

## Tendencias en el consumo de agua y sus fuentes de suministro en espacios de estrés hídrico: estudio de casos

Trends in water consumption and its sources of supply in water stress spaces: case studies

\*\*\*

Recibido: 19/06/2023 – Aceptado: 23/09/2023

### Miguel B. Bernabé-Crespo

Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, España  
miguelb.bernabe@uam.es

### Alejandro Vallina Rodríguez

Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, España.  
alejandro.vallina@uam.es

### Laura García Juan

Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, España.  
laura.garciaj@uam.es

### Antonio J. Palacios García

Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, España.  
antonio.palacios@uam.es

### Concepción Camarero Bullón

Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, España.  
concepcion.camarero@uam.es

#### Resumen

Los efectos del cambio climático hacen prever una mayor variabilidad y reducción en cuanto a los recursos de aguas superficiales, algo que sumado al aumento de población en zonas costeras plantea desafíos de cara a garantizar el suministro de agua potable. En este trabajo se estudian casos de España (Sureste y Madrid), Estados Unidos (Los Ángeles) y Australia (Sídney), que comparten el reto de garantizar el suministro de agua a una población creciente, en un contexto de adaptación al cambio climático. Se realiza un estudio de las fuentes de suministro que abastecen a cada espacio, con datos de los organismos distribuidores de agua en cada espacio. Tomando el número de habitantes, el estudio muestra que el consumo per cápita se ha reducido en los tres espacios, aunque con notables diferencias, siendo casi el doble en Los Ángeles que en el caso español.

**Palabras clave:** abastecimiento de agua; recursos hídricos locales; desalación; trasvases

#### Abstract

The effects of climate change predict greater variability and reduction in surface water resources, which, in addition to the increase in population in coastal areas, poses challenges in order to guarantee the supply of drinking water. This paper studies cases from Spain (Southeast and Madrid), the United States (Los Angeles) and Australia (Sydney), which share the challenge of guaranteeing water supply to a growing population, in a context of adaptation to climate change. A study of the supply sources of each space is carried out, with data from the water distribution agencies in each space. Taking the number of inhabitants, the study shows that per capita consumption has been reduced in the three spaces, although with notable differences, being almost double in Los Angeles than in the Spanish case.

**Keywords:** water supply; local water resources; desalination; water transfers

**Cita sugerida:** Bernabé-Crespo, M. et al (2023). Tendencias en el consumo de agua y sus fuentes de suministro en espacios de estrés hídrico: estudio de casos. *Coordenadas. Revista de Historia Local y Regional*. 10(2), 100-119.

## Introducción

En la adopción de la Agenda 2030, las Naciones Unidas recogen como uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) el número 6, llamado “Agua limpia y saneamiento”. La Asamblea destaca que 3 de cada 10 personas carecen de acceso a servicios de agua potable seguros, a la vez que indica que el 40 % de la población mundial está afectada por la escasez de agua, situación que se estima va en aumento en el futuro cercano (UNGA, 2015). En un contexto de cambio climático, el IPCC (2013) proyecta precipitaciones más variables y escasas en determinadas regiones del planeta, aumentando su irregularidad y comprometiendo la garantía del abastecimiento de agua. Estas premisas motivan la creciente conciencia de la necesidad de diversificar la oferta de recursos y aumentar su sostenibilidad, combinándolo con la inexorable conservación del agua y la eficiencia del recurso, para poder atender las necesidades presentes y futuras de una población creciente. Esta última consideración acarrea notable importancia, pues la concentración de la población -tanto en las grandes ciudades como en las zonas costeras- constituye un reto en lo referente al aprovisionamiento de los recursos que consume una elevada densidad de individuos.

Resulta evidente que consumir los recursos propios sea la opción natural para el consumo humano de agua: este incluye el agua local de ríos, manantiales, acuíferos y también la recolección de agua de lluvia en cisternas o depósitos. Existe un gran patrimonio hidráulico en aquellas regiones con escasez histórica de agua, mostrando los ingenios para captar caudales reducidos y maximizar su eficiencia (Gómez-Espín y Hervás, 2012). La revitalización de las infraestructuras de acopio de agua se constata en iniciativas como la de BASIX en Sídney (*Building Sustainability Index*), consiguiendo ahorros de agua que varían del 9 % al 21 % (Ferguson, 2011; Soundtarajah et al., 2017). Igualmente, no se puede obviar que comporta unos riesgos como la presencia de contaminantes y, a menudo, es utilizada como agua urbana no potable para el riego de jardines o su uso en la industria. Sin embargo, la dependencia de un clima adverso limita la recolección de agua de lluvia, lo que propició la búsqueda de caudales foráneos y la petición de traída de aguas de cuencas cercanas (Bernabé-Crespo y Gómez, 2015). Surgen, de esta manera, los trasvases de aguas que conectan diferentes cuencas hídricas -cedente y receptora-, una solución instaurada en determinadas áreas como en California (Bernabé-Crespo y Loáiciga, 2019), pero que comporta tensiones en otras (Gil-Olcina, 1995; Gil-Meseguer et al., 2018).

Existe un creciente interés, apoyado en la evolución tecnológica, en incluir los llamados “nuevos recursos” en el portfolio de abastecimiento de aquellos lugares con escasez hídrica. Estos “nuevos recursos” pierden su matiz de novedad cuando se configuran como un sostén indispensable del abastecimiento de regiones secas, como es el caso del Sureste de España, donde pueden llegar a suponer casi la mitad de los volúmenes distribuidos (Rico et al., 1998; Bernabé-Crespo, 2022). Numerosos estudios señalan a la desalación como herramienta útil para mitigar la escasez de agua en regiones áridas y semiáridas (Crisp, 2012; Loáiciga, 2015; Morote et al., 2018; Bernabé-Crespo, 2020), aunque también conlleva ciertos problemas que deben tenerse en cuenta y que pueden limitar su implantación, bien sea por los ocasionados por la salmuera, el alto consumo eléctrico que implica emisiones contaminantes o la reticencia de aceptación social, ambiental y económica (Cooley et al., 2013; Liu et al. 2015; Heck et al., 2016; Clark et al.,

2018; Bernabé-Crespo et al., 2019; Speckhahn & Isgren, 2019). El otro “nuevo recurso” es la regeneración de las aguas residuales, también llamado “reciclaje de aguas” (Gil-Meseguer et al., 2019), no solo para su uso agrícola, urbano, deportivo y, en definitiva, usos no potables, sino también para el consumo de la población, como sucede en ciertas partes del mundo, como Singapur, Namibia o determinadas áreas de Estados Unidos o Australia, pudiendo hacerse de manera directa (*Direct Potable Reuse*) o indirecta (*Indirect Potable Reuse*) (Haarhoff & Van der Merwe, 1996; Rice et al., 2013; Lee & Tan, 2016; Khan & Anderson, 2018; Bernabé-Crespo et al., 2022). La mayor adversidad que presenta esta opción recae en superar el “*yuck factor*” y lograr la aceptación social (Schmidt, 2008).

