

Estudios sobre la Economía Española - 2020/38

**Balance hídrico actual y futuro en las cuencas en  
España, déficits estructurales e implicaciones  
socioeconómicas**

Manuel Pulido Velázquez (IAMA, Universitat Politècnica de València)  
Alvar Escriva-Bou (Water Policy Center, Public Policy Institute of California)  
Héctor Macián Sorribes (IAMA, Universitat Politècnica de València)

Noviembre 2020

**fedea**

*Las opiniones recogidas en este documento son las de sus autores y no coinciden necesariamente con las de FEDEA.*

# **Balance hídrico actual y futuro en las cuencas en España, déficits estructurales e implicaciones socioeconómicas**

**Noviembre de 2020**

*Manuel Pulido Velázquez<sup>1</sup>, Alvar Escriva-Bou<sup>2</sup> y Héctor Macián Sorribes<sup>1</sup>*

1 Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA), Universitat Politècnica de València, Valencia, España.

2 Water Policy Center, Public Policy Institute of California, 500 Washington Street, Suite #600, San Francisco, California, 94111, USA.

## **Resumen**

España es un país de contrastes geográficos y climáticos, y con una realidad socioeconómica compleja. Estas circunstancias ocasionan importantes variaciones en el recurso hídrico disponible, en su demanda y en el peso que las actividades dependientes del agua tienen en la economía. La distribución de los recursos hídricos en España presenta una asimetría muy marcada entre su zona norte (Galicia y la cornisa cantábrica) y el resto del territorio peninsular. Además, mejores condiciones hidroclimáticas para la agricultura en el arco mediterráneo hacen que la distribución del uso de agua sea casi inversa a la de recursos. Esto genera un estrés hídrico significativo en gran parte del sudeste peninsular, llegando a niveles de sobreexplotación en algunas regiones, poniendo en tela de juicio su sostenibilidad a largo plazo. Esta sostenibilidad es, sin embargo, crucial para dichas zonas por la importancia que tienen la agricultura y el turismo en sus economías, y por los puestos de trabajo vinculados directa o indirectamente a estas actividades. Las proyecciones de cambio climático para la España peninsular muestran un agravamiento de estos problemas ya que, salvo en su zona norte, se observan descensos apreciables en los recursos hídricos disponibles, pudiendo llegar a niveles en los que buena parte del territorio se hallara en situación de sobreexplotación. Es necesario por tanto diseñar políticas de asignación y gestión eficiente que permitan anticiparse a esta situación, garantizando la sostenibilidad socio-económica de las regiones más vulnerables frente a la escasez hídrica.

# 1. Introducción

España es un país de grandes contrastes geográficos y climáticos, por su posición al borde de la zona subtropical mediterránea entre dos grandes masas marinas (Atlántico y Mediterráneo) y dos continentales (Europa y África). Sobre ese medio físico existe una realidad socioeconómica, condicionada por la diversidad del medio, que determina a su vez la situación actual y previsible de los problemas del agua. La península ibérica presenta un acusado gradiente climático desde el norte húmedo a los valles y llanuras semiáridas del centro y sur, justo donde se utiliza la mayoría del agua junto con la costa. El principal uso del agua sigue siendo el regadío, elemento fundamental en la estructuración del paisaje y en el tejido socioeconómico del país, y una de las variables territoriales que configuran decisivamente la demanda de recursos hídricos.

El acusado desajuste espacial y temporal entre disponibilidad de recursos y demanda ha conducido a un importante desarrollo de infraestructuras hidráulicas, incluyendo la interconexión de sistemas de recursos hídricos, y a un diferente grado de aprovechamiento de los recursos de las distintas cuencas, en ocasiones muy por encima de los recursos propios disponibles. Al mismo tiempo, el incremento de conflictos por el agua ha conducido a un importante desarrollo institucional, con ejemplos notables de instituciones eficientes para la gestión colectiva del agua, ya sea para riego (desde el milenario Tribunal de las Aguas de Valencia a las actuales comunidades de regantes) o para la gestión de cuencas. Así, somos pioneros en el desarrollo de instituciones para la gestión a escala de cuenca (el primer organismo de cuenca, la Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro, data de 1926).

En España se han llegado a clasificar los sistemas de explotación según el balance hídrico recursos-demandas en *excedentarios*, *deficitarios* con carácter *estructural* (en los que el recurso potencial incluyendo desalación, reutilización y trasvases es sistemáticamente inferior al nivel de consumo que se pretende alcanzar), y con riesgo de *escasez coyuntural* por insuficiencia ocasional de recursos en circunstancias hidrológicas adversas (LBA, 2000). En su momento esta clasificación se utilizó para justificar posibles cuencas cedentes y receptoras de trasvases, en aras de “*lograr un equilibrio hídrico en clave de futuro y sobre hipótesis racionales*” (LBA, 2000, p. 607).

La escasez del agua, sea deficitaria o coyuntural (la “pertinaz” sequía en las cuencas mediterráneas puede llegar a 4-5 años de duración y gran severidad) conlleva importantes consecuencias socioeconómicas y ambientales. Por otro lado, las proyecciones de escenarios futuros de cambio climático son consecuentes en una reducción importante de los recursos totales disponibles y un incremento de episodios extremos de sequías. Esto hace prever un incremento de los conflictos por el agua y de los impactos derivados de los déficits hídricos.

En este artículo se presenta el balance hídrico actual y proyecciones futuras en las cuencas de España, se identifican déficits estructurales, y se describen posibles implicaciones socioeconómicas y ambientales a lo largo del territorio nacional. Con ello pretendemos mostrar a grandes rasgos la vulnerabilidad socioeconómica de las diferentes regiones de España frente a la escasez presente y futura del recurso agua.

## **2. Estado cuantitativo del agua en España: recursos y demandas<sup>1</sup>**

### ***2.1. Recursos por cuenca hidrográfica***

La compleja orografía, hidrografía y climatología de la península ibérica provoca un variado espectro de tamaños, configuraciones y regímenes hidrológicos en sus cuencas hidrográficas, lo que se ve fielmente reflejado en la distribución de sus recursos hídricos (Figura 1). La cuenca hidrográfica del Ebro es la que cuenta con mayores recursos totales, lo que es esperable habida cuenta de su superficie (la mayor de España), y del hecho de ubicar buena parte de sus zonas de cabecera en la Cornisa Cantábrica y los Pirineos. Sin embargo, la ratio entre recursos totales y área de la cuenca ofrece un panorama muy distinto, en el que las cuencas hidrográficas

---

<sup>1</sup> La información sobre los recursos hídricos y las demandas contenida en este apartado se ha obtenido del informe de seguimiento de los planes hidrológicos de cuenca y de los recursos hídricos en España correspondiente al año 2018, publicado por el Ministerio para la Transición Ecológica, que aúna la información contenida en los Planes Hidrológicos de Cuenca. Dependiendo del dato concreto, dicho documento ofrece información procedente de los planes hidrológicos del segundo ciclo de planificación hidrológica (2015-2021), de los trabajos realizados en los planes hidrológicos del tercer ciclo, actualmente en proceso de elaboración (2021-2027) y de los años hidrológicos disponibles más recientes. Las diferencias entre las cifras ofrecidas por las fuentes recopiladas por el documento no son significativas en la mayoría de los casos, y únicamente se encuentran diferencias apreciables en datos de escasa relevancia. Para el análisis realizado se han tomado los datos del tercer ciclo de planificación y de los años más recientes posibles. El análisis realizado no tiene en cuenta a las Islas Canarias debido a la falta de datos en algunos campos.

ubicadas en Galicia y la Cornisa Cantábrica (Miño-Sil, Galicia-Costa, Cantábrico Occidental y Cantábrico Oriental) presentan los valores más altos. De hecho, todas ellas salvo la última presentan unos recursos hídricos totales superiores al de las restantes cuencas españolas salvo el Ebro.

Por contra, las cuencas hidrográficas del centro-sur de la península y del arco mediterráneo al sur del Ebro presentan los valores más bajos tanto en recurso total como en recurso por kilómetro cuadrado. Esto es especialmente marcado en las cuencas del Guadiana, Júcar y Segura, con un valor de recursos por unidad de superficie de tan solo 0.07 Hm<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, poniendo en relieve la aridez de estas cuencas.

