

Reutilización y sostenibilidad: el aprovechamiento de las aguas grises y las aguas pluviales

Ana Arahuetes Hidalgo^{1,2}

1. INTRODUCCIÓN

La evolución de las civilizaciones y sus asentamientos ha girado siempre en torno a la necesidad de fuentes de suministro de agua. Aun así existe un gran número de regiones donde los recursos hídricos destacan por su insuficiencia. Este déficit está principalmente generado por las condiciones climáticas de la zona, caracterizadas normalmente por su aridez, que repercuten en una incapacidad para cubrir las demandas que se requieren para los diferentes usos, generalmente como resultado de una intensificación de las prácticas y el consiguiente incremento de las necesidades hídricas. A esta situación hay que unir los nuevos escenarios previstos con motivo de los efectos del cambio climático que pronostican un empeoramiento de la situación, considerándose la adaptación a estos nuevos escenarios como uno de los mayores retos sociales a escala mundial (IPCC, 2014). A nivel nacional, y más concretamente en la fachada mediterránea, estos efectos se manifestarán, de acuerdo con los modelos predictivos, en una disminución de la precipitación y un aumento en su variabilidad, tanto temporal como espacial (AEMET, 2015), así como en un incremento de los eventos extremos (IPCC, 2008; Miranda, 2008). Por lo tanto se prevé que las regiones situadas en el litoral Mediterráneo sean especialmente sensibles a los efectos de estos cambios en los patrones de precipitación (ESPON-Climate, 2013), debido tanto a la escasez natural de lluvias como a unas demandas de agua que han sido crecientes en las últimas décadas del siglo XX (debido al desarrollo urbano-turístico y al incremento de las áreas de regadío), aunque los consumos, al menos los urbanos, se hayan moderado e incluso reducido desde mediados de la pasada década (Gil et al., 2015).

Como consecuencia de este patrón, caracterizado por un marcado déficit hídrico y unas fuertes demandas, en gran número de regiones se está desencadenando un estado de crisis hídrica, que llega a trascender a nivel mundial. Es por ello que la necesidad de encontrar nuevas fuentes de agua ha quedado patente a lo largo de los años (March et al., 2015; March, 2013), considerándose, debido a ello, las fuentes no convencionales como una alternativa viable para aumentar el recurso. Se consideran “recursos no convencionales” a aquellos que no proceden del ciclo natural hidrológico; siendo las más extendidas la desalación y la reutilización. Esta última se puede realizar con aguas procedentes de diferentes orígenes: aguas residuales, aguas pluviales o aguas grises. La reutilización de las aguas depuradas se posiciona como una fuente adicional de agua a tener en cuenta en la gestión integral y global de los recursos hídricos (Pérez y Vallverdú, 1995) y es la más extendida dentro de las aguas reutilizadas.

¹ Instituto Interuniversitario de Geografía, Universidad de Alicante, ana.arahuetes@ua.es

² Este artículo se inserta en una Beca pre-doctoral de Formación de Personal Investigador del Programa Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (FPI) y en el Proyecto de Investigación “Uso y Gestión de recursos hídricos no convencionales en el litoral de las regiones de Valencia y Murcia como estrategia de adaptación a la sequía” (CSO2015-65182-C2-2-P) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad.

Es la reutilización de aguas pluviales y aguas grises en la que se centra esta comunicación. Si bien no cuentan con un uso histórico tan dilatado como la reutilización de las aguas residuales y su regularidad y cantidad no sean constantes, están ganando trascendencia a pequeña escala a la vez que proporcionan una alternativa sostenible de cara a la gestión de los recursos hídricos.