Existe consenso en la necesidad de aumentar la eficiencia de los recursos para ayudar a la garantía de abastecimiento a las poblaciones, así como mantener los caudales naturales. En este aspecto, conocer el rendimiento de la distribución del agua es esencial para emprender mejoras en la red y evitar las pérdidas (Bernabé-Crespo et al., 2021). Conocer la gestión del abastecimiento de agua, la evolución de su consumo y la procedencia del recurso es indispensable para ayudar a los diferentes actores implicados a realizar una planificación que aumente la sostenibilidad y reduzca la vulnerabilidad. Con este propósito, el presente estudio pretende caracterizar la situación del abastecimiento de agua en cuatro espacios que comparten retos similares y que contribuyen a la dispersión de las experiencias transnacionales. Se trata de las grandes urbes costeras de Los Ángeles (California, Estados Unidos) y Sídney (Nueva Gales del Sur, Australia); Madrid, una metrópoli de clima mediterráneo situada en el interior de la Península Ibérica; y el Sureste de España, de carácter semiárido con “sequía estructural” y gran afluencia de población estival.

### **Consumo de agua en España: el Sureste de España y Madrid**

El Sureste de España es la región climática comprendida entre el Cabo de Gata y el Cabo de la Nao, delimitada por el interior por la isoterma de más de 16 °C de temperatura media anual y la isoyeta de menos de 400 mm de precipitación total anual (Gil-Olcina, 1993 y 2009; Gil Meseguer, 2014). Como ejemplo, en la ciudad de Cartagena, tomando como periodo 1864-2019, el promedio de precipitación anual es de 293,60 mm. En los últimos diez años (2010-2019), la media se sitúa en 301,29 mm, con notables diferencias entre años secos (en 2014 se acumularon 178 mm) y años más húmedos (en 2019 se llegaron a los 477,7 mm). Esta situación impide la presencia de cursos de agua con caudal continuo y la red hidrográfica está constituida por ríos-rambla, únicamente contando con la presencia del río Segura al situar su cabecera fuera de la región del Sureste, en las sierras de Albacete y Jaén, por lo que podría considerarse como un curso alóctono. En este contexto de penuria hídrica surge, tras numerosos intentos, la Mancomunidad de Canales del Taibilla (MCT) como ente encargado del abastecimiento en esta región. La MCT distribuye actualmente el agua en alta a 80 municipios de las provincias de Murcia, Alicante y Albacete, llegando en 2020 a abastecer a más de 2,5 millones de personas.

La procedencia de sus aguas es variada, ya que cuenta con los aportes del río Taibilla, las aguas provenientes del Acueducto Tajo – Segura, que llegan hasta el embalse del Talave (Imagen 1), y los aportes producto de la desalación, además de esporádicos

volúmenes extraordinarios procedentes de acuerdos de cesiones de derechos al uso de agua o de extracción de pozos de sequía.

### Imagen 1. Embalse de Talave en la cuenca del Segura



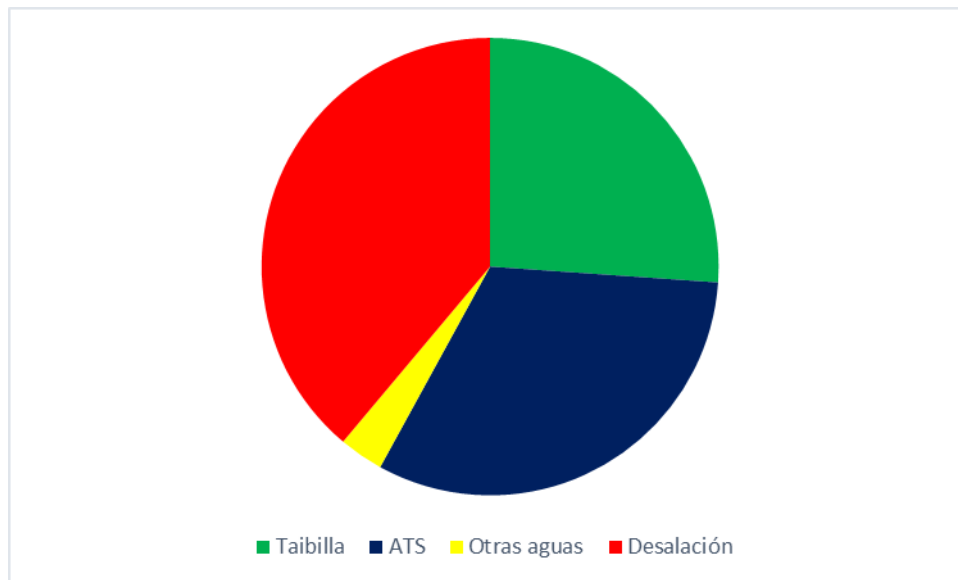
Fuente: [autor1](#).

