ al año de agua regenerada.

– Usos Ambientales.

- Restauración de humedales, recuperación de acuíferos, infiltraciones para evitar la intrusión salina o la restitución de caudales ecológicos = 65,148 hm³/año (17,69% del total).
- Comunidades Autónomas de Cataluña (28,68 hm³/año), Valencia (27,54 Hm³/año) y el País Vasco (8,571 hm³/año).
- Tendencia a aumentar de forma sustancial a corto plazo:
 - 30 hm³/año de agua regenerada de la EDAR de Pinedo (Valencia), previstos para mantener las condiciones naturales del Parque Natural de La Albufera.
 - 65 hm³/año de la EDAR del Baix Llobregat (Barcelona) para contribuir al caudal ecológico del río Llobregat.



• Tratamientos de regeneración:

FÍSICO-QUÍMICO: –Coagulación. –Floculación. –Decantación Lamelar.	FILTRACIÓN: –Sobre Arena: –Convencional –De Lecho pulsante –Sobre Anillas –Sobre Membranas –Microfiltración –Ultrafiltración –Nanofiltración	DESALACIÓN: –Electrodesionización. –Electrodialisis Reversible. –Ósmosis Inversa.	DESINFECCIÓN: –Derivados del Cloro. –Rayos Ultravioletas. –Ozono.
--	---	--	---



COSTES PROCESO	COSTES INSTALACIÓN (€/m³)	COSTES EXPLOTACIÓN (€/m³)
Filtración sobre lecho de arena	55,8 - 97,6	0,01 - 0,03
Microfiltración	209,2 - 384,1	0,05 - 0,08
F-Q (sin adición de cal) + Filtración sobre arena	77,3 - 133,1	0,03 - 0,04
F-Q (con adición de cal) + Filtración sobre arena	87,7 - 139,5	0,17 - 0,21
Ósmosis Inversa (membranas acetato de celulosa)	174,9 - 223,2	0,31 - 0,39
Ósmosis Inversa (membranas poliamida aromática)	174,9 - 223,2	0,18 - 0,26
Electrodialisis (previo F-Q sin cal)	209,2 - 230,7	0,16 - 0,21
Electrodialisis (previo F-Q con cal o Microfiltración)	209,2 - 230,7	0,13 - 0,19
Cloración (Hipoclorito)	1,1 - 3,2	0,01
Cloración (Cloro gas)	7,5 - 8,6	0,01
Ozonización	35,4 - 49,4	0,03 - 0,08
Rayos ultravioletas	7,5 - 8,6	0,01 - 0,02

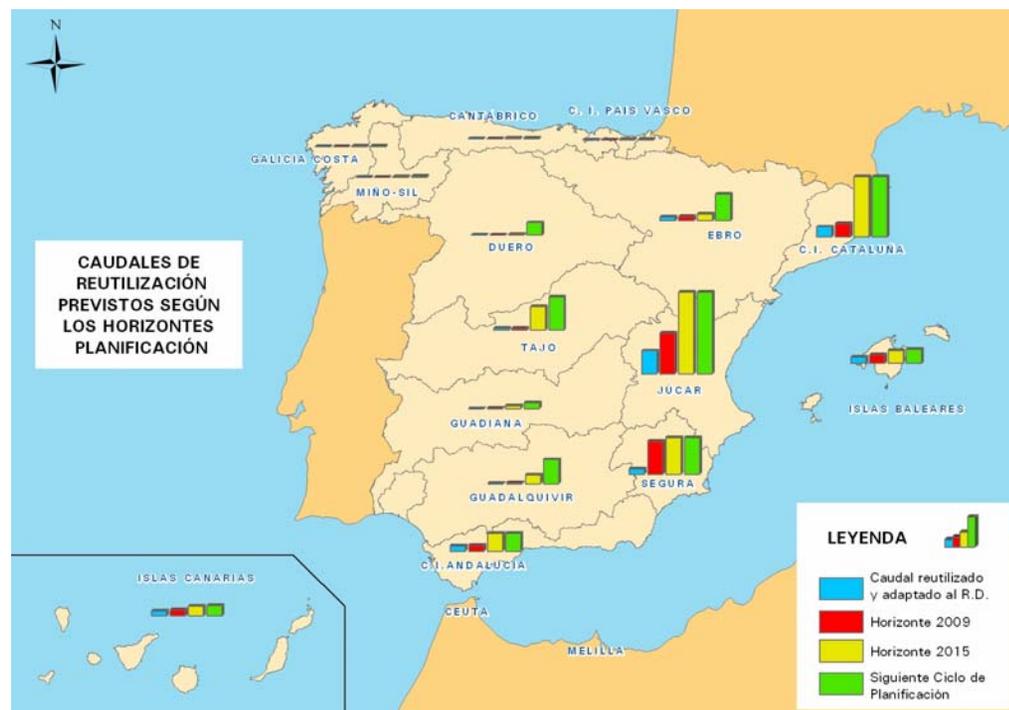


- Cedex recomienda 3 tipos de tecnologías de regeneración en función de la calidad necesaria y del uso posterior del agua regenerada:
 - Tipo I: Coagulación, floculación y decantación. Filtración. Filtración con membranas de ultrafiltración. Desinfección de mantenimiento.
 - Tipo II: Coagulación, floculación y decantación. Filtración. Desinfección mediante rayos ultravioletas. Desinfección de mantenimiento.
 - Tipo III : Desinfección mediante rayos ultravioletas. Desinfección de mantenimiento.



USOS	TIPO TECNOLOGÍA (CEDEX)
1.1 Residenciales	Tipo I
1.2 Servicios urbanos	Tipo II
2.1 Riego agrícola sin restricciones	Tipo II
2.2 Riego productos que no se consumen frescos. Riego pastos animales productores Acuicultura	Tipo II
2.3 Riego cultivos leñosos, viveros y cultivos industriales	Tipo III
3.2 Torres de refrigeración y condensadores evaporativos	Tipo I
4.1 Riego campos de golf	Tipo II
4.2 Estanques y masas de agua sin acceso al público	Tipo III
5.2 Recarga acuíferos inyección directa	Tipo I

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA	2009	2015	> 2015
	hm ³ /a	hm ³ /a	hm ³ /a
Cantábrico	0	2	2
Miño-Sil	0	3	5
Duero	0	1	39
Tajo	6	75	104
Guadiana	2	10	19
Guadalquivir	5	30	78
Segura	105	116	116
Júcar	128	259	259
Ebro	14	21	83
C.I. País Vasco	0	1	1
Galicia costa	0	1	1
C.I. Andalucía	20	58	58
C.I. Cataluña	42	190	190
Baleares	28	40	44
Canarias	18	30	31
TOTAL	368	836	1.030





- FUTURO: Reutilización indirecta potable.
- No permitido en Real Decreto 1620/2007.
 - Trazas de compuestos químicos (orgánicos y-o inorgánicos) en el agua regenerada: pesticidas, productos de aseo personal, cromo hexavalente y arsénico a bajas concentraciones, (ppb o ppt). => Mejora de los métodos de análisis.
 - Aparición de bacterias resistentes al tratamiento.
- Aceptación pública.



GRACIAS POR SU ATENCIÓN

**GT-AGU - Nuevas fuentes de agua:
Grupo “Reutilización de Aguas”**