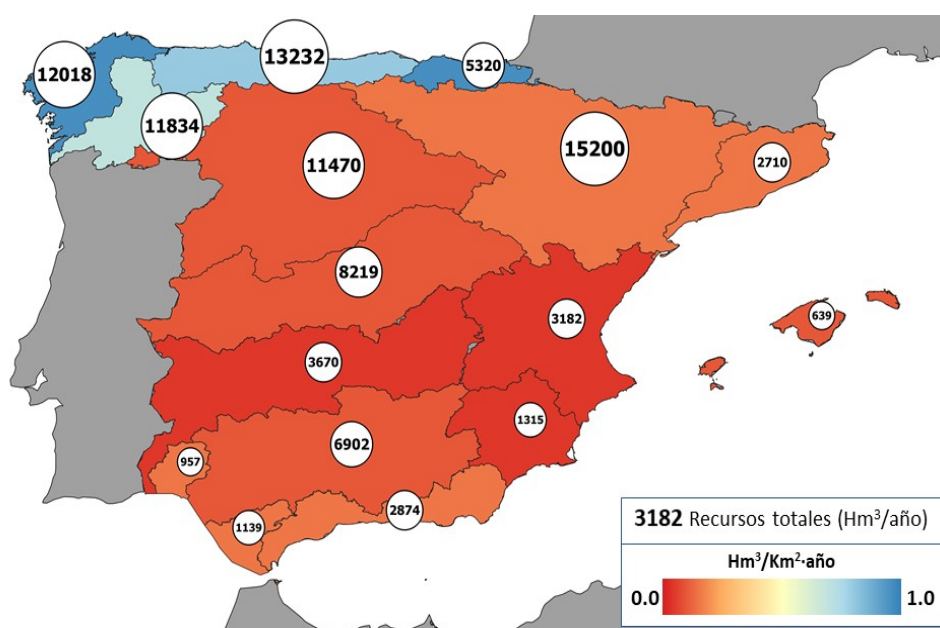


Fig.1. Recursos hídricos anuales (Hm<sup>3</sup>) totales y por km<sup>2</sup> por cuenca en España (excepto Canarias)

Respecto a la distribución de los recursos hídricos por origen, los recursos convencionales (escorrentía superficial y subterránea) dominan sobre el resto, tal y como cabría esperar (Figura 2). Del recurso convencional, la componente subterránea supone una media del orden del 26% de la aportación total, pero con grandes variaciones territoriales que oscilan entre más del 70% en el Segura y Júcar (las cuencas de España con mayor contribución subterránea) y menos del 10% en el Guadiana (LBA, 2000). Los recursos no convencionales (reutilización, trasvases, desalación) juegan un papel testimonial en la mayoría de las cuencas, por debajo del 5% salvo en los casos de Segura, Tinto, Odiel y Piedras, y Baleares.

En la Cornisa Cantábrica los recursos no convencionales son prácticamente inexistentes, siendo los trasvases la principal fuente alternativa. En esta zona destacan los tres trasvases desde la DH del Ebro a la Demarcación Hidrográfica (DH) Cantábrico Oriental destinados al abastecimiento de Bilbao y su área metropolitana y a la producción de energía eléctrica, en marcha desde hace más de 50 años. En el resto de España, la reutilización sigue representando una aportación muy menor, aún en cuencas sujetas a estrés hídrico. La reutilización sólo supera el 1% en las DH del Segura, Júcar, Fluvial de Cataluña y Baleares; y el 5% únicamente en la DH del Segura. Pese a que en este caso se está cuantificando únicamente la reutilización directa, obviando la mucho más importante reutilización indirecta (cuando se vierte el agua depurada a un cauce pudiendo ser captada aguas abajo), no deja de ser destacable su poca relevancia. Ello a pesar de que existen importantes núcleos urbanos en zonas costeras (en particular las áreas metropolitanas de Barcelona y Valencia, así como los principales núcleos turísticos de Cataluña, Comunitat Valenciana, Región de Murcia y Andalucía) cuyos recursos hídricos son susceptibles de reutilización directa.

España es uno de los países del mundo que más agua desalada produce, siendo actualmente el cuarto país en cuanto a capacidad instalada. Sin embargo, dejando aparte el caso singular de las Islas Canarias (pioneras en el uso de técnicas de desalación), únicamente se emplea en las cuencas del Segura (232 Hm<sup>3</sup>/año), Mediterráneas Andaluzas (43.8 Hm<sup>3</sup>/año), Baleares (19.7 Hm<sup>3</sup>/año) y Júcar (3.1 Hm<sup>3</sup>/año). La desalación en el Segura es la más importante con diferencia, tanto en términos absolutos como porcentuales (17.6% del recurso total). Reseñar el escaso uso de la desalación en la cuenca del Júcar y su ausencia en la cuenca Fluvial de Cataluña, aunque cuentan con grandes núcleos de población y áreas turísticas en sus zonas costeras. Sí que es destacable, por infrecuente en el ámbito internacional, el uso del agua desalada para el riego en el sudeste español (sobre todo en la Cuenca del Segura), donde se ha extendido mucho más y antes que en otros lugares del mundo (en 2017 el consumo de agua marina desalinizada del regadío en la DH del Segura llegó a alcanzar los 150 Hm<sup>3</sup>).

## Distribución de recursos hídricos

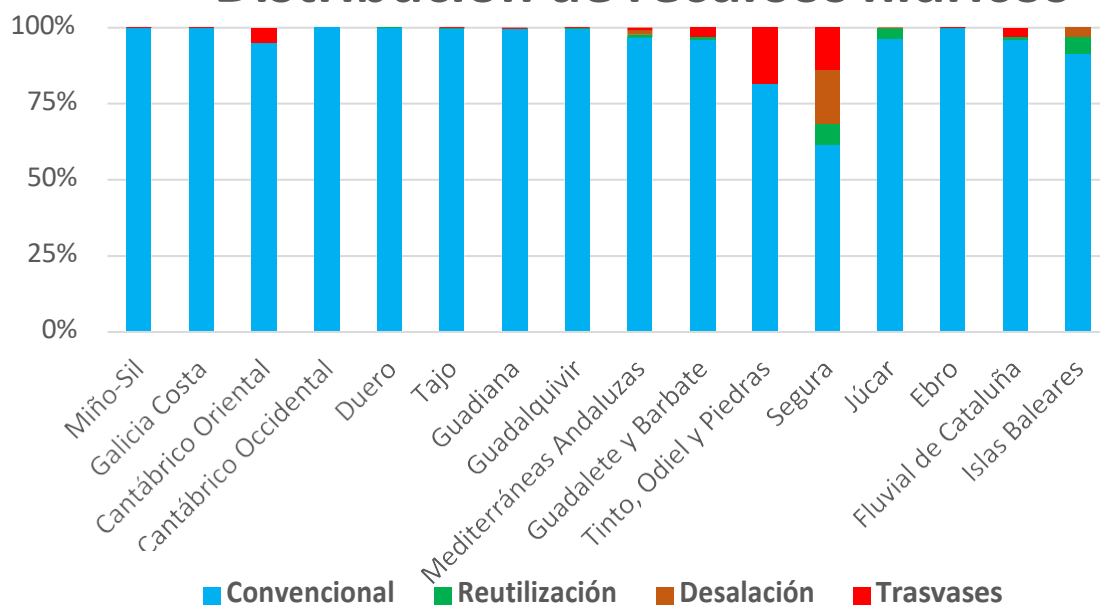


Fig. 2. Distribución de recursos hídricos de las cuencas de España (excepto Canarias)

En lo que respecta a los trasvases, es de destacar la importancia que tienen en las cuencas del Segura (183.0 Hm<sup>3</sup>/año procedentes de Tajo y Guadalquivir, 13.9% del recurso total), y Tinto, Odiel y Piedras (176.3 Hm<sup>3</sup>/año procedentes del Guadiana, 18.4% del recurso total). La sostenibilidad de dichos trasvases en el futuro es incierta, debido a factores políticos y de rivalidad regional (el procedente del Tajo) o a provenir de cuencas hidrográficas que cuentan con un grado de estrés hídrico elevado (los procedentes de Guadiana y Guadalquivir).

Por último, mencionar que España ha sido pionero en la introducción en Europa de la posibilidad de transferir derechos de uso y aprovechamiento de agua entre usuarios (cesión voluntaria y temporal de derechos de agua). Desde su aprobación en 1999, la actividad de estos mercados en España ha sido relativamente escasa (Palomo-Hierro et al., 2015). Los intercambios se han realizado mayoritariamente mediante la figura de los contratos de cesión y, en menor medida, mediante los centros de intercambio, realizándose la mayor parte de ellos en sequía y entre usuarios del sector agrario. Esta escasa operatividad del mercado ha hecho difícil valorar los efectos de la implementación de este instrumento económico. En algunos casos, los mercados han permitido cierta transferencia temporal de recursos entre cuencas durante episodios de sequías utilizando las infraestructuras de conexión intercuenca (Palomo-Hierro y Gómez-Limón, 2016).

## 2.2. Demandas por cuenca hidrográfica

Como ocurre con los recursos, las demandas hídricas están condicionadas por las características del territorio y la climatología, así como por factores culturales, poblacionales y económicos. De hecho, las diferencias territoriales observadas en cuanto a los recursos se encuentran también en las demandas, concentrándose estas últimas en el arco mediterráneo (Figura 3). La distribución territorial de las demandas tiende a ser opuesta a la de recursos, ya que la Cornisa Cantábrica es la zona con las demandas más bajas y, por el contrario, las zonas mediterráneas al sur del Ebro son las que presentan una mayor concentración de las mismas. Ello es debido a la importancia de la agricultura, que se concentra en particular en el valle del Ebro y la España Mediterránea, por tradición y por hecho de la idoneidad de suelos y clima para tal uso. Únicamente se aprecia un paralelismo entre recursos disponibles y demandas en las cuencas hidrográficas del Ebro (a la vez la cuenca con mayores recursos y mayores demandas en valor absoluto) y el Guadiana (que presenta uno de los ratios más bajos en recursos por kilómetro y, simultáneamente, un bajo ratio de demandas por kilómetro). Es de destacar la gran demanda del Ebro (máximo valor absoluto y máximo ratio por kilómetro), y la elevada ratio por kilómetro del Segura (en segundo lugar, conjugado con el ratio más bajo de recursos por kilómetro).