En los últimos cinco años (2016-2020), el volumen distribuido por la MCT ha seguido una tendencia creciente, pasando de 186 876 886 m<sup>3</sup> en 2016 a 200 064 915 m<sup>3</sup> en 2020. La población abastecida también ha crecido de los 2,49 millones de habitantes en 2016 a los 2,53 millones en 2020. Esto supone que el consumo per cápita ha pasado de unos 75,10 m<sup>3</sup> per cápita anuales en 2016 a 79 m<sup>3</sup> per cápita anuales en 2020. El consumo de agua está relacionado no solo con el aumento de población, sino también con la afluencia turística, la tipología urbana, los ciclos económicos (que repercuten en etapas de crecimiento o crisis económica, y alteran el sector turístico), y el rendimiento de los sistemas de distribución en alta y en baja. Llama la atención que, a pesar del impacto de la pandemia de covid-19 en 2020 en las llegadas de turistas, el consumo de agua en 2020 ha seguido incrementándose con respecto a 2019. En el área del Sureste, el rendimiento suele situarse en torno al 85,6 %, aunque este varía de un municipio a otro (Bernabé-Crespo et al., 2021).

Atendiendo a la procedencia del recurso, el agua trasvasada mediante el ATS suponía la principal fuente de agua para consumo humano a principios de siglo XXI, situación que ha cambiado debido a las condiciones climáticas y a las decisiones de reducir los caudales trasvasados. De esta forma, el ATS ha dejado de ser un caudal de relativa estabilidad para incrementar su variabilidad: en 2016 supuso el 38,79 % del total del agua de la MCT y, un año después, en 2017 solamente llegó a suponer el 18,74 % (de hecho, el ATS no realizó envíos de agua para consumo humano entre noviembre de 2017 y mayo de 2018). Recientemente ha vuelto a recuperar su liderazgo como principal suministrador al situarse en 2019 en valores del 36,24 %. Los aportes del río Taibilla suelen ofrecer menor variabilidad y en estos cinco años solo varían desde el 24,3 al 27,3 % de 2018 y 2020,

respectivamente. Por su parte, la desalación ofrece una adaptabilidad mayor, por sus propias características de “seguro hídrico”: la MCT cuenta con cuatro plantas de producción propias y otras desaladoras que pueden establecer contratos para suministrar agua cuando la coyuntura lo requiere. Desde que se inauguró la primera planta en Alicante en 2003, ha pasado de ser un recurso marginal a desempeñar un papel fundamental como recurso complementario en el mix hídrico. De esta manera, aportó el 31,84 % en 2016 y llegó hasta el 47,62 % en 2018, cuando el ATS se encontró paralizado durante meses. Los catalogados como “otras aguas” apenas suponen el 9,96 % en el año de mayores aportes (2017), y suelen ser caudales muy reducidos (en 2020 aportaron el 0,25 %) a los que se recurre cuando la escasez acucia. Realizando el promedio del periodo 2016-2020, el agua desalada ha sido el recurso más empleado en el área de la MCT (38,87 %), seguido de las aguas del ATS (31,88 %), el Taibilla (26,11 %) y otras aguas (3,14 %) (Gráfico 1).

**Gráfico 1. Procedencia de las aguas de la MCT, promedio de los años 2016-2020**



Fuente: elaboración propia con datos de MCT (2021).

Inserta en un clima en el que las precipitaciones no superan los 300 mm, no parece posible depender de recursos locales, a pesar de que se promueva la captación de agua de lluvia. Esta puede servir como complemento a labores de lavado de calles, riego de jardines, uso de bomberos, etc., además de servir como herramienta de prevención de avenidas e inundaciones en una región donde la precipitación suele ser de gran intensidad horaria y de carácter torrencial, para lo cual es indispensable una adecuada ordenación del territorio y de las cuencas vertientes. En un contexto de tensiones políticas sobre el futuro del ATS (y la derogación de otros trasvases previstos, como el del Ebro), parece conveniente mantener el funcionamiento de la actual infraestructura que supone un pilar fundamental en el abastecimiento para consumo humano, y también para la agricultura de esta región (primando en situaciones de escasez el primero de ellos), siempre que existan condiciones ambientales favorables a su trasvase y se respeten los acuerdos alcanzados.

Sin embargo, no se puede desestimar el papel de la desalación como recurso con gran potencial para garantizar el suministro hídrico en situaciones de sequía. Máxime para servir a la población turista que se concentra en los meses de verano, periodo en el que los recursos hídricos superficiales cuentan con un caudal más reducido: estacionalidad del turismo y estacionalidad de las demandas de agua cuentan con la desalación como soporte (Imagen 2).

### Imagen 2. Bastidores de ósmosis inversa en la desaladora de Águilas - Guadalentín



Fuente: autor1

En la actualidad, el Sureste de España cuenta con una cartera hídrica diversificada que incluye recursos locales, foráneos y nuevos recursos, lo que permite reducir su vulnerabilidad y dependencia de una única fuente de suministro. Sin embargo, todos ellos se encuentran sujetos al debate sobre su idoneidad al contar con impactos ambientales y económicos.

Otro caso de interés en el contexto español es el abastecimiento a Madrid: la capital y más poblada ciudad, que se sitúa en el centro de la Península Ibérica. Madrid observa un clima mediterráneo con rasgos leves de continentalización debido a su lejanía del mar y a su ubicación en mitad de la meseta. En Madrid, la media histórica de precipitación anual se sitúa en los 621,2 mm, aunque la cifra se eleva en el Sistema Central, lugar de nacimiento de los ríos que alimentan el sistema hídrico de la capital española. El ente encargado de realizar las labores de captación y distribución de agua es el Canal de

Isabel II, que abastece a una población de 6,57 millones de habitantes, repartidos en 174 municipios de la Comunidad de Madrid. El sistema de abastecimiento del Canal de Isabel II se basa en las aguas superficiales de los ríos Lozoya, Jarama-Sorbe, Guadalix, Manzanares, Guadarrama-Aulencia y Alberche. Una extensa red de embalses almacena el agua que después es distribuida (Imagen 3), siendo el mayor el de El Atazar. Estas aguas son complementadas con los aportes de las aguas subterráneas, provenientes de los acuíferos cretácico carbonatado y del terciario detrítico. Aunque reducidos, son empleados mayoritariamente en periodos de sequía o escasez y la lámina de agua en los embalses disminuye.