2. MARCO HISTÓRICO Y NORMATIVO

La reutilización de aguas residuales tratadas, como alternativa a la escasez de los recursos hídricos, es una práctica cuyas primeras evidencias datan de la Grecia Antigua (Seguí, 2004). Esta evolución en la reutilización ha sido posible gracias a la implementación de los sistemas de saneamiento y tratamiento de aguas que se ha ido adoptando con el paso del tiempo. Investigadores como Angelakis y Spyridakis (1996), Asano y Levine (1996) o Asano (2001) ponen de manifiesto en sus publicaciones este devenir histórico; identificando, asimismo, tres etapas en el desarrollo de la regeneración y reutilización de aguas residuales: 1) la época comprendida entre el 3000 a.C. y 1850, que correspondería a la época inicial de los sistemas de agua y saneamiento; 2) Entre 1850 y 1950, en la que se registró un gran avance sanitario; y 3) a partir de 1960 que se considera la época de la regeneración, la reutilización y el reciclaje de aguas residuales. Ligada a esta evolución de la reutilización de las aguas residuales se encuentra la reutilización de las aguas grises.

El agua de lluvia ha sido desde siempre un recurso básico para la humanidad y es por ello que existen muchos registros de civilizaciones que a lo largo de la historia han recurrido a ellas, la mayor parte de las veces como consecuencia de la aridez climática, desarrollando e impulsando sistemas de recogida y almacenamiento de aguas pluviales para su posterior uso. Los *chultunes* del Imperio Maya, el *impluvium* romano, los *aljibes* árabes o los milenarios *shuijiao* en China son algunos de los ejemplos que mejor ilustran como culturas muy diferentes han empleado diferentes técnicas de aprovechamiento de aguas pluviales con el objetivo de solucionar la falta de agua (Fernández, 2009).

Un pilar fundamental en la gestión de las aguas regeneradas, y sin el que esta evolución no habría sido posible, es la legislación que regula tanto la depuración como la reutilización a nivel europeo. El endurecimiento de estas normativas durante los últimos años, las fuertes multas económicas que imponen ante su incumplimiento unido al incremento de la demanda son los factores que explican que tanto el volumen de caudales depurados, como su calidad, se haya incrementado notablemente durante los últimos años. Por lo tanto el marco político-administrativo de la reutilización se organiza jerárquicamente desde la escala europea a través de la Directiva Marco del Agua 2000/60/CEE, del 22 de diciembre, donde establece el buen estado de las masas de agua, protegiendo así los ecosistemas ligados a ellas. Esta Directiva nace como respuesta a la necesidad de unificar las actuaciones relativas a la gestión de aguas de los países que conforman la Unión Europea (Pérez et al, 2014). Además la Directiva 271/91/CEE sobre el tratamiento de aguas residuales define los sistemas de recogida, tratamiento y vertido de las aguas residuales urbanas. A nivel nacional la Ley de Aguas de 1985 estableció las pautas para la aprobación del Plan Nacional de Depuración (1995) y posteriormente el Plan Nacional de Calidad (2006).