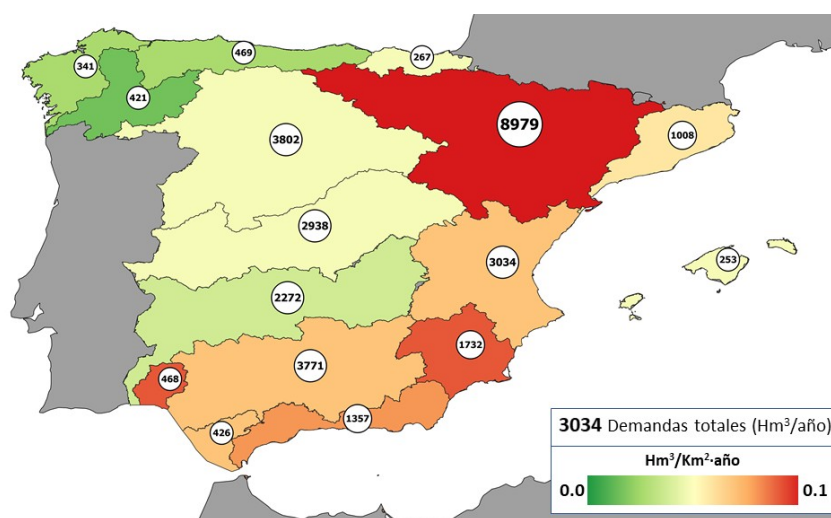


Fig. 3. Demandas consuntivas anuales (Hm<sup>3</sup>) totales y por km<sup>2</sup> por DH en España (excepto Canarias)

La distribución de dichas demandas entre los usos del agua (Figura 4) tiende a conceder la mayor importancia a la agricultura aunque con una gran variabilidad de configuraciones, existiendo desde cuencas donde la agricultura juega un papel marginal (en particular en la Cornisa Cantábrica) hasta otras en las que es casi el único uso consuntivo del agua. Tras la agricultura, el segundo uso en importancia es el abastecimiento urbano, cuyo porcentaje global en España es del 24%, aunque es el uso predominante en la Cornisa Cantábrica (Galicia-Costa, Cantábrico Oriental Cantábrico Occidental), debido a la poca importancia de la agricultura en dichas cuencas. La demanda industrial se sitúa típicamente alrededor del 3%, salvo en Tinto, Odiel y Piedras y Fluvial de Cataluña (10%), y la Cornisa Cantábrica (25%); debido a una mayor concentración de industria demandante de agua en esas zonas y, en la Cornisa Cantábrica, a la menor importancia de la agricultura.

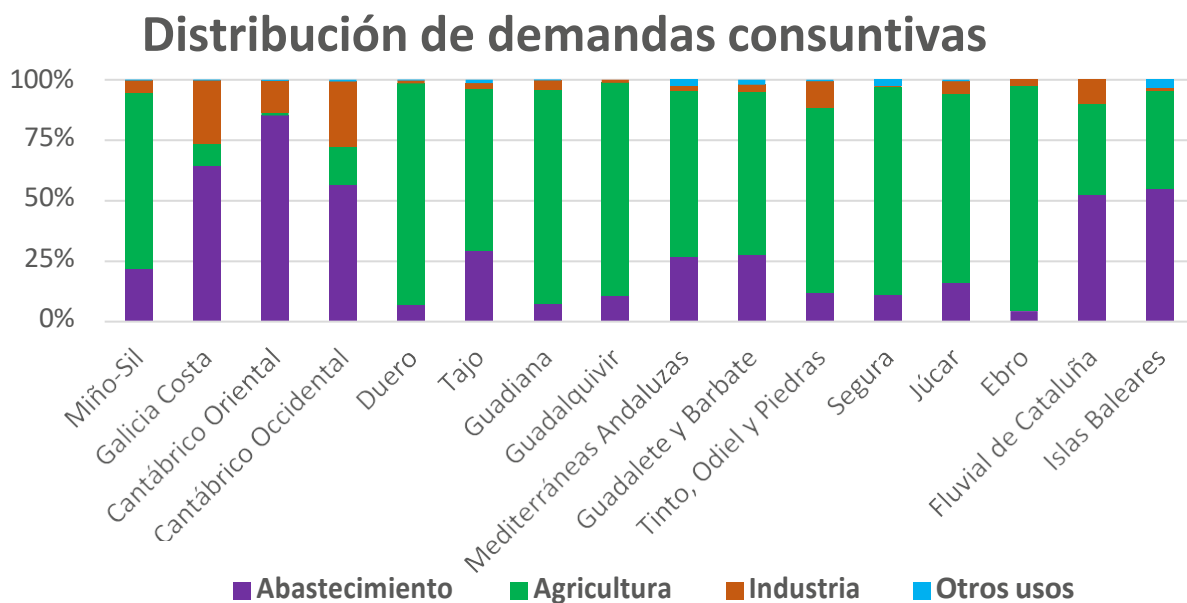


Fig. 4. Distribución de demandas en las cuencas de España (excepto Canarias)

### 2.3. Balance hídrico por cuenca hidrográfica

La Figuras 5 y 6 muestran los recursos, las demandas y la ratio entre ellos (coeficiente de explotación) para las demarcaciones hidrográficas españolas, excluyendo Canarias. Para clasificarlas de acuerdo con el valor del coeficiente de explotación (Water Exploitation Index, WEI) se ha empleado la clasificación de Raskin (Raskin et al, 1997). Dicha clasificación establece en un 20% la frontera entre la ausencia de estrés y situación de estrés, y en un 40% entre el estrés y el estrés severo. Se

considera el sistema como sobreexplotado si las demandas superan el 100% de los recursos anuales promedio.

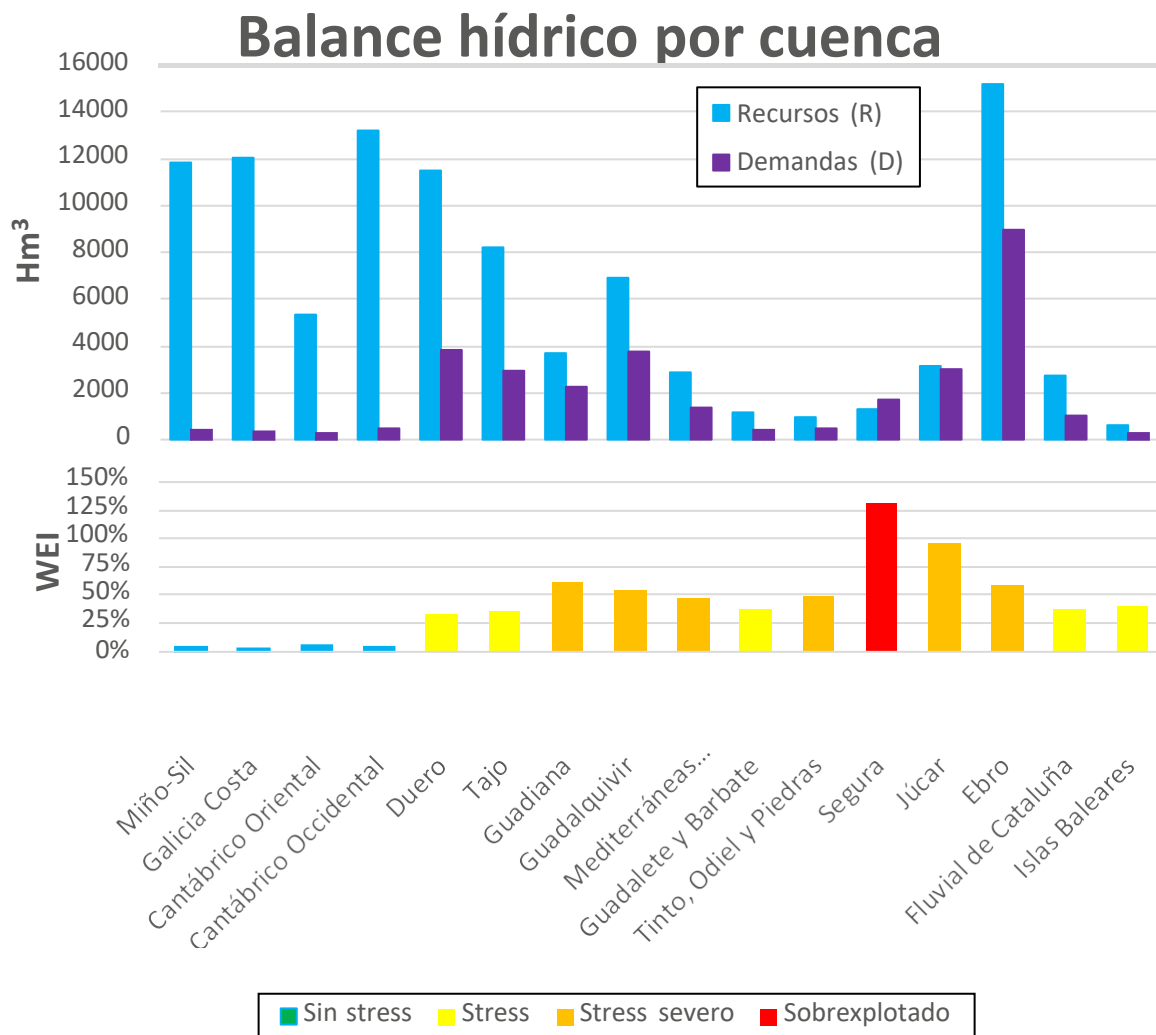


Fig. 5. Demandas, recursos y ratio recursos/demandas para DH de España (excepto Canarias)