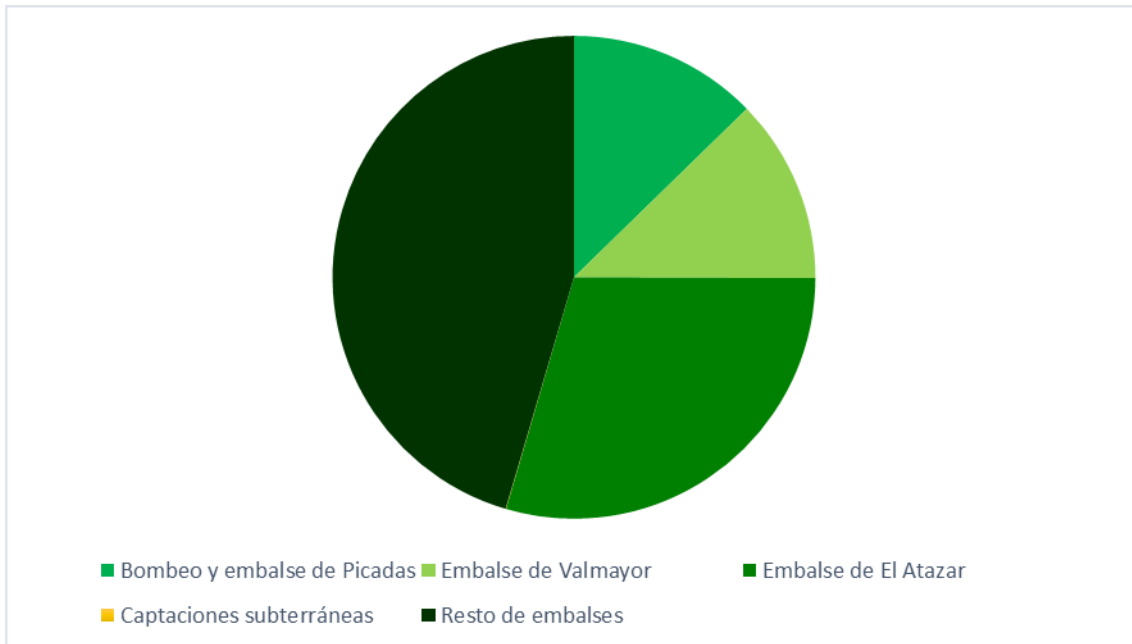
### Imagen 3. Embalse de Santillana, Madrid



Fuente: autor2

En Madrid no se observa un patrón claro en cuanto a la evolución del consumo en el periodo analizado: en 2016 se contaban 491,48 millones de m<sup>3</sup> consumidos, y en 2020 la cifra se ha reducido a los 488,27 millones de m<sup>3</sup>. Las fluctuaciones no permiten establecer una tendencia, pues en 2019 se llegamos a los 501,08 millones de m<sup>3</sup> y en 2017 a los 504,29 millones de m<sup>3</sup>. Tampoco está relacionado con la precipitación recogida, pues en 2019 se alcanzaron únicamente 446,3 mm, y en 2020 se incrementó a los 618,9 mm. Cabe pensar que obedecen a dinámicas de rendimiento del organismo, y a las fluctuaciones de la actividad económica que permiten la mayor o menor llegada de visitantes y el mayor o menor uso de agua por la población en verano. El consumo per cápita en 2020 se sitúa en 74,32 m<sup>3</sup> per cápita anuales. Desglosando los aportes según su procedencia, las aguas del embalse de El Atazar supusieron en 2020 el 29,49 %, seguidas de las del bombeo y embalse de Picadas (12,71 %) y las del embalse de Valmayor (12,35 %). Las aguas subterráneas únicamente contaron el 0,03 %, siendo el resto aportado por otros embalses (el 45,43 %) (Gráfico 2).

**Gráfico 2. Aportación de los caudales en el Canal de Isabel II para el año 2020**



Fuente: Canal de Isabel II (2022).

En el caso madrileño, a pesar de que las precipitaciones medias no representan un carácter húmedo (apenas superan los 600 mm), cuenta con la cercanía de sistemas montañosos que se configuran como islotes pluviométricos y permiten que Madrid dependa exclusivamente del agua superficial para su abastecimiento (Imagen 4). El empleo de aguas subterráneas es testimonial y parece alzarse como una salvaguarda ante una drástica reducción de los aportes de los ríos. Aunque la potencial reducción de las precipitaciones ocasionada por la situación de cambio climático añade incertidumbre, el sistema de abastecimiento parece ser suficiente en las condiciones actuales, lo cual no es óbice para emprender estrategias de planificación que reduzcan su dependencia y aumenten su resiliencia.



#### Imagen 4. Embalse de Navacerrada, Madrid



Fuente: autor1

#### Consumo de agua en Australia: Sídney

Sídney posee un clima húmedo, ya que los registros indican que el promedio de precipitación anual (desde 1885) es de 1228,8 mm. En los últimos diez años (2011-2020), el promedio se mantiene estable, ya que se sitúa en los 1225,86 mm, encontrándose años con menor cantidad de precipitación recogida (en 2014 fueron 864,9 mm) y otros superando dicha cifra, como en 2020 cuando se alcanzaron los 1544,5 mm. A pesar de estas cifras que no se relacionan con un ámbito semiárido, las sequías recurrentes en Australia han puesto en entredicho la capacidad para hacer frente a las demandas de agua de la población y se han traducido en crisis de agua. Por ejemplo, la llamada “sequía del milenio” provocó una reducción en el consumo desde los 425 litros per cápita al día en el año 2000 a los 300 litros en 2008 (Tapsuwan et al., 2018). Es previsible que la demanda de agua aumente en el futuro debido al aumento de la población y a las consecuencias del cambio climático, que pueden alterar el ritmo de precipitación y hacer más frecuentes las sequías. Por estas razones, en Sídney se implantó en 2004 el Índice de Edificación Sostenible (BASIX), con el objetivo de reducir el consumo de agua mediante el establecimiento de sistemas de captación de agua de lluvia en las edificaciones; o la apuesta por la desalación como seguro o respaldo ante situaciones de escasez. Además, es oportuno mencionar que la planificación australiana en materia de recursos hídricos atiende de especial manera los modos de vida locales aborígenes, estableciendo mecanismos de participación en la gestión de proyectos. De esta forma, además de ser sometidos a las evaluaciones propias de viabilidad, deben ser aceptados por la comunidad local (por ejemplo, en ciertos lugares considerados sagrados no se permite el paso o no se

puede modificar el entorno ni construir), lo cual implicaría una pérdida cultural (McLean et al., 2018). El abastecimiento al área metropolitana de Sídney se realiza mediante cinco sistemas: el de Warragamba, Shoalhaven, Upper Nepean, Woronora y Blue Mountains. La presa de Warragamba (Imagen 5) se construyó en 1960, creando el lago de Burragorang, un lugar habitado por la tribu Gundungurra, y supone el 80 % del agua distribuida a Sídney. Estos narraban que durante el Gran Sueño (la leyenda de la creación), un gran tigre llamado Mirragan luchaba con su presa, mitad pez mitad reptil, llamada Gurangatch, y en su lucha se creó el valle, al intentar escapar Gurangatch y crear pozos de agua profundos donde esconderse. Con su construcción se inundaron tierras pertenecientes a los aborígenes y otras granjas de pobladores no indígenas.

