

A-05-2023

Comunicación científico-técnica

## Efectos agronómicos y repercusión económica de la progresiva sustitución de recursos hídricos convencionales por no convencionales en los principales cultivos de la Cuenca del Segura

### Agronomic and economic effects of the progressive substitution of conventional for non-conventional water resources in the main crops of the Segura River Basin.

Martínez-Álvarez, V.<sup>1</sup>, Imbernon, A.<sup>2</sup>, Gallego-Elvira, B.<sup>3</sup>, Ben Abdallah, S.<sup>4</sup>, Maestre-Valero, J.F.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT); victoriano.Martinez@upct.es

<sup>2</sup> Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT); alberto.imbernon@edu.upct.es

<sup>3</sup> Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT); belen.gallego@upct.es

<sup>4</sup> Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT); saker.benabdallah@upct.es

<sup>5</sup> Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT); josef.maestre@upct.es

**Resumen:** El objeto de este estudio es analizar, desde una perspectiva agronómica, el impacto sobre los principales cultivos de la cuenca del Segura de la progresiva sustitución de los recursos hídricos que tradicionalmente se aplican en el regadío por agua marina desalinizada (AMD). Para ello, se han definido distintos escenarios representativos de la situación actual y de posibles situaciones futuras, así como indicadores específicos para la caracterización de los impactos agronómicos y económicos bajo estos escenarios.

Los resultados ponen de manifiesto que, al margen de posibles efectos de fitotoxicidad por boro, el impacto agronómico es favorable, y más relevante cuanto mayor es la sensibilidad del cultivo a la salinidad del agua de riego. La progresiva sustitución de los recursos hídricos disponibles por AMD conlleva mejoras en la productividad de los cultivos y reducciones en las necesidades de riego, cuya valorización económica supera holgadamente a los sobrecostes en la fertilización por la baja mineralización del AMD. El impacto económico ofrece resultados heterogéneos entre los grupos de cultivos, ya que integra la valoración económica del impacto agronómico (positivo) junto al efecto de la incorporación de AMD en el coste del agua (negativo). Resulta claramente favorable para el caso de frutales no cítricos, y desfavorable para los hortícolas al aire libre, mientras que en cítricos y almendro los impactos son muy reducidos. Finalmente, se destaca que el escenario de uso conjunto (50%AMD) resulta más favorable que el de riego con AMD (100%AMD).

**Palabras clave:** Desalación, Resiliencia del regadío, Evaluación agronómica, Evaluación económica.



# XXXIX Congreso Nacional de Riegos ÚBEDA (JAÉN)

18, 19, 20 de octubre de 2023



**Abstract:** The goal of this study is to analyse, from an agronomic perspective, the impact on the main crops in the Segura basin of the progressive replacement of the water resources traditionally used in irrigation by desalinated seawater (DSW). To this end, different scenarios have been defined that are representative of the current situation and possible future situations, as well as specific indicators for the characterisation of the agronomic and economic impacts under these scenarios.

The results show that, apart from possible effects of boron phytotoxicity, the agronomic impact is favourable, and the greater the sensitivity of the crop to the salinity of the irrigation water, the more relevant this is. The progressive substitution of available water resources by DSW leads to improvements in crop productivity and reductions in irrigation requirements, the economic value of which far exceeds the additional fertilisation costs due to the low mineralisation of DSW. The economic impact offers heterogeneous results between crop groups, as it integrates the economic valuation of the agronomic impact (positive) together with the effect of the DSW on the cost of water (negative). It is clearly favourable in the case of non-citrus fruit trees, and unfavourable for outdoor vegetables, while in citrus and almond trees the impacts are very low

