Nº 79, enero-junio de 2023, pp. 179-206.
ISSN: 0213-4691. eISSN: 1989-9890.
DOI: 10.14198/INGEO.23607

Investigaciones Geográficas
Instituto Interuniversitario de Geografía
Universidad de Alicante

Cita bibliográfica: Redondo Orts, J.A., López Ortiz, M.I., Melgarejo Moreno, J., & Fernández Aracil, P. (2023). Análisis y alternativas para paliar el déficit hídrico en la Demarcación Hidrográfica del Segura (2022-2027), sureste de España. *Investigaciones Geográficas,* (79), 179-206. https://doi.org/10.14198/INGEO.23607

Análisis y alternativas para paliar el déficit hídrico en la Demarcación Hidrográfica del Segura (2022-2027), sureste de España

Analysis and alternatives to alleviate water deficit in the Segura River Basin (2022-2027), South-east of Spain

José Alberto Redondo Orts[1*]
María Inmaculada López Ortiz[2]
Joaquín Melgarejo Moreno[3]
Patricia Fernández Aracil[4]

Resumen

En el sureste de España se sitúa la Demarcación Hidrográfica del Segura, afectada por un escenario de déficit estructural, como consecuencia de contar con una precipitación muy baja —la menor del continente— y que, ante los escenarios de cambio climático, puede agravarse durante los próximos años. Esta situación de escasez ha requerido la combinación de recursos de diversos orígenes, que pueden clasificarse en los naturales y los no convencionales, que intentan alcanzar en conjunto un grado satisfactorio de atención de las demandas, principalmente en las más importantes por su volumen, como son el regadío y el abastecimiento. El objetivo principal del presente estudio es el análisis detallado del déficit mediante la información recogida por la planificación hidrológica, identificando aquellas áreas donde se concentra esta anomalía y que coinciden en gran medida con las zonas regables del Trasvase Tajo-Segura. Como objetivo secundario, se plantean las alternativas que permitan la movilización de nuevos recursos que consigan aumentar la oferta actual, específicamente, aquellos procedentes de la desalinización. Para ello, será necesaria la ejecución de nuevas infraestructuras, que ya contempla la planificación actual, pero que pueden añadir nuevos condicionantes, esencialmente económicos, motivados por los sobrecostes sobre el ya elevado precio del agua desalinizada y que cuestionaría la viabilidad económica del sector agroalimentario dependiente de este insumo fundamental.

Palabras clave: Demarcación Hidrográfica del Segura; recursos hídricos; demandas; déficit; escasez; planificación hidrológica; agricultura; desalinización; costes energéticos.

Abstract

The Segura River Basin is located in the South-east of Spain and is affected by a situation of structural deficit, due to a very low rainfall (the lowest on the continent). Given the climate change scenarios, this deficit could worsen over the coming years. This situation of scarcity has required the combination of resources from various sources, which can be classified as natural and non-conventional. This action

1 Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales (IUACA), Universidad de Alicante, España, jaro@alu.ua.es * Autor para correspondencia
2 IUACA, Universidad de Alicante, España, iortiz@ua.es
3 IUACA, Universidad de Alicante, España, jmelgar@ua.es
4 IUACA, Universidad de Alicante, España, patricia@ua.es

Recepción: 27/09/2022. **Aceptación:** 21/12/2022. **Publicación:** 17/01/2023.

Este trabajo se publica bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional.
© Jose Alberto Redondo Orts, María Inmaculada López Ortiz, Joaquín Melgarejo Moreno, Patricia Fernández Aracil

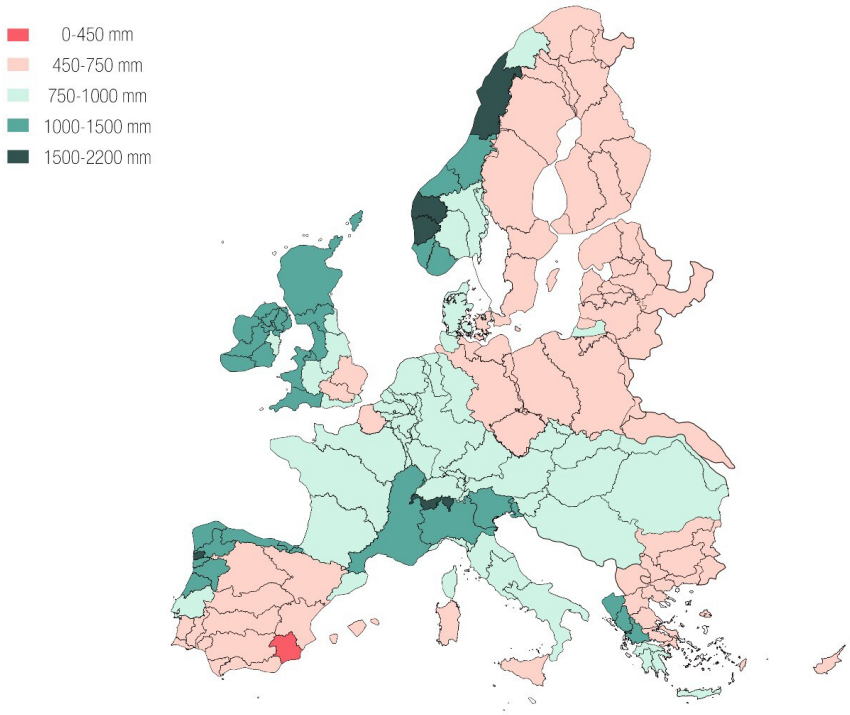
constitutes an attempt to satisfactorily meet demands, mainly the most important due to their volume, such as irrigation and supply. The main objective of this study is the detailed analysis of the deficit based on the information collected in hydrological planning, identifying those areas where it is concentrated, which largely coincide with the irrigation areas of the Tajo-Segura Transfer. As a secondary objective, alternatives are proposed that allow the mobilization of new resources that are able to increase the current supply, specifically, those from desalination. For this, the execution of new infrastructure projects will be necessary, which is already contemplated in the current planning, but which may add new conditions, essentially economic, motivated by the extra costs on the already high price of desalinated water and which would question the economic viability of the dependent agri-food sector of this essential input.

Keywords: Segura River Basin; water resources; demands; deficit; scarcity; hydrological planning; agriculture; desalinated water; energy costs.

1. Introducción

En España el consumo de agua supera el recurso disponible en la mayor parte del territorio, situación muy diferente en comparación con otros países europeos (Melgarejo & Molina, 2017). La precipitación media anual en la Demarcación Hidrográfica del Segura (DHS) alcanza los 365 mm/año, siendo la más baja de las principales demarcaciones hidrográficas europeas, tal y como se muestra en la Figura 1. Esta situación deficitaria ha generado mayor eficiencia en la aplicación de los recursos naturales y la incorporación de recursos no convencionales que amplíen la oferta de recursos.

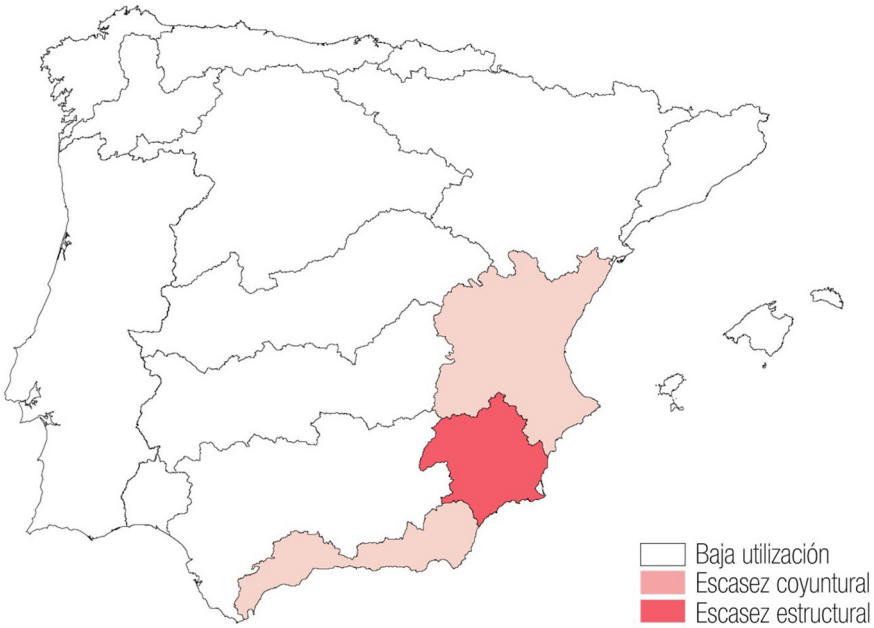
Figura 1. Precipitación media anual en Europa por demarcación hidrográfica



Fuente: Melgarejo & Molina (2017)

La primera vez que fueron definidas las demarcaciones hidrográficas españolas en función del déficit de recursos hídricos, en estructural o coyuntural, fue en el año 2000 con la publicación del Libro Blanco del Agua. La DHS, tal y como se muestra en la Figura 2, es la única demarcación que cuenta con déficit estructural, es decir, aquella que no depende del periodo de tiempo analizado y es intrínseca en un determinado espacio geográfico a largo plazo. Adicionalmente, también se observa en la figura, como las dos demarcaciones más cercanas se encuentran en situación de déficit coyuntural, dificultando las posibles soluciones a adoptar en la DHS (Ministerio de Medio Ambiente, 2000).

Figura 2. Clasificación de las demarcaciones hidrográficas españolas según el grado de escasez, estructural y coyuntural



Fuente: Ministerio de Medio Ambiente (2000)

1.1. Objetivos y estructura

En el presente estudio se plantean los siguientes objetivos. El primero de ellos consiste en realizar un análisis exhaustivo del déficit en la DHS, identificado geográficamente en las zonas regables del Trasvase Tajo-Segura (TTS) y establecer alternativas que permitan la movilización de nuevos recursos no convencionales, mayoritariamente desalinizados, que permitan compensar la situación deficitaria. En segundo lugar, para conseguir alcanzar una movilización de los nuevos recursos es necesaria de ejecución de nuevas infraestructuras, contemplada en la planificación actual, lo que conlleva calcular los sobrecostes que se producirían y su repercusión en el sector agrario de la DHS.

Por todo ello, en primer lugar, se ha realizado una exhaustiva caracterización del ámbito de estudio, poniendo especial atención a la situación actual del TTS, a raíz del cambio de las normas de explotación y la influencia que el cambio climático puede tener sobre los futuros volúmenes trasvasados, así como a la importancia que tienen los recursos no convencionales para compensar la situación de infradotación, especialmente en el sector agroalimentario, con un peso muy importante en la DHS. En segundo lugar, se ha expuesto la metodología empleada y se ha identificado el déficit geográficamente, tanto para el total de la demarcación como para las zonas regables del TTS, de manera que pueda plantearse la aplicación de recursos que permitan la reducción del citado déficit, así como la propuesta de nuevas actuaciones que permitan la elevación de los recursos desalinizados a territorios interiores. Finalmente, se ha estimado la compensación de parte del déficit identificado, mediante la aplicación de nuevos recursos no convencionales, cuestionando la capacidad de pago por parte de los usuarios de los recursos desalinizados movilizados; y ello tanto por el coste del nuevo recurso como por los sobrecostes producidos por la explotación de las nuevas infraestructuras y, en concreto, de las impulsiones necesarias y la previsible reducción de los caudales trasvasados del Tajo, de acuerdo con la planificación para el tercer ciclo de planificación en la Demarcación del Tajo, que se corresponde con las estimaciones comprendidas entre los años 2022 y 2027.

1.2. Caracterización del ámbito de estudio

La situación de déficit hídrico que padece la DHS y el sureste español ha requerido la aplicación combinada de recursos hídricos de diferente origen, como son los recursos naturales superficiales y subterráneos, los recursos no convencionales procedentes de la reutilización de aguas depuradas y la desalinización de agua de mar, así como los procedentes de transferencias externas, principalmente del TTS. La importancia del TTS ha quedado de manifiesto desde su puesta en marcha en 1979, generando un progreso económico en las zonas receptoras y consiguiendo aliviar su situación histórica de escasez. No

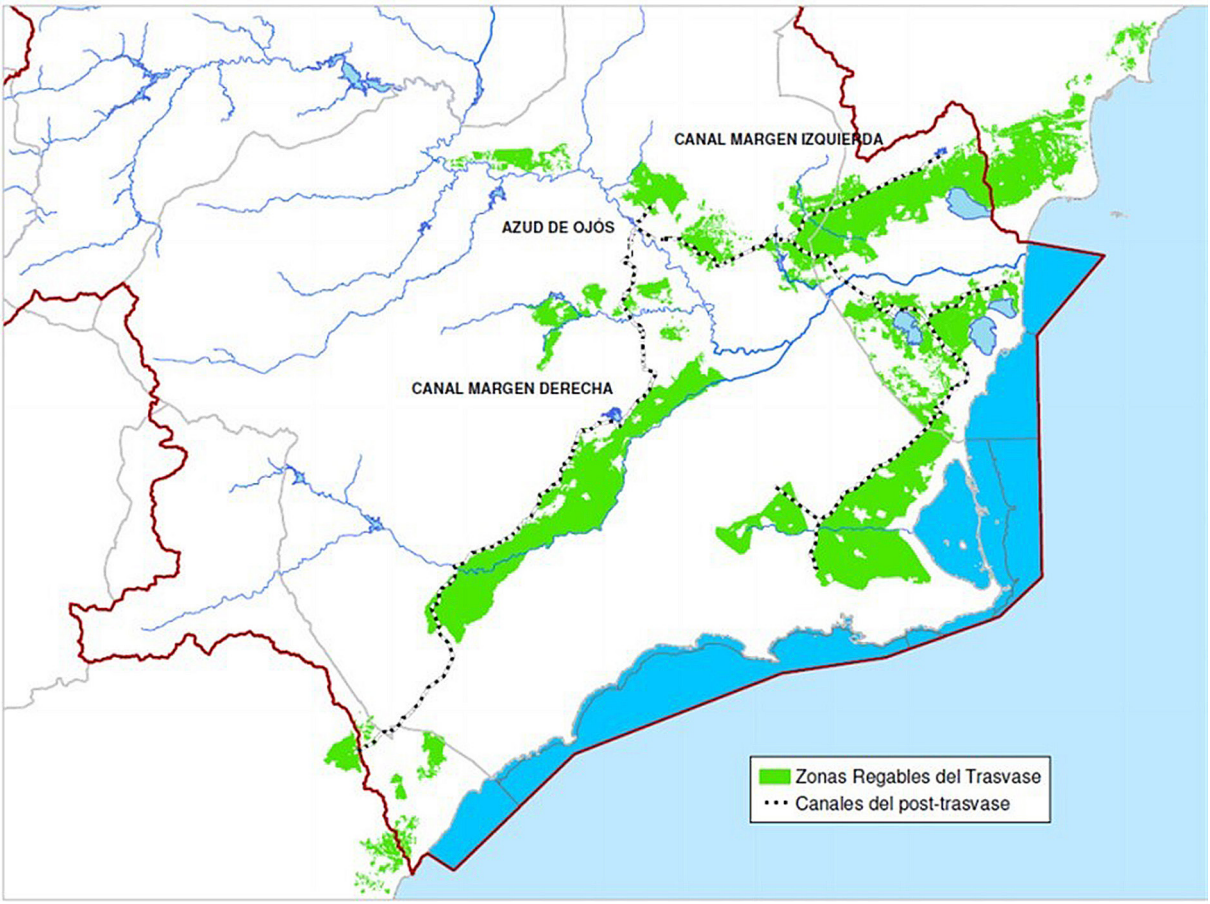
obstante, la ordenación de los aprovechamientos vinculados al TTS y el déficit de agua son problemas que, a día de hoy, siguen sin resolverse (Melgarejo, 2000).