### Imagen 5. Embalse de Warragamba



Fuente: autor1

El organismo que se encarga del abastecimiento de agua a Sídney es Sydney Water Corporation (SWC), que suministra agua a más de 5,3 millones de personas. En los últimos cinco años, el consumo de agua marcó un máximo en 2017-2018 (593,07 millones de m<sup>3</sup>), para posteriormente seguir una tendencia a la reducción y situarse en 532,73 millones de m<sup>3</sup> en 2019-2020. El consumo per cápita se situaba en 2015/2016 en los 107,93 m<sup>3</sup> por persona anuales, y el último dato de 2019/2020 lo sitúa en 100,31 m<sup>3</sup> per cápita anuales. La casi totalidad de los recursos empleados provienen de las aguas superficiales, captadas en los sistemas mencionados más arriba, con destacada importancia de las alineaciones montañosas cercanas a Sídney en disposición noreste-suroeste, donde se encuentran las Blue Mountains. En 2010 entró en funcionamiento la planta desaladora de Sídney, que

únicamente produce agua en situaciones de sequía o escasez, cuando el almacenamiento del agua embalsada se reduce. Su funcionamiento va aparejado a las sequías experimentadas por la ciudad y el conjunto del Estado de Nueva Gales del Sur, por ejemplo, en el 2010-2011 supuso el 15,67 % del total de agua distribuida, y en 2019-2020, el 13,36 %. En los cinco últimos años, la desaladora solo ha aportado agua en el año 2019-2020, mientras que en los otros cuatro anteriores no ha suministrado ningún volumen y ha sido exclusivamente abastecido por las aguas superficiales. Resulta difícil calibrar de manera promedia el aporte de la desalación, pues su variabilidad es manifiesta: puede suponer más del 13 % un año y no aportar nada en los restantes. Realizando una media de los años 2015-2016 al 2019-2020, el porcentaje de la desalación se reduce al 2,67 % (Gráfico 3).

**Gráfico 3. Promedio de los caudales aportados por la desalación y las aguas superficiales en Sídney (2015/2016 - 2019/2020)**



Fuente: elaboración propia con datos de SWC (2021).

A tenor de los datos expuestos, el abastecimiento de Sídney recae primordialmente en las aguas superficiales captadas en su amplia red de embalses (Imagen 6), aunque cuenta con el establecimiento de una desaladora para hacer frente a situaciones de escasez y, sobre todo, una anticipación a escenarios de cambio climático, de reducción drástica de precipitaciones e intensidad de sequías, a lo que se suma la creciente demanda de una población en aumento. Sin embargo, el elevado consumo per cápita podría reducirse aún más: las iniciativas de depósitos de acopio de agua de lluvia son útiles para realizar el riego de jardines teniendo en cuenta esta extendida tipología de vivienda unifamiliar, así como la renovación de la red de suministro que parece ser una de las más antiguas de Australia.

## Imagen 6. Embalse de Prospect en las inmediaciones de la ciudad de Sídney



Fuente: autor1

## Consumo de agua en Estados Unidos: Los Ángeles

Situado en el oeste de los Estados Unidos, California se encuentra dividida por la llamada “línea de los dos tercios”, situada al sur del delta del río Sacramento. Al norte de ella se producen dos tercios de las precipitaciones totales, pero al sur de ella se asientan dos tercios de la población total del Estado. El sur de California es un área de clima mediterráneo de rasgos secos, donde la precipitación media en el condado de Los Ángeles es de 382 mm para el periodo desde 1895 a 2020. En los últimos diez años (2011-2020), la media ha sido inferior, situándose en 292,3 mm de media anual, con notable amplitud interanual: en 2013 solo se recogieron 126 mm, mientras que en 2019 se alcanzaron los 594 mm.

El ente encargado de suministrar el agua a los ciudadanos de Los Ángeles es el Departamento de Agua y Energía (*Los Angeles Department of Water and Power*). El agua proviene de diversas procedencias: desde 1913 se cuenta con los caudales provenientes del Acueducto de Los Ángeles (LAA), que transfiere agua desde el Valle de Owens y es propiedad del Condado de Los Ángeles. En 1928 se constituyó el Distrito Metropolitano de Agua (Water Metropolitan District, WMD), que incorpora a 28 miembros entre los cuales existen municipios y otros agentes, como distritos de regantes. El MWD actúa como un organismo mayorista que se provee del agua del Acueducto del río Colorado (CRA) (Imagen 7) o del Acueducto de California (también llamado SWP, State Water Project, que envía agua desde el delta de la bahía de San Francisco) y suministra considerables caudales al LADWP. Además, Los Ángeles cuenta con recursos propios de aguas subterráneas y recientemente ha comenzado a implantar el reciclaje de aguas, ya

practicado de forma pionera en el vecino Orange County. En este último se practica la reutilización potable indirecta, al almacenar el agua una vez regenerada en el acuífero durante dos meses, y posteriormente extraída para su inclusión en la red urbana. La desalación es un recurso que no ha tenido gran desarrollo en California: a pesar de múltiples propuestas de instalación únicamente se han construido dos plantas (en Santa Bárbara y Carlsbad), las cuales han contado con una notable oposición de colectivos ecologistas, así como surfistas y elitistas que ven la desalación como una fuente de agua ilimitada que pueda hacer crecer desorbitadamente ciertos núcleos de residencia, como Santa Bárbara.

