

# INNO VA CIÓN



## Innovación y sostenibilidad en el manejo del agua marina desalinizada

La Comunitat Valenciana, una de las principales regiones agrícolas de España, depende en gran medida del riego para su producción. Más de la mitad de sus tierras de cultivo requieren riego, y los cítricos, que ocupan el 47% de la producción vegetal, son el cultivo más importante en términos económicos, sociales y culturales. Sin embargo, la disponibilidad de agua en la región es cada vez más limitada debido a la disminución de las precipitaciones, el aumento de las temperaturas y las mayores necesidades hídricas de los cultivos; todo ello, asociado al cambio climático. Esta situación es especialmente crítica en las zonas cítricas, caracterizadas por lluvias escasas e irregulares. La escasez de agua lleva a la sobreexplotación de acuíferos y a la degradación de la calidad del agua, y pone en riesgo la rentabilidad y la sostenibilidad del sector agrícola.

En este contexto, la incorporación de los recursos hídricos no convencionales, como el agua marina desalada, juega un papel clave. Estos recursos, que no se encuentran de forma natural y requieren intervención humana para ser aprovechados, pueden complementar los suministros de agua en regiones donde los recursos convencionales ya están comprometidos, así como representar alternativas viables para aliviar parcialmente la escasez de agua en la agricultura de regadío.

### LA DESALINIZACIÓN DEL AGUA DEL MAR

El agua marina desalinizada se obtiene a través de un proceso que elimina la sal y otros minerales del agua de mar, y la hace apta para usos como el consumo humano, la agricultura y la industria. Este tipo de agua ha ganado relevancia en zonas donde los recursos hídricos convencionales, como ríos y acuíferos, son insuficientes o están sobreexplotados. A diferencia del agua de río o de pozos, que proviene de fuentes naturales y está más directamente disponible, el agua desalinizada requiere de infraestructura tecnológica para su producción.



Medición fisiológica de parámetros de intercambio de gases mediante LI-6800.

Imagen superior, detalle de una plantación de Navelina, sin cubierta geotextil, regada con agua marina desalinizada en el marco del proyecto SOSTESABIO.

Complementar de manera estable los recursos hídricos convencionales, especialmente en épocas de sequía, es la principal ventaja de la desalación del agua marina.

Medición fisiológica del potencial hídrico del tallo mediante cámara de presión.

Imagen derecha, muestreo de suelo.



La desalación, generalmente realizada mediante ósmosis inversa, se ha convertido en una alternativa clave para garantizar el suministro de agua en regiones con escasez, como es el caso de muchas áreas agrícolas del sur de la Comunitat Valenciana. Su principal ventaja radica en que, al ser una fuente teóricamente inagotable y no dependiente de las fluctuaciones climáticas, puede complementar de manera estable los recursos hídricos convencionales, especialmente en épocas de sequía. Sin embargo, su uso en la agricultura requiere un control riguroso de su composición físico-química, ya que puede presentar limitaciones para ciertos cultivos.

La calidad del agua marina desalinizada está regulada por la legislación vigente, como el Real Decreto 140/2003, que establece los criterios de calidad para su uso en consumo humano, y el Real Decreto 3/2023, que actualiza los valores permitidos de ciertos elementos clave, como el boro. Este es uno de los parámetros más limitantes para el uso del agua desalada en la agricultura, ya que concentraciones de boro superiores a los 0,5 mg/L pueden ser fitotóxicas para cultivos sensibles como los cítricos. El RD 3/2023 permite una concentración máxima de 1,5 mg/L de boro para agua potable, con una excepción que permite hasta 2,4 mg/L en el caso de aguas procedentes de desalación, pero para el riego agrícola se recomienda que este valor se mantenga por debajo de 0,5 mg/L. En plantas desalinizadoras, como la de Torre Vieja, ya se implementan tecnologías avanzadas para reducir estos niveles y cumplir con los requisitos para la agricultura.