Con la aprobación de la disposición adicional decimoquinta de la Ley 21/2013 de evaluación ambiental fue establecida la norma de explotación del TTS y, mediante el RD 773/2014, se aprobaron las normas reguladoras del TTS (Boletín OPficial del Estado [BOE], 2014), donde se consideran cuatro niveles en función de las existencias conjuntas en los embalses de Entrepeñas y Buendía, en función de los cuales se aprueban los trasvases a realizar, hasta los 650 hm³ máximos por año hidrológico, correspondiendo 600 hm³ para la DHS y 50 hm³ para de demarcación del Guadiana. Los diferentes niveles establecen un máximo de 60 hm³/mes para el nivel 1 y, en el nivel 4, la consideración de trasvase nulo. La distribución de los caudales del TTS en la DHS es de 400 hm³/año para el regadío, 110 hm³/año para el abastecimiento y 90 hm³/año correspondiente a las pérdidas, alcanzando el total de 600 hm³/año.

El 29 de julio de 2021 entró en vigor el Real Decreto 638/2021 (BOE, 2021a) por el que se modifica el Real Decreto 773/2014, lo supuso una profunda alteración de los parámetros trasvasables, reduciéndose el volumen en el segundo de los niveles, pasando de 38 hm³ mensuales a 27 hm³ mensuales y, considerando, el aumento de las existencias en Entrepeñas y Buendía, entre los niveles 1 y 2, a 1.400 hm³ (anteriormente cuantificado en 1.200 hm³). Adicionalmente, resulta imprescindible destacar que tanto los volúmenes de existencias y de aportaciones fijados para cada uno de los niveles establecidos podrían ser modificados, mediante propuesta del Ministerio competente y con informe favorable de la Comisión de Explotación del TTS, tal y como establece la Ley 21/2015 (BOE, 2015).

En la siguiente Figura 3 se han representado las zonas regables del TTS en el ámbito de la DHS.

Figura 3. Representación de las zonas regables del TTS y los canales de la infraestructura del postrasvase, en la DHS



Fuente: Confederación Hidrográfica del Segura (CHS) (2020a)

El TTS es una de las infraestructuras más importantes de la DHS, ya que la entrada de recursos desde la Demarcación del Tajo fue diseñada para paliar en parte el déficit estructural de la DHS y dotar de cierta

seguridad a las demandas que abastece, principalmente para el regadío, donde históricamente se ha realizado con gran eficiencia (Gómez, 2017), pero también para el uso urbano (Grindlay et al., 2011). No obstante, tras más de 40 años en funcionamiento, la media de recursos trasvasados sólo ha alcanzado los 295 hm³/año (CHS, 2021a) sobre los 600 hm³/año máximos aprobados en la Ley 52/1980 (BOE, 1980), si bien dichos recursos se han convertido en esenciales.

Otro aspecto que no debe pasarse por alto es la repercusión que el cambio climático puede tener sobre los caudales trasvasados a través de la infraestructura del TTS. Las emisiones de gases efecto invernadero producirán un incremento del calentamiento global, generando cambios en el clima e intensificando los eventos extremos (Marcos-García & Pulido-Velázquez, 2017). La situación prevista supondría un incremento de las precipitaciones en zonas húmedas y su reducción en las zonas más áridas. (Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change [IPCC], 2014), lo que generaría una disminución de las precipitaciones y de los recursos hídricos disponibles, aumentando, por tanto, la escasez y las sequías hidrológicas (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas [CEDEX], 2017). Recientes publicaciones estudian las repercusiones directas que el cambio climático pueden producir sobre las transferencias futuras, hasta el año 2100, procedentes del TTS, cuantificando una reducción media del 70%, para el escenario de Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés) 4.5 y, del 78%, para el escenario RCP 8.5 (Pellicer-Martínez & Martínez-Paz, 2018).

Ante esta situación de infradotación y de cambio climático, cabe destacar la importancia estratégica de los recursos no convencionales, que tienen carácter complementario y han convertido a la DHS en una de las regiones más resilientes, no sólo durante episodios de sequía, sino también en situaciones de normalidad (Morote et al., 2019), logrando potenciar la gestión de los recursos disponibles (Gil-Meseguer et al., 2018). Actualmente, la capacidad de producción de recursos desalinizados se considera superior a los 300 hm³/año (habiéndose proyectado aumentar su capacidad hasta los 400 hm³/año en los próximos años), presentando el inconveniente de su elevado precio, reduciendo su viabilidad a usos urbanos y recreativos por su elevado valor añadido (Morote et al., 2017). Respecto a los recursos reutilizados, España es el país con mayor volumen reutilizado de la Unión Europea, con 347 hm³/año, lo que supone un tercio del total de la UE (Dirección General del Agua [DGA], 2020). En el contexto de la DHS, tanto los recursos reutilizados procedentes de aguas regeneradas como los retornos de aguas de regadío alcanzan un volumen superior a los 260 hm³/año (CHS, 2021a). El desarrollo de estos recursos no convencionales lleva asociado un elevado consumo energético que ha llevado al estudio de fuentes alternativas de energía, como sería la utilización de placas fotovoltaicas para autoconsumo (García et al., 2022), con el fin de reducir los costes financieros y generar un menor impacto medioambiental.

El peso de la agricultura en la Demarcación del Segura es muy importante, tanto en cultivos de regadío que suponen el 85 % de las demandas totales de la demarcación, con una superficie neta de más de 260.000 ha (490.000 ha de superficie bruta), como en los cultivos de secano. El valor de producción asociado al regadío de la DHS supera los 3.000 M€/año y el margen neto casi los 1.400 M€/año, con más de 115.000 empleos generados. Por otro lado, el valor añadido bruto (VAB) en la Demarcación del Segura alcanza para el sector de la agricultura una cifra muy cercana a los 1.600 M€ (CHS, 2020a).

En la DHS, el sector agrario, en concreto la agricultura de regadío de frutas y hortalizas, es principalmente exportador y establece la base de un sector agroalimentario ampliamente desarrollado. Las cifras de las exportaciones agroalimentarias de la Región de Murcia (principal Comunidad Autónoma de la DHS) alcanzaron en el año 2017 los 4.786 M€, lo que significó el 11,4% de las exportaciones agroalimentarias de España y el 46% de las exportaciones totales de la Región de Murcia (CHS, 2020a). Finalmente, para tomar en consideración la importancia económica directa del uso del agua en la agricultura en el ámbito de la DHS, cabe señalar que la productividad media del regadío para 2015 se cifra en 7.390 €/ha, lo que supone un 148% respecto al valor medio de este indicador calculado para toda España, y el más alto de todas las cuencas hidrográficas de la Península Ibérica (CHS, 2020b). La importancia del sector agrario de la DHS queda evidenciada en las anteriores cifras, lo que acentúa el valor limitante que la disponibilidad de recursos hídricos adquiere en un contexto caracterizado por la extrema escasez de los mismos.

1.3. Tarifas y cánones actuales para riego

El principio de la recuperación de los costes del agua de los servicios del agua supone uno de los pilares fundamentales de la Directiva Marco del Agua (DMA), tal y como se recoge en su artículo 9. Para el cálculo del grado de recuperación de costes es necesario realizar la comparativa entre los ingresos que se

obtienen por la realización de los servicios del agua y los costes que se imputan a cada uno de ellos para los distintos usos. En el borrador del PH 22/27, en concreto en su Anejo 9 de Recuperación de Costes (CHS, 2021b), se recogen las tarifas y cánones proporcionados por distintos agentes o bien porque hayan sido calculados. En la Tabla 1 se muestran únicamente los valores relativos al uso agrario; y en concreto, los correspondientes a las aguas trasvasadas del TTS, reutilización y desalinización, ya que son los considerados como más relevantes en el presente estudio.

Tabla 1. Síntesis de cánones y tarifas (€/m³) incluidas Anejo 9 de Recuperación de costes del borrador del PH 22/27, para el uso en el regadío

Servicio Regadío	Tarifa Aplicada	Valor (€/m³)
Servicios de agua superficial en alta	TTS aguas trasvasadas	0,117893
	TTS recursos propios	0,023178
Reutilización	Tarifa media Anejo 9 borrador PH 22/27	0,0028
Desalinización	IDAM de Valdelentisco ACUAMED	0,6318
	IDAM de Águilas ACUAMED	0,4208
	IDAM de Escombreras CARM	0,6318
	IDAM de Torrevieja ACUAMED	0,5693
	IDAM de Bajo Almanzora ACUAMED	0,3478
	IDAM de El Mojón	0,6436
	IDAM de Cabo Cope	0,9975
	IDAM de Águilas CR	0,9975
	IDAM de Virgen de los Milagros	0,9975
	Tarifa media Anejo 9 borrador PH 22/27	0,5625

Leyenda: IDAM = Instalación Desaladora de Agua de Mar, ACUAMED: Aguas de las Cuencas Mediterráneas, CARM: Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, CR: Comunidad de Regantes

Fuente: CHS (2021b)

El pasado 7 de agosto de 2021 fue publicada en el BOE la "Resolución de 29 de julio de 2021, de la Dirección General del Agua, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 27 de julio de 2021, sobre aprobación de las nuevas tarifas para aprovechamiento del acueducto Tajo-Segura" (BOE, 2021b). Las nuevas tarifas aprobadas con incidencia sobre la DHS quedan recogidas en la Tabla 2:

Tabla 2. Nuevas tarifas aprobadas para el ATS, aguas trasvasadas al Sureste (1) y nuevas tarifas aprobadas para el ATS propias de la cuenca del Segura que utilicen la infraestructura del ATS (2)

Costes y Gastos	(1) €/m³	(2) €/m³
Costes de las obras	0,011075	0,003769
Gastos fijos de funcionamiento	0,016651	0,013215
Gastos variables de funcionamiento	0,106435	0,031199
TOTAL	**0,134161**	**0,048183**

Fuente: BOE (2021b)

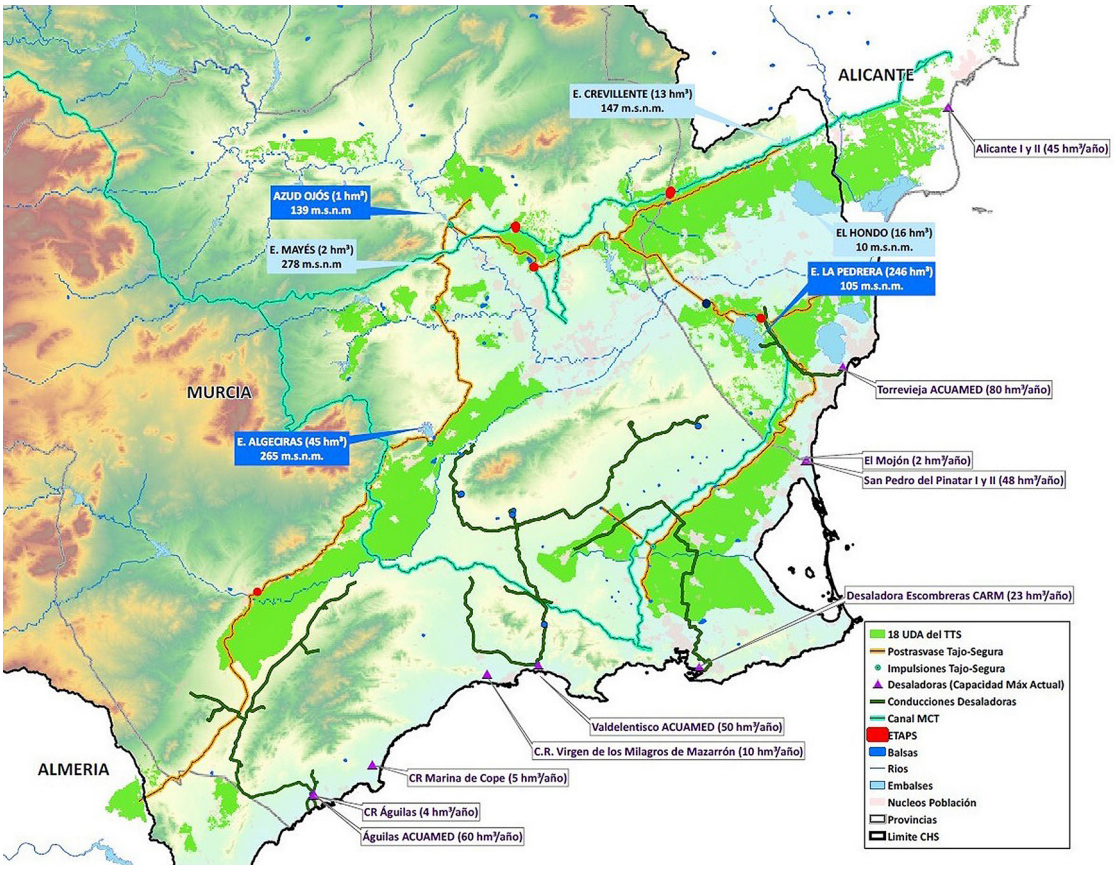
El nuevo escenario conlleva que las tarifas para los regadíos aumentarían un 14%, pasando de los 0,117891 €/m³ del año 2017 a los 0,134161 €/m³ del año 2021.

1.4. Infraestructura existente

Tal y como ha sido expuesto con anterioridad, en la DHS los recursos aplicados tienen diferentes procedencias, por un lado, los de origen natural, como son los superficiales y subterráneos propios, por otro lado, los no convencionales, procedentes de la desalinización y la reutilización, tanto de las aguas depuradas como de los retornos de riego. Otra fracción importante son los recursos externos, principalmente

los trasvasados por el TTS. La gestión de los mismos se realiza a través de un sistema único de explotación mediante una compleja red de distribución (CHS, 2021c). En la Figura 4 se han representado las principales infraestructuras actualmente operativas en la DHS, donde destacan los canales del Postrasvase Tajo-Segura, los canales de la Mancomunidad de Canales del Taibilla (MCT) y la localización y red de distribución de las principales instalaciones de desalinización de agua de mar (IDAM).