**Keywords:** Desalination, Irrigated agriculture resilience, Agronomic assessment, Economic assessment.

## 1. Introducción

La persistente escasez de recursos hídricos en el sureste español ha impulsado la utilización de fuentes no convencionales, como las aguas regeneradas y la desalinización de agua de mar, especialmente en la agricultura de regadío. Como consecuencia, en la Demarcación Hidrográfica del Segura (DHS) ya se está reutilizando cerca del 100% del volumen de agua regenerada para riego (aproximadamente 100 hm<sup>3</sup>/año) y, además, se están incorporando en torno a 150 hm<sup>3</sup>/año de Agua Marina Desalinizada (AMD) al regadío. Como resultado, se está produciendo una progresiva sustitución de los recursos hídricos convencionales, cuya disponibilidad se reduce conforme se intensifican los impactos del cambio climático, por recursos hídricos no convencionales, cuya disponibilidad se ha incrementado notablemente en el último lustro, y que continuará haciéndolo en el caso del AMD. Como consecuencia, las características fisicoquímicas del agua de riego están sufriendo cambios continuos en muchas zonas regables del sureste español.

El estudio y análisis del riego con AMD es una cuestión reciente, ya que se ha desarrollado principalmente durante la última década. En los trabajos más relevantes sobre esta cuestión [1,2,3,4] se identifica como principal ventaja la condición del AMD como recurso hídrico inagotable y no sujeto a variaciones climáticas, por lo que estratégicamente resulta idónea para aumentar la disponibilidad de recursos hídricos para riego agrícola en zonas deficitarias. Como principales inconvenientes se destacan el elevado consumo energético asociado a su producción y transporte hasta las zonas regables, así como el elevado precio resultante para los usuarios finales, los agricultores. Estos precios son muy superiores a los que presentan otras fuentes de agua de riego y pueden generar un importante impacto en los costes de producción de los cultivos, comprometiendo su viabilidad económica. El elevado consumo energético asociado a la producción de AMD también conlleva unas importantes emisiones de gases de efecto invernadero.

La progresiva sustitución de recursos hídricos convencionales (aguas subterráneas, aguas superficiales, agua del TTS) por recursos no convencionales (aguas regeneradas y AMD), puede generar distintos impactos agronómicos, con el consecuente impacto económico, cuya valoración para los principales cultivos de la DHS se aborda en este trabajo. Para ello, se han identificado diversos indicadores de impacto para la caracterización agronómica y económica de la producción agrícola, cuyos valores se han estimado bajo tres escenarios de suministro de agua de riego, que son representativos de la situación de referencia y de posibles situaciones futuras en los regadíos en el sureste español.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Aguas de referencia consideradas en el estudio

El origen del suministro hídrico es un factor especialmente relevante a la hora de definir distintos escenarios. En este sentido, se ha seguido la misma clasificación recogida en el Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura 2022-27 (PHDS 2022-27) [5], trabajándose con los valores característicos de sus propiedades fisicoquímicas, la energía específica asociada a su suministro ( $C_p$ ) y el coste final para el regante ( $P$ ), según se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Principales características fisicoquímicas, consumo específico ( $C_p$ ) y precio final para el agricultor ( $P$ ) de las distintas fuentes de suministro de agua consideradas en el estudio.