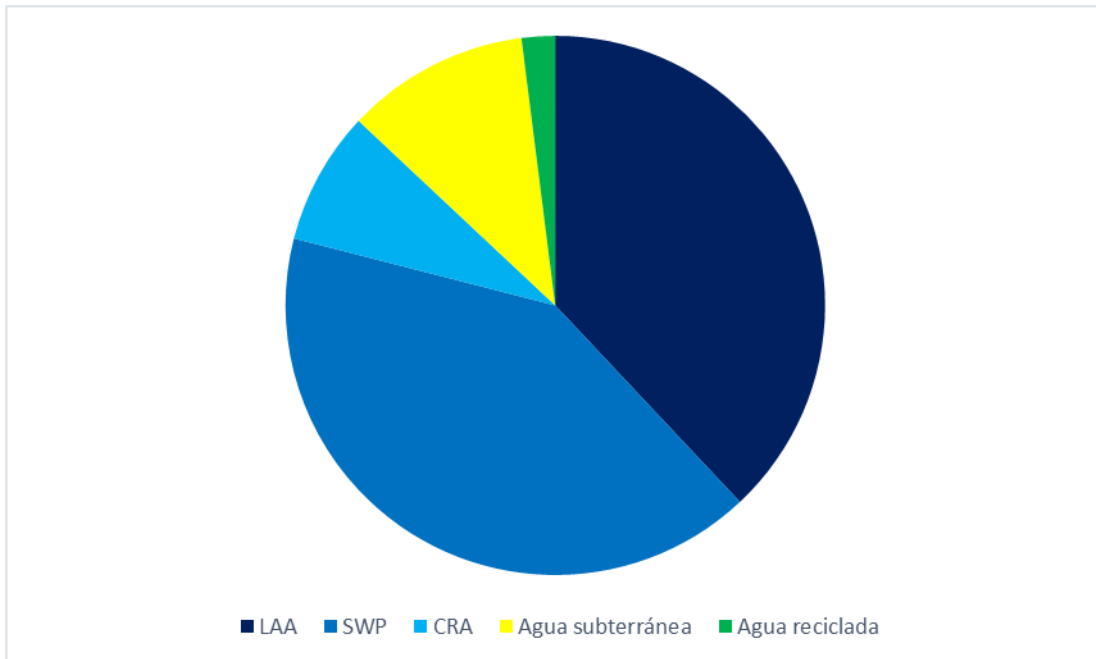
### Imagen 7. El río Colorado a su paso por Arizona



Fuente: autor1

El LADWP abastece a una población de unos 4,04 millones de habitantes, y su consumo se situaba en 2015/2016 en 604,78 millones de m<sup>3</sup>; y en 2019/2020 en 601,43 millones de m<sup>3</sup>. Entre ambos, destaca el año de 2017/2018 con un consumo mayor, de 644,02 millones de m<sup>3</sup>. Su consumo per cápita se sitúa en el último año en 148,82 m<sup>3</sup> por persona anuales, lo cual sugiere un valor elevado y estable desde la serie analizada. El LADWP no cuenta con aportes de la desalación y la mayor parte de sus volúmenes de agua corresponden a caudales trasvasados desde diferentes orígenes: para el periodo 2015-2019, el Acueducto de Los Ángeles ha aportado un 38 %; las aguas del río Colorado, el 8%; los caudales derivados por el State Water Project desde el río Sacramento, el 41 %; un 11 % corresponde al agua subterránea y un 2 % al agua reciclada (Gráfico 4).

**Gráfico 4. Procedencia de los recursos de agua empleados por el LADWP, promedios para el periodo 2015-2019**



Fuente: elaboración propia con datos de LADWP Urban Water Management Plan, 2020 Draft.

Los Ángeles depende, de gran manera, de agua importada para su abastecimiento: en conjunto, los caudales trasvasados suponen el 87 %; el restante 13 % procede de aguas subterráneas o recicladas. Esta situación resulta adversa teniendo en cuenta las previsiones de reducción de precipitaciones y, sobre todo, de la nieve, que alimentan las reservas en las cordilleras del norte e interior de California. A ello se le añade la tensión política derivada de proyectos controvertidos, como el SWP entre los distritos del norte y del sur; entre los diferentes Estados signatarios del CRA y las exigencias de México de contar con un caudal a su ingreso en su territorio; o los problemas medioambientales que ha generado el LAA y por los que el Condado de Los Ángeles sigue pagando una compensación. Resulta estratégico incentivar el establecimiento de una cierta capacidad instalada de desalación para hacer frente a una situación de demanda creciente de agua, especialmente en un territorio con una precipitación de menos de 400 mm anuales. Una alternativa que conviene potenciar es el reciclaje de aguas, aprovechando la experiencia cercana y de aceptación social del Orange County Water District (Imagen 8), que puede ayudar a suministrar un caudal seguro y asegurado durante el año. De igual manera, resulta necesario reducir el consumo per cápita y extender la concienciación para lograr una mejor eficiencia del recurso.