Figura 4. Mapa de las principales infraestructuras actualmente operativas en la DHS



Fuente: CHS (2022a). Elaboración propia

A continuación, se realiza una descripción de aquellas infraestructuras con especial incidencia sobre el presente estudio (CHS, 2022a).

En primer lugar, cabe destacar el río Segura y sus afluentes, por donde circulan principalmente los recursos superficiales propios, así como los procedentes del TTS, entre el embalse del Talave (río Mundo) y el Azud de Ojós. El embalse del Azud de Ojós (1 hm³ de capacidad y situado a 139 metros sobre el nivel del mar, m s.n.m) es una de las principales infraestructuras de distribución de la DHS, ya que en este punto se produce la derivación de los caudales del TTS, a través de los canales principales del Postrasvase Tajo-Segura, uno por la margen derecha mediante impulsión y otro por la margen izquierda por gravedad.

Por el canal principal de la margen derecha, con caudal máximo de 23 m³/s, se impulsan los caudales hasta el embalse del Mayés (capacidad de 2 hm³ y situado a 278 m s.n.m.), continuando posteriormente por gravedad hasta el embalse de la Rambla de Algeciras (capacidad 45 hm³ y situado a 265 m s.n.m.). Posteriormente, en las proximidades de la localidad de Alhama (situada en el Valle del río Guadalentín) se produce una segunda impulsión hasta la cota 330. Por su parte, el canal principal de la margen izquierda (caudal máximo de 30 m³/s) circula por gravedad desde el Azud de Ojós. Éste sigue una dirección paralela al río Segura hasta una bifurcación denominada El Partidor, continuando, por un lado, hasta el embalse de Crevillente (capacidad 13 hm³ y situado a 147 m s.n.m.) y, por otro lado, hasta el embalse de La Pedrera (capacidad 246 hm³ y situado a 106 m s.n.m.), situado en la Vega Baja del Segura y desde donde se abastece a importantes zonas de regadío (Campo de Cartagena, Riegos de Levante Margen Derecha y la zona regable de La Pedrera).

La capacidad máxima de desalinización en la DHS alcanza los 334 hm³/año en el año 2021 (CHS, 2021a), distribuido en sus 13 IDAM. Las más importantes son las gestionadas por ACUAMED (Aguas de las Cuencas Mediterráneas) que alcanzan una producción conjunta de 197 hm³/año, correspondiendo 80 hm³/año a la IDAM de Torrevieja, 60 hm³/año a la IDAM de Águilas, 50 hm³/año a la IDAM de Valdelentisco y 7 hm³/año a la IDAM de Bajo Almanzora. Las gestionadas por la MCT alcanzan un volumen de producción 93 hm³/año, siendo 48 hm³/año de San Pedro del Pinatar I-II y 45 hm³/año de Alicante I-II. Del resto del volumen, destaca la IDAM de Escombreras con 23 hm³/año, gestionada por la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, quedando un resto de 21 hm³/año de IDAM privadas gestionadas por Comunidades de Regantes.

De todas ellas, para el presente estudio, tiene especial importancia la IDAM de Torrevieja, puesto que se prevé un aumento de la capacidad de desalinización para el año 2027 de 40 hm³/año adicionales, lo que supondría alcanzar un volumen total de 120 hm³/año (CHS, 2021c). Su localización estratégica permite la distribución de sus caudales a las zonas regables de La Pedrera, al Campo de Cartagena y los canales de la MCT. Las otras ampliaciones previstas en las IDAM de la CHS corresponderían a la IDAM de Valdelentisco (20 hm³/año adicionales) y a la IDAM de Águilas (10 hm³/año adicionales), lo que supondría un aumento de la capacidad de desalinización con vistas a 2027 de 70 hm³/año, alcanzando los 404 hm³/año (CHS, 2021c).

2. Metodología

El desarrollo metodológico del análisis del déficit hídrico en la DHS precisa, como paso previo a la obtención de los resultados, el cálculo del balance hídrico en el área de estudio, mediante un proceso escalar por el cual primero se efectúa dicho balance considerando la DHS al completo, para después obtener ese dato del área regable por el TTS, en particular.

Para la obtención de los resultados del estudio, en primer lugar, se realiza una identificación geográfica del déficit cuantificado en el borrador del PHDS 22/27, estableciendo la diferencia entre aquellas zonas cuyo déficit procede de la insuficiencia de recursos trasvasados del TTS y aquellas donde los principales recursos aplicados son subterráneos no renovables y cuya utilización está limitada hasta el año 2027.

En segundo lugar, se plantean diferentes opciones de compensación del déficit, mediante la aplicación de nuevos recursos, principalmente procedentes de la desalinización de agua de mar, ya que suponen el recurso con mayores posibilidades de aumentar los volúmenes actuales.

En tercer lugar, se analizan las soluciones actualmente contempladas en la planificación hidrológica, que consideran la ampliación de la infraestructura actual, posibilitando de este modo la movilización de recursos desalinizados hasta el Azud de Ojós, pero generando nuevos sobrecostes que ponen en cuestión su viabilidad económica para el regadío.

Finalmente, se plantea la compensación del déficit hídrico, teniendo en cuenta la posible reducción de los recursos trasvasados del TTS con la aprobación del borrador del PHDT 22/27, el aumento de la desalinización hasta la capacidad máxima considerada para el año 2027 y el aumento de la reutilización de las aguas regeneradas que actualmente son vertidas al mar.

2.1. Balance hídrico en la DHS

Para establecer el balance hídrico en la DHS debe conocerse la totalidad de los recursos disponibles y el volumen necesario para atender a las demandas, tanto las actuales como las futuras. Para ello se ha recurrido a la información del nuevo borrador de la Planificación Hidrológica (tercer ciclo de planificación 2022-2027), que está pendiente de aprobación y que se identifica a lo largo del presente trabajo por la abreviatura PH 22/27. En dicho documento, además del cálculo del déficit registrado actualmente (referido al año 2021), se contempla la proyección del déficit para el horizonte futuro (año 2027).

Los diferentes tipos de demanda, según la clasificación establecida en la Planificación Hidrológica, son los siguientes: agrarias, urbanas, industriales, recreativas (campos de golf), ambientales (humedales) y otras. En cuanto a la oferta de recursos hídricos, éstos pueden proceder de las fuentes internas superficiales o subterráneas del área (endógenos), de recursos no convencionales o alternativos, tales como la reutilización de los efluentes regenerados o la desalinización, o bien de recursos externos o exógenos, tales como los trasvases de agua.

La Planificación Hidrológica establece dos tipologías de déficit, por un lado, el déficit de aplicación, que se produce al no conseguir satisfacer las demandas establecidas mediante los recursos renovables disponibles; y, por otro lado, el déficit total, que considera el déficit de aplicación y los recursos no renovables, tales como la sobreexplotación de las masas subterráneas. Cabe señalar que, para el horizonte 2027, la planificación no considera la aplicación de recursos no renovables, ya que todas las masas deberán encontrase en buen estado y, por consiguiente, no existiría diferencia entre ambos déficits.

Con estas consideraciones, en la Tabla 3 y en la Figura 5 se exponen los resultados obtenidos a partir del balance hídrico para el año 2021 según el PH 22/27. En el sistema único de explotación de la DHS, las simulaciones llevadas a cabo para la serie corta 1980/81-2017/18, para la satisfacción de las demandas de 1.831 hm³/año, conllevaría la aplicación de 1.734 hm³/año, lo que supondría un déficit de aplicación de 97 hm³/año. Puesto que parte de los recursos aplicados corresponden a recursos no renovables (sobreexplotación), con un valor de 214 hm³/año, el déficit total correspondería a la suma de ambos, alcanzando un total de 311 hm³/año, correspondiendo íntegramente a la demanda agraria, siendo la demanda más importante en cuanto a volumen, ya que supone el 84 % del total de las demandas (CHS, 2021c).

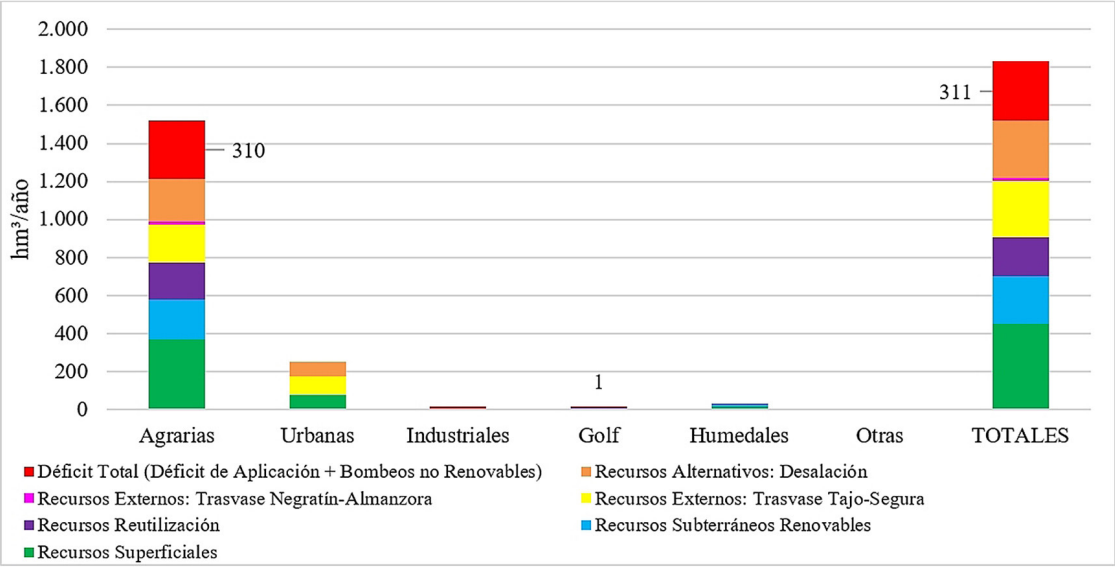
Tabla 3. Aplicación de recursos hídricos en función de su procedencia y su uso en la DHS, y cálculo del déficit para el año 2021 (hm³/año)

Recursos/Demandas	Agraria	Urbana	Indus.	Golf	Ambiental	Otras	Total
Superficiales	367	70			14		**451**
Subterráneos renovables	212	7	7	4	14	7	**251**
Subterráneos no renovables	213			1			**214**
Reutilización*	197			5	4		**205**
Trasvases*	215	98					**312**
Desalinización	223	75	2	2			**302**
Agua Aplicada Total	**1.426**	**250**	**9**	**11**	**32**	**7**	**1.734**
Demanda Bruta	**1.523**	**250**	**9**	**11**	**32**	**7**	**1.831**
Déficit Aplicación	**96**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**97**
Déficit Total	**310**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**311**

* La reutilización engloba la reutilización directa, indirecta y de azarbes; los trasvases engloban el Trasvase Tajo-Segura y Trasvase Negratín-Almanzora

Fuente: CHS (2021c). Elaboración propia

Figura 5. Comparativa entre las demandas y los recursos aplicados en la DHS, para el año 2021 (hm³/año)



Fuente: CHS (2021c). Elaboración propia

Respecto al horizonte futuro (año 2027), Tabla 4 y Figura 6, las demandas alcanzan los 1.843 hm³/año y los recursos aplicados se reducen hasta los 1.573 hm³/año, debido principalmente a la eliminación de los recursos subterráneos no renovables, siendo el déficit total de 270 hm³/año (CHS, 2021c). No obstante, debe destacarse que el déficit total se ha reducido entre ambos años en aproximadamente 40 hm³/año, producido principalmente por el aumento de la desalinización, que alcanzaría en el año 2027 un volumen de 370 hm³/año.

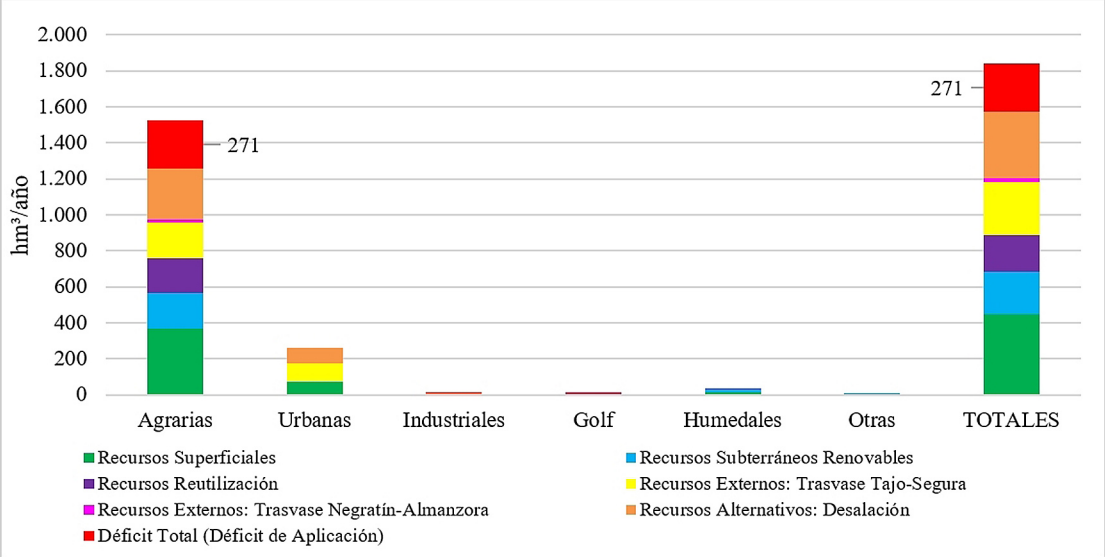
Tabla 4. Aplicación de recursos hídricos en función de su procedencia y su uso en la DHS, y cálculo del déficit para el año 2027 (hm³/año)

Recursos/Demandas	Agraria	Urbana	Indus.	Golf	Ambiental	Otras	Total
Superficiales	367	68			14		**449**
Subterráneos renovables	197	8	7	4	14	7	**236**
Subterráneos no renovables							**0**
Reutilización*	196			5	4		**205**
Trasvases*	215	98					**312**
Desalinización	281	85	2	2			**370**
Agua Aplicada Total	**1.256**	**258**	**9**	**11**	**32**	**7**	**1.573**
Demanda Bruta	**1.526**	**258**	**9**	**11**	**32**	**7**	**1.843**
Déficit Aplicación	**270**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**270**
Déficit Total	**270**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**270**

* La reutilización engloba la reutilización directa, indirecta y de azarbes; los trasvases engloban el Trasvase Tajo-Segura y Trasvase Negratín-Almanzora

Fuente: CHS (2021c). Elaboración propia

Figura 6. Comparativa entre las demandas y los recursos aplicados en la DHS, para el año 2027 (hm³/año)



Fuente: CHS (2021c). Elaboración propia

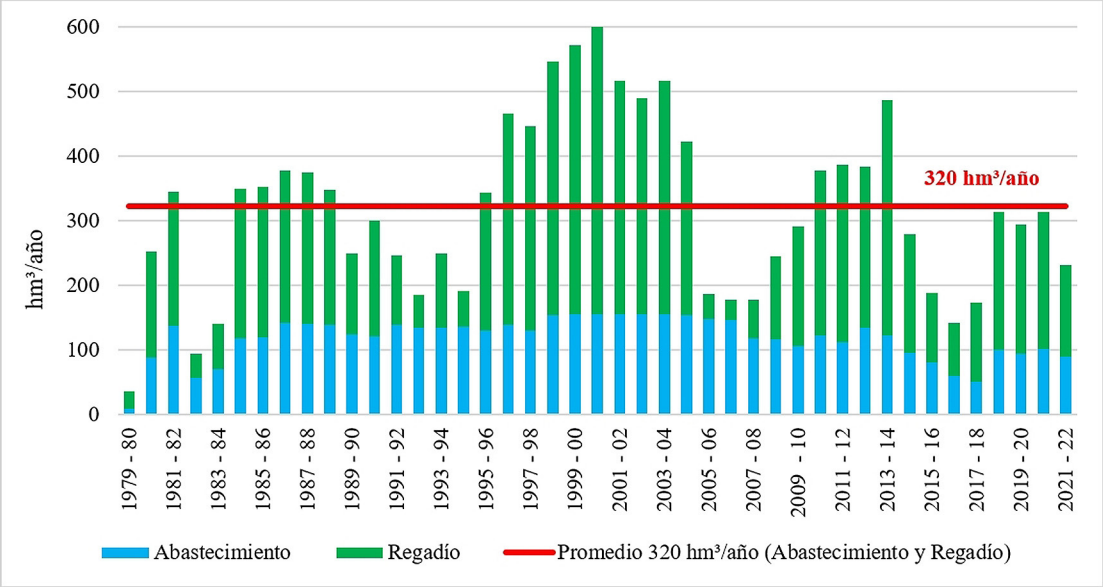
2.2. *Balance hídrico en el área regable del TTS*

El déficit estimado anteriormente se refiere a la totalidad de la DHS, incluyendo sus 64 unidades de demanda agraria (UDA). Cabe señalar que las zonas regables del TTS la componen únicamente 18 UDA.