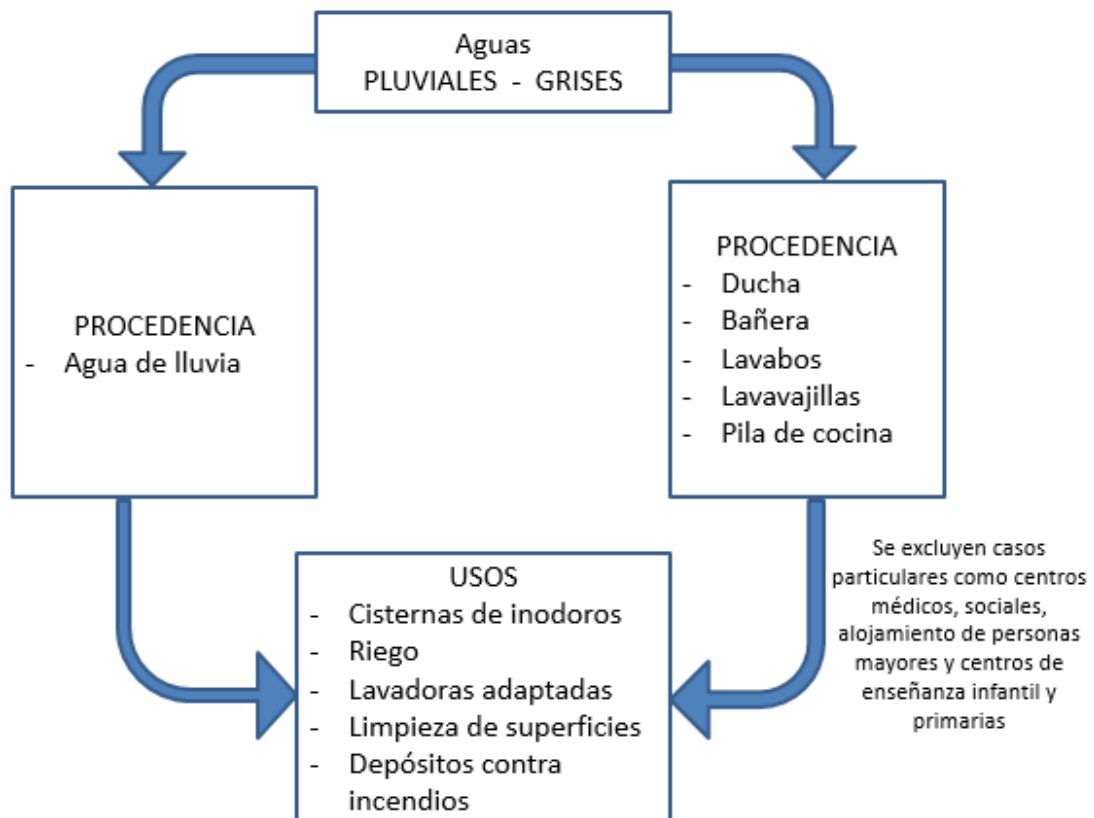
En lo relativo a la normativa relacionada con la gestión de la reutilización existen ciertos vacíos legales sobre esta temática en la legislación europea, aplicándose en este caso la normativa nacional. En España, la normativa que regula la gestión y reutilización de las

aguas residuales es el Real Decreto 1620/2007, a través del cual se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. Pero la situación cambia para la reutilización de otros tipos de aguas. Uno de los principales problemas al que se enfrenta la reutilización tanto de las aguas pluviales como de las aguas grises es la falta de un marco legal que las regule. No existe ninguna normativa europea sobre el aprovechamiento de las aguas pluviales. Así como no existe ninguna normativa estatal, autonómica o local sobre criterios de calidad sanitaria para la reutilización de aguas pluviales o de aguas grises (Soriano, 2012). Tampoco se contempla las instalaciones de reutilización de aguas grises ni pluviales en el Código Técnico de Edificación. Aunque si existen a nivel nacional unos documentos de referencia y consulta elaborados por AQUA España en 2011 que son la “Guía técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios” y la “Guía española de recomendaciones sobre las aguas grises recicladas”. Esta falta de amparo legal limita su implantación y desarrollo.

3. REUTILIZACIÓN DE AGUAS PLUVIALES Y AGUAS GRISES

Dentro del concepto de “reutilización de agua”, como se ha comentado anteriormente, se incluyen otras dos fuentes de aguas, además de las residuales, como son las aguas pluviales y las aguas grises, con un gran potencial de uso. En la Figura 1 se representa de forma esquemática la procedencia y usos a los que se pueden destinar las aguas pluviales y las aguas grises, una vez reutilizadas.