En la Comunitat Valenciana, la desalación ha adquirido un papel crucial en la estrategia hídrica. Actualmente, la región cuenta con varias plantas desaladoras, entre las que destaca la de Torre Vieja, que tiene una capacidad máxima de producción de 80 hectómetros cúbicos al año (240.000 m<sup>3</sup>/día) en la actualidad, pero que alcanzará 120 hectómetros cúbicos anuales en 2027 tras la ampliación prevista. El volumen potencial de aguas desalinizadas generadas por las plantas instaladas en la Comunitat Valenciana (Sagunt, Torre Vieja, Oropesa, Mutxamel y Moncofa), gestionadas por Acuamed, es de 128,4 hm<sup>3</sup>/año. A pesar de su potencial para aliviar la presión sobre los recursos hídricos, el coste económico del agua desalinizada sigue siendo elevado, con precios que oscilan entre 0,60 y 1,20 €/m<sup>3</sup>, lo que implica un reto significativo para su uso a gran escala en la agricultura.



## CONSIDERACIONES AGRONÓMICAS SOBRE EL USO PARA RIEGO

El uso de agua marina desalinizada para riego agrícola presenta algunas limitaciones importantes que deben ser gestionadas de manera adecuada. Estas limitaciones están relacionadas principalmente con la composición físico-química del agua, que es diferente a la de otras fuentes convencionales, como las aguas subterráneas o fluviales. Las características del agua desalinizada pueden variar según el diseño de cada planta, pero, en general, su composición es más estable que la de otras fuentes hídricas.

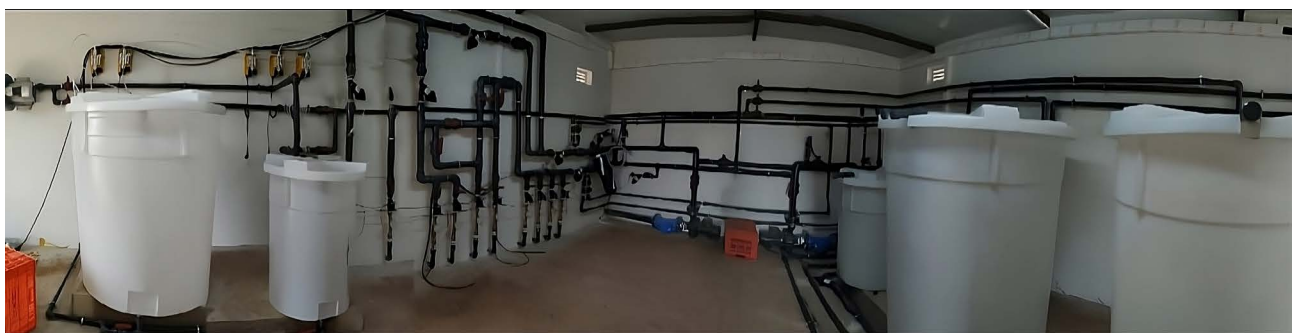
Uno de los principales desafíos es la baja conductividad eléctrica (CE) del agua marina desalinizada, que normalmente oscila entre 0,4 y 0,7 dS/m. Si bien esto puede ser beneficioso en zonas con problemas de salinidad en el suelo, también puede crear desequilibrios en la disponibilidad de ciertos nutrientes esenciales para las plantas.

---

**OTROS ASPECTOS QUE DEBEN CONSIDERARSE CUANDO SE UTILIZA COMO ÚNICA FUENTE PARA EL RIEGO SON LOS SIGUIENTES:**



- **pH elevado (8-9,5):** El agua desalinizada tiene un pH más alto que otras fuentes de agua, lo que puede interferir en la absorción de nutrientes por las plantas y afectar la salud del suelo. Es necesario un manejo adecuado del pH para mantener un equilibrio en el sistema suelo-planta.
- **Baja concentración de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ):** Durante el proceso de desalación, estos nutrientes esenciales se reducen significativamente, lo que puede afectar la nutrición vegetal. Para compensar esta carencia, es necesario ajustar los programas de fertilización, lo que puede aumentar los costos de producción.
- **Elevada concentración de sodio ( $\text{Na}^+$ ) y cloruros ( $\text{Cl}^-$ ):** Aunque las aguas convencionales costeras suelen presentar niveles altos de sodio y cloruros, el agua marina desalinizada puede tener una relación de adsorción de sodio (RAS) elevada. Esto puede generar problemas de sodificación en los suelos, afectando su estructura y capacidad de retención de agua.
- **Concentración de boro ( $\text{B}^{3+}$ ):** El boro es un micronutriente esencial, pero en concentraciones elevadas puede ser tóxico para muchos cultivos sensibles, como los cítricos. El agua marina contiene alrededor de 5 mg/L de boro, y las aguas desalinizadas pueden tener hasta 1,5 mg/L (RD 3/2023), lo que excede los niveles recomendados para riego agrícola, especialmente en cultivos leñosos (0,5 mg/L en cítricos). Esto requiere un tratamiento adicional para evitar la fitotoxicidad.