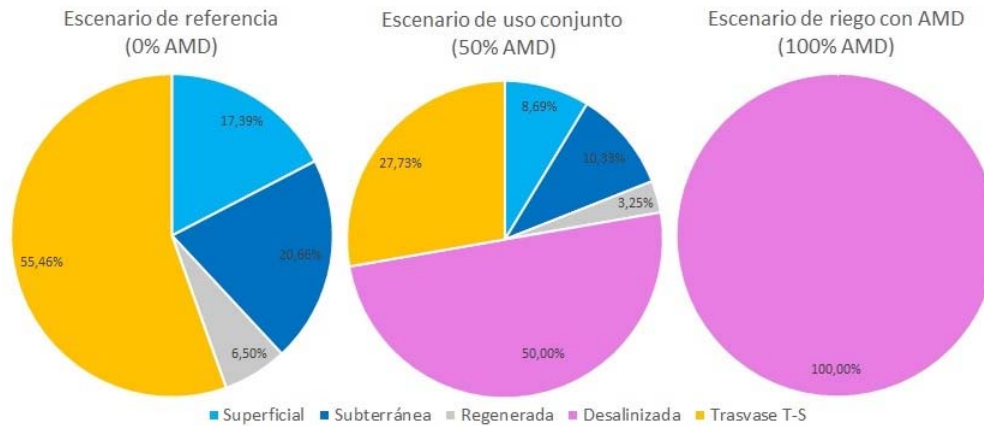
Parámetro	Superficial	Subterránea	Regenerada	Desalada	Trasvase T-S
pH	7,5	7,4	7,7	8,3	8,4
CE (dS/m)	2,41	4,51	1,80	0,46	0,86
Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	158	229	97	29	97
Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	98	99	39	4,3	40
Na <sup>+</sup> (mg/L)	257	573	235	86	41
K <sup>+</sup> (mg/L)	18,8	16,6	28,3	3,9	2,2
B <sup>3+</sup> (mg/L)	0,45	1,36	0,40	0,56	0,1
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	344	972	272	147	59
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (mg/L)	318	475	295	71	180
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	10,6	60,6	14,7	1	1,7
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	2,65	0,3	1,23	0,2	0,1
SAR	4,0	8,0	5,4	3,0	1,1
C <sub>p</sub> (kWh/m <sup>3</sup> )	0,06	0,95	0,78	3,49	1,21
P (€/m <sup>3</sup> )	0,06	0,18	0,10	0,60	0,18

Datos elaborados a partir de distintas fuentes, según se recoge en [6]

## 2.2. Escenarios considerados

Se ha considerado un primer escenario de referencia sin suministro de AMD, mientras que los dos escenarios restantes representan la sustitución progresiva (50% y 100%) de otros recursos por AMD. Estos escenarios se describen a continuación.

- Escenario de riego sin AMD o de referencia (0%AMD). Se corresponde con un suministro de distintas fuentes de agua proporcional a los derechos de riego reconocidos en la PHDS 2022-27 [5]. Por tanto, consiste en una mezcla de agua superficial, subterránea, regenerada y del trasvase Tajo-Segura (T-S), según las proporciones recogidas en la Figura 1.
- Escenario de uso conjunto de AMD con otras fuentes (50%AMD). Se corresponde con un suministro del 50% de AMD, mientras el 50% restante procede de otras fuentes (superficiales, subterráneas, regeneradas y trasvase T-S) según su proporción en los derechos de riego reconocidos en el PHDS 2022-27 [5]. Por tanto, consiste en una mezcla de aguas según las proporciones recogidas en la Figura 1.
- Escenario de riego con AMD (100%AMD). Se sustituye el suministro de agua de riego de las distintas fuentes consideradas en el PHDS 2022-27 por AMD. Por tanto, el 100% del agua de riego es AMD (Fig. 1), e implica la supresión del suministro del trasvase T-S.



**Figura 1.** Porcentaje de las distintas fuentes de agua en los escenarios considerados.

### 2.3. Cultivos considerados

Se han seleccionado los 10 cultivos que más superficie ocupan en la Región de Murcia en 2020, como marco geográfico más próximo a la DHS, de la que no se dispone de información específica por cultivos. Los cultivos seleccionados se han organizados en cuatro grupos: hortícolas al aire libre (alcachofa, brócoli, lechuga y melón), cítricos (limonero, mandarino y naranjo), frutales no cítricos o de fruto carnoso (albaricoquero y melocotonero) y almendro.