### Imagen 8. Bastidores de ósmosis inversa en el proceso de reciclaje de aguas del Orange County

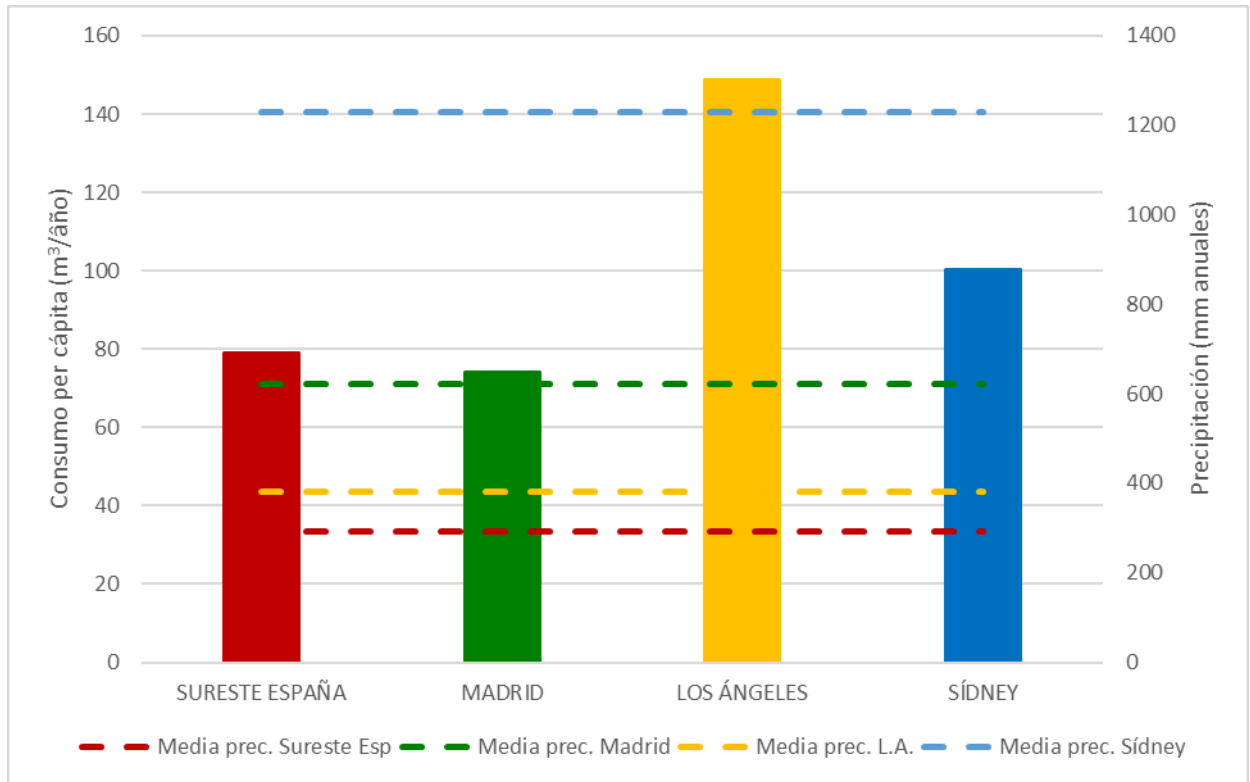


Fuente: autor1

### Discusión y conclusiones

Resulta imprescindible adoptar estrategias encaminadas a ejercer un consumo de agua más eficiente, en la búsqueda del aprovechamiento integral del agua. Al respecto, la Figura 13 muestra la comparación entre la precipitación recogida en cada espacio y el consumo per cápita que se ejerce. El espacio con el promedio de precipitación más reducido (el Sureste de España) es donde se realiza un consumo per cápita más reducido (a excepción de Madrid, aunque es relevante apuntar la distorsión de la cifra debido a la marcada estacionalidad provocada por el sector turístico en el litoral mediterráneo). Destaca una situación contradictoria: Los Ángeles anota una media de precipitación muy reducida, pero es el espacio con mayor consumo per cápita, incluso mayor que Sídney a pesar de que la ciudad australiana triplica sobremanera sus aportes de lluvia. Incluso casi dobla el consumo en un área de similar precipitación, como es el Sureste de España. Esto sugiere la necesidad de adoptar medidas de reducción de la demanda en un entorno semiárido como el sur de California.

Gráfico 5. Comparación entre precipitación y consumo per cápita



Fuente: elaboración propia.

Estos cuatro espacios analizados comparten el reto de suministrar caudales seguros y garantizados a una población creciente en un escenario de cambio climático. Su comparación revela enfoques alternativos para gestionar el abastecimiento: naturalmente, los recursos locales de agua son utilizados en primera instancia, por su disponibilidad y facilidad de conducción, como en los casos de Sídney o Madrid, que dependen casi exclusivamente de recursos locales. A pesar de que Sídney cuenta con una media del doble de precipitación que Madrid, la ciudad australiana ha apostado por instalar una capacidad de desalación que permita hacer frente a situaciones de escasez, motivadas por las características de sequías recurrentes en Australia. Al no ser esta adaptación posible en un entorno como el madrileño, sí cabe preguntarse sobre otra alternativa para reducir su dependencia de recursos superficiales, como puede ser potenciar el reciclaje de aguas.

El Sureste de España y Los Ángeles cuentan con las medias de precipitación más bajas, y aquí se han adoptado estrategias diferentes. En el primer caso, la oferta de recursos está diversificada y tres orígenes diferentes (recursos locales del Taibilla, trasvasados del Tajo y desalados) se complementan para hacer frente a situaciones de insuficiencia: dependiendo del año y de las condiciones, su contribución puede variar notablemente. No ocurre así en el caso californiano, pues la desalación no está desarrollada y los recursos locales se circunscriben a una reducida participación del agua subterránea, dependiendo en su amplia mayoría de recursos trasvasados.