Cabezal de riego avanzado, inyectoras y bombas para la remineralización y obtención de agua marina desalinizada y ajuste de la dosis de boro.

Además, es preciso considerar el impacto ambiental de las plantas desaladoras, que requieren un alto consumo energético y producen salmueras que, si no se gestionan adecuadamente, pueden afectar los ecosistemas marinos cercanos. La emisión de gases de efecto invernadero y los daños potenciales a la fauna en las zonas de captación de agua marina son otros retos medioambientales.

---

La composición físico-química del agua desalinizada presenta particularidades que pueden limitar su uso en ciertas condiciones y cultivos.

El uso de agua marina desalinizada en la agricultura valenciana presenta desafíos tanto económicos como agronómicos. Por un lado, el coste elevado de producción y distribución limita su adopción masiva, especialmente en cultivos con márgenes económicos ajustados. Por otro lado, los retos técnicos, como el ajuste del pH, la suplementación de nutrientes esenciales y la gestión de la toxicidad del boro, requieren de soluciones agronómicas especializadas para evitar la degradación del suelo y mantener la productividad de los cultivos.

A pesar de estos retos, el agua marina desalinizada tiene un gran potencial para mitigar los efectos de la escasez hídrica en la región, siempre y cuando se apliquen estrategias de manejo adecuadas y se continúe avanzando en la optimización de los procesos de desalación.

## DESALICitrus

Manejo sostenible del agua marina desalinizada con alto contenido en boro para el riego en cítricos.

El proyecto DESALICitrus trata de responder a los desafíos del uso de agua marina desalinizada (AMD) en la agricultura, específicamente en el cultivo de cítricos. Con un presupuesto de 108.900 euros, se enmarca en el Programa Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2017-2020, y tiene una duración de cinco años, iniciados el 1 de junio de 2020.

El principal objetivo de DESALICitrus es abordar los problemas que puede ocasionar el riego continuado con agua marina desalinizada, en particular el exceso de boro, un elemento que, como se ha dicho, en concentraciones elevadas puede afectar tanto al suelo como a las plantas. El proyecto se centra en desarrollar soluciones que permitan mitigar los efectos negativos de este elemento, y garantizar así la viabilidad y sostenibilidad del cultivo de cítricos en regiones como la Comunitat Valenciana, donde la disponibilidad de agua dulce es limitada.

---

### ENLACES WEB



Riegos IVIA

DESALICitrus

SOSTESABIO

---



Vista aérea de la parcela donde se desarrollan los proyectos de investigación.

Entre las líneas de actuación, se busca desarrollar modelos predictivos que ayuden a los agricultores a anticipar los posibles riesgos asociados al uso prolongado de agua desalinizada. Asimismo, se están evaluando técnicas agronómicas como el Riego Salino Controlado y el uso de portainjertos que sean tolerantes a concentraciones elevadas de boro para evitar la excesiva acumulación de este en el suelo. Estas innovaciones no solo permitirán optimizar el uso de agua marina desalinizada, sino también asegurar que los cultivos sigan siendo productivos y sostenibles en un contexto de cambio climático.

Los primeros resultados muestran que el riego continuado con AMD con alto contenido en boro en una plantación joven de naranjos Navelina IVIA 7 no ha provocado alteraciones fisiológicas en el cultivo. Aunque se observó un incremento de los niveles de boro en las hojas, este no alcanzó valores fitotóxicos, y no se detectaron diferencias significativas en los parámetros agronómicos evaluados. Además, los resultados subrayan la importancia de seleccionar portainjertos tolerantes al exceso de boro. En este sentido, se observó que un portainjerto como FA-5 acumula una menor concentración de boro en hoja en comparación con un portainjerto más sensible, como Carrizo.