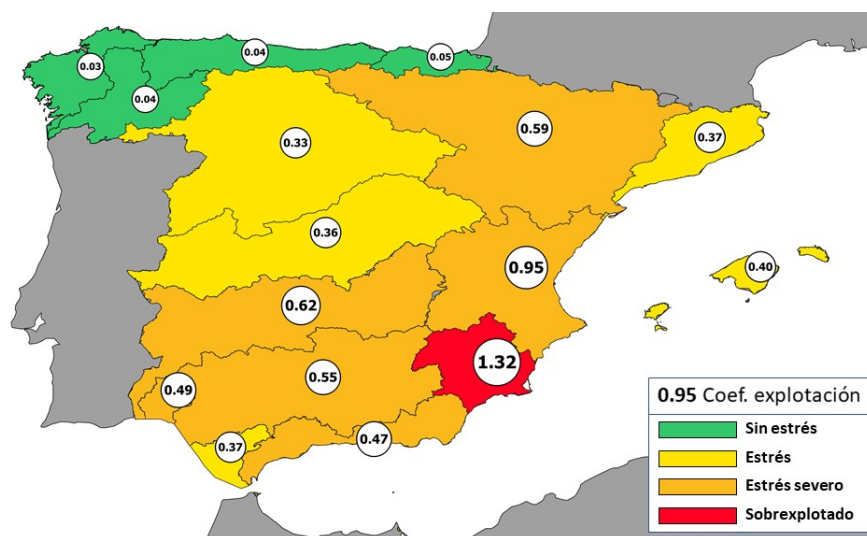


Fig. 6. Ratio recursos/demandas para las DH de España (excepto Canarias)

En las figuras se observa que, salvo en la Cornisa Cantábrica, con una combinación de recursos elevados y escasas demandas, todas las cuencas de España sufren cierto grado de estrés hídrico. De hecho, alrededor de la mitad del territorio español, particularmente las cuencas que vierten al Mediterráneo y a la Andalucía Atlántica, sufre actualmente un estrés hídrico severo, lo que combinado con la irregularidad típica del clima Mediterráneo conlleva una exposición apreciable a sequías. El caso más grave es el del Segura, que a día de hoy se encuentra sobreexplotado (la demanda es del 132% del recurso promedio anual) a pesar del aporte de los trasvases, la desalación y la reutilización (directa e indirecta). Sin llegar al extremo del Segura, la situación del Júcar es muy precaria (95%), seguido por Guadiana (62%), Ebro (59%) y Guadalquivir (55%). A pesar de la gravedad de la situación, y a la imposibilidad de recurrir a trasvases procedentes de zonas sin estrés hídrico, los recursos no convencionales son casi inexistentes en dichas cuencas, salvo en el caso del Segura.

### **3. Impacto socioeconómico del uso del agua y dependencia económica del recurso hídrico**

El agua es un bien esencial para el desarrollo de las actividades socioeconómicas. No es sólo un factor de producción para actividades económicas como la agricultura de regadío, consumo residencial e industrial, y generación eléctrica, sino que además proporciona servicios ecosistémicos como el mantenimiento de humedales, soporte de fauna silvestre, y provisión de caudales necesarios para los ecosistemas fluviales.

Tal y como se ha observado en el punto anterior, la agricultura de regadío es el mayor consumidor de agua en España, por lo que la dependencia hídrica de este sector es mucho más significativa. No obstante, otros sectores económicos también son dependientes y vulnerables a las situaciones de estrés hídrico. En las siguientes secciones discutimos sobre la dependencia hídrica en diferentes sectores económicos, centrándonos en mayor medida en la agricultura de regadío.

#### **3.1. Agricultura**

El sistema agroalimentario y pesquero aporta más del 10% del PIB en España, cuando además del sector primario se añade la industria agroalimentaria y las actividades indirectas (MAPA, 2020). Teniendo en cuenta únicamente la contribución directa del

sector agrario, en 2017 el sector facturó más de 50.000 millones de euros, aportando el 2.8% del PIB, y generando más de 800.000 puestos de trabajo (4.4% del total).<sup>2</sup> Gran parte de esta contribución la genera la agricultura de regadío. En España hay más de 3 millones de hectáreas de regadío, concentrando Andalucía más de un cuarto del total. En superficie regada, a Andalucía la siguen Castilla y León, Castilla-La Mancha, Aragón y la Comunitat Valenciana (Figura 7). La diversa productividad económica de las diferentes regiones agrícolas resulta en una distribución diferente del impacto económico regional. Andalucía aún se distancia más en la cabeza, facturando más del 40% de los productos agrícolas del país, y la siguen Castilla-La Mancha, la Comunitat Valenciana y la Región de Murcia. Contrastando estos datos con el grado de explotación, se puede observar que la mayor parte de las áreas con mayor facturación depende de cuencas hidrográficas con un estrés hídrico severo, o incluso sobrexplotadas.

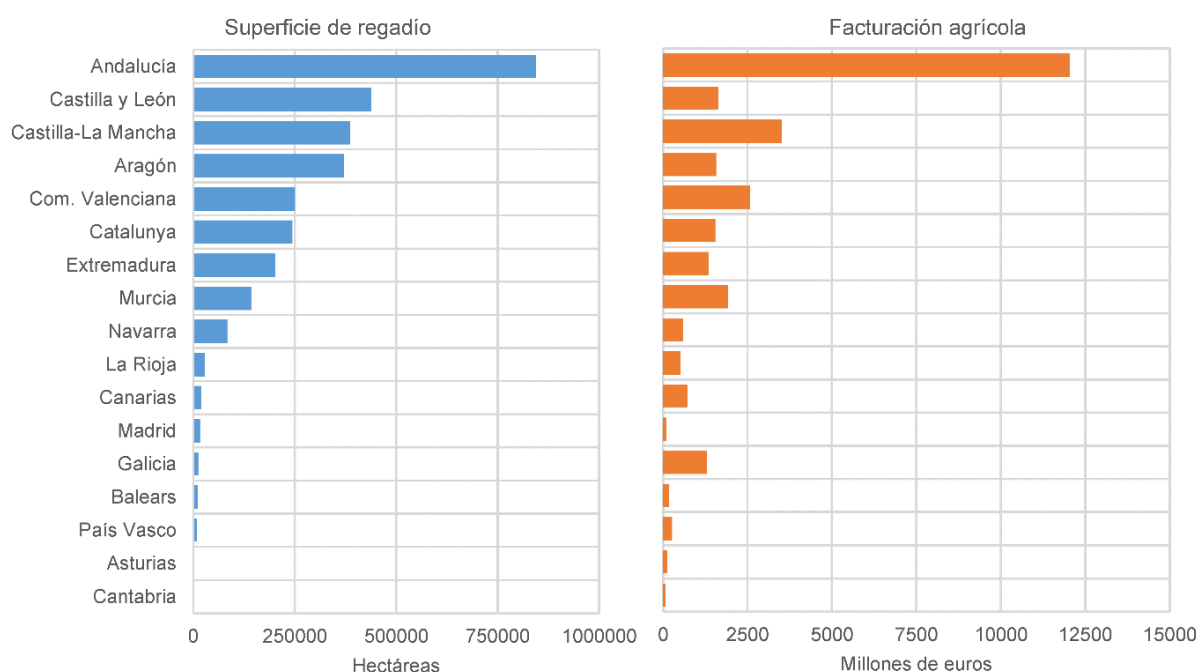


Fig. 7. Superficie de regadío y facturación agrícola (rama vegetal) de las comunidades autónomas de España. Datos de superficie de regadío de 2016; facturación de 2017. Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

Cuando se combinan los indicadores económicos con el consumo de agua en las distintas comunidades autónomas, se pueden obtener indicadores de productividad económica y creación de empleo directo respecto al uso de agua que arrojan

<sup>2</sup> Datos del INE para 2017.

resultados regionales bastante diferentes. Como se puede ver en la Figura 8, la Región de Murcia encabeza tanto la productividad económica como la creación de empleo por volumen de agua. En productividad económica la siguen La Rioja y Andalucía, mientras que en generación de puestos de trabajo el segundo y tercer puesto están ocupados por Andalucía y Catalunya.<sup>3</sup> La productividad económica se debe a los cultivos de alto valor agregado, especialmente frutas y verduras que se destinan significativamente a la exportación. Debido al estrés hídrico de las cuencas del sudeste peninsular resaltado en la sección anterior, es significativo ver a la Región de Murcia destacada, pero también a otras regiones como Andalucía, Castilla-La Mancha y la Comunitat Valenciana, en los puestos punteros de estos indicadores.

