

Introducción

La menor disponibilidad de recursos hídricos como consecuencia de los efectos producidos por el cambio climático, así como los objetivos de consecución de buen estado (cuantitativo y cualitativo) de las masas de agua superficiales y subterráneas para el año 2015 establecidos por la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE) han permitido que **la reutilización de aguas residuales se convierta en una herramienta estratégica en el futuro de la planificación y gestión de las Demarcaciones Hidrográficas.** Permite disponer de un nuevo recurso cuando hay déficit y reducen el impacto sobre las masas de agua con pérdida de calidad debido a vertidos mal depurados.

Actualmente las aguas regeneradas son utilizadas principalmente para **usos agrícola y ambiental**, seguidos en menor parte de **recreativo, urbano e industrial** (Figura 1).

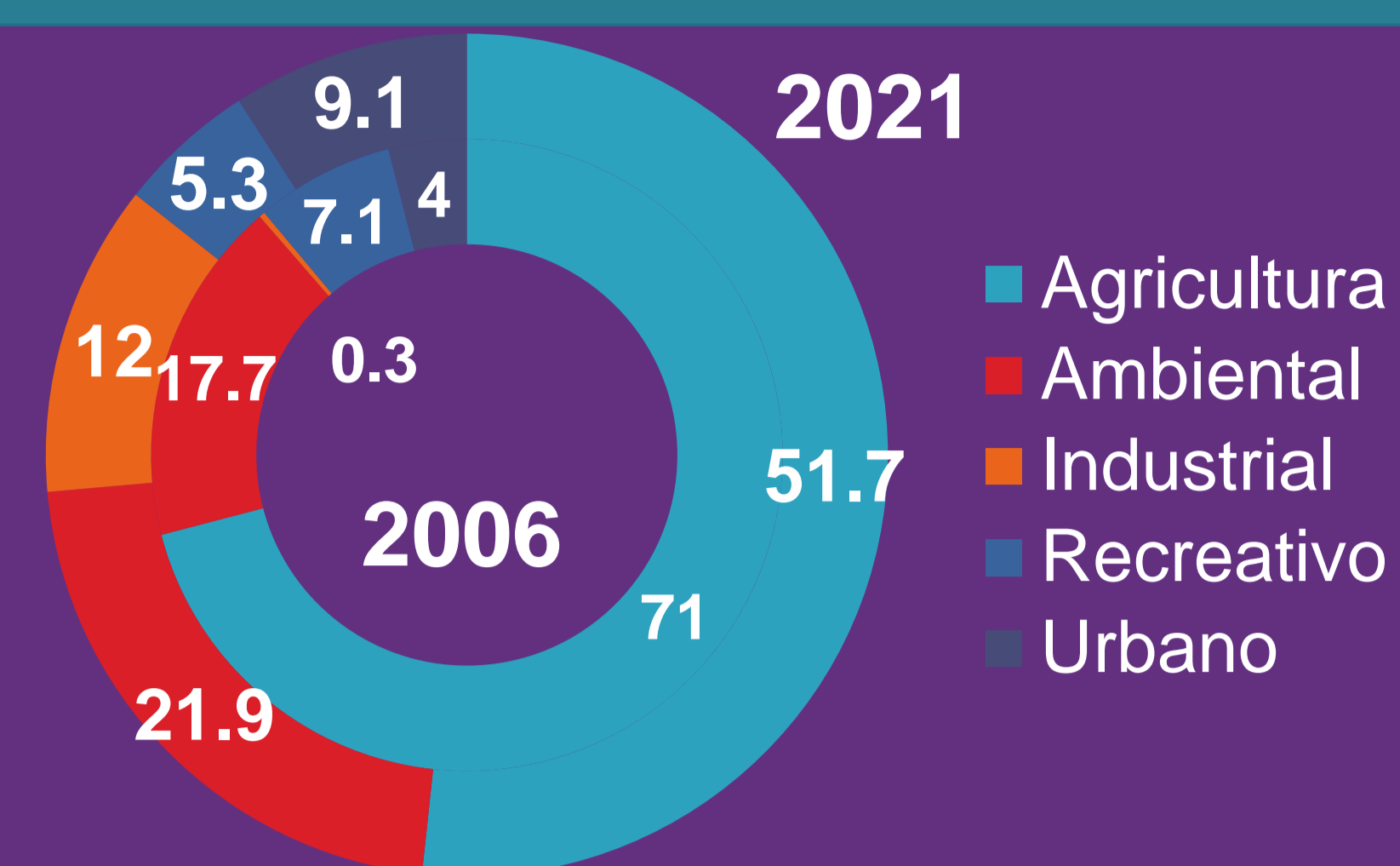


Figura 1. Usos del agua reutilizada en España 2006 y posibilidades en 2021 (Elaborada a partir del PNRA, 2010)