Se confirma así que el uso de AMD para riego agrícola es viable en el corto plazo. Sin embargo, es necesario profundizar en el estudio de los efectos del riego continuado con AMD en el largo plazo para garantizar la sostenibilidad de estas prácticas. Estos hallazgos ratifican el potencial de estas aguas como recurso alternativo para el riego agrícola, aunque se requiere mayor investigación sobre su impacto a largo plazo.



Imagen izquierda, depósitos de almacenamiento de agua en parcela.

Detalles de una plantación de Navelina regada con agua marina desalinizada en las instalaciones de IVIA en el marco del proyecto DESALICitrus.

**El proyecto DESALICitrus aborda problemas como el exceso de boro, elemento que puede afectar al suelo y las plantas, en el riego continuado con agua desalinizada.**



**Imagen superior,** detalle de una plantación de Navelina, sin y con cubierta geotextil, regada con agua marina desalinizada en el marco del proyecto SOSTESABIO.

---

## AGRADECIMIENTOS

Estas investigaciones han sido financiadas a través de los proyectos DESALI-Citrus (PID2019-104893RR-I00, MCIN/AEI/10.13039/501100011033), financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación a través de la Agencia Española de Investigación (MCIN/AEI), y SOSTESABIO (IVIA-GVA 52203), susceptible de ser cofinanciado por la UE a través del programa ERDF 2021-2027 Comunitat Valenciana. M. Tasa agradece la financiación del contrato predoctoral (ACIF/2021/413).

---

### >Autores del artículo:

Maria Tasa, Alejandro Játiva y Juan Gabriel Pérez.

*Centro para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible, Institut Valencià d'Investigacions Agràries (IVIA).  
perez\_juaperb@gva.es*

## SOSTESABIO

Desarrollo de nuevas técnicas de riego y fertilización para la optimización de los recursos naturales en los principales cultivos estratégicos de la Comunitat Valenciana.

A través del subproyecto 1, el proyecto SOSTESABIO —Sostenibilidad y Economía Circular como Ejes de Desarrollo del Sector Agrario Valenciano—, con una duración de tres años (IVIA-GVA 52203), y susceptible de ser cofinanciado por la Unión Europea a través del programa ERDF 2021-2027 Comunitat Valenciana, tiene como uno de sus principales objetivos promover estrategias y técnicas de manejo sostenibles para optimizar la respuesta de los cítricos al riego con agua marina desalinizada.

Entre sus principales líneas de acción se encuentra la implementación de estrategias de ahorro de agua y la adopción de técnicas de riego de precisión. En particular, se está evaluando el uso de acolchados geotextiles como método agronómico para optimizar el uso del agua. Esto se complementa con el uso de sondas de humedad y otros equipos de monitoreo integrados en el sistema suelo-planta-atmósfera, lo que permite una gestión hídrica precisa y adaptada a las necesidades del cultivo.

Los resultados obtenidos hasta ahora muestran que la combinación de acolchados geotextiles con una programación eficiente del riego puede reducir el consumo de agua en aproximadamente un 20 por ciento, a la vez que minimiza la acumulación de boro en el suelo y las hojas, sin perjudicar el desarrollo del cultivo. Estas prácticas se perfilan como una estrategia sostenible y eficaz para optimizar el uso del agua, mitigar los efectos tóxicos del boro y mejorar la sostenibilidad del cultivo de los cítricos regados de manera continua con agua marina desalinizada.

---

## CONCLUSIONES



En el contexto del regadío valenciano, el agua marina desalinizada puede representar una solución clave para enfrentar los desafíos de la disponibilidad hídrica en un futuro marcado por el cambio climático. Este recurso contribuye a la sostenibilidad del sector agrícola al reducir la dependencia de otras fuentes hídricas y aliviar la presión sobre los recursos subterráneos. No obstante, la confianza en su uso generalizado requiere superar obstáculos agronómicos, como los relacionados con el manejo del exceso de boro y otros desequilibrios de nutrientes. Los avances científicos y técnicos, como los desarrollados en los proyectos de investigación actuales DESALI-Citrus y SOSTESABIO, no solo aportan conocimiento, sino también herramientas prácticas que permitirán optimizar su aplicación. Este progreso ayudará a consolidar la aceptación de estas fuentes de agua entre agricultores y gestores, y a favorecer así una transición hacia un modelo de regadío más resiliente y sostenible.