### 2.4. Análisis agronómico

Como se observa en la Tabla 1, la composición del AMD es bastante diferente al resto fuentes de suministros en la DHS, circunstancia de la que se pueden derivar efectos en la respuesta agronómica tras la sustitución de aguas convencionales por AMD, especialmente porque estos impactos agronómicos pueden derivar en impactos económicos, como se evaluará posteriormente. Se han considerado los tres efectos agronómicos más relevantes:

- Efecto de la salinidad en la producción. La productividad de los cultivos se ve limitada por la salinidad del agua de riego, cuestión que ha sido ampliamente estudiada y tratada en las distintas versiones del Manual Técnico de la FAO Water Quality for Agriculture [7]. El rendimiento relativo de los cultivos se mantiene constante a medida que aumenta la salinidad del suelo hasta llegar a un determinado valor (umbral de  $CE_{es}$ ), a partir de la cual el rendimiento relativo desciende. La conductividad eléctrica del agua de riego ( $CE_a$ ) pasa de 1,95 dS/m en el escenario de referencia (0%AMD) hasta 0,46 dS/m en el escenario 100%AMD. El indicador seleccionado para analizar el impacto ha sido el valor económico de la producción (VEP, €/ha), calculado tras asignar los valores de producción publicados por el MAPA en los Estudios de Costes y Rentas de las Explotaciones Agrícolas (ECREA)[8] al escenario de referencia (0% AMD), y calculando el valor para el resto de los escenarios mediante la aplicación de las variaciones esperables en la productividad de los cultivos como consecuencia del efecto de la salinidad.

- Efecto de la salinidad en las necesidades totales de riego. Las necesidades totales de riego de los cultivos ( $N_t$ ) son superiores a sus necesidades consuntivas o netas ( $N_n$ ), ya que hay otras cantidades adicionales de agua que son necesarias para compensar las pérdidas producidas por las condiciones en que se desarrolla el cultivo [9]. Estas pérdidas se pueden producir por percolación en profundidad fuera de zona radicular, por la falta de uniformidad de reparto del agua en la parcela de riego y por los requerimientos de lavado de sales cuando se emplea agua de riego con media o alta salinidad. El indicador seleccionado para evaluar este efecto son las propias necesidades totales de riego ( $N_t$ ,  $m^3/ha$ ).
- Efectos de la escasez de nutrientes en las necesidades de fertilizantes. El AMD se caracteriza por una muy baja concentración de nutrientes esenciales para el desarrollo de los cultivos, como calcio y magnesio [2], que puede dar lugar a una mayor necesidad de fertilizantes, con el consecuente encarecimiento de los programas de fertilización. Para evaluar este efecto se han calculado los requerimientos de fertilizantes y el coste asociado para cada uno de los cultivos seleccionados, considerando las características fisicoquímicas del suministro de agua para cada uno de los escenarios. Esta evaluación se ha realizado mediante un modelo que calcula la combinación óptima de fertilizantes para satisfacer los requerimientos totales de nutrientes de cada cultivo al menor coste económico, considerando los nutrientes que ya están presentes en el agua de riego para cada uno de los escenarios [4,10]. El indicador seleccionado para evaluar el efecto de la escasez de nutrientes en las necesidades de fertilizantes es el coste de los fertilizantes (CF, €/ha) obtenido del modelo.

## 2.5. Análisis Económico

Para realizar el análisis económico se ha partido de los datos de caracterización de los distintos sistemas productivos agrarios publicados en ECREA [8], que proceden de la información suministrada por las explotaciones. Se han considerado dos indicadores económicos: el margen bruto estándar (MBE, €/ha), definido como la diferencia entre los ingresos de la explotación derivados del conjunto de las actividades productivas, incluidas las subvenciones de explotación, y todos los gastos variables, excepto los atribuidos a la retribución de la mano de obra familiar y eventual, así como los derivados del alquiler de maquinaria; y el indicador de efecto económico relativo (IEER, €/ha). Este último indicador se ha obtenido a partir de la combinación de varias variables primarias (ingreso de la cosecha, costo de fertilización y costo del agua) y permite valorar la variación de los ingresos de la cosecha, el costo de la fertilización y agua de riego en los escenarios de uso conjunto (50%AMD) y de riego con AMD (100%AMD) respecto al escenario de referencia (0%AMD); de modo que para el escenario de referencia toma el valor "0", y para los otros dos escenarios se calcula como  $IEER_i$  (€/ha) = [(Ingresos de la cosecha) $_i$  - (Ingresos de la cosecha) $_0$ ] - [(costo fertilización) $_i$  - (costo fertilización) $_0$ ] - [(costo agua) $_i$  - (costo agua) $_0$ ]; indicando "0" el escenario de referencia y "i" el escenario analizado.