Figura 1. Procedencia y uso de las aguas pluviales y grises



Fuente: Soriano, 2012 y AQUA España, 2011. Elaboración propia

Una alternativa de reutilización con gran potencial es el agua de lluvia, ya que para su colecta sólo se requiere de un sistema de captación. Este sistema tiene ciertas ventajas

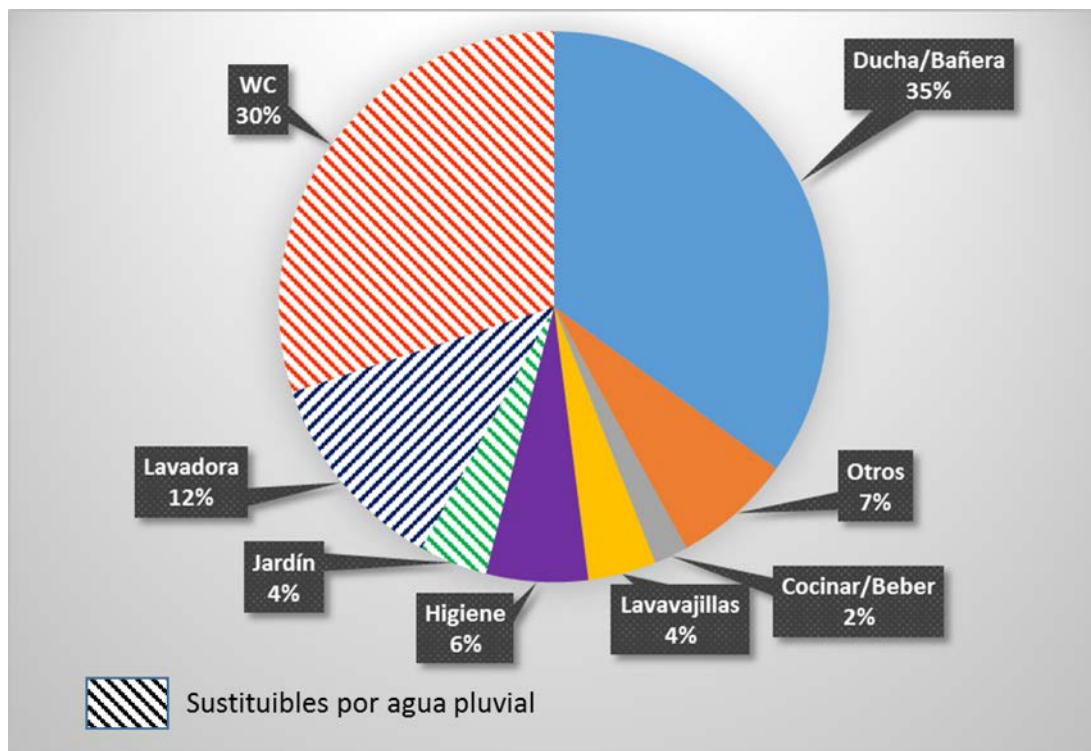
como un ahorro de energía, ya que se evita todo el proceso de extracción, sistema de distribución y bombeo para su transporte al área de suministro y el tratamiento requerido para garantizar la calidad adecuada para el uso doméstico es relativamente barato ya que se consideran aguas limpias en comparación con otras aguas dulces. Si es cierto que a la hora de hablar de grandes depósitos de almacenamiento de agua de lluvia, como los tanques de tormenta, el precio de la instalación se incrementa. Otra desventaja es que la disponibilidad de agua se limita a las temporadas de precipitación altas y varía para cada región del país, además depende del tamaño del área de captación y del tamaño de cisterna de la edificación en caso de ya estar implementada (Rojas-Valencia *et al.*, 2012).