Estado de la reutilización de las aguas residuales en España

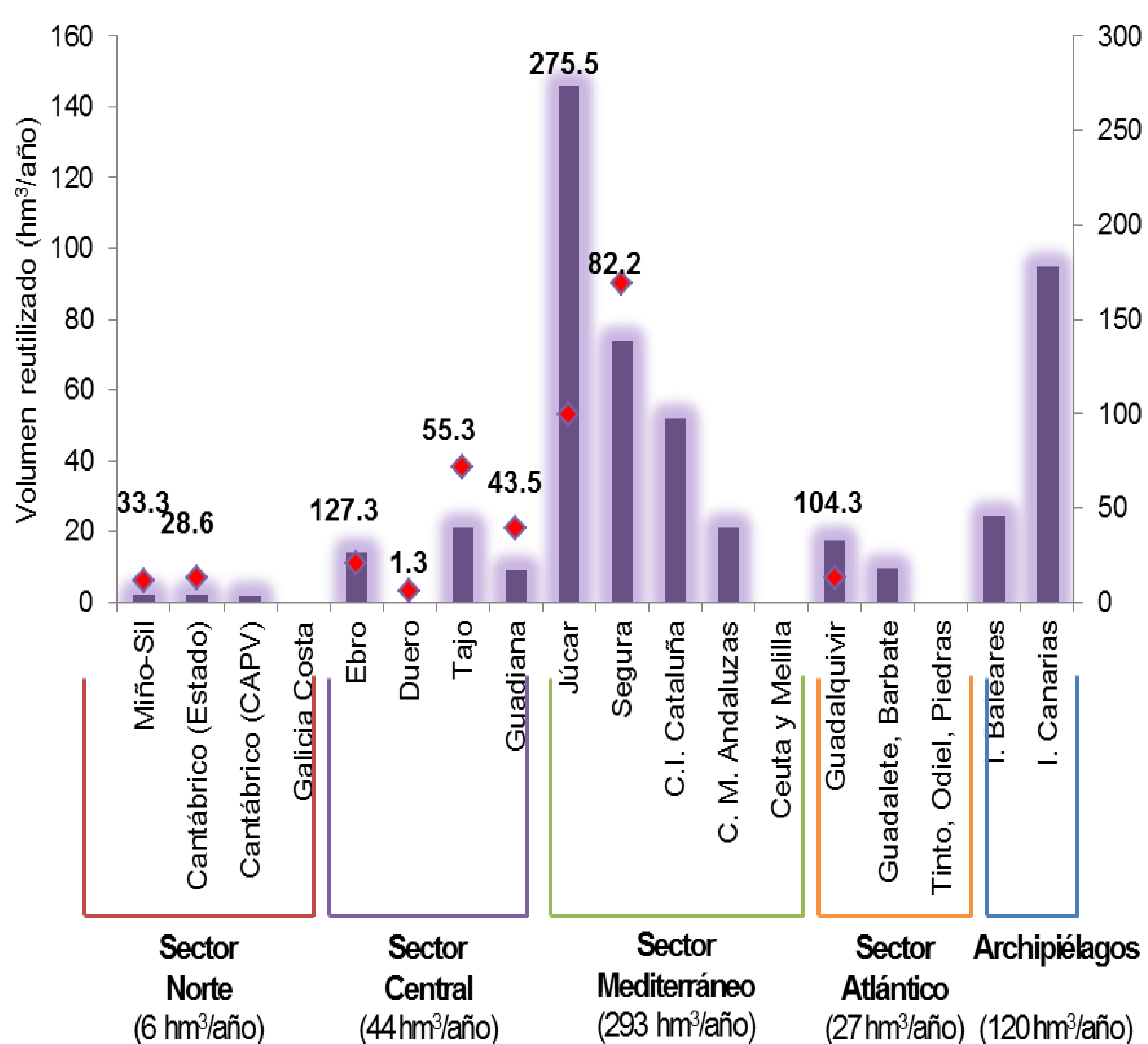


Figura 2. Estado de la reutilización en España por Demarcaciones Hidrográficas. (Elaboración propia a partir de la revisión de los PHC disponibles y publicados recientemente en 2013 y 2014).

Sector Norte: escasa reutilización, debido en parte a una pluviometría favorable.

Sector Central: cuencas hidrográficas de gran extensión con una fuerte regulación, con déficit. Estado peor que bueno en sus masas de agua (DMA).

Sector Mediterráneo: La escasez de recursos y la fuerte demanda urbana (turístico), industrial y agrícola ha potenciado la reutilización.

Sector Atlántico: cuencas con déficit y reutilización fundamentalmente para uso agrícola y recreativo (campos de golf)

Archipiélagos: explotación de recursos por masas de agua subterránea obligan a desalación y reutilización.

Casos prácticos

España dispone de **322 instalaciones de reutilización**, con un objetivo de **1000 hm³/año en 2021** (más del doble que en 2009) (CEDEX, 2008, 2012; PNRA, 2010; Puig, A., 2012).

Uso industrial

- **Papelera Holmen Paper** (Comunidad de Madrid) que ha conseguido sustituir el 100% de las aguas potables del CYII por la red de reutilización, lo que supone un ahorro de 4 hm³/año.
- **Polo Químico de Tarragona**, las EDAR de Vilaseca y Tarragona reutilizan 7 hm³/año, con ampliación hasta 20 hm³/año.