Con el objetivo de satisfacer parte de esta demanda de las 18 UDA, en la Figura 7 se han representado los volúmenes históricos trasvasados por el TTS desde el embalse de La Bujeda (cabecera del acueducto Tajo-Segura), diferenciando entre el regadío (aplicado en las 18 UDA) y el abastecimiento; y, donde queda

de manifiesto como el 57% del volumen trasvasado ha tenido como aplicación la agricultura de regadío. Adicionalmente, puede observarse como, entre 1979 y 2022, se ha trasvasado una media anual de 320 hm³ destinados en conjunto a regadío y abastecimiento. La media trasvasada anualmente con destino abastecimiento ha sido de 120 hm³, mientras que, con destino regadío, la media asciende hasta los 200 hm³/año, que es justo la mitad del valor que podía haber sido trasvasado como máximo para ese uso según lo establecido en la ley 52/1980 (Sindicato Central de Regantes del Acueducto Tajo-Segura [SCRATS], 2022).

Figura 7. Representación de los volúmenes históricos transferidos por el TTS, destinados a regadío y abastecimiento, en el periodo 1979-2022



Fuente: SCRATS (2022). Elaboración propia

Considerando la aplicación total de recursos en las 18 UDA regables por el TTS, en la Tabla 5 se ha procedido a calcular tanto el déficit de aplicación como el déficit total en el año 2021 y en el horizonte futuro (año 2027), desglosados por UDA y agrupadas por provincias (Murcia, Alicante y Almería). En el año 2021, el déficit total alcanza los 102 hm³/año (correspondiendo 20 hm³/año a la sobreexplotación), mientras que en el horizonte futuro (2027) éste se reduce a los 85 hm³/año por el incremento de la aplicación de recursos desalinizados (CHS, 2021c).

Tabla 5. Información detallada de la demanda y el déficit, en las zonas regables del TTS (18 UDA)

Nº UDA	Demanda Bruta 2021 y 2027	Déficit Aplicación 2021	Déficit Total 2021	Déficit Aplicación 2027	Déficit Total 2027
UDA 26	16,8	2,7	2,7	0,0	2,7
UDA 37	22,2	4,0	4,0	0,0	4,2
UDA 38	15,4	5,1*	5,0	0,0	3,9
UDA 39	33,4	10,1	10,1	0,0	10,0
UDA 40	13,7	2,5*	2,4	0,0	2,2
UDA 41	4,2	0,0	0,4	0,0	0,1
UDA 58	126,3	17,3	17,6	0,0	18,5
UDA 61	48,1	8,5	9,0	0,0	8,7
UDA 65	68,2	12,4	28,3	0,0	14,0
UDA 66	6,9	1,3	1,4	0,0	1,4
UDA 73	11,0	0,9	1,6	0,0	1,2

Nº UDA	Demanda Bruta 2021 y 2027	Déficit Aplicación 2021	Déficit Total 2021	Déficit Aplicación 2027	Déficit Total 2027
SUBTOTAL MURCIA	**366,0**	**64,8**	**82,5**	**0,0**	**66,9**
UDA 52	15,9	1,6*	1,5	0,0	1,5
UDA 53	52,4	5,5	5,9	0,0	4,8
UDA 54	37,6	0,0	0,0	0,0	0,0
UDA 56	52,5	2,9	3,4	0,0	3,0
UDA 72	40,0	7,1	7,1	0,0	7,1
SUBTOTAL ALICANTE	**198,4**	**17,1**	**17,9**	**0,0**	**16,4**
UDA 70	8,5	0,0	0,2	0,0	0,3
UDA 71	13,9	0,7	1,6	0,0	1,4
SUBTOTAL ALMERÍA	**22,4**	**0,7**	**1,8**	**0,0**	**1,7**
TOTAL	**586,8**	**82,6**	**102,2**	**0,0**	**85,0**

* En algunas UDA se ha identificado como el déficit de aplicación es superior al déficit total (0,1 hm³); podría tratarse de una errata, ya que la sobreexplotación no puede resultar negativa

Fuente: CHS (2021c). Elaboración propia

3. Resultados

3.1. Identificación geográfica del déficit

Tal y como ha sido analizado en el apartado 2.1 del presente estudio, el déficit de aplicación es aquel que se produce por la insuficiencia de recursos para atender a las demandas (demanda – recurso disponible). Por otro lado, la sobreexplotación de acuíferos es aquella cantidad de extracciones (bombeos) que excede la recarga natural de los mismos. Finalmente, el déficit total se cuantifica como la suma del déficit de aplicación y de la sobreexplotación en cada una de las unidades de demanda. En la Tabla 6, y centrándonos exclusivamente en las demandas agrarias, se resumen las cuantías de estos tres conceptos para el área geográfica completa de la DHS, tanto para las 64 UDA como para las 18 UDA atendidas con aguas del TTS, para el año 2021, atendiendo a los balances hídricos previos establecidos tanto para la DHS como para las zonas regables del TTS. Analizando esta situación deficitaria, por la cual las demandas son muy superiores a los recursos disponibles, la infraestructura actualmente existente limita la movilización de nuevos recursos a zonas costeras y a precios que pueden poner en dificultad su viabilidad.

Tabla 6. Cuantificación del déficit de aplicación, la sobreexplotación de acuíferos y el déficit total en las UDA de la DHS, año 2021

Borrador PH 22/27	Déficit Aplicación (hm³/año)	Sobreexplotación (hm³/año)	Déficit Total (hm³/año)
64 UDA (DHS)	96	214	310
18 UDA (TTS)	83	20	102

Fuente: CHS (2021c). Elaboración propia

Como queda de manifiesto en la tabla anterior, el déficit de aplicación en las 64 UDA (96 hm³/año) se concentra en las 18 UDA del TTS (83 hm³/año) a causa de la falta de garantía de los recursos trasvasados desde el Tajo. Respecto a la sobreexplotación (214 hm³/año), sólo una pequeña fracción (20 hm³/año) se produce en las 18 UDA, ya que éste se concentra en otras áreas (principalmente en el altiplano de Murcia y en el sureste de Albacete con 75 hm³/año, Ascoy-Sopalmo con 46 hm³/año, Valle del Guadalentín no TTS con 40 hm³/año y Mazarrón con 12 hm³/año). Por lo tanto, el déficit total en las UDA alcanza los 310 hm³/año, en el año 2021, como suma del déficit de aplicación (96 hm³/año) y la sobreexplotación (214 hm³/año).

El horizonte 2027 es el límite temporal máximo para que las masas de agua alcancen el buen estado y, por tanto, no exista sobreexplotación de acuíferos, por lo tanto, la cuantía de la sobreexplotación pasaría a formar parte del déficit de aplicación, ya que serían recursos que no podrían aplicarse. Como puede verse en la Tabla 7, el déficit de aplicación en las 64 UDA alcanzaría los 270 hm³/año, correspondiendo

85 hm³/año a las 18 UDA del TTS, que incluiría el déficit de aplicación y la cuantía de sobreexplotación no aplicada. El resto del déficit de aplicación de 185 hm³/año en 46 UDA se concentra principalmente en las mismas zonas analizadas que acumulaban la sobreexplotación en el año 2021 (la zona del altiplano de Murcia y el sureste de Albacete con 81 hm³/año, Ascoy-Sopalmo con 37 hm³/año, Valle del Guadalentín no TTS con 26 hm³/año y Mazarrón con 10 hm³/año).

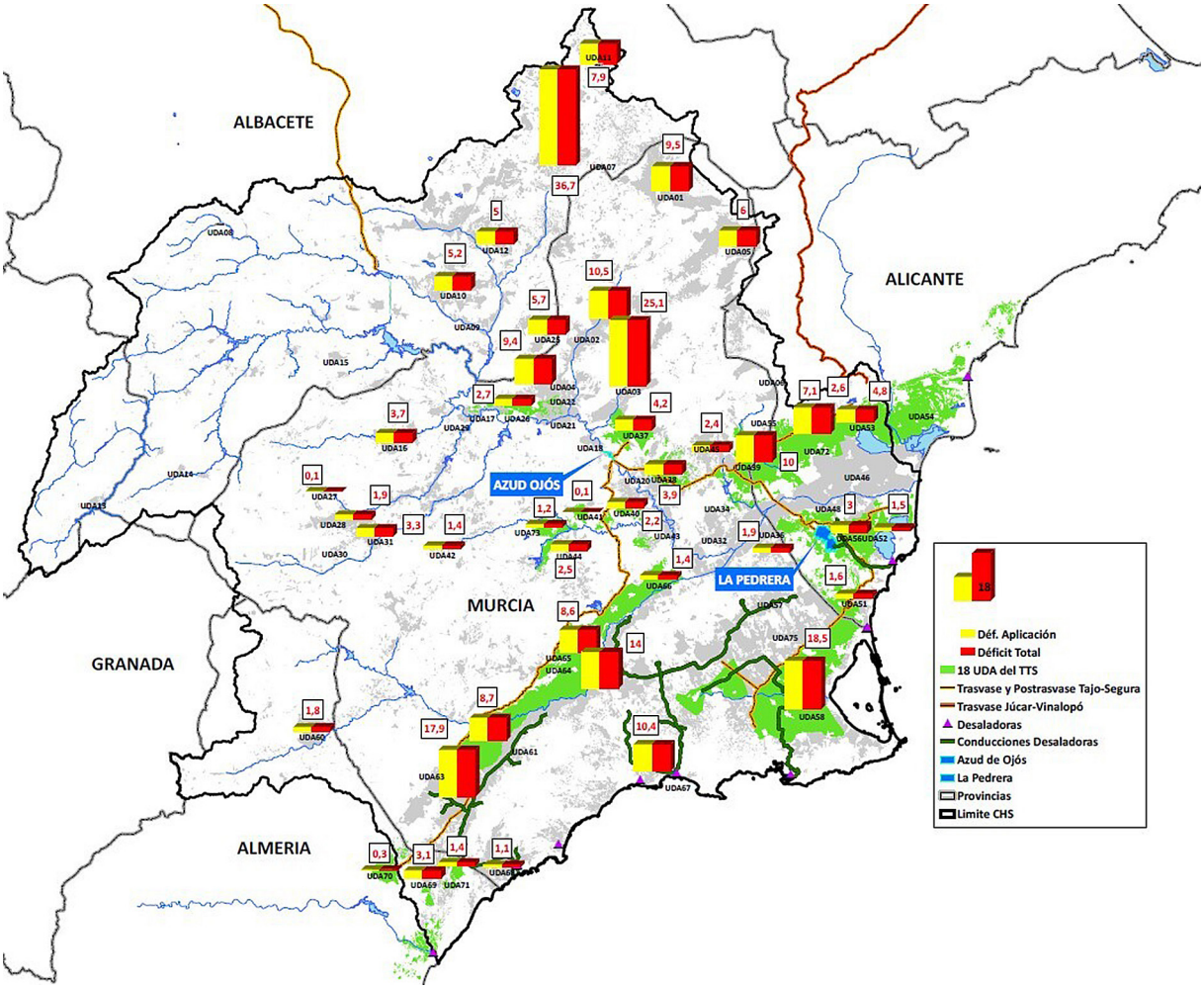
Tabla 7. Previsión de cuantificación del déficit de aplicación, la sobreexplotación de acuíferos y el déficit total en las UDA de la DHS, para el año 2027

Borrador PH 22/27	Déficit Aplicación (hm³/año)	Sobreexplotación (hm³/año)	Déficit Total (hm³/año)
64 UDA (DHS)	270	0	270
18 UDA (TTS)	85	0	85

Fuente: CHS (2021c). Elaboración propia

Así, el déficit total en las UDA alcanzaría los 270 hm³/año en el horizonte futuro (año 2027), coincidente con el déficit de aplicación. En la Figura 8 se han representado los valores de las 64 UDA.

Figura 8. Localización geográfica de la previsión del déficit de aplicación, la sobreexplotación de acuíferos y el déficit total en las UDA de la DHS, para el año 2027



Fuente: CHS (2021c). Elaboración propia

Una vez identificado el déficit geográficamente resulta imprescindible plantear las diferentes posibilidades para su reducción. Los recursos naturales, superficiales y subterráneos no permiten ampliar su oferta y deben tenerse en cuenta además los impactos producidos por los efectos del cambio climático

(Hervás & Delgado, 2019) sobre la oferta de los recursos hídricos en las regiones más vulnerables como la DHS (IPCC, 2007), ya que las situaciones de escasez y sequía podrían empeorar, aumentando el área y la población que vive bajo estrés hídrico (Estrela & Vargas, 2012). Del mismo modo, los recursos trasvasados del TTS, dependientes de los recursos naturales en la cabecera del río Tajo, podrían verse reducidos. Por lo tanto, los únicos recursos que podrían ver aumentada su oferta serían, por un lado, los procedentes de la reutilización, muy acotados a zonas próximas a las depuradoras y, por otro lado, los recursos desalinizados, también limitados a zonas costeras, pero con una extensa red de distribución que permitiría una movilización geográfica de nuevos recursos.