En España, los sistemas de aprovechamiento de aguas pluviales han ganado en grado de aceptación durante los últimos años, si bien en otros países de Europa como Alemania, Francia, Reino Unido o los países escandinavos, estos sistemas hace décadas que son impulsados y regulados legalmente por las instituciones gubernamentales y conceden subvenciones a los ciudadanos que deseen instalar un depósito en su vivienda, además de establecer normativas estrictas en cuanto a su integración en edificaciones de nueva obra incrementando su sostenibilidad. La proliferación de estas técnicas en algunos países que no registran déficit hídrico se debe a diversos factores. Por un lado, son países con un elevado nivel de desarrollo económico e industrial. Además cuentan con una dilatada tradición en la aplicación de criterios de sostenibilidad y se caracterizan por una notable concienciación ecológica y cívica. También habría que mencionar el hecho de que el precio del agua en esos países llega en algunos casos hasta triplicar el precio medio en España (Albiol y Bru, 2013). Y por último, la implantación de estos sistemas de captación de aguas pluviales está vinculada a la mitigación de los efectos (inundación) producidos por episodios de lluvias de fuerte intensidad. Este último factor es el que ha llevado a la implementación de sistemas, principalmente urbanos, de recolección de agua como los depósitos o los SUDS (sistemas de drenaje urbano sostenible) (Melville-Shreeve *et al.*, 2016), de gran importancia en países como Reino Unido, siendo Escocia el mejor ejemplo; o en Dinamarca, con un plan urbanístico anti-inundaciones para la ciudad de Copenhague (The city of Copenhagen, 2012).

En el litoral Mediterráneo, caracterizado por un régimen de lluvias irregular, y donde es habitual la alternancia de períodos de sequía con eventos de lluvias torrenciales, los sistemas de aprovechamiento de aguas pluviales proporcionan una solución viable de cara a afrontar situaciones como los cortes de agua o las restricciones de uso (prohibición de regar jardines, etc.). Mientras que el uso de aguas pluviales en el interior de viviendas en edificios ya construidos supone una cierta dificultad de cara al diseño y ejecución del proyecto, el uso de este recurso natural para riego de jardines urbanos resulta considerablemente más sencillo, puesto que no existen tantas restricciones estructurales y/o espaciales y la instalación necesaria es relativamente sencilla y menos costosa. Pero el análisis de la viabilidad de estas propuestas no debe centrarse simplemente en los criterios económicos, debe también valorar criterios de sostenibilidad y aprovechamiento de recursos naturales (Fernández, 2009).

Frente al tradicional uso agrícola de estas aguas, el que presentan en la actualidad un mayor grado de aceptación es el urbano (Ajuntament de Barcelona, 2012). Asimismo, su potencial de desarrollo es muy importante. Como se recoge en la Figura 2, más del 40% de los usos a los que se destina el agua potable en las viviendas, podrían sustituirse por agua de lluvia, ahorrando de esta forma agua de mejor calidad para los usos más restrictivos desde el punto de vista de la calidad.

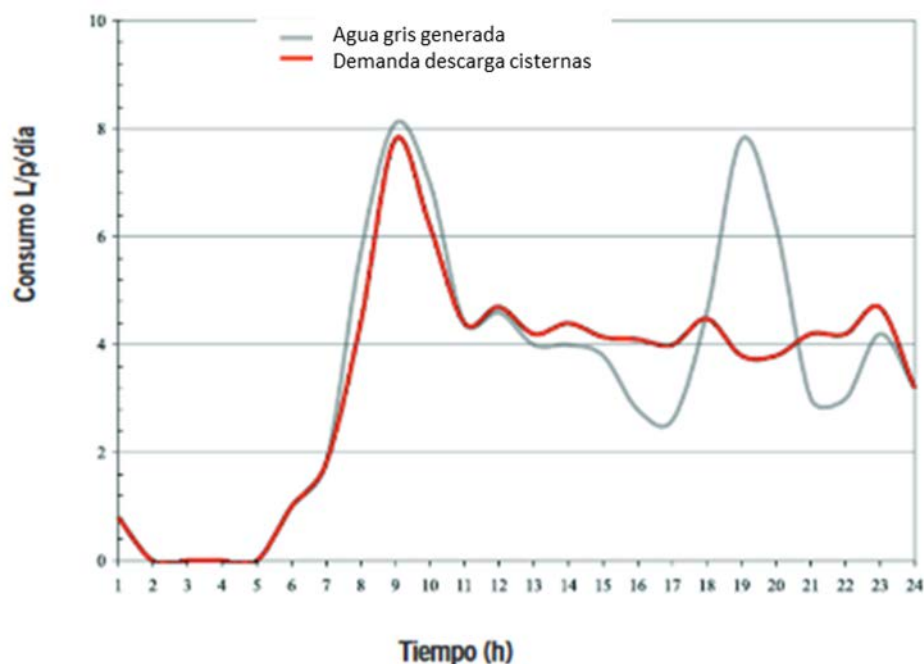
Figura 2. Usos domésticos del agua susceptibles de ser sustituidos por aguas pluviales