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Efecto de la salinidad en la producción

Considerando las producciones publicadas por el MAPA en los Estudios de Costes y Rentas de las Explotaciones Agrícolas (ECREA) [8], los valores de producción (kg/ha) y su valor económico (€/ha) para cada cultivo y escenario se recogen en la Tabla 2. Este valor económico de la producción (VEP, €/ha) es el indicador de impacto seleccionado para cuantificar el efecto de la salinidad del agua de riego en la producción, dado que refleja los efectos los escenarios expuestos anteriormente y facilita el cálculo posterior de los indicadores económicos.

**Tabla 2.** Impacto de la salinidad del agua de riego en la producción (kg/ha) y el valor económico de la producción (VEP, €/ha) para cada cultivo y escenario considerado.

Cultivo	Referencia (0%AMD)	Uso Conjunto (50%AMD)	Riego con AMD (100%AMD)
Alcachofa	17.748 / 8.253	17.748 / 8.253	17.748 / 8.253
Brócoli	13.700 / 5.127	13.840 / 5.180	13.840 / 5.180
Lechuga	48.874 / 6.967	57.794 / 8.238	61.812 / 8.811
Melón	45.284 / 8.973	50.313 / 9.970	53.937 / 10.688
Limonero	30.267 / 11.975	35.514 / 14.051	36.932 / 14.612
Mandarino	15.214 / 5.515	17.844 / 6.460	18.080 / 6.554
Naranja	39.735 / 7.575	46.602 / 8.885	47.220 / 9.002
Albaricoquero	20.457 / 16.650	28.405 / 23.120	29.838 / 24.286
Melocotonero	19.569 / 12.613	25.684 / 16.554	26.235 / 16.909
Almendro	3.182 / 4.634	4.098 / 5.992	4.346 / 6.329

#### 3.2. Efecto de la salinidad en las necesidades totales de riego

La Tabla 3 presenta el valor de las necesidades netas de riego de los cultivos ( $N_n$ ) para el escenario de referencia, donde los valores de  $N_t$  son los publicados por el MAPA en el ECREA [8]. La tabla también recoge los valores de  $N_t$  (m<sup>3</sup>/ha) por cultivo y escenario, que constituyen el indicador seleccionado para evaluar el impacto de la salinidad en las necesidades de riego.

**Tabla 3.** Impacto de la salinidad del agua de riego en las necesidades netas ( $N_n$ , m<sup>3</sup>/ha) y totales ( $N_t$ , m<sup>3</sup>/ha) de riego, teniendo en cuenta los requerimientos de lavado, para cada cultivo y escenario considerado.

Cultivo	$N_n$ (m <sup>3</sup> /ha)	$N_t$ Referencia (0%AMD)	$N_t$ Uso Con- junto (50%AMD)	$N_t$ Riego con AMD (100%AMD)
Alcachofa	9.877,2	10.570,0	10.294,6	10.033,2