Por todo ello, se han establecido dos ámbitos geográficos principales entre las 64 UDA que componen la DHS: el constituido por las UDA que presentan déficit (44 UDA) y las que no lo padecen (20 UDA). A su vez, el ámbito geográfico de las UDA con déficit puede subdividirse en dos áreas funcionales: la que abarca aquellas UDA conectadas (o con posibilidad de conexión) a infraestructuras que permitirían el intercambio de recursos desalados y que se ha denominado en este estudio "ámbito de las desaladoras" (34 UDA); y el área restante, caracterizada por incluir las UDA desconectadas de todo tipo de infraestructuras que imposibilitarían dicho intercambio (ya sea infraestructura del Trasvase, de las plantas desaladoras o incluso de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla), ubicadas principalmente en el Sureste de Albacete, Altiplano de Murcia y Ascoy-Sopalmo (10 UDA). Por lo que respecta a las 18 UDA de las zonas regables del Trasvase, éstas se incluyen en el denominado como ámbito de las desaladoras.

El déficit de las 64 UDA de la DHS se cuantifica en 270 hm³/año para el año 2027, de los que 85 hm³/año se corresponden a las 18 UDA del TTS, 67 hm³/año corresponden a 16 UDA situadas fuera de las zonas regables del TTS, pero en el ámbito de las principales desalinizadoras y, el resto de 118 hm³/año (81 hm³/año en el altiplano de Murcia y sureste de Albacete y 37 hm³/año en la zona del Ascoy-Sopalmo), fuera del ámbito de las desalinizadoras, lo que no permitiría la aplicación de estos recursos. En la Tabla 8 se desglosan los resultados por UDA y ámbito geográfico.

Tabla 8. Déficit total en 2027 (PH 22/27) en la DHS, desglosado por UDA y ámbito geográfico funcional al que pertenece

Número UDA y denominación		**Demanda agraria (hm³/año)**	**Déficit Total (hm³/año)**
58	RR en ZRT Campo Cartagena	126,3	18,5
65	RR del TTS de Totana, Alhama y Librilla	68,1	14
39	RR del TTS de la ZRT zona IV Vega Alta-Media	33,4	10
61	RR del TTS de Lorca	48	8,7
72	RR del TTS en la margen izquierda de la Vega Baja	40	7,1
53	Riegos de Levante Margen Izquierda-Segura	52,4	4,8
37	RR del TTS de la ZRT zona II Vega Alta-Media	22,2	4,2
38	RR del TTS de la ZRT zona III Vega Alta-Media	15,4	3,9
56	RR del TTS de la ZRT La Pedrera	52,5	3
26	RR del TTS de la ZRT zona I Vega Alta-Media	16,8	2,7
40	RR del TTS de la ZRT zona V Vega Alta-Media	13,7	2,2
52	Riegos de Levante, margen derecha	15,9	1,5
71	RR del TTS en Almería-Segura	13,9	1,4
66	RR del TTS de Sangonera la Seca	7	1,4
73	RR del TTS de la ZRT de la zona de Mula y Pliego	11	1,2
70	RR del TTS en el Distrito Hidrográfico Mediterráneo de Andalucía (Almería)	8,5	0,3
41	RR del TTS de Yéchar	4,2	0,1
54	Riegos Levante Margen Izquierda-Vinalopó-L'Alacantí	37,6	0
18 UDA TTS ÁMBITO DESALADORAS		**587**	**85**
64	Regadíos mixtos subt., res. y desal. acuífero Bajo Guadalentín	62,9	17,9
67	Mazarrón	31,8	10,4

Número UDA y denominación		Demanda agraria (hm³/año)	Déficit Total (hm³/año)
63	Regadíos mixtos subt., res. y desal. acuífero Alto Guadalentín	50,8	8,6
25	Regadíos de acuíferos en la Vega Alta	12,1	5,7
16	Moratalla	8	3,7
31	Cabecera de Quípar, mixto	17,3	3,3
69	Almería-Segura	31,1	3,1
55	Acuífero de Crevillente	3,2	2,6
44	Regadíos mixtos, subt., super. y residuales de Pliego	9,5	2,5
36	Regadíos de acuíferos en la Vega Media	11	1,9
28	Cabecera de Argos, mixto	17,1	1,9
60	Regadíos aguas arriba de Puentes	5,1	1,8
51	Regadíos mixtos de acuíferos y dep. del Sur de Alicante	9,9	1,6
42	Cabecera de Mula, mixto	5,1	1,4
68	Águilas	29,9	1,1
27	Cabecera de Argos, pozos	5,4	0,1
16 UDA EN EL ENTORNO DE LAS DESALADORAS NO TTS		**310**	**67**
TOTAL 34 UDA EN EL ENTORNO DE LAS DESALADORAS		**897**	**152**
10 UDA FUERA DEL ENTORNO DE LAS DESALADORAS		**214**	**118**
20 UDA SIN DÉFICIT		**416**	**0**
TOTAL 64 UDA DHS		**1.527**	**270**

Leyenda: RR = Regadíos redotados, ZRT: Zonas regables del Trasvase

Fuente: CHS (2021c). Elaboración propia

Finalmente, atendiendo a los datos del borrador del PH 22/27, en el año horizonte 2027, el déficit de las UDA situadas en el ámbito de las desaladoras sería de 152 hm³/año, que son objeto de estudio en el presente trabajo con el fin de identificar posibles soluciones que permitan su reducción.

3.2. Posibles soluciones a adoptar

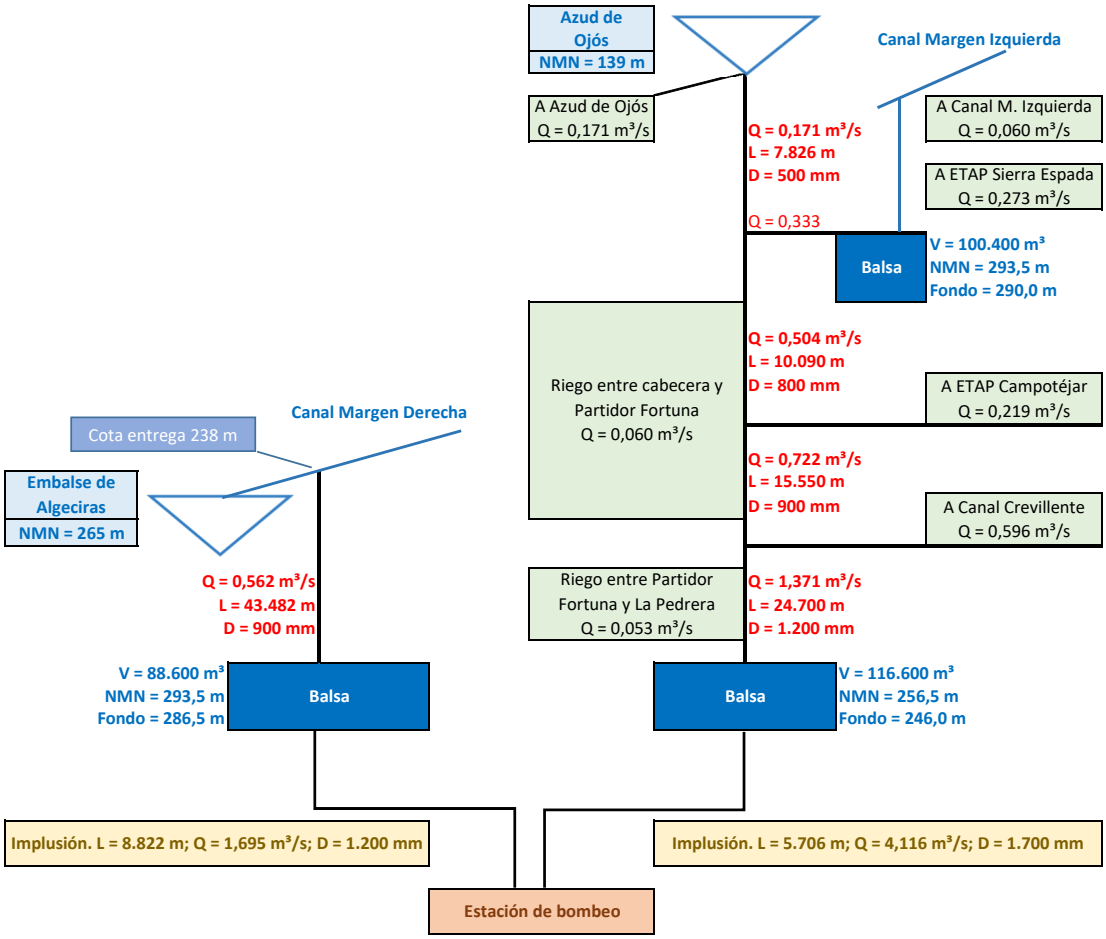
En función de lo expuesto en el presente estudio, las demandas superan ampliamente los recursos, generando un déficit estructural, lo que permite vislumbrar la sensibilidad del sistema de explotación ante situaciones de sequía (Vargas & Paneque, 2019). Para determinar esta sensibilidad, el *Water Scarcity and Drought Expert Group of the European Commission* presentó el WEI (Water Exploitation Index), incluido dentro de un conjunto de indicadores comunes para la escasez de agua y la sequía (Stefano et al., 2020). Un WEI por encima del 20% indica presencia de estrés hídrico y mayor del 40% una escasez severa, por fuerte competencia por el agua con dificultad para el mantenimiento de los ecosistemas (Durán-Sánchez et al., 2017). Los resultados promedio de la utilización y los consumos de agua en la DHS alcanzan un valor del 118 % para el S-WEI y del 85 % para el WEI +, lo que refleja una situación severa de escasez, que podría agravarse en episodios de sequía (DGA, 2018). Adicionalmente a estos resultados, se ha comprobado como las previsiones para el año 2027 supondrían una reducción de recursos, aun contando con un incremento en la oferta de recursos no convencionales.

Recientemente, en agosto de 2019, la CHS adjudicó el contrato de "Servicios técnicos necesarios para la redacción del estudio de la conexión de las desaladoras de agua de mar de interés general en la Cuenca del Segura", donde se abordaba el "estudio de la interconexión de todo el sistema integrado entre las instalaciones de desalación entre sí y con las UDA reconocidas en el Plan de Cuenca"[5], con el objetivo de la distribución de nuevos recursos a las zonas de la DHS con déficit hídrico, especialmente a las zonas regables del TTS.

5 https://contrataciondelestado.es/wps/portal/!ut/p/b0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfIjU1JTC3Iy87KtUlJLEnNyUuNzMpMzSxKTgQr0w_Wj9KMyU1zLcvQj3QxNgtOKLIx9LUvKIvNCsgP9DFQNohxtbfULcnMdAY4PbGU!/

Posteriormente, por resolución de fecha 5 de julio de 2022, el Director General del Agua autorizó la incoación del expediente de información pública del "Anteproyecto de las obras de interconexión de las desaladoras de agua de mar de Interés General en la Cuenca del Segura"[6]. Las principales actuaciones contempladas supondrían la movilización de 220 hm³/año hasta el Azud de Ojós desde el embalse de La Pedrera y 50 hm³/año hasta el embalse de la Rambla de Algeciras desde el embalse de La Pedrera, asociados a la IDAM de Torrevieja, así como la conducción de la balsa del Cerro Colorado, asociada a la IDAM de Águilas. En la Figura 9 se muestra el esquema de ambas actuaciones propuestas de conexión.

Figura 9. Esquema de las conducciones de conexión desde el embalse de La Pedrera hasta el Azud de Ojós y el embalse de la Rambla de Algeciras



Fuente: CHS (2022b). Elaboración propia

El principal objetivo del anteproyecto es la movilización de recursos desalinizados a zonas deficitarias alejadas de la costa, con derechos de agua, y que permita igualar las garantías de todos los usuarios del TTS. El coste de las actuaciones planteadas alcanzaría los 285 M€ (presupuesto base de licitación) y contemplaría principalmente los elementos de conexión que se desarrollan a continuación (CHS, 2022b).

La primera de las conexiones proyectadas conectaría el embalse de La Pedrera con el Azud de Ojós. La conexión se realizaría a través de los siguientes elementos: Bombeo desde La Pedrera hasta una balsa de regulación (situada a 256 m s.n.m.), en un tramo de 5,7 km, posteriormente desde la balsa circularía por gravedad hasta el citado Azud de Ojós, donde se consideran múltiples derivaciones de los caudales, destacando el Canal de Crevillente y zonas regables del TTS (CHS, 2022b).

La segunda de las conexiones uniría el embalse de La Pedrera con el embalse de la Rambla de Algeciras. La conexión se realizaría a través de un primer tramo donde se sitúa un bombeo desde La Pedrera

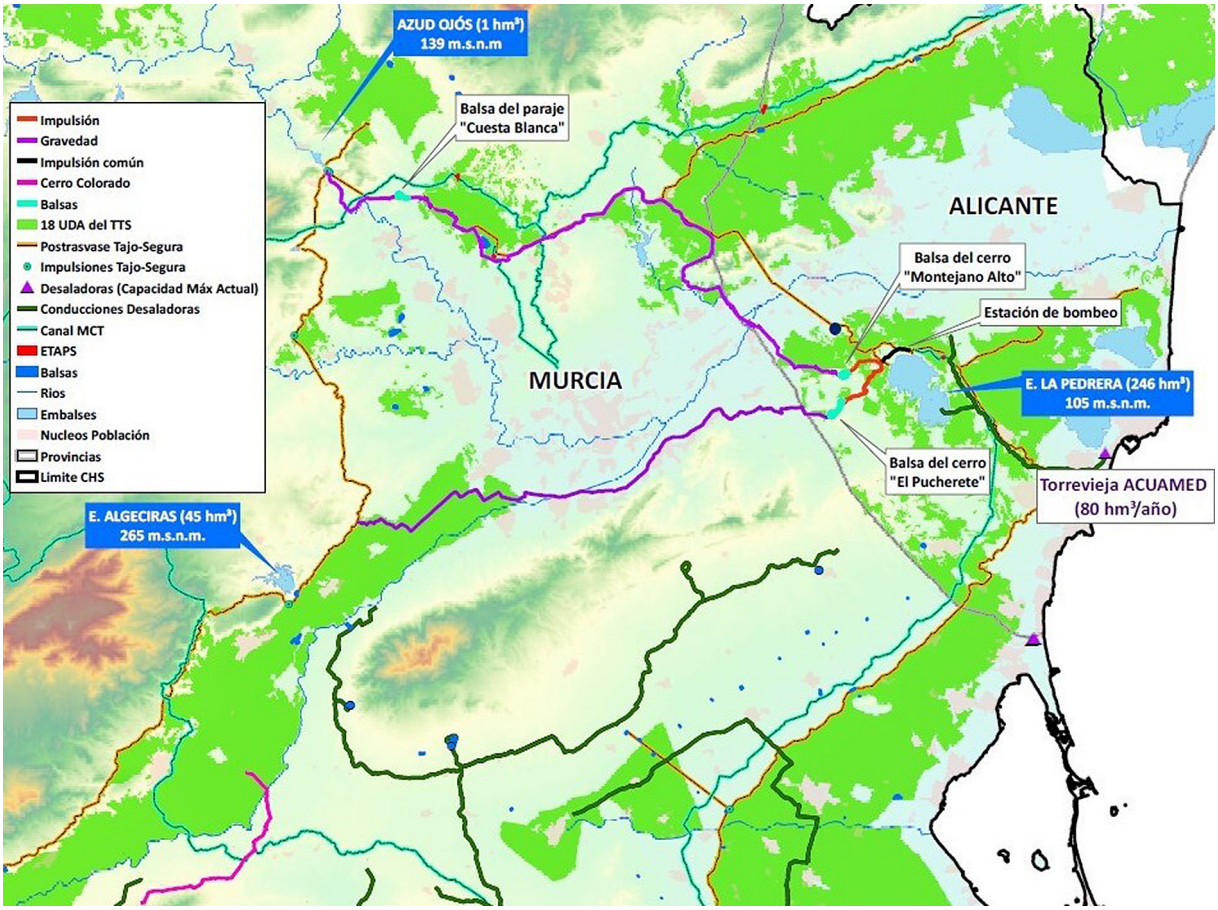
6 https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-B-2022-25616

hasta una balsa de regulación (situada a 293 m s.n.m.), en un tramo de 8,8 km, posteriormente desde la citada balsa circularía por gravedad 43 km hasta el canal principal de la margen derecha del Postrasvase Tajo-Segura (a la cota de 238 m), llegando finalmente por gravedad hasta el embalse de la Rambla de Algeciras (CHS, 2022b).