Fuente: Santa Cruz, 2007. Elaboración propia.

El otro tipo de aguas reutilizadas evaluadas en esta comunicación son las aguas grises. Se consideran agua grises a aquellas procedentes de los desagües de bañeras, lavabos, pilas de cocina, lavavajillas o lavadoras. Estas aguas se recolectan mediante una red destinada exclusivamente para ello y se almacena en unos depósitos donde reciben un tratamiento específico que permite su posterior reutilización. En la Figura 3 se observa como gran parte del agua que se usa para el inodoro podría sustituirse por agua gris tratada. Una cuestión, sin embargo, a tener en cuenta es el hecho de que el aporte de aguas grises y su consumo una vez tratadas son muy variables a lo largo del día. Es por ello que debe considerarse la instalación de un sistema de almacenamiento que optimice su aprovechamiento. De esta forma se podrá garantizar el suministro de agua tratada incluso en horas de baja producción de aguas grises (AQUA España, 2011). Un ejemplo a destacar a nivel nacional que apoya esta práctica es el realizado por el Ayuntamiento de Sant Cugat (Barcelona) que, desde 2008, contempla unas subvenciones dirigidas a la mejora de los sistemas de aprovechamiento de aguas grises en edificios plurifamiliares.

Figura 3. Agua gris generada y demanda de agua tratada en la descarga de cisternas de inodoros



Fuente: Surendran y Wheatley, 1998

Como se ha señalado con el uso de las aguas pluviales, un alto porcentaje de las aguas que se necesitan en un domicilio podrían ser sustituidas por aguas grises tratadas. Su uso más común es para las cisternas de los inodoros, ya que la calidad requerida es muy baja, aunque también se emplean para el riego de zonas verdes o en la limpieza de exteriores (Rodríguez, 2015). Se considera que reutilizando las aguas grises para las cisternas de los inodoros se podría ahorrar en torno a 50 litros por persona y día. Si este sistema se implanta en hoteles o instalaciones deportivas podría llegar a suponer un ahorro del 30% del agua consumida (Rodríguez, 2015).

Los sistemas para la reutilización de aguas grises están siendo cada vez más demandados para su uso en viviendas unifamiliares, comunidades de vecinos, instalaciones deportivas como campos de fútbol o piscinas, hoteles, centros comerciales y universidades. Los equipos de reutilización se instalan en el sótano o el tejado. Requiere de unos bidones donde se recolecta y trata las aguas grises y un sistema de tuberías para su recolecta y posterior distribución. Pero la implantación de sistemas de reutilización no sólo implica un ahorro del recurso, sino también un ahorro económico, como se refleja en la Figura 4.