<b>Brócoli</b>	6.484,3	6.967,0	6.774,6	6.592,6
<b>Lechuga</b>	4.395,1	4.926,0	4.709,0	4.510,4
<b>Melón</b>	4.161,6	4.500,0	4.364,6	4.237,2
<b>Limonero</b>	5.311,5	5.930,0	5.677,8	5.446,2
<b>Mandarino</b>	5.806,8	6.608,0	6.277,6	5.978,7
<b>Naranja</b>	4.387,6	4.993,0	4.743,4	4.517,5
<b>Albaricoquero</b>	4.699,3	5.643,0	5.241,5	4.893,3
<b>Melocotonero</b>	4.914,0	5.776,0	5.413,8	5.094,3
<b>Almendra</b>	3.263,1	3.806,0	3.578,9	3.377,3

### 3.3. Efecto de la escasez de nutrientes en las necesidades de fertilizantes

La Tabla 4 recoge el coste de los fertilizantes (CF, €/ha) calculados para satisfacer las necesidades de los cultivos mediante la metodología descrita anteriormente, para cada uno de los cultivos y escenarios considerados, que es el indicador de impacto para evaluar los efectos de la escasez de nutrientes en las necesidades de fertilizantes.

**Tabla 4.** Coste de los fertilizantes (CF, €/ha) calculados para satisfacer las necesidades para cada uno de los cultivos y escenarios considerados.

<b>Cultivo</b>	<b>Referencia (0% AMD)</b>	<b>Uso Conjunto (50% AMD)</b>	<b>Riego con AMD (100% AMD)</b>
<b>Alcachofa</b>	1.411,9	1.531,7	1.834,6
<b>Brócoli</b>	1.383,7	1.462,7	1.695,2
<b>Lechuga</b>	1.477,7	1.533,6	1.657,0
<b>Melón</b>	1.324,1	1.375,0	1.729,7
<b>Limonero</b>	1.018,1	1.085,3	1.152,7
<b>Mandarino</b>	1.031,5	1.106,4	1.181,5
<b>Naranja</b>	1.202,4	1.259,0	1.315,7
<b>Albaricoquero</b>	909,5	973,4	1.037,5
<b>Melocotonero</b>	1.263,0	1.328,5	1.394,0
<b>Almendra</b>	384,5	427,6	506,8

### 3.4. Margen bruto estándar

La Tabla 5 muestra el valor del margen bruto estándar (MBE, €/ha) para cada cultivo y escenario considerado. En general se observa para el escenario de referencia (0%AMD) que los cultivos hortícolas proporcionan un menor MBE que los cultivos leñosos; por otra parte, la progresiva incorporación de AMD disminuye el MBE en alcachofa, brócoli y lechuga, y prácticamente se mantiene invariable en melón. Destaca además que el MBE en alcachofa toma valores negativos en el escenario con 100% de



AMD y en brócoli en los escenarios con 50% y 100% de AMD. En lo que respecta a los cultivos leñosos, el MBE aumenta con la incorporación de AMD en todos los cultivos excepto en mandarino; si bien la opción que proporciona un mayor MBE es el escenario de uso conjunto (50% AMD) para limonero, naranjo, melocotonero y almendro. Sin embargo, en albaricoquero el escenario de riego con AMD (100% AMD) es ligeramente más interesante, ya que proporciona 141 €/ha más de MBE que el escenario de uso conjunto (50% AMD).