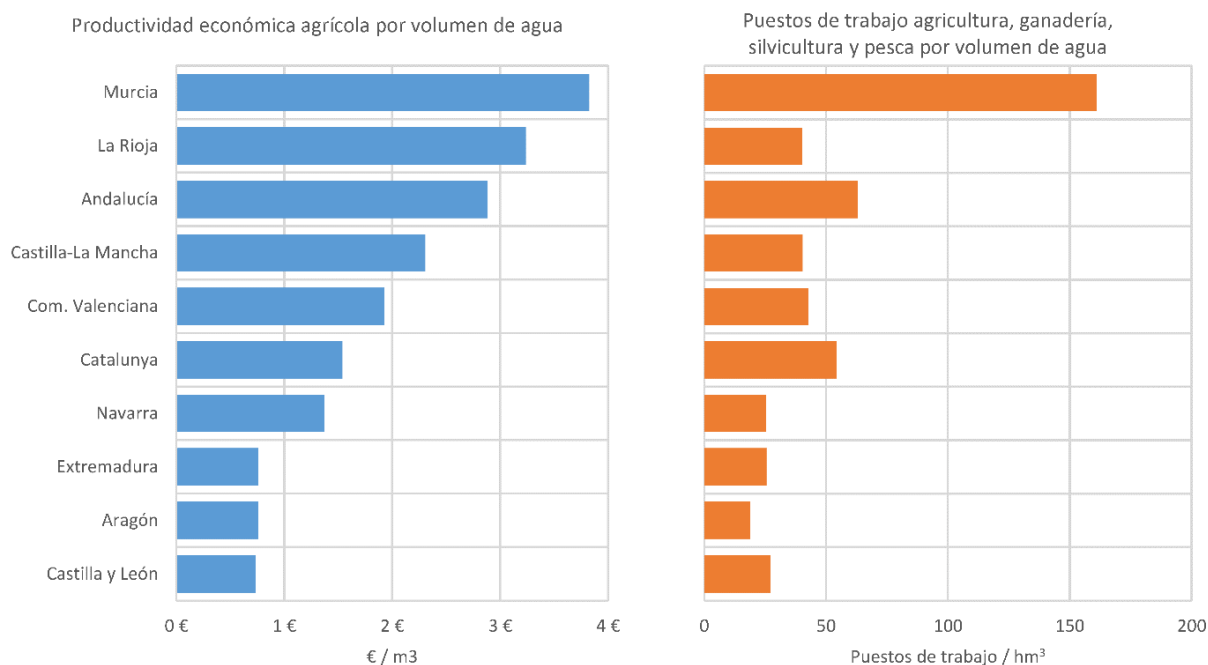


Fig. 8. Productividad económica y puestos de trabajo por volumen de agua<sup>4</sup>. Fuente: INE

Finalmente, también queremos señalar la dependencia económica que en algunas de estas regiones existe respecto al recurso agua. Aunque en el inicio de esta sección hemos señalado que la contribución directa del sector agrario en el PIB es del 2.8% y los puestos de trabajo del 4.4% respecto al total nacional, estas proporciones varían significativamente entre comunidades autónomas. A mayor importancia del sector

<sup>3</sup> Ya que los puestos de trabajo incluyen también ganadería, silvicultura y pesca, este indicador está menos ligado a la disponibilidad de agua que la productividad agrícola por volumen de agua.

<sup>4</sup> La productividad económica se obtiene a partir de la facturación agrícola, mientras que los puestos de trabajo incluyen agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (ambos para 2017). Sólo se incluyen comunidades con datos de consumo de agua agrícola (datos de 2018).

agrícola, mayor contribución en las cuentas regionales, y también mayor vulnerabilidad ante sequías y los efectos del cambio climático.

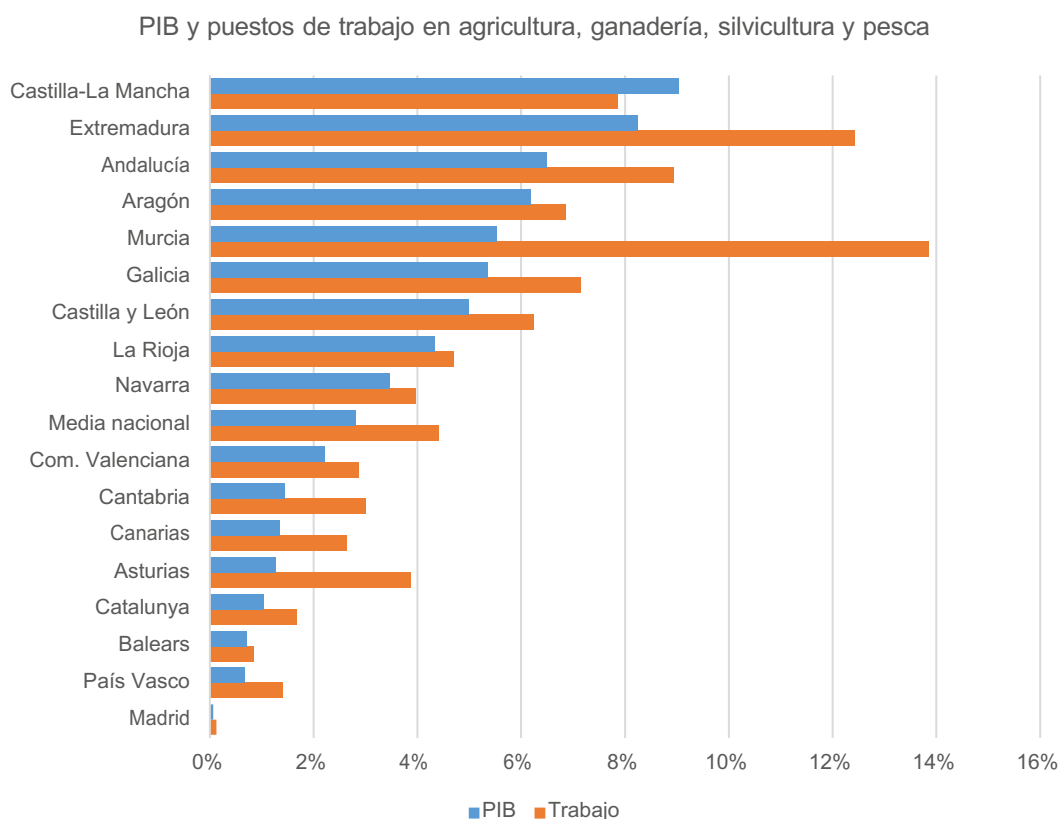


Fig. 9. PIB y puestos de trabajo en agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (datos PIB de 2016; datos de trabajo, media mensual en 2017). Fuente: INE

Castilla-La Mancha, Extremadura, Andalucía, Aragón y Murcia están a la cabeza en cuanto a la importancia del PIB agrario respecto al total del PIB regional, con valores en todos los casos mayores al 5%, y en el caso del Castilla-La Mancha de hasta el 9%. En cuanto a trabajo, la Región de Murcia y Extremadura tienen más del 10% de la población empleada directamente en el sector agrario.<sup>2</sup> Es necesario señalar que estos valores de PIB y empleo directos del sector agrario, pero como hemos visto anteriormente estos valores se pueden multiplicar hasta por cuatro cuando se consideran otros sectores como la industria alimentaria, los proveedores de insumos, y las empresas de transporte. Ya que todos estos sectores están directamente ligados con el sector agrario, la dependencia y vulnerabilidad de estas regiones respecto a la disponibilidad de agua es mucho más significativa de lo que muestran estos datos. Comparando estos datos con la sección anterior, se puede apreciar que las cinco

<sup>2</sup> Aunque nos referimos al sector agrario, estos datos incluyen agricultura, ganadería, silvicultura y pesca.

regiones donde la agricultura más contribuye al PIB dependen parcial o totalmente de cuencas hidrográficas con un estrés hídrico severo, y que la región con un mayor porcentaje de empleos directos en el sector agrícola presenta sobreexplotación.

La gestión del agua de riego en la agricultura intensiva del Mediterráneo parece reflejar un cambio de orientación: las políticas de modernización de regadíos con generosas subvenciones y poco seguimiento de las últimas décadas son objeto de revisión, a la vez que se impulsa una modernización de segunda generación, maximizando el potencial de los sistemas instalados (Sanchis-Ibor et al., 2019). También se observa un creciente interés en la incorporación de los recursos no convencionales.

### **3.2. *Abastecimiento urbano e industrial***

El agua es esencial para el desarrollo económico de las ciudades. Es un elemento indispensable para las necesidades básicas de la población, y también un factor de producción para el sector industrial.

Las mayores concentraciones de población se localizan en las cuencas del Tajo, en la Cuenca Fluvial de Catalunya y Júcar, debido a las zonas metropolitanas de Madrid, Barcelona y Valencia. En todas las cuencas el consumo urbano es mucho mayor que el industrial, aunque el industrial puede llegar a ser significativo, como en la cuenca del Ebro. Es importante remarcar que algunas de las cuencas con mayor estrés hídrico—como en la del Júcar, Guadalquivir o las Cuencas Mediterráneas Andaluzas—se localizan importantes concentraciones de población.

Aunque el uso urbano e industrial de agua es relativamente menor respecto al uso en el sector agrícola, su trascendencia económica es muy significativa, ya que puede conducir a situaciones con graves consecuencias económicas. Por ejemplo, en la sequía de 2007-08 en el área metropolitana de Barcelona, las pérdidas económicas se estimaron en más de 1.650 millones de Euros, casi el 1% del PIB de Catalunya (Martín-Ortega y Markandaya, 2009). Es por ello que es necesario analizar la vulnerabilidad de zonas urbanas y consumos industriales en las zonas de mayor estrés para desarrollar programas de adaptación.