Finalmente, se completaría el tramo pendiente, en el municipio de Totana, de la conducción desde la balsa de Cerro Colorado en el tramo comprendido la toma 26 de la CR Totana y la futura toma de la CR Alhama (CHS, 2022b).

En la Figura 10 se muestran las actuaciones propuestas en el anteproyecto.

Figura 10. Emplazamiento de las actuaciones propuestas



Fuente: CHS (2022b). Elaboración propia

La adopción de las presentes actuaciones llevaría asociados otros aspectos económicos que repercutirían en el precio final del agua suministrada y que supondrían importantes sobrecostes que afectarían directamente a la capacidad de pago de los usuarios. Tomando como referencia los valores recogidos en el borrador del PH 22/27 y analizados con anterioridad, la tarifa de la IDAM de Torrevieja alcanza los 0,5693 €/m³. No obstante, la distribución de los nuevos recursos por las infraestructuras proyectadas llevaría asociados unos sobrecostes vinculados principalmente a las elevaciones y sus gastos energéticos. Por todo ello, a continuación, se ha realizado un análisis de los sobrecostes que se producirían durante la explotación de las infraestructuras planificadas, sin tener en cuenta en esta estimación el coste de ejecución de las mismas (CHS, 2022b).

Para la conexión del embalse de La Pedrera con el Azud de Ojós, la impulsión proyectada podría elevar un caudal máximo de 4,116 m³/s (204 m.c.a.) hasta la balsa de regulación "Montejano Alto", en un tramo de 5,7 km de longitud (con un diámetro de 1.700 mm). Para la conexión entre el embalse de La Pedrera y el embalse de la Rambla de Algeciras, la impulsión dispondría de una capacidad máxima de

1,695 m³/s (245 m.c.a.) hasta la balsa de regulación "El Pucherete", en un tramo de 8,8 km de longitud (con un diámetro de 1.200 mm).

La capacidad de producción máxima de la IDAM de Torrevieja cuantificada para el año 2027 alcanzaría los 120 hm³/año (40 hm³/año para abastecimiento y 80 hm³/año). De este volumen, en el anteproyecto analizado, se estima la movilización de 43,3 hm³/año al Azud de Ojós (25,2 hm³/año para abastecimiento y 18,1 hm³/año para regadío) y 17,1 hm³/año al embalse de la Rambla de Algeciras (3,4 hm³/año para abastecimiento y 13,7 hm³/año para regadío), quedando el resto del volumen desalinizado aplicado en zonas próximas a la IDAM (CHS, 2022b). Por todo ello, como base para los cálculos realizados se considera el bombeo de 60,4 hm³/año (43,3 hm³/año al Azud de Ojós y 17,1 hm³/año al embalse de la Rambla de Algeciras), siendo éste el caudal máximo contemplado en las alternativas proyectadas y teniendo en cuenta para ello el número de horas necesarias (Tabla 9):

Tabla 9. Caudales a bombear en las actuaciones propuestas

Actuación	hm³	m³/s	Horas
Azud de Ojós	43,264	4,116	8
Embalse Rambla de Algeciras	17,131	1,695	8

Fuente: CHS (2022b). Elaboración propia

Finalmente, para realizar la estimación final de los sobrecostes, el precio de la electricidad contemplado se ha determinado del mercado MEFF (Mercado Oficial de Futuros y Opciones Financieras en España)[7] (consultado en agosto de 2022), donde se considera que para el año 2024 la tarifa será de 138 €/MWh. Cabe señalar la alta volatilidad actual del sector energético, lo que podría suponer variaciones en la tarifa seleccionada. El resumen de los parámetros utilizados y el consumo final obtenido se ha incluido en las Tablas 10 y 11.

Tabla 10. Características de las impulsiones en las actuaciones propuestas

Actuación	Caudales (m³/s)	Elevación (m.c.a.)	Rendimiento (%)	Potencia máxima (KW)
Azud de Ojós	4,166	204	85,6	10.800
Embalse Rambla de Algeciras	1,695	245	85,6	5.400

Fuente: CHS (2022b). Elaboración propia

Tabla 11. Costes estimados de las impulsiones en las actuaciones proyectadas

Actuación	Días/año	Horas/día	Energía (MWh)	Consumo (€)
Azud de Ojós	365	8	31.536	4.351.968
Embalse Rambla de Algeciras	365	8	15.768	2.175.984

Fuente: CHS (2022b). Elaboración propia

Por lo tanto, de acuerdo con los cálculos realizados, los costes de las elevaciones consideradas en el proyecto llegarían a los 4,4 M€ para la impulsión al Azud de Ojós, con un volumen bombeado de 43,3 hm³/año y un consumo energético de 0,728 kWh/m³, lo que supondría un sobrecoste de 0,10 €/m³ al precio del agua desalinizada, mientras que para la impulsión al embalse de la Rambla de Algeciras el coste sería de 2,2 M€, para un volumen bombeado de 17,1 hm³/año y un consumo de 0,920 kWh/m³, generando un sobrecoste de 0,13 €/m³. Estos sobrecostes originarían, sobre la tarifa actual del agua desalinizada de la IDAM de Torrevieja (0,5693 €/m³), un aumento de 18 y 23 % respectivamente, con un coste total de 4,6 M€/año.

7 https://www.meff.es/esp/Derivados-Commodities/Precios-Cierre

4. Discusión: compensación del déficit hídrico

Tal y como ha quedado de manifiesto en apartados anteriores del presente estudio, el déficit en la DHS, propuesto en el borrador del PH 22/27, alcanza actualmente los 311 hm³/año (año 2021), con una ligera reducción prevista para el horizonte 2027 a 270 hm³/año.

No obstante, la oferta de recursos considerada no tiene en cuenta algunos factores que podrían alterar la cuantificación realizada. Por todo ello, se analizan a continuación posibles reducciones o aumentos de los recursos que podrían modificar de manera considerable la estimación realizada en el borrador del PH 22/27.

4.1. Reducción de los caudales del TTS

El gran reto al que se enfrenta el TTS es pasar de un caudal mínimo legal (Ley 52/1980) de 6 m³/s en Aranjuez y de 10 m³/s en Toledo y Talavera a los caudales ecológicos mínimos propuestos en el Esquema de Temas Importantes del nuevo ciclo de Planificación Hidrológica 2022-2027 del Tajo de 8,52 m³/s en Aranjuez, 17,00 m³/s en Toledo y 17,80 m³/s en Talavera (Confederación Hidrográfica del Tajo [CHT], 2020). Valores muy superiores a los propuestos en los estudios realizados para caracterizar los caudales ecológicos mínimos en el tramo Aranjuez-Talavera de la Reina (Garrote & Mariño, 2019).

Según el Esquema de Temas Importantes del nuevo ciclo de Planificación Hidrológica del Segura:

> Teóricamente, por cada 1 m³/s de desembalse adicional que haya de realizarse para la atención de un nuevo régimen de caudales ecológicos mínimos en los tramos de río Tajo ubicados entre Aranjuez y Entrepeñas-Buendía, se causará una merma de hasta 31,5 hm³/año en origen en la disponibilidad de volúmenes susceptibles de ser trasvasados (CHS, 2020a).

En el Apéndice 4 de las disposiciones normativas del Borrador del PHDT de junio de 2021 (CHT, 2021), se proponen los caudales ambientales recogidos en la Tabla 12 y que plantean pasar de los 6 m³/s en Aranjuez en la actualidad a 8,65 en 2027. Lo que significa aumentar los volúmenes que discurren por Aranjuez en 83,57 hm³/año.

Tabla 12. Caudal ambiental actual y previsto en el Borrador PHDT 2022-2027

Caudal mínimo en Aranjuez (m³/s)	oct-dic	ene-mar	abr-jun	jul-sep	Medio	hm³/año
Actual	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	189,22
Hasta el 31/12/2025	6,80	7,50	7,20	6,50	7,00	220,75
01/01/2026 – 31/12/2026	7,50	9,10	8,30	7,00	7,98	251,50
Desde 01/01/2027	7,90	10,40	9,10	7,20	8,65	272,79

Fuente: CHT (2021). Elaboración propia

Tal y como ha sido comentado con anterioridad, el pasado 28 de julio de 2021 fue publicado en el BOE el RD 638/2021 (BOE, 2021a), de 27 de julio, que modifica el RD 773/2014, de 12 de septiembre, por el que se aprueban diversas normas reguladoras del trasvase por el acueducto Tajo-Segura. Entre las normas aprobadas destaca la modificación de parámetros, que consiste en reducir en el nivel 2 el volumen trasvasable de 38 hm³/mes a 27 hm³/mes y elevar el volumen de existencias en Entrepeñas y Buendía a 1.400 hm³ (anteriormente cuantificado en 1.200 hm³). Esta modificación supondría una reducción adicional de 13 hm³/año.

En la Tabla 13 se han recogido las reducciones que podrían afectar al Trasvase Tajo-Segura en los próximos años, y que supondrían una cuantía total de 147 hm³/año. Esta circunstancia produciría una reducción del trasvase medio de 310 hm³/año (200 hm³/año para riego y 110 hm³/año para abastecimiento) a 163 hm³/año (73 hm³/año para riego y 90 hm³/año para abastecimiento):

Es importante destacar que en el cálculo de la reducción para el TTS no se han considerado los efectos que puede ocasionar el cambio climático, con la disminución de las precipitaciones, con el cambio en su estacionalidad y con el aumento de eventos extremos (Morote et al., 2018). Son muchos los estudios que prevén un descenso en las precipitaciones de origen atlántico, principalmente identificado entre primavera y verano (Miró et al., 2015), que en la Demarcación del Tajo alcanzarían entre el 10 y el 15%, para el horizonte 2100 (Morote et al., 2018), que de producirse conllevaría a una importante reducción de los trasvases a la Demarcación del Segura, que tal y como se ha analizado anteriormente podrían oscilar entre el 70 y 78% para el año 2100 (Pellicer-Martínez & Martínez-Paz, 2018).

Tabla 13. Reducciones contempladas para el TTS en el Borrador del PHDT 2022-27

Volumen (hm³/año)	Trasvase medio	Hasta 31/12/2025	01/01/2006-31/12/2026	Desde 01/01/2027
Reducción Trasvase caudales ecológicos		31,54	62,28	83,57
Reducción modificación normas reguladoras		13,00	13,00	13,00
Reducción tubería Manchega (trasvase Tajo-Guadiana)		10,00	50,00	50,00
Total reducción		**54,54**	**125,28**	**146,57**
Trasvase medio	**310**	**255,46**	**184,72**	**163,43**
Riego	200	165,46	94,72	73,43
Abastecimiento	110	90	90	90

Leyenda: se han considerado unas pérdidas por evaporación adicionales de 13 hm³ por modificación de las normas, en la práctica serán más. No se ha tenido en cuenta la influencia de los caudales ecológicos en Toledo y Talavera

Fuente: CHT (2021). Elaboración propia

4.2. Aumento de la capacidad de desalación en la Demarcación del Segura

La desalinización es a día de hoy un recurso estratégico en episodios de sequía, pero puede aportar soluciones ante el cambio climático (Morote, 2018) y en concreto en demarcaciones mediterráneas, donde se prevé la reducción e irregularidad en las precipitaciones (Olcina & Vera, 2016). Por lo tanto, resulta conveniente su consideración en estos escenarios, como herramienta de adaptación frente a la previsible reducción de recursos hídricos (Vargas & Paneque, 2017).

Según se recoge en el borrador del PH 22/27, en concreto en su Anejo 2 de recursos hídricos (CHS, 2021a), la capacidad de producción de recursos desalinizados alcanza un volumen previsto a 2021 de 334 hm³/año, de los que 173 hm³/año corresponden al regadío y 161 hm³/año al uso urbano, industrial y de servicios. Para el horizonte 2027, la capacidad de producción de recursos desalinizados experimentaría un aumento de 70 hm³/año, con un volumen previsto a 2027 de 404 hm³/año, de los que 237 hm³/año corresponden al regadío (216 hm³/año correspondientes a IDAM de promoción pública y 21 hm³/año en IDAM promoción privada) y 167 hm³/año al uso urbano, industrial y de servicios. El aumento previsto se produciría en las desaladoras de Acuamed de Valdelentisco (20 hm³/año), Águilas (10 hm³/año) y Torrevieja (40 hm³/año). Cabe señalar que, con las nuevas infraestructuras proyectadas en CHS (2022b), la movilización de estos recursos podría realizarse directamente a la infraestructura del Postrasvase Tajo-Segura (Azud de Ojós y embalse de la Rambla de Algeciras).

4.3. Aumento de la reutilización

En el ámbito de la DHS es destacada, por numerosas investigaciones, la importancia de la utilización de la reutilización de los efluentes regenerados, ya que permite la atención de algunas demandas que consumen agua potable y suponen un recurso estratégico en situaciones de escasez (Rico et al., 2016), ofreciendo además un potencial de crecimiento (Ricart et al., 2021).