Uso urbano

- **Plan Dpura (2010)** de la Comunidad de Madrid que ha supuesto un ahorro de agua potable de 22,7 hm³/año, fundamentalmente para riego de zonas verdes públicas y baldeo de calles.

Todos los usos

- **Delta del Llobregat** (Cataluña), cuyas EDAR han supuesto un total de casi 45 hm³/año de aguas regeneradas, con aplicación ambiental en caudales ecológicos y recarga del nivel freático para la lucha contra la intrusión salina, entre otros usos.

Contaminantes emergentes y técnicas de eliminación

Los CE más comunes en efluentes finales de EDAR/ERAR (Gómez et al., 2007) son: **ibuprofeno, paracetamol, cafeína, diclofenaco, Bisfenol A, codeína, permetrina, etc.** Agrupados por familias serían (Pérez et al., 2010): **P. Farmacéuticos > alquilfenoles (detergentes) > pesticidas > drogas ilícitas >> estrógenos** También microorganismos patógenos como enterovirus, *Cryptosporium* y *Giardia*, entre otros, que son muy resistentes a los procesos de desinfección tradicionales.

La base de datos europea "Norman Network" (www.norman-network.net) recopila contaminantes emergentes, técnicas de detección y monitorización, además de forma georreferenciada.

Contaminantes emergentes: prod. farmacéuticos, disruptores endocrinos, productos de higiene personal, microorganismos patógenos