Población, abastecimiento urbano e industrial por cuenca hidrográfica

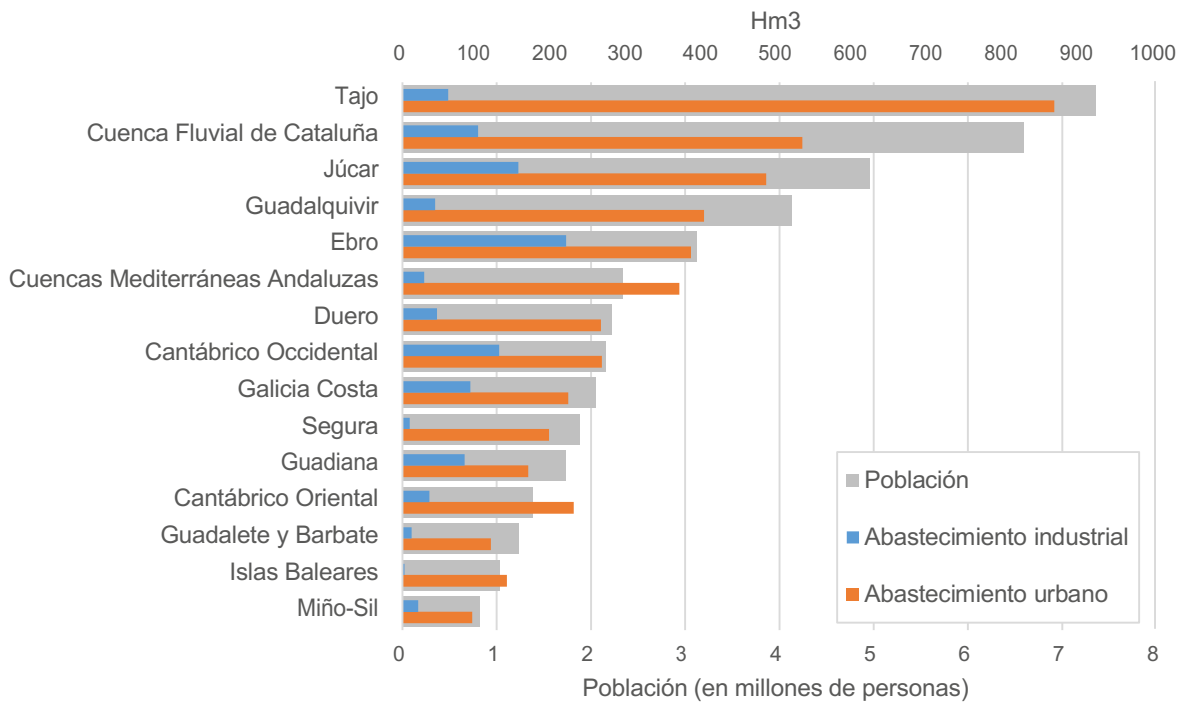


Fig. 10. Población, abastecimiento urbano e industrial por cuenca hidrográfica. Fuente: INE

Dentro del abastecimiento urbano, el sector del turismo es otro sector de importancia estratégica para la economía española. Como se puede ver en la Figura 11, la mayoría significativa de las plazas hoteleras en la España peninsular se encuentran en la vertiente mediterránea, es decir, en el área sujeta a mayor estrés hídrico. Además de Madrid, las provincias de Girona, Barcelona, Tarragona, Alicante, Almería y Málaga destacan sobre el resto, estando situadas algunas de ellas en zonas con un estrés hídrico severo.

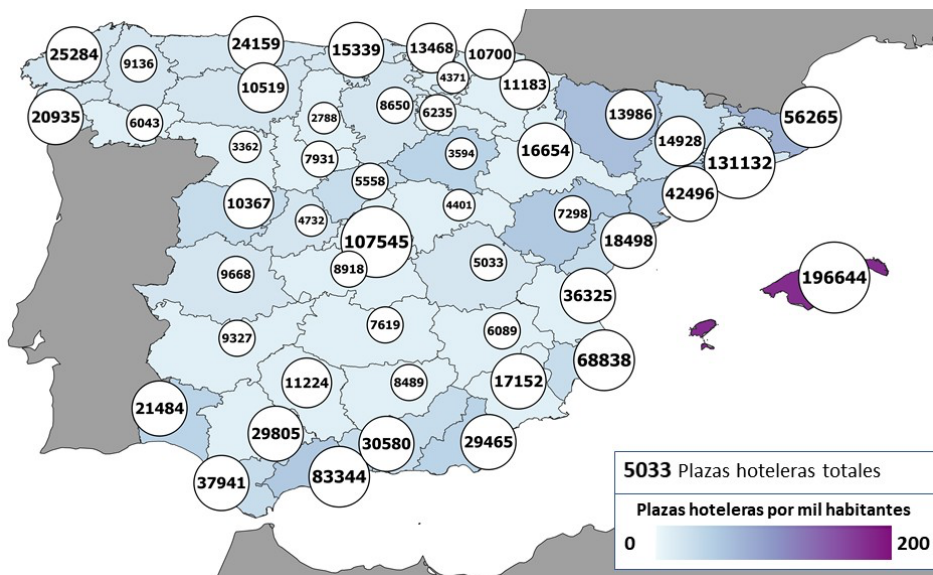


Fig. 11. Plazas hoteleras por provincia. Fuente: INE.

El hecho de que el precio del agua del grifo sea muy variable en todo el mundo no se puede vincular solo a factores locales o tecnológicos, o el ingreso per cápita del país. Muchos costes son de carácter político y están vinculados a la cultura del agua del país. Además, dependen de los estándares de calidad de los servicios prestados y el cumplimiento del principio de recuperación de costos. Los grandes proyectos de infraestructura subsidiados y por tanto, no incluidos en la matriz de costes, dan lugar a políticas de precios del agua que no se ajustan a la realidad (Cabrera y otros, 2012; Pulido-Velazquez et al., 2014).

### 3.2. Generación de energía

El sector energético es también dependiente del recurso agua. En general las fuentes energéticas, aunque pueden demandar una cantidad significativa de agua, acaban retornando un porcentaje alto de dicha demanda al medio natural, por lo que resultan en bajos usos consuntivos. La generación hidroeléctrica es con diferencia la que mayor demanda y consumo final de agua tiene en España (Fig. 12). Aunque la legislación prioriza los usos industriales para la producción de energía eléctrica sobre otros usos industriales, y solo por detrás del consumo humano y el regadío, es necesario gestionar los sistemas para minimizar las pérdidas económicas y las posibles limitaciones de suministro eléctrico durante sequías. Por ejemplo, durante la sequía 2005-08 en la cuenca del Júcar, la generación hidroeléctrica disminuyó un 40% respecto años anteriores (CHJ, 2010).

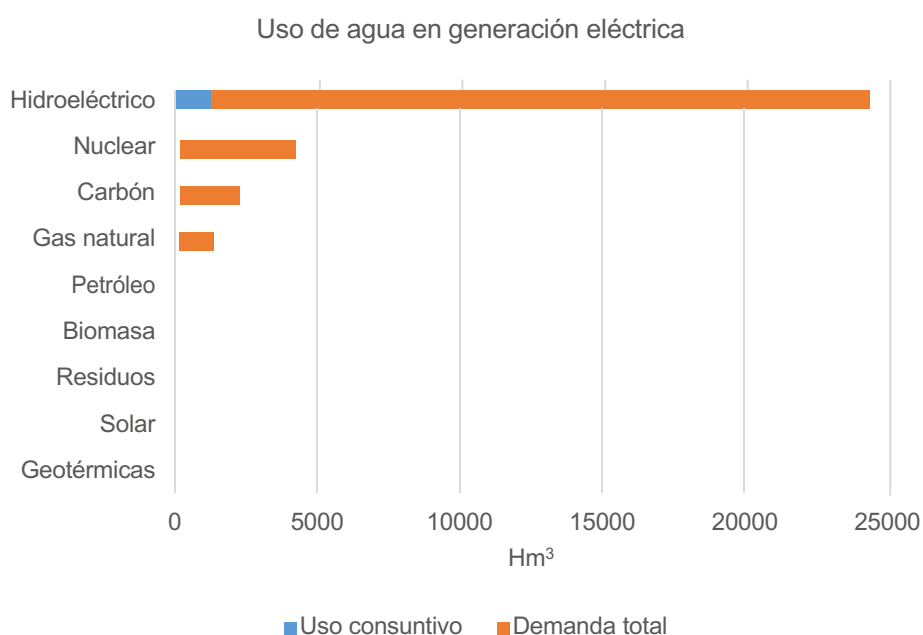


Fig. 12. Uso de agua en la generación eléctrica. Fuente: Hardy et al. 2012.

### **3.3. Valor económico del agua ambiental**

Finalmente es necesario remarcar que existen sectores económicos dependientes de la buena calidad ambiental de las aguas. Entre ellos, posiblemente el más notable sea el turismo rural o de interior. Por ejemplo, San Martín et al (2018) concluyen que los municipios ribereños de los Embalses de Entrepeñas y Buendía—embalses cedentes en el transvase Tajo-Segura—“fueron capaces hasta 1980 de resistir mejor dicho éxodo que los municipios rurales de su entorno gracias al desarrollo y expectativas generadas por el desarrollo de usos turísticos vinculados a los embalses, mientras que a partir de la entrada en funcionamiento del transvase estos municipios han perdido, en términos relativos, más del doble de población que su entorno.”