Atendiendo también al Anejo 2 del borrador del PH 22/27 (CHS, 2021a), la reutilización de aguas depuradas en la DHS alcanza los 150 hm³/año, correspondiendo mayoritariamente a reutilización directa con cerca de 100 hm³/año y el resto a reutilización indirecta tras el vertido al cauce de 50 hm³/año. No obstante, hay que tener en cuenta que diversas depuradoras vierten sus recursos depurados al mar por disponer de una insuficiente calidad del efluente para ser reutilizado. En el horizonte 2027 este volumen alcanzaría los 8 hm³/año, correspondiendo a las depurados de San Juan de los Terreros (1,4 hm³), en Almería y, Águilas (0,9 hm³), Mar Menor Sur (1,1 hm³), Mazarrón Nueva (1,9 hm³), Portmán (0,1 hm³), San Javier (0,5 hm³) y San Pedro del Pinatar (2,8 hm³), en Murcia.

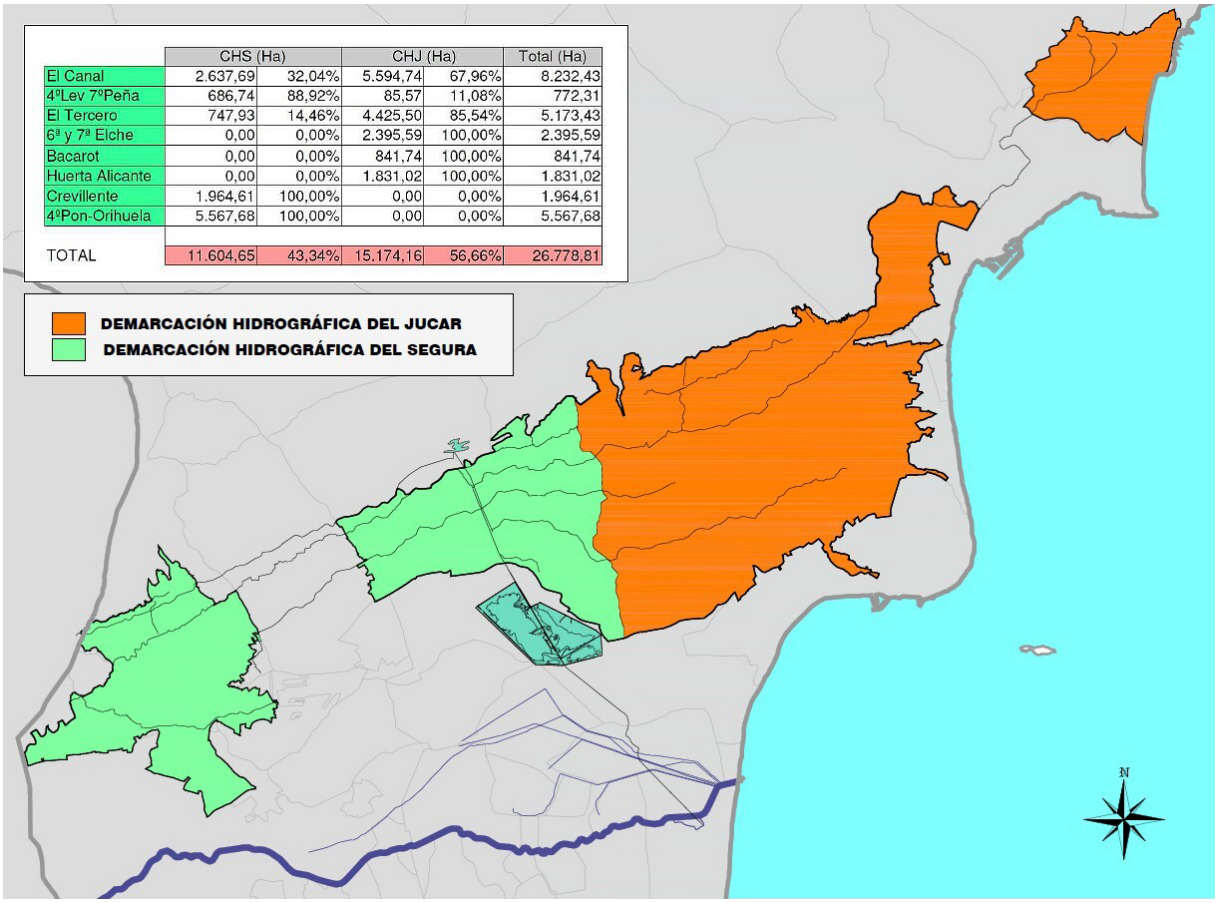
Por otro lado, en el litoral de la provincia de Alicante, 7 depuradoras (8 si se considera la EDAR de la isla de Tabarca, que presenta muy poco caudal), todas ellas ubicadas en el ámbito de la Demarcación Hidrográfica del Júcar (DHJ), vierten la totalidad o parte de sus aguas tratadas al mar. En total se vierten 35,5 hm³, lo que representa el 70,7% del caudal que tratan estas depuradoras y el 29% del caudal total tratado en la provincia. En la Tabla 14 se indican los datos de caudal tratado y el vertido al mar en el año 2016 (Prats & Jódar, 2020).

Tabla 14. Depuradoras de la provincia de Alicante con vertido al Mar Mediterráneo. Caudal tratado (hm³/año) y porcentaje (%) vertido al mar en al año 2016

Nombre EDAR	Caudal tratado	Caudal vertido al mar	Porcentaje vertido al mar
Alacant (Rincón de León)	18,42	12,24	66%
Benidorm	13,91	9,32	67%
Calp	2,47	2,47	100%
Denia-Ondara-Pedreguer	5,55	5,12	92%
Monte Orgegia	7,57	4,20	55%
Teulada (Moraira)	0,45	0,45	100%
Xàbia	1,70	1,70	100%
Global	**50,07**	**35,49**	**70,7%**

Fuente: Prats & Jódar (2020)

Figura 11. Demarcaciones hidrográficas dentro del ámbito territorial delimitado por la Comunidad de Regantes "Riegos de Levante, Margen Izquierda del Segura"



Fuente: Melgarejo et al. (2018). Elaboración propia

Algunas de estas depuradoras (Calpe, Denia, Teulada, Xàbia) se sitúan fuera del alcance de las infraestructuras actualmente disponibles para su reutilización en las áreas regables dependientes de la gestión de la CHS. Por lo tanto, el volumen vertido al mar en el año 2016 disponible para su reutilización en el ámbito del estudio sería de 26 hm³ (Rincón de León, Benidorm y Monte Orgegia). De cara a 2027, este volumen se verá incrementado y se ha estimado que pueda alcanzar un volumen de 30 hm³/año.

En total, el volumen regenerado que potencialmente podría ser reutilizado sería de 38 hm³/año, procedentes de la Demarcación del Segura (8 hm³/año) y de la Demarcación del Júcar (30 hm³/año). El área

de aplicación de estos recursos sería la Comunidad de Regantes "Riegos de Levante, Margen Izquierda del Segura", considerando que el 43% de su superficie se encuentra en la DHS y el 57% en la DHJ, tal y como se muestra en la Figura 11.

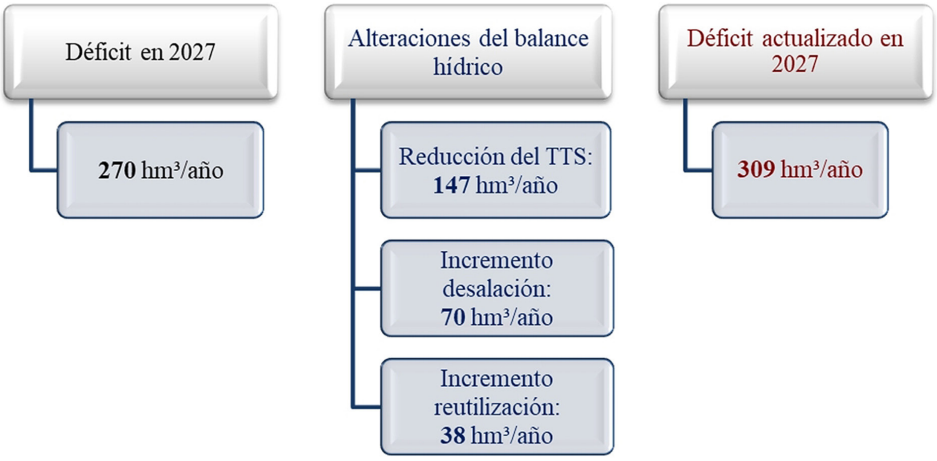
4.4. Balance actualizado

Tras el análisis realizado, se llega a la conclusión de que para el horizonte 2027 se produciría una reducción de los volúmenes trasvasados desde el Tajo de 147 hm³/año (motivado por el aumento de los caudales ecológicos en el Tajo, la modificación de las reglas de explotación del Trasvase Tajo-Segura y la reducción de la tubería Manchega). Este descenso quedaría, en parte, compensado por el aumento de la capacidad de desalación en la DHS en 70 hm³/año (con capacidad de movilización a la infraestructura Tajo-Segura) y la reutilización de las aguas depuradas vertidas actualmente al mar de 38 hm³/año, por lo que la reducción estimada de recursos quedaría cifrada en 39 hm³/año:

- Reducción trasvase Tajo-Segura: 147 hm³/año.
- Aumento desalación en la DHS: 70 hm³/año.
- Aumento reutilización en la DHS y DHJ: 38 hm³/año.
- Reducción total de recursos: 39 hm³/año.

Esta estimación en la reducción de la oferta de recursos incrementaría el déficit estimado en el borrador del PH 22/27 de 270 hm³/año hasta los 309 hm³/año, considerando el año 2027 (Figura 12).

Figura 12. Balance hídrico actualizado (hm³) tras implementar los volúmenes para la compensación del déficit y considerar las reducciones en el TTS en la cuenca del Segura (horizonte 2027)



Fuente: CHS (2021c). Elaboración propia

Tal y como se ha indicado anteriormente, esta reducción de 39 hm³/año en la oferta de recursos se produciría íntegramente en las 18 UDA del TTS, quedando reducida la oferta de 502 hm³/año a 463 hm³/año para atender unas demandas de 587 hm³/año. Por lo tanto, el déficit total en las 18 UDA del TTS en el horizonte 2027 se vería incrementado hasta los 124 hm³/año (Tabla 15).

Tabla 15. Estimación del déficit total considerando sólo la afección a las 18 UDA del TTS para el horizonte 2027

Balance actualizado en las 18 UDA TTS	Horizonte 2027 (hm³/año)
DEMANDA	587
OFERTA RECURSOS	463
DÉFICIT (Demanda-Oferta Recursos)	**-124**

Elaboración propia

Por lo tanto, con la compensación del déficit realizada, es necesaria la consideración de nuevas fuentes adicionales de recursos hídricos para compensar parcialmente el déficit hídrico que continuaría afectando a la DHS y especialmente a los regadíos vinculados con el TTS.

5. Conclusiones

En el presente estudio se ha realizado un análisis del déficit hídrico cuantificado en la DHS por el borrador del PH 2022/27 que alcanzaría los 311 hm³/año en el año 2021 y que se reduciría levemente hasta los 270 hm³/año en el horizonte 2027, donde la sobreexplotación se cuantifica como 0 hm³/año, puesto que en el año 2027 todas las masas de agua subterráneas deben alcanzar el buen estado; y, por lo tanto, no podrán realizarse bombeos no renovables.

El déficit cuantificado para el año 2027 de 270 hm³/año ha sido identificado geográficamente, correspondiendo 152 hm³/año (85 hm³/año en las 18 UDA TTS y 67 hm³/año en las 16 UDA no TTS) a las zonas con posibilidad de conexión mediante la infraestructura del TTS o de la red de distribución de las desalinizadoras actualmente operativas donde, por lo tanto, cabría la posibilidad de aplicación y distribución de recursos adicionales que permitan su reducción.

No obstante, determinados factores pueden empeorar la situación de déficit estructural que padece la DHS, principalmente debido a la posible merma de recursos trasvasados que podrían alcanzar los 147 hm³/año, pasando de unos recursos trasvasados medios de 310 hm³/año a únicamente 163,43 hm³/año.

Los posibles recursos adicionales que podrían considerarse para contrarrestar este efecto supondrían un aumento de 70 hm³/año sobre la capacidad de desalinización (alcanzando el máximo considerado en el borrador del Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura), más la reutilización de 38 hm³/año procedentes de las aguas depuradas regeneradas que actualmente son vertidas al mar, y que serían insuficientes para compensar las reducciones estimadas. En cómputo total, el déficit quedaría cuantificado en 309 hm³/año en el horizonte 2027, poniendo de manifiesto la necesidad de nuevas fuentes alternativas de recursos para paliar la situación deficitaria actual y futura.

Las zonas regables del TTS concentran gran parte de este déficit de 309 hm³/año en la aplicación de recursos, estimado para el horizonte 2027 en 124 hm³/año en las 18 UDA del TTS (85 hm³/año considerados en el borrador del PH 22/27). Y, gracias a las infraestructuras existentes y futuras, como la interconexión de las desalinizadoras existentes y la conexión del embalse de La Pedrera con el Azud de Ojós o desde el embalse de La Pedrera con el embalse de la Rambla de Algeciras, los nuevos recursos podrían distribuirse de manera eficaz y directa a las zonas con mayores necesidades, siendo la zona costera del sur de Alicante un lugar estratégico como origen en la producción y distribución de estos recursos. Si bien, las áreas que podrían recibir los caudales desalados no se limitan a las 18 UDA del TTS, sino que incluye 16 UDA adicionales, situadas en el ámbito de la red de distribución, cuyo déficit actualizado se mantendría en los 67 hm³/año, y que en conjunto asciende a hasta los 191 hm³/año.

Por lo tanto, ante las circunstancias planteadas, se llega a la conclusión de que la situación de déficit actual y futuro no solo no mejoraría, sino que podría verse aumentado dicho déficit en un volumen considerable, atendiendo a los planteamientos reflejados en los borradores del nuevo ciclo de planificación 2022-2027, ya que con las soluciones propuestas no lograrían reducir el déficit ante los escasos recursos adicionales que podrían generarse con las instalaciones actualmente ejecutadas.

Adicionalmente, se han identificado otros inconvenientes que afectarían a la sostenibilidad de los regadíos del Sureste y principalmente a los regadíos dependientes del TTS. En primer lugar, las tarifas para los aprovechamientos del Acueducto Tajo-Segura aumentarían un 14%, pasando de los 0,117891 €/m³ del año 2017 a los 0,134161 €/m³ del año 2021. En segundo lugar, las soluciones propuestas para la movilización de recursos desalinizados supondrían unos sobrecostes (sin tener en cuenta el coste de las obras) producidos por el bombeo estimados entre 0,10 €/m³, para la impulsión al Azud de Ojós (volumen bombeado de 43,3 hm³/año y un consumo energético de 0,728 kWh/m³) y, de 0,13 €/m³, para la impulsión al embalse de la Rambla de Algeciras (volumen bombeado de 17,1 hm³/año y un consumo de 0,920 kWh/m³), que habría que añadir a la tarifa media para la producción de agua desalinizada de 0,5625 €/m³, lo que supondría un incremento sobre la misma del 18 y 25 % respectivamente, generando un coste total de 6,6 M€/año.