Figura 4. Comparativa económica ante el uso, o no uso, de sistemas de reutilización de aguas grises (2007)

Consumos de agua ANUAL:	Una persona	Familia 4 personas
SIN sistema de reutilización de aguas grises (litros)	54.750	219.000
<i>Coste</i>	38,32 €	153,30 €
CON sistema de reutilización de aguas grises (litros)	30.112,5	120.450
<i>Coste</i>	21,08 €	84,32 €
AHORRO TOTAL EN 1 AÑO	17,24 €	68,98 €
AHORRO TOTAL EN 17 AÑOS	293,08 €	1172,66 €

Fuente: Santa Cruz, 2007

El uso de aguas grises conlleva una serie de ventajas a tener en cuenta (Tomás, 2013). Se obtiene una calidad de agua apropiada y constante gracias al tratamiento por rayos ultravioleta, comúnmente empleado. Cuenta con un diseño compacto y poco voluminoso que se puede ajustar fácilmente en las edificaciones, ya sea en el exterior o en un sótano o garaje. La instalación de estos dispositivos es sencilla y su funcionamiento práctico. Como se ha comentado puede recibir subvenciones, en función del municipio por lo que simplemente habría que invertir en unos gastos mínimos de instalación puesto que el funcionamiento totalmente automático gracias a la unidad central de control y al sistema de autolavado. Es un mecanismo eficaz y seguro ya que el proceso, en algunos casos, no emplea sustancias químicas. Además es silencioso y no produce olores. Requiere unos gastos mínimos de mantenimiento ya que utiliza componentes de larga durabilidad. Por lo tanto se produce una rápida amortización.

4. PERSPECTIVAS DE FUTURO Y CONCLUSIONES

A tenor de la insuficiencia hídrica que padece un gran número de regiones como consecuencia de las condiciones climáticas (aridez) y la demanda hídrica, y con el agravante de los escenarios pronosticados debido al cambio climático, queda patente la necesidad de encontrar fuentes alternativas de agua. Es por ello que los recursos no convencionales, como es la reutilización, cobran especial importancia en los procesos de gestión hídrica. Aunque la reutilización de aguas residuales se contemple como la más extendida y con mayor potencial, no hay que olvidar la reutilización de otras aguas como son las grises y las pluviales, que a menor escala pueden fomentar el uso integral de los recursos hídricos disponibles y una gestión sostenible del recurso. Estas prácticas aún son recientes en España, pero en otros países de Europa su práctica está muy extendida, con organismos gubernamentales totalmente concienciados que promueven mediante subvenciones su práctica

Mediante la reutilización de esta agua se puede llevar a ahorrar un 40% del agua consumida en los hogares, sustituyendo aguas de mejor calidad que anteriormente se empleaban para descargas de cisternas o riego de jardines. Pero para conseguir este objetivo se requiere de un marco legal que regule el uso e implantación de los sistemas de reutilización de aguas grises y aguas pluviales, tanto a nivel europeo como a nivel nacional o autonómico, inexistente en la actualidad.

5. BIBLIOGRAFÍA

- AEMET (2015): “Proyecciones Climáticas para el siglo XXI en España”. Disponible en: http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat
- AJUNTAMENT DE BARCELONA (2012): “Aprovechamiento de aguas pluviales para el consumo doméstico”
- ALBIOL, C. y BRU, A. (2013): “Estudio sobre el precio del agua en España”, *Aquae Papers*, nº 1, 44p.
- ANGELAKIS, A. y SPYRIDAKIS, S. (1996): *The status of water resources in Minoan times: a preliminary study*. Angelakis and Issa Editors, “Diachronic Climatic Impacts on Water Resources in Mediterranean Region”. Springer-Verlag, Heidelberg, Alemania.
- AQUA ESPAÑA (2011): “Guía técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios”, 17 p.
- ASANO, T. (2001): “Water from (waste) water – The dependable water resource (The 2001 Stockholm Water Prize Laureate Lecture)”. *Water Science & Technology*, Vol. 45, nº 8, pp. 23-33.
- ASANO, T y LEVINE, A. (1996): “Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse: Past, Present and Future”, *Water Science and Technology*, vol. 33, nº 10-11, pp. 1-14.
- THE CITY OF COPENHAGEN (2012): Cloudburst Management Plan.
- ESPON-Climate (2013): “Climate Change and Territorial Effects on Regions and Local Economies in Europe”. Disponible en: http://www.espon.eu/main/Menu_Projects/Menu_AppliedResearch/climate.html
- FERNÁNDEZ, I. (2009): “Aprovechamiento de aguas pluviales”. Proyecto Fin de Carrera. Universidad Politécnica de Catalunya.
- GIL OLCINA, A.; HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, M.; MOROTE SEGUIDO, A.F.; RICO AMORÓS, A.M.; SAURÍ PUJOL, D.; MARCH CORBELLA, H. (2015): *Tendencias del consumo de agua potable en la ciudad de Alicante y Área Metropolitana de Barcelona 2007-2013*. Hidraqua, Gestión Integral de Aguas de Levante S.A. y Universidad de Alicante, 164 p.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, IPCC. (2008): *El Cambio Climático y el Agua*. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Ginebra, 224 p.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, IPCC. (2014): “Climate Change 2013 and climate change 2014 (3 vols.)”. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/>
- MARCH, H. (2013): “Taming, controlling and metabolizing flows: Water and the urbanization process of Barcelona and Madrid (1850–2012)”, *European Urban and Regional Studies*, 0(0), p. 1-18.