El agua es un elemento clave en paisajes naturales de gran valor. Por ejemplo, un estudio reciente (Estruch-Guitart y Vallés-Planells, 2017) ha determinado el valor económico total del Parque Natural de la Albufera en 176 millones de €, incluyendo valores de uso (directos e indirectos) y de no uso. Conocer el valor económico de los usos ambientales puede ser fundamental para una gestión racional de los mismos, para centrar la atención de los decisores y del público en recursos infravalorados y amenazados, y para determinar el nivel de protección, desarrollo y monitorización económicamente justificable. Sin embargo, en España el número de estudios de valoración ambiental de parajes relacionados con el agua es aún muy limitado.

## **4. Perspectivas futuras: el impacto del cambio climático<sup>3</sup>**

Las proyecciones de escenarios futuros de cambio climático son bastante consecuentes sobre una reducción importante de los recursos totales disponibles y un incremento de episodios extremos de sequías (Marcos-García et al., 2017). Así, Marcos-García y Pulido-Velazquez (2017a) han estimado una reducción de las aportaciones en la cuenca del Júcar para los últimos escenarios disponibles (RCPs del AR5) de en torno al 20% en el corto plazo, y del 29-36% a largo plazo respecto a

---

<sup>3</sup> El análisis del impacto del cambio climático se ha basado en el Informe “Evaluación del Impacto del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y Sequías en España”, elaborado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX para el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente en 2017. Dicho estudio es el único que cubre todas las cuencas españolas con la definición suficiente y de forma metodológicamente uniforme, lo que lo convierte en el marco ideal para analizar comparativamente los impactos del cambio climático en las demarcaciones hidrográficas españolas.

la aportación media anual de la serie larga (1940/41-2008/2009). Todo ello incrementará el estrés hídrico, los conflictos por el agua y los impactos derivados de los déficits hídricos, incluyendo cuantiosas pérdidas económicas si no se aplican a tiempo las medidas de adaptación requeridas (Escriva-Bou et al., 2017).

El estudio reciente del CEDEX (2017) analiza la respuesta climatológica e hidrológica de las cuencas hidrográficas para dos sendas representativas de concentración (RCP): RCP 4.5 (optimista respecto a la evolución actual) y RCP 8.5 (pesimista respecto a la evolución actual). Para cada una de dichas sendas, el estudio estima la respuesta hidrológica ante 6 posibles escenarios climáticos, para 3 periodos de referencia de 30 años (2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100). La mayoría de dichos escenarios prevé un descenso generalizado de las precipitaciones y un aumento de temperaturas.

Los resultados de dicho estudio se han empleado en este trabajo de dos formas. En primer lugar, las variaciones porcentuales de Evapotranspiración Potencial (ETP) obtenidas se han utilizado como factores correctores de la demanda agrícola, para representar el hecho de que un incremento de temperatura llevará aparejado un incremento en las necesidades de riego para evitar que los cultivos sufran estrés por falta de agua. En segundo lugar, las variaciones porcentuales de la escorrentía se han utilizado como factores correctores de los recursos hídricos convencionales. Este análisis, por tanto, asume que el resto de demandas y de recursos hídricos permanece inalterado. Dicha asunción es obviamente incierta, pero se ha considerado tan válida como cualquier otra dadas las importantes incertidumbres que existen a la hora de extrapolar a décadas vista cualquier variable física, socioeconómica y ambiental, como por ejemplo la superficie agrícola y el tipo de cultivo, la tecnología de riego, la población y la eficiencia de la red de suministro urbano.

Tras aplicar los factores correctores anteriormente descritos a recursos y demandas, se han calculado los WEI para cada cuenca hidrográfica, periodo futuro, RCP y escenario, y se ha establecido el grado de estrés hídrico al igual que en la situación actual. Una vez hecho esto, se ha comparado el grado de estrés hídrico futuro con el actual para determinar si éste cambia, así como el número de escenarios donde se producen cambios de estado de estrés, expresándolos en forma de probabilidades. Dichas probabilidades de cambio se muestran en la Tabla 1, en la que los colores de la columna “DEMARCACIÓN” ofrecen el grado de estrés hídrico actual, y los colores

Tabla 1. Probabilidad de cambio en el grado de estrés hídrico de acuerdo al WEI de las cuencas hidrográficas de España (excepto Canarias)

DEMARCACIÓN	PERIODO	RCP 4.5			RCP 8.5		
		PROBABILIDAD DE CAMBIO WEI			PROBABILIDAD DE CAMBIO WEI		
		Mejora	No cambia	Empeora	Mejora	No cambia	Empeora
Miño-Sil	2010-2040	0%	100%	0%	0%	100%	0%
	2040-2070	0%	100%	0%	0%	100%	0%
	2070-2100	0%	100%	0%	0%	100%	0%
Galicia Costa	2010-2040	0%	100%	0%	0%	100%	0%
	2040-2070	0%	100%	0%	0%	100%	0%
	2070-2100	0%	100%	0%	0%	100%	0%
Cantábrico Oriental	2010-2040	0%	100%	0%	0%	100%	0%
	2040-2070	0%	100%	0%	0%	100%	0%
	2070-2100	0%	100%	0%	0%	100%	0%
Cantábrico Occidental	2010-2040	0%	100%	0%	0%	100%	0%
	2040-2070	0%	100%	0%	0%	100%	0%
	2070-2100	0%	100%	0%	0%	100%	0%
Duero	2010-2040	0%	83%	17%	0%	67%	33%
	2040-2070	0%	50%	50%	0%	17%	83%
	2070-2100	0%	33%	67%	0%	17%	83%
Tajo	2010-2040	0%	50%	50%	0%	50%	50%
	2040-2070	0%	50%	50%	0%	17%	83%
	2070-2100	0%	33%	67%	0%	17%	83%
Guadiana	2010-2040	0%	100%	0%	0%	100%	0%
	2040-2070	0%	83%	17%	0%	67%	33%
	2070-2100	0%	67%	33%	0%	50%	50%
Guadalquivir	2010-2040	17%	83%	0%	0%	100%	0%
	2040-2070	0%	100%	0%	0%	67%	33%
	2070-2100	0%	67%	33%	0%	50%	50%
Cuencas Mediterráneas Andaluzas	2010-2040	17%	83%	0%	0%	100%	0%
	2040-2070	0%	100%	0%	0%	100%	0%
	2070-2100	0%	100%	0%	0%	83%	17%
Guadalete y Barbate	2010-2040	0%	33%	67%	0%	33%	67%
	2040-2070	0%	50%	50%	0%	17%	83%
	2070-2100	0%	67%	33%	0%	17%	83%
Tinto, Odiel y Piedras	2010-2040	17%	83%	0%	0%	100%	0%
	2040-2070	0%	100%	0%	0%	100%	0%
	2070-2100	0%	100%	0%	0%	83%	17%
Segura	2010-2040	0%	100%	0%	0%	100%	0%
	2040-2070	0%	100%	0%	0%	100%	0%
	2070-2100	0%	100%	0%	0%	100%	0%
Júcar	2010-2040	0%	50%	50%	0%	17%	83%
	2040-2070	0%	0%	100%	0%	0%	100%
	2070-2100	0%	0%	100%	0%	0%	100%
Ebro	2010-2040	0%	100%	0%	0%	100%	0%
	2040-2070	0%	100%	0%	0%	100%	0%
	2070-2100	0%	100%	0%	0%	50%	50%
Cuenca Fluvial de Cataluña	2010-2040	0%	83%	17%	0%	67%	33%
	2040-2070	0%	50%	50%	0%	33%	67%
	2070-2100	0%	33%	67%	0%	17%	83%
Islas Baleares	2010-2040	0%	50%	50%	0%	0%	100%
	2040-2070	0%	17%	83%	0%	0%	100%
	2070-2100	0%	0%	100%	0%	0%	100%

de las columnas “RCP 4.5” y “RCP 8.5” ofrecen el grado de estrés hídrico más probable para cada periodo futuro. Tal y como cabría esperar, los WEI sufren cambios para cada escenario y periodo, pero ello no siempre se traduce en un cambio en el grado de estrés hídrico.

No se prevé que las cuencas hidrográficas de la Cornisa Cantábrica que sufran cambios en su grado de estrés hídrico, ya que en la actualidad es muy bajo y, con independencia del escenario y del periodo, no se prevé alcanzar una situación de estrés hídrico. La gran mayoría de escenarios muestran un empeoramiento de la sobreexplotación de la cuenca del Segura, alcanzando a finales del siglo XXI valores de WEI de hasta 1.98 en el RCP 4.5 y de 2.54 en el RCP 8.5. El WEI de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas y Tinto, Odiel y Piedras también sufre aumentos apreciables en algunos escenarios del RCP 4.5 y de forma generalizada en el RCP 8.5, existiendo incluso la posibilidad de alcanzar la sobreexplotación.