## Referencias bibliográficas

- Bernabé-Crespo, M. B. (2020). *Los canales del agua: el abastecimiento de agua y saneamiento en la comarca del Campo de Cartagena – Mar Menor*. Mancomunidad de Canales del Taibilla & Ministerio para la Transición Ecológica.
- Bernabé-Crespo, M. B. (2022). Implicaciones y perspectivas del mix hídrico para el abastecimiento de agua potable en el Sureste de España. *Agua y Territorio*, 20, 5-21. <https://doi.org/10.17561/at.20.5714>
- Bernabé-Crespo, M. B., Gil, E., & Gómez, J. M. (2019). Desalination and water security in Southeastern Spain. *Journal of Political Ecology*, 26 (1), 486-499. <https://doi.org/10.2458/v26i1.22911>
- Bernabé-Crespo, M. B. y Gómez, J. M. (2015): “El abastecimiento de agua a Cartagena”. *Cuadernos Geográficos*, 54 (2), 270-297. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v54i2.3097>
- Bernabé-Crespo, M. B. y Loáiciga, H. A. (2019): “El suministro hídrico a la aglomeración urbana de Los Ángeles, California (EEUU)”. *Agua y Territorio*, 13, 35-42. <https://doi.org/10.17561/at.13.3789>
- Bernabé-Crespo, M. B.; Olcina, J.; Lahora, A. (2022). Examining the implementation of potable water reuse in sewersheds of Southeastern Spain. *Urban Water Journal*. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2022.2069043>
- Bernabé-Crespo, M. B., Tudela, M. L. y Gómez, J. M<sup>a</sup> (2021): “Gestión del abastecimiento de agua en una región semiárida: análisis del consumo de agua potable en el Campo de Cartagena – Mar Menor: 2010-2019”. *Boletín de la Asociación Española de Geografía*, 88. <https://doi.org/10.21138/bage.3009>
- Clark, G. F., Knott, N. A., Miller, B. M., Kelaher, B. P., Coleman, M. A., Ushiana, S., & Johnston, E. L. (2018). First large-scale ecological impact study of desalination outfall reveals trade-offs in effects of hyper salinity and hydrodynamics. *Water Research*, 145, 757-768. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.08.071>
- Cooley, H., Ajami, N., & Heberger, M. (2013). *Key issues in seawater desalination in California: Marine impacts*. Pacific Institute.
- Crisp, G. J. (2012). Desalination and water reuse-sustainably drought proofing Australia. *Desalination and Water Treatment*, 42, 323-332. <https://doi.org/10.1080/19443994.2012.683250>
- Ferguson, M. (2011). *Rainwater tank monitoring report: A 12-month one-minute interval data study of rainwater tank water savings and energy use for 52 real life installations*. Sydney Water Corporation.
- Gil Meseguer, E. (2014). “El Sureste peninsular. Rasgos de un medio semiárido como el de Pulpí y su entorno”. Gil Meseguer, E. et al. *El dinamismo del regadío de Pulpí*. Comunidad de Regantes de Pulpí.
- Gil-Meseguer, E., Bernabé-Crespo, M. B., & Gómez, J. M<sup>a</sup> (2019). Recycled sewage – A water resource for dry regions of Southeastern Spain. *Water Resources Management*, 33 (2), 725-737. <https://doi.org/10.1007/s11269-018-2136-9>

- Gil-Meseguer, E., Martínez-Medina, R., & Gómez-Espín, J. M. (2018). El trasvase Tajo-Segura (1979-2017). Actuaciones para su futuro en España. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 9 (2), 160-174. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-02-08>
- Gil-Olcina, A. (1993). *La propiedad de las aguas perennes en el sureste ibérico*. Universidad de Alicante.
- Gil-Olcina, A. (1995): "Conflictos autonómicos sobre trasvases de agua en España". *Investigaciones Geográficas*, 13, 17-28.
- Gil-Olcina, A. (2009). Clima e hipótesis de cambio climático en la región geográfica del sureste ibérico. *Investigaciones Geográficas*, 49, 5-22. <https://doi.org/10.14198/INGEO2009.49.01>
- Gómez Espín, J. M<sup>a</sup> y Hervás Avilés, R. M<sup>a</sup> (2012). *Patrimonio hidráulico y cultura del agua en el Mediterráneo*. Fundación Séneca. Regional Campus of International Excellence Campus Mare Nostrum. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.
- Haarhoff, J. & Van der Merwe, B. (1996): "Twenty-five years of wastewater reclamation in Windhoek, Namibia". *Water Science Technology* 33 (10-11), 25-35. [https://doi.org/10.1016/0273-1223\(96\)00403-9](https://doi.org/10.1016/0273-1223(96)00403-9)
- Heck, N.; Paytan, A.; Potts, D. C.; Haddad, B. (2016a): Coastal residents' literacy about seawater desalination and its impacts on marine ecosystems in California. *Marine Policy*, 68, 178-186.
- IPCC (2013). *Climate change 2013: the physical science basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Khan, S. G., & Anderson, R. (2018): "Potable reuse: Experiences in Australia". *Current Opinion in Environmental Science & Health* 2, 55-60. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.02.002>
- Lee, H., & Tan, T. P. (2016): "Singapore's experience with reclaimed water: NEWater". *International Journal of Water Resources Development* 32, 611-621. <https://doi.org/10.1080/07900627.2015.1120188>
- Liu, J., Chen, S., Wang, H., & Chen, X. (2015). Calculation of carbon footprints for water diversion and desalination projects. *Energy Procedia*, 75, 2483-2494. <https://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.239>
- Loáiciga, H. A. (2015). Managing municipal water supply and use in water-starved regions: Looking ahead. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 141 (1), 01814003/1-4. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000487](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000487)
- McLean, J., Lonsdale, A., Hammersley, L., O'Gorman, E., & Miller, F. (2018). Shadow waters: Making Australian water cultures visible. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 43 (4), 615-629. <https://doi.org/10.1111/tran.12248>
- Morote, A. F., Rico, A. M., & Moltó, E. (2018). Critical review of desalination in Spain: a resource for the future? *Geographical Research*, 55 (4), 412-423. <https://doi.org/10.1111/1745-5871.12232>
- Rice, J.; Wutich, A., & Westerhoff, P. (2013). "Assessment of de facto wastewater reuse across the US: trends between 1980 and 2008". *Environmental Science & Technology*, 47 (19), 11099-11105. <https://doi.org/10.1021/es402792s>
- Rico, A. M.; Olcina, J.; Paños, V. y Baños, C. J. (1998). *Depuración, desalación y reutilización de aguas en España*. Oikos-Tau.
-

- Schmidt, C. W. (2008). The yuck factor: when disgust meets discovery. *Environmental Health Perspectives*, 116 (12), A524-A527. <https://doi.org/10.1289/ehp.116-a524>
- Sountharajah, D. P., Kus, B., Kandasamy, J., & Vigneswaran, S. (2017). Quantifying the Reduction in Water Demand due to Rainwater Tank Installations at Residential Properties in Sydney. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 5(2), 202-218. <http://dx.doi.org/10.13044/j.sdewes.d5.0144>
- Speckhahn, S. & Isgren, E. (2019). The irresistible solution: rationale and risks of extending water limits through desalination in the case of Gotland, Sweden. *Journal of Political Ecology*, 26, 128-149.
- Tapswan, S., Cook, S., & Moglia, M. (2018). Willingness to pay for rainwater tank features: A post-drought analysis of Sydney water uses. *Water*, 10, 1199. <https://doi.org/10.3390/w10091199>
- United Nations General Assembly (UNGA) (2015). *Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. A/70/L.1. 70th Session, Agenda item 15 and 16. United Nations.