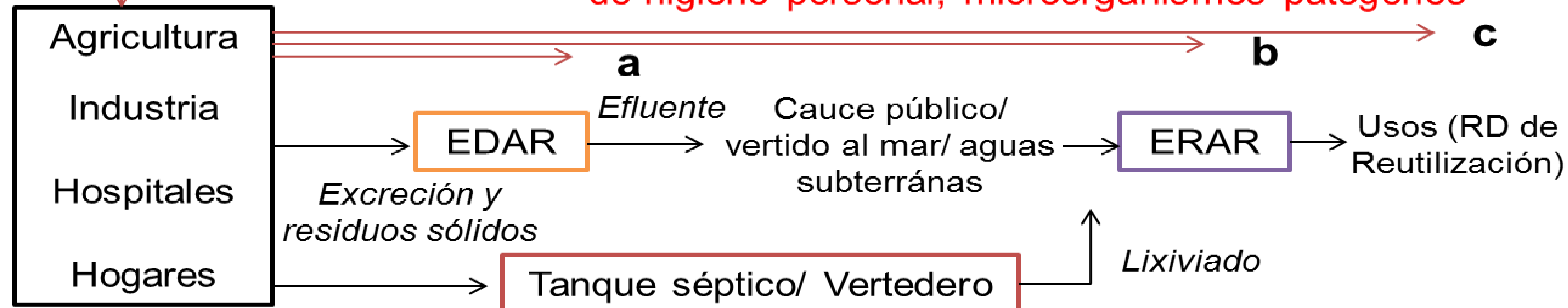


Figura 3. Rutas de exposición y eliminación de los contaminantes emergentes: a) en EDAR, b) en ERAR, c) concentración residual que supera los niveles anteriores, persiste en el medioambiente y es susceptible de reincorporarse en algún uso. (Elaboración propia).

Tecnologías de tratamiento	Eficiencia media de eliminación (%)
Fangos Activos (FA)	70 % (EPA, 2010)
Carbón Activo (CA)	60 % (EPA, 2010)
Desinfección por Cloro	65 % (EPA, 2010)
Desinfección por UV	76 % (EPA, 2010)
Desinfección por Ozono	88 % (EPA, 2010)
Ósmosis Inversa	95 % (EPA, 2010)
Procesos de Activos de Oxidación (PAOs)	90 % (Liang et al, 2013)
MBR ó Biorreactores de membrana	>90 % contaminantes orgánicos (Trinh et al, 2012) 24-68 % prod. farmacéuticos (Trinh et al, 2012) 52-95 % prod. cuidado personal (Forrez et al, 2011) ↑ microorganismos patógenos (Radjenovic et al., 2007)

Tabla 2. Tecnologías de tratamiento y porcentaje de eliminación de contaminantes emergentes (Elaboración propia).

Conclusiones Todas las demarcaciones hidrográficas incorporan como recurso no convencional la reutilización de aguas residuales (destacan las DH del arco mediterráneo y archipiélagos). Se han establecido objetivos de incremento en el volumen de reutilización para el segundo ciclo de planificación 2015-2021, aunque el PNRA sigue en fase borrador.

El efluente final de una EDAR/ERAR contiene aún una gran variedad de contaminantes convencionales y específicos o emergentes, en amplios rangos de concentración. El RD de Reutilización no recoge los CE. Se ha comprobado que los PAOs (i.e.: fotocatalisis TiO2) son bastante eficaces en la eliminación de la mayoría de ellos.

Bibliografía

- CEDEX. 2008. Realización de una base de datos sobre los sistemas de reutilización de aguas depuradas en España, Madrid.
- CEDEX. 2012. Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua.
- Consulta de los Planes Hidrológicos (recientemente aprobados): <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/planificacion-hidrologica/planes-cuenca/>
- Consulta del borrador del Plan Nacional de Reutilización (PNRA): <http://www.magrama.gob.es/es/agua/participacion-publica/pnra.aspx>
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- Gómez, M.J., Martínez Bueno, M.J., Lacorte, S., Fernández-Alba, A.R. Agüera, A. 2007. Pilot survey monitoring pharmaceuticals and related compounds in a sewage treatment plant located on the Mediterranean coast. Chemosphere, Volume 66, Issue 6, pp. 993-1.002
- MAGRAMA. 2010. Guía para la Aplicación del R.D. 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas.
- Puig, A. 2012. Reutilización de las Aguas Residuales. Exposición "Entre ríos anda el juego".
- Real Decreto 1620/2007, por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas.
- United States Environmental Protection Agency (2010) Treating contaminants of emerging concern: a literature review database. United States Environmental Protection Agency, Washington, DC