- MARCH, H.; HERNÁNDEZ, M.; SAURÍ, D. (2015): “Percepción de recursos convencionales y no convencionales en áreas sujetas a estrés hídrico: el caso de Alicante”, *Revista de Geografía Norte Grande*, nº60, p. 153-172.
- MELVILLE-SHREEVE, P.; WARD, S.; BUTLER, D. (2016): “Dual-Purpose Rainwater Harvesting System Design”, *Sustainable Surface Water Management: A Handbook for SuDS* (eds S. M. Charlesworth y C. A. Booth), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK.
- MIRANDA, J. D. (2008): Cambios climáticos y patrones de precipitación: efecto sobre las comunidades vegetales semiáridas, *Ecosistemas*, Vol. 17, nº 3, pp. 161-165.
- RODRÍGUEZ, J. (2015): “Reutilizar el agua”, *Ecología de la vida cotidiana, Agua*, Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente
- ROJAS-VALENCIA M. N.; GALLARDO-BOLAÑOS, J. R.; MARTÍNEZ-COTO, A. (2012): “Implementación y caracterización de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia”, *TIP*, Vol. 15, nº 1, pp. 16-23.
- PÉREZ, A.; GIL, E.; GÓMEZ, J. M. (2014): “Las aguas regeneradas como recurso para los regadíos de la Demarcación Hidrográfica del Segura”, *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, nº64, pp. 151-175.
- PÉREZ, J.; VALLVERDÚ, A. (1995): “Reutilización de aguas residuales en la ciudad de Almería en los regadíos del Bajo Andarax”, *II Seminario “El Agua presente y futuro: gestión y uso de los recursos hídricos”*, Instituto de Estudios Almerienses.
- SANTA CRUZ, J. (2007): “Viabilidad del aprovechamiento de las aguas residuales generadas en los edificios”, Proyecto Final de Carrera, Universidad Politécnica de Madrid.
- SEGUÍ, L. A. (2004): “Sistemas de regeneración y reutilización de aguas residuales. Metodología para el análisis técnico-económico y casos”. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, Departament d’Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia.
- SORIANO, A. (2012): “Reutilización de aguas grises y vertido de aceites usados en la red de evacuación”, *Jornada sobre gestión de los aceites usados de cocina y su aprovechamiento con fines energéticos en el marco del proyecto oileco*, Madrid.
- SURENDRAN, S. y WHEATLEY, A. D. (1998): “Grey-water reclamation for non-potable re-use”, *Water and Environment Journal*, Vol. 12, nº 6, pp. 406-413.
- TOMÁS, V. (2013): “Estudio de propuestas para la mejora de la eficiencia energética en una vivienda unifamiliar”, Proyecto Fin de Máster, Universitat Jaume I.