**Tabla 5.** Valor del indicador margen bruto estándar (MBE, €/ha) para cada cultivo y escenario considerado.

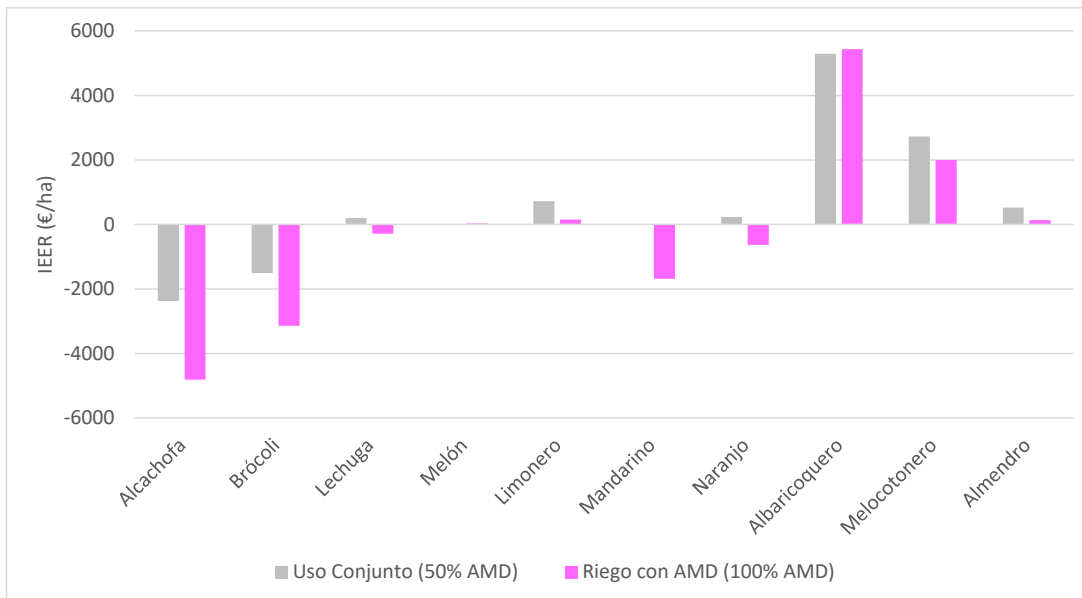
Cultivo	Unidades	Referencia (0%AMD)	Uso conjunto (50%AMD)	Riego con AMD (100%AMD)
Alcachofa	€/ha	3.070	697	-1.746
Brócoli	€/ha	872	-635	-2.270
Lechuga	€/ha	2.927	3.126	2.644
Melón	€/ha	3.301	3.294	3.337
Limonero	€/ha	8.819	9.547	8.967
Mandarino	€/ha	1.786	1.315	104
Naranja	€/ha	3.575	3.808	2.947
Albaricoquero	€/ha	14.043	19.342	19.483
Melocotonero	€/ha	9.094	11.812	11.092
Almendro	€/ha	3.319	3.848	3.452

### 3.5. Efectos sobre el indicador de efecto económico relativo

La Figura 2 muestra el valor del indicador de efecto económico relativo (IEER, €/ha) para cada cultivo y escenario considerados. El IEER muestra que los cultivos de alcachofa y brócoli, que son tolerantes a la salinidad del agua riego, se ven claramente perjudicados al incorporar AMD, dando lugar a valores negativos en IEER. Esta circunstancia se produce porque al incorporar AMD no aumenta la producción, pero si el coste del agua y los fertilizantes. En el lado opuesto están el albaricoquero y melocotonero, en los que la incorporación de AMD incrementa la producción y compensa el costo extra en agua y fertilizantes. Respecto al escenario de uso de AMD más interesante, el escenario de uso conjunto (50% AMD) es más rentable que el escenario de riego con AMD (100% AMD) para todos los cultivos excepto el albaricoquero.

## 4. Conclusiones

Los resultados reflejan una variabilidad importante en la magnitud de los impactos para los cultivos considerados, aunque la variación de los indicadores entre escenarios con suministro creciente de AMD sigue las mismas tendencias para todos los grupos de cultivo, excepto en el caso de los indicadores de tipo económico (IEER), donde se observan comportamientos diferentes.



**Figura 2.** Indicador de efecto económico relativo (IEER, €/ha) para cada cultivo y escenario.

El impacto agronómico es favorable, y más relevante cuanto mayor es la sensibilidad del cultivo a la salinidad del agua de riego. La progresiva sustitución de los recursos hídricos disponibles por AMD conlleva mejoras en la productividad de los cultivos y reducciones en las necesidades de riego, cuya valorización económica supera holgadamente a los sobrecostes en la fertilización por la baja mineralización del AMD. La mejora en la productividad de los cultivos se reduce notablemente conforme disminuye la salinidad del agua, por lo que el sentido favorable del impacto agronómico presenta cierta saturación cuando se supera el 50% de AMD.