En el resto de cuencas hidrográficas sí se han obtenido probabilidades significativas de sufrir cambios en su grado de estrés hídrico a lo largo del siglo XXI. En el caso de Guadiana, Guadalquivir y Ebro el grado de estrés hídrico tiende a mantenerse en su estado actual, aunque para los escenarios RCP 8.5 la mitad de las proyecciones ofrecidas por los modelos para el final del siglo XXI (2070-2100) llegan a alcanzar la sobreexplotación en dichos sistemas. Las restantes cuencas hidrográficas muestran una tendencia al empeoramiento del grado de estrés hídrico. Las previsiones muestran que Duero, Tajo y Fluvial de Cataluña alcanzarían un grado de estrés severo entre 2040 y 2070 para el RCP 4.5 y en 2040 para el RCP 8.5. Dicha tendencia se adelanta en las Islas Baleares, que podrían alcanzar la sobreexplotación en 2040 según los RCP 4.5 y antes de ese año en los RCP 8.5. Guadalete y Barbate alcanzaría un grado de estrés severo antes de 2040, aunque para el RCP 4.5 podría invertirse la situación y retornar al grado de estrés actual a mediados o finales del siglo XXI. La cuenca hidrográfica del Júcar alcanzaría la sobreexplotación alrededor de 2040 para el RCP 4.5, mientras que en el RCP 8.5 se llegaría a ese punto antes de dicho año.

En resumen, los escenarios de cambio climático muestran, con la excepción de la Cornisa Cantábrica y de la ya comprometida situación del Segura, una tendencia al empeoramiento del estrés hídrico. En los escenarios RCP 4.5 se prevé que todas las cuencas actualmente en estrés hídrico pasen a un estado de estrés hídrico severo a mediados de siglo, mientras que el Júcar alcanzaría la sobreexplotación. Esta situación se agrava para los escenarios más desfavorables, los RCP 8.5, que

muestran un empeoramiento más rápido del grado de estrés y en el que Guadiana, Guadalquivir y Ebro podrían alcanzar la sobreexplotación a finales del siglo XXI, lo que pondría en jaque las principales áreas agrícolas del país, que a día de hoy ya sufren un grado de estrés severo.

## **5. Discusión, conclusiones y recomendaciones**

Siendo uno de los países más áridos en la UE, España es en cambio el primer país en área regada (3.4 M de hectáreas; en torno al 75% de los usos consuntivos del agua). Y las principales zonas de riego se concentran en las zonas más áridas del país. Junto a la aridez y las significativas sequías (alta variabilidad climática e hidrológica), ha habido que hacer frente a la escasez de agua para atender a las demás con garantías. La escasez del agua, sea deficitaria o coyuntural, conlleva importantes consecuencias socioeconómicas y ambientales. El acusado desajuste espacial y temporal entre disponibilidad de recursos y demanda ha conducido a un importante desarrollo de infraestructuras hidráulicas, y a un diferente grado de aprovechamiento de los recursos de las distintas cuencas, en ocasiones muy por encima de los recursos propios disponibles.

Las proyecciones de cambio climático nos hacen prever un incremento del estrés hídrico, convirtiendo la planificación de la adaptación al cambio climático en uno de los grandes retos en la gestión del agua (Marcos-García y Pulido-Velazquez, 2017). Las soluciones de oferta se centran hoy en día en el incremento de recursos no convencionales, reutilización y desalación, pues los trasvases no parece que puedan crecer (más bien reducirse, por la reducción de recursos en las cuencas cedentes). Existe aún un importante potencial para el incremento de la reutilización y la desalación, especialmente en torno a núcleos urbanos costeros con zona de riego próxima.

Hoy en día es inevitable combinar las soluciones de oferta con soluciones de gestión de la demanda. Entre ellas, el incremento de eficiencias mediante la modernización de regadíos, en general fuertemente subvencionada, ha sido una de las actuaciones más comunes en los regadíos tradicionales de las cuencas bajas mediterráneas. Los mercados del agua han permitido cierta flexibilidad en la distribución del recurso en situaciones críticas, aunque su funcionamiento ha sido por ahora muy limitado y puntual. Pero aun así, es muy posible que estas medidas no sean suficientes, y haya

que recurrir a otras medidas más difíciles como la revisión de concesiones, replantear usos, incrementar los precios del agua, etc. (Sanchis-Ibor et al., 2018).

La necesidad de priorizar y diseñar políticas de asignación y gestión eficiente y sostenible del agua requiere conocer bien el valor económico del agua en los distintos usos. Con estos análisis se pueden estimar las repercusiones socioeconómicas ante la falta de agua y la vulnerabilidad de los diferentes sectores en las distintas regiones, para finalmente definir e implementar medidas. Si bien son más numerosos los estudios sobre el valor del agua en el regadío en el ámbito de la economía agraria, existe un claro déficit de estudios del valor del agua en otros sectores, como el turismo o el industrial, así como de métodos de valoración ambiental aplicados a los usos ambientales y paisajísticos del agua. Los déficits existentes en algunas cuencas a día de hoy, pero sobretodo la alarmante vulnerabilidad futura de gran parte del territorio nacional, hacen imprescindibles estos análisis para atajar los crecientes riesgos económicos relacionados con la falta de agua en nuestro país.

## Referencias

- Cabrera, E., Pardo, M.A., Cabrera Jr. E., Arregui, F.J., 2012. Tap water costs and service sustainability, a close relationship. *Water Resources Management*, 27(1), 239-253.
- CEDEX, 2017. Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España. Centro de Estudios Hidrográficos -Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, CEDEX. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, España.
- CHJ, 2010. Informe Post-sequías, Confederación Hidrográfica del Júcar, Valencia, España.
- Escriva-Bou, A., M. Pulido-Velazquez, D. Pulido-Velazquez, 2017. The economic value of adaptive strategies to global change for water management in Spain's Jucar Basin. *J. Water Resources Planning and Management* 143(5), 1-1.
- Estruch-Guitart, V., & Vallés-Planells, M., 2017. The economic value of landscape aesthetics in Albufera natural park through the analytic multicriteria valuation method. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 12(3), 281-302.
- Hardy, L., Garrido, A. and Juana, L., 2012. Evaluation of Spain's water-energy nexus. *International Journal of Water Resources Development*, 28(1),151-170.
- LBA, 2000. Libro Blanco del Agua en España. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, España. ISBN: 84-8320-128-3.
- Marcos-García, P., Pulido-Velazquez, M., 2017a. Cambio climático y planificación hidrológica: ¿es adecuado asumir un porcentaje único de reducción de aportaciones para toda la demarcación? *Ingeniería del Agua* 21(1): 35-52.
- Marcos-García, P.; Pulido-Velazquez, M, 2017b. Cambio climático y planificación hidrológica. En G. Delacámara, J.C. Díez, F. Lombardo, *Libro Blanco de la Economía del Agua*. McGraw-Hill Education. p. 165 – 179, cap. 13. ISBN 978-84-486-1302
- Marcos-García, P., Lopez-Nicolas, A., Pulido-Velazquez, M., 2017. Combined use of relative drought indices to analyze climate change impact on meteorological and hydrological droughts in a Mediterranean basin. *Journal of Hydrology* 554, 292-305.
- Martin-Ortega, J., González-Eguino, M., & Markandya, A., 2012. The costs of drought: the 2007/2008 case of Barcelona. *Water Policy*, 14(3), 539-560.
- MITECO, 2018. Informe de seguimiento de los planes hidrológicos de cuenca y de los recursos hídricos en España – avance 2018. Disponible en <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/planificacion-hidrologica/seguimientoplanes.aspx> (última consulta, 4/10/20)
- Palomo-Hierro, S., Gómez-Limón, J. A., Riesgo, L., 2015. Water markets in Spain: Performance and challenges. *Water* 7(2), 652-678.
- Palomo-Hierro, S., Gómez-Limón, J. A. (2016). Actividad de los mercados formales de agua en España (1999-2014). En Gómez-Limón J.A. y J. Calatrava Leyva (editores), *Los mercados de agua en España: presente y perspectivas*. Serie Economía, n. 26. Ed. Cajamar Caja Rural. Almería, España.
- Pulido-Velazquez, M., E. Cabrera, A. Garrido, 2014. Economía del agua y gestión de recursos hídricos. *Ingeniería del Agua* 18(1): 95-106.

- Raskin, P.; Gleick, P. H.; Kirshen, P.; Pontius, R. G. Jr; and Strzepek, K., 1997. *Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world*. Stockholm Environmental Institute, Sweden. 5th session of the United Nations Commission on Sustainable Development, 1997.
- San Martín, E., Larraz, B., & Hernández-Mora, N., 2018. Estudio de los impactos socioeconómicos del trasvase Tajo-Segura sobre los municipios ribereños de los embalses de cabecera de Entrepeñas y Buendía, Grupo de Investigación del Tajo (Grupo de Investigación de Ciencias de la Tierra y del Espacio).
- Sanchis-Ibor, C., M. Ortega-Reig, M. García Molla, M. Pulido-Velazquez, P. Marcos-Garcia, C. Girard, M. Ruiz-Rodriguez, A. Garcia-Prats, 2018. Adaptación de la agricultura a escenarios de cambio global. Aplicación de métodos participativos en la cuenca del río Júcar (España). *Economía Agraria y Recursos Naturales* 18(2), 29-51.
- Sanchis-Ibor, C., M. Pulido-Velazquez, H. Macián-Sorribes, P. Marcos-García, M. García-Mollá, M. Ruiz-Rodríguez, 2019. Uso intensivo del agua en la agricultura en cuencas mediterráneas: aspectos económicos e hidrológicos. En A. Garrido y A. Pérez-Pastor (eds.), *El regadío en el Mediterráneo español. Una aproximación multidisciplinar*. p. 159-179. Serie Economía, nº 38. Ed. Cajamar. Caja Rural. Almería, España.