De este modo, a pesar de la importante movilización de recursos adicionales considerada en el presente estudio para intentar minimizar el déficit en las zonas del TTS, los sobrecostes asociados a estos nuevos recursos serían inasumibles por el sector agroalimentario, ya que estos importes serían muy superiores a las tarifas actualmente asumidas por los recursos trasvasados desde el Tajo, pasando de la tarifa actual del TTS de 0,134 €/m³ a los 0,669 €/m³ (para la solución más económica) con las alternativas consideradas. Por todo ello, se puede concluir que deben plantearse nuevas fuentes alternativas de recursos hídricos, que ofrezcan

una oferta viable tanto desde un punto de vista medioambiental como socioeconómico, y que permitan mantener la sostenibilidad de uno de los principales motores económicos de la Demarcación del Segura, donde se alcanzan rentabilidades difícilmente alcanzables en otras demarcaciones (García et al., 2021).

Financiación

Esta investigación ha sido financiada por la Cátedra del Agua de la Universidad de Alicante-Diputación Provincial de Alicante y por la red de excelencia Campus Hábitat 5U.

Referencias

Boletín Oficial del Estado, BOE (1980). *Ley 52/1980, de 16 de octubre, de Regulación del Régimen Económico de la explotación del acueducto Tajo-Segura*. BOE núm. 256, de 16 de octubre de 1980, páginas 23702 a 23704 (3 págs.). Jefatura del Estado. https://www.boe.es/eli/es/l/1980/10/16/52

Boletín Oficial del Estado, BOE (2014). *Real Decreto 773/2014, de 12 de septiembre, por el que se aprueban diversas normas reguladoras del trasvase por el acueducto Tajo-Segura*. BOE núm. 223, de 13 de septiembre de 2014, páginas 71634 a 71639 (6 págs.). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/09/12/773

Boletín Oficial del Estado, BOE (2015). *Ley 21/2015, de 20 de julio, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes*. BOE núm. 173, de 21 de julio de 2015, páginas 60234 a 60272 (39 págs.). Jefatura del Estado. https://www.boe.es/eli/es/l/2015/07/20/21

Boletín Oficial del Estado, BOE (2021a). *Real Decreto 638/2021, de 27 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 773/2014, de 12 de septiembre, por el que se aprueban diversas normas reguladoras del trasvase por el acueducto Tajo-Segura*. BOE núm. 179, de 28 de julio de 2021, páginas 90760 a 90764 (5 págs.). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. https://www.boe.es/eli/es/rd/2021/07/27/638

Boletín Oficial del Estado, BOE (2021b). *Resolución de 29 de julio de 2021, de la Dirección General del Agua, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 27 de julio de 2021, sobre aprobación de las nuevas tarifas para aprovechamiento del acueducto Tajo-Segura*. BOE núm. 188, de 7 de agosto de 2021, páginas 97206 a 97207 (2 págs.). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2021-13594

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, CEDEX (2017). *Evaluación del Impacto del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y Sequías en España*; Centro de Estudios Hidrográficos (CEH). Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente: Madrid, Spain. http://www.cedex.es/NR/rdonlyres/3B08CCC1-C252-4AC0-BAF7-1BC27266534B/145732/2017_07_424150001_Evaluaci%C3%B3n_cambio_clim%C3%A1tico_recu.pdf

Confederación Hidrográfica del Segura, O.A., CHS (2020a). *Esquema de Temas Importantes de la Demarcación Hidrográfica del Segura 2021/27*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: Murcia, Spain. https://www.chsegura.es/export/sites/chs/descargas/planificacionydma/planificacion21-27/docsdescarga/ETI_21-27.pdf

Confederación Hidrográfica del Segura, O.A., CHS (2020b). *Documentos Iniciales del proceso de planificación hidrológica 2022-2027 de la Demarcación del Segura*; Ministerio para la Transición Ecológica: Murcia, Spain. https://www.chsegura.es/export/sites/chs/descargas/planificacionydma/planificacion21-27/docsdescarga/DI_TERCERciclo_MEMORIA_CONSOLIDADO.pdf

Confederación Hidrográfica del Segura, O.A., CHS (2021a). *Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura 2022-2027; Anejo 2 Inventario de Recursos Hídricos*; Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: Murcia, Spain. https://www.chsegura.es/export/sites/chs/descargas/planificacionydma/planificacion21-27/docsdescarga/docplan2127/A02_inventario_de_recursos/Anejo_02_Recursos_Hidricos.pdf

Confederación Hidrográfica del Segura, O.A., CHS (2021b). *Propuesta de proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura 2022-2027; Anejo 9. Recuperación de Costes*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: Murcia, Spain. https://www.chsegura.es/export/sites/chs/descargas/planificacionydma/planificacion21-27/docsdescarga/docplan2127/A09_recuperacion_costes/Anejo_09_Recuperacion_de_Costes.pdf

Confederación Hidrográfica del Segura, O.A., CHS (2021c). *Propuesta de proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura 2022-2027; Anejo 6. Sistema de explotación y balances*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: Murcia, Spain. https://www.chsegura.es/export/sites/chs/descargas/planificacionydma/planificacion21-27/docsdescarga/docplan2127/A06_sistema_explotacion_balances/Anejo_06_Sistemas_explotacion_balances.pdf

Confederación Hidrográfica del Segura, O.A., CHS (2022a). *Información sobre infraestructuras de la Demarcación del Segura*. https://www.chsegura.es/es/cuenca/

Confederación Hidrográfica del Segura, O.A., CHS (2022b). *Anuncio de la Confederación Hidrográfica del Segura O.A. por el que se somete a información pública el Anteproyecto de las obras y el Estudio de Impacto Ambiental de "Interconexión de las desaladoras de agua de mar de Interés General en la Cuenca del Segura". Expediente: 07.330-0638/2101*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: Murcia, Spain. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-B-2022-29050

Confederación Hidrográfica del Tajo, O.A., CHT (2020). *Esquema de Temas Importantes de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo 2021/27*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: Madrid, Spain. http://www.chtajo.es/LaCuenca/Planes/PlanHidrologico/Planif_2021-2027/Documents/PHTAJO3_ETI_12-2020.pdf

Confederación Hidrográfica del Tajo, O.A., CHT (2021). *Disposiciones normativas de la Propuesta de proyecto de Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo 2022/27*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: Madrid, Spain. http://www.chtajo.es/LaCuenca/Planes/PlanHidrologico/Planif_2021-2027/Documents/BorradorPHT_2021-2027/PHT2227_Normativa.pdf

Dirección General del Agua, DGA (2018). *Síntesis de los Planes Hidrológicos Españoles. Segundo ciclo de la DMA (2015–2021)*; Ministerio para la Transición Ecológica, Secretaria de Estado de Medio Ambiente: Madrid, Spain. https://www.miteco.gob.es/va/agua/temas/planificacion-hidrologica/libro_sintesis_pphh_web_tcm39-482083.pdf

Dirección General del Agua, DGA (2020). *Fomento de la Reutilización de las Aguas Residuales. Informe Complementario*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Secretaria de Estado de Medio Ambiente: Madrid, Spain. https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/6_ic_reutilizacion_1_tcm30-514162.pdf

Durán-Sánchez, A., Galeana-Figueroa, E., & Aguilasocho-Montoya, D. (2017). *Análisis del Water Exploitation Index (WEI) como instrumento para el ajuste de la política de oferta y demanda de los recursos hídricos. Tourism and Hospitality International Journal, 9*(2), 130-150. http://thijournal.isce.pt/index.php/THIJ/article/view/211

Estrela, T. & Vargas, E. (2012). *Drought Management Plans in the European Union. The Case of Spain. Water Resources Management*, 26, 1537-1553. https://doi.org/10.1007/s11269-011-9971-2

García, M., Montano, B., & Melgarejo, J. (2021). La rentabilidad del agua y las tarifas de conducción de aguas del Trasvase Tajo-Segura. In J. Melgarejo, M. I. López, & P. Fernández (Eds.), *Inundaciones y sequías. Análisis Multidisciplinar para Mitigar el Impacto de los Fenómenos Climáticos Extremos* (pp. 725-735). Universidad de Alicante. http://hdl.handle.net/10045/118460

García, M., Montano, B., & Melgarejo, J. (2022). *La viabilidad del autoconsumo energético por medio de placas solares en los servicios del agua en España. Revista Técnica "Energía"*, *19*(I), 132-149. https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v19.n1.2022.533

Garrote, L. & Mariño, F. (2019). *Documento de síntesis de los estudios de caudales ecológicos mínimos en el río Tajo en el tramo Aranjuez-Talavera de la Reina. Ingeniería y Ciencia Ambiental (ICA)*. Universidad Politécnica de Madrid. https://www.scrats.es/wp-content/uploads/2021/06/Libro-1-00-DocumentoSintesis-CORFM-271119.pdf

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), 192-209. https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-02-08

Gómez, J. M. (Coord.) (2017). *El Trasvase Tajo-Segura. Propuestas para su continuidad y futuro*. Editorial Académica Española Alemania.

Grindlay, A., Zamorano, M., Rodríguez, M., Molero, E., & Urrea, M. (2011). Implementation of the European Water Framework Directive: Integration of hydrological and regional planning at the Segura River Basin, southeast Spain. *Land Use Policy*, 28, 242–256. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2010.06.005

Hervás, C. & Delgado, F. (2019). Drought Management Planning Policy: From Europe to Spain. *Sustainability, 11*(7), 1862. https://doi.org/10.3390/su11071862

Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change, IPCC (2007). Synthesis report. In Core Writing Team, R.K. Pachauri, & A. Reisinger (Eds.), *Contribution of Working Groups I, II and III to the*

Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_sp.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (2014). *Climate Change 2014-Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Part B: Regional Aspects: Working Group II Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report, 2, Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415386

Marcos-García, P. & Pulido-Velázquez, M. (2017). 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. https://doi.org/10.4995/ia.2017.6361

Melgarejo, J. (2000). *Balance económico del Trasvase Tajo-Segura*. Investigaciones geográficas, 24, 69-95. https://doi.org/10.14198/INGEO2000.24.03

Melgarejo, J. & Molina, A. (2017). *La Mancomunidad de los Canales del Taibilla en la Provincia de Alicante*. MCT (Mancomunidad de los Canales del Taibilla), y IUACA (Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales de la Universidad de Alicante). https://doi.org/10.14198/2017-Mancomunidad-Canales-Taibilla

Melgarejo, J., Molina, A., & Fernández-Aracil, P. (2018). *100 años de Riegos de Levante, Izquierda del Segura*. Universidad de Alicante. http://hdl.handle.net/10045/101112

Ministerio de Medio Ambiente. (2000). *Libro Blanco del Agua en España*. Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. http://www.cedex.es/CEDEX/LANG_CASTELLANO/ORGANISMO/CENTYLAB/CEH/Documentos_Descargas/LB_LibroBlancoAgua.htm

Miró, J.J., Estrela, M.J., & Olcina-Cantos, J. (2015). Statistical downscaling and attribution of air temperature change patterns in the Valencia region (1948–2011). *Atmospheric Research*, 156, 189-212. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.01.003

Morote, A.F., Rico, A.M., & Moltó, E. (2017). 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

Morote, A. F. (2018). La desalinización. De recurso cuestionado a recurso necesario y estratégico durante situaciones de sequía para los abastecimientos en la Demarcación Hidrográfica del Segura. *Investigaciones Geográficas*, (70), 47-69. https://doi.org/10.14198/INGEO2018.70.03

Morote, A., Olcina J., & Rico, A.M. (2018). Un trasvase cuestionado: el Tajo-Segura. Repercusiones socioeconómicas en el sureste español e incertidumbre ante el cambio climático. *Revista de Estudios Regionales,* 113, 29-70. http://hdl.handle.net/10045/92067

Morote, A.F., Olcina, J., & Hernández, M. (2019). The Use of Non-Conventional Water Resources as a Means of Adaptation to Drought and Climate Change in Semi-Arid Regions: South-Eastern Spain. *Water, 11*(1), 93. https://doi.org/10.3390/w11010093

Olcina, J., & Vera, J. F. (2016). Adaptación del sector turístico al cambio climático en España. La importancia de las acciones a escala local y en empresas turísticas. *Anales de Geografía, 36*(2), 321-352. https://doi.org/10.5209/AGUC.53588

Pellicer-Martínez, F., & Martínez-Paz, J. M. (2018). Climate change effects on the hydrology of the headwaters of the Tagus River: implications for the management of the Tagus–Segura transfer. *Hydrology and Earth System Sciences, 22*(12), 6473-6491. https://doi.org/10.5194/hess-22-6473-2018

Prats, D., & Jódar, A. (2020). No convencionales: análisis de la reutilización de aguas residuales urbanas en la provincia de Alicante. In J. Melgarejo & M. Fernández (Eds.), *El agua en la Provincia de Alicante* (pp. 105-129). Diputación Provincial de Alicante y Universidad de Alicante. http://hdl.handle.net/10045/108286

Ricart, S., Villar-Navascués, R., Rico-Amorós, A. M., Hernández-Hernández, M., & Olcina-Cantos, J. (2021). Aguas depuradas y pluviales: recursos para la reducción del riesgo de sequía e inundación. Ejemplos y aprendizajes. In J. Melgarejo, M. I. López, & P. Fernández (Eds.), *Inundaciones y sequías. Análisis Multidisciplinar para Mitigar el Impacto de los Fenómenos Climáticos Extremos* (pp. 725-735). Universidad de Alicante. http://hdl.handle.net/10045/118460

Rico, A. M., Arahuetes, A.,, & Morote, A. F. (2016). Depuración y reutilización de aguas residuales regeneradas en las regiones de Murcia y Valencia. In J. F. Vera, J. Olcina, & M. Hernández (Eds.), *Paisaje, Cultura Territorial y Vivencia de la Geografía. Libro Homenaje al profesor Alfredo Morales*

Gil (pp. 1169-1202). Publicaciones de la Universidad de Alicante. http://dx.doi.org/10.14198/LibroHomenajeAlfredoMorales2016-52

Sindicato Central de Regantes del Acueducto Tajo-Segura, SCRATS (2022). *Datos propios*.

Stefano, S., Peppoloni, F., & Pierleoni, A. (2020). A New Approach to Calculate the Water Exploitation Index (WEI+). *Water, 12*(11), 3227. https://doi.org/10.3390/w12113227

Vargas, J. & Paneque, P. (2017). Metodología para el análisis de las causas de la vulnerabilidad al riesgo de sequía a escala de Demarcación Hidrográfica. *Natural Hazards,* 89, 609-621. https://doi.org/10.1007/s11069-017-2982-4

Vargas, J. & Paneque, P. (2019). Challenges for the Integration of Water Resource and Drought-Risk Management in Spain. *Sustainability, 11*(2), 308. https://doi.org/10.3390/su11020308