Respecto a los indicadores de impacto económico, el margen bruto estándar (MBE, €/ha) muestra un comportamiento heterogéneo por grupos de cultivos: los hortícolas al aire libre disminuyen el MBE conforme aumenta la proporción de AMD; los cítricos presentan un incremento para el escenario con 50% de AMD y una disminución para el escenario con 100% de AMD; y los frutales no cítricos y el almendro incrementan su valor en ambos escenarios de incorporación de AMD, pero resulta económicamente más interesante el escenario de uso conjunto (50% AMD). El indicador de impacto económico relativo (IEER, €/ha) muestra comportamientos similares al MBE, pero su valor refleja el impacto económico con relación al escenario de referencia (0% AMD) en los distintos grupos de cultivos.

Se puede afirmar que el escenario de uso conjunto (50%AMD) resulta más interesante que el de riego con AMD (100%AMD) desde las distintas perspectivas consideradas en este estudio.

## 5. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia a través de la Fundación Séneca - Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia y el programa europeo NextGenerationEU. El trabajo también ha sido financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033, proyecto SEA4CROP (PID2020-118492RA-C22). Finalmente, se

agradece el apoyo de la Cátedra Trasvase y Sostenibilidad – José Manuel Claver Valderas de la Universidad Politécnica de Cartagena.

## Referencias

1. Yermiyahu, U., Tal, A., Ben-Gal, A., Bar-Tal, A., Tarchitzky, J., Lahav, O. 2007. Rethinking desalinated water quality and agriculture, *Science* 318, 920–921.
2. Martínez-Álvarez, V., Martín-Gorriz, B., Soto-García, M. 2016. Seawater desalination for crop irrigation – A review of current experiences and revealed key issues. *Desalination* 381, 58–70.
3. Arahuetes, A., Hernández, M., Rico, A.M., 2018. Adaptation strategies of the hydrosocial cycles in the Mediterranean Region. *Water* 10 (790). <https://doi.org/10.3390/w10060790>.
4. Martínez-Alvarez, V., Gallego-Elvira, B., Maestre-Valero, J.F., Martín-Gorriz, B., Soto-García, M. 2020. Assessing concerns about fertigation costs with desalinated seawater in south-eastern Spain. *Agric. Water Manag.* 239, 106257.
5. CHS, 2022. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Segura (tercer ciclo: 2022-2027). Confederación Hidrográfica del Segura (CHS). <https://www.chsegura.es/es/cuenca/planificacion/planificacion-2022-2027/plan-hidrologico-2022-2027/>
6. Martínez-Alvarez, V., Martín-Gorriz, B. 2021. Análisis agronómico, económico y ambiental de distintos escenarios de sustitución de aguas del trasvase Tajo-Segura por agua marina desalinizada. UPCT.
7. Ayers, R.S., Westcot, D.W. 1985. Water quality for agriculture. Estudio de Riego y Drenaje No. 29. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 174 p.
8. ECREA, 2016. Estudios de Costes y Rentas de las Explotaciones Agrarias. Resultados técnico-económicos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. [https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/ECREA\\_Informes-Agricolas.aspx](https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/ECREA_Informes-Agricolas.aspx)
9. Doorenbos, J., Pruitt, W.O. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements, Estudio de Riego y Drenaje No. 24. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 179 p.
10. Gallego-Elvira, B. Reca, J., Martín-Gorriz, B., Maestre-Valero, J.F. Martínez-Alvarez, V. 2021. Irrblend-DSW: A decision support tool for the optimal blending of desalinated and conventional irrigation waters in dry regions. *Agric. Water Manag.* 255, 107012.