



PROPOSAL LIFE 16-ENV-ES-000341

“DESALINATED SEAWATER FOR ALTERNATIVE AND SUSTAINABLE SOILLESS CROP PRODUCTION”



ACCIÓN B4. “Development of a replicability and transferability plan”

DB4’s. Project Deliverable Products

“Report on value of supplementary desalination supplies in context of European agricultural production. EU agricultural opportunities”



***PARTICIPA/N EN EL INFORME: Mercedes Calzada –
Patricia Terrero – Elena Campos***

FECHA: 27 diciembre 2018

Abstract

This deliverable contains the necessary guidelines for what will be our future planning of replicability and transferability of the results. For this we have made this previous report about the value of complementary desalination supplies in the context of agricultural production within the European Union. The information has been compiled mainly from the publisher reports and indicators by the European Environment Agency, other international organizations and observers, as well as articles and publications related to the subject.

The fundamental conclusion of the report is that Europe depends on intensive agriculture, and this also has a very important socio-economic role. The opportunities and challenges of the future are aimed at the development of unconventional practices, such as the desalination of seawater for irrigation. Implementing technologies and policies that favor and contribute to the harmonious socio-economic development of agriculture in our regions is everyone's responsibility.

Resumen

En este entregable se sientan las pautas necesarias para lo que será nuestro plan futuro de replicabilidad y transferibilidad de los resultados. Para ello hemos realizado este informe previo acerca del valor de los suministros de desalación complementarios en el contexto de la producción agrícola dentro de la Unión Europea. La información ha sido recopilada fundamentalmente a partir de los informes e indicadores publicador por la Agencia Europea del Medio Ambiente, otras organizaciones y observadores internacionales, así como de artículos y publicaciones relacionadas con la temática.

La conclusión fundamental del informe es que Europa depende de la agricultura intensiva, y esta además tiene un papel socioeconómico muy importante. Las oportunidades y retos del futuro van encaminados al desarrollo de prácticas no convencionales, como es la desalación de agua de mar para riego. Implementar tecnologías y políticas que favorezcan y contribuyan al armónico desarrollo socioeconómico de la agricultura en nuestras regiones es una responsabilidad de todos.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN -----	1
CONTEXTO ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN -----	2
AGRÍCOLA EN LA UNIÓN EUROPEA	
VALOR Y POTENCIALES DE LA DESALACIÓN -----	8
PARA LA AGRICULTURA EN LA UNIÓN EUROPEA	
CONCLUSIONES -----	13
BIBLIOGRAFÍA -----	13



INTRODUCCIÓN

Para el 2050, la agricultura tendrá que producir un 60% más de alimentos a nivel mundial, y 100% más en los países en desarrollo. A medida que las tasas actuales de crecimiento y demanda mundial de agua agrícola se vuelvan más insostenibles, el sector tendrá que aumentar su eficiencia del uso, reduciendo las pérdidas y, lo que es más importante, aumentando la productividad de los cultivos con respecto al agua utilizada. La contaminación del agua agrícola, que puede empeorar con el aumento de la agricultura intensiva, se puede reducir a través de una combinación de instrumentos, incluyendo más regulación estricta, cumplimiento de medidas y subsidios bien dirigidos. (ONU-DAES, 2015). Además, la agricultura enfrenta el desafío de producir más alimentos para alimentar a una población en crecimiento. Se espera que la población mundial crezca en 2.300 millones de personas para 2050, lo que requiere extender la tierra equipada para el riego en unos 32 millones de hectáreas para garantizar el aumento de la producción de alimentos, ya que el consumo per cápita de estos también está aumentando. En estas circunstancias, las extracciones de agua para el riego, necesarias para hacer frente a la creciente demanda de alimentos, debería crecer un 11% para 2050 (Martínez, et al., 2018).

Esta intensificación del escenario de escasez de agua representa una amenaza para el papel a largo plazo de la agricultura de regadío en la seguridad alimentaria mundial, que no pueden satisfacer las demandas actuales o futuras de irrigación basándose únicamente en fuentes de agua convencionales.

Es por tanto evidente que se requieren nuevas soluciones para mantener o mejorar la producción agrícola sostenible, incluidos recursos hídricos nuevos o alternativos, estrategias de conservación de agua o sistemas de riego más eficientes y productivos. En este contexto, un enfoque tecnológico interesante es aumentar el uso de los recursos hídricos no convencionales para garantizar la seguridad alimentaria a largo plazo y la estabilidad socioeconómica. Mientras que el agua recuperada y el agua subterránea salobre desalinizada suelen estar limitadas por la producción de aguas residuales domésticas y el agotamiento de los acuíferos, el agua de mar desalinizada podría ser una fuente de agua abundante y constante capaz de sostener la producción agrícola y eliminar efectivamente las limitaciones climatológicas e hidrológicas asociadas con otras fuentes de agua. Por otra parte, la sustitución de los sobreexplotados recursos hídricos con agua de mar desalada proporciona nuevas oportunidades para abordar los problemas medioambientales y socioeconómicos y permite llevar a cabo políticas de agua más sostenibles (Martínez, et al., 2018).

Mientras que la producción mundial de agua de mar desalada crece más aceleradamente para uso doméstico, el uso de estas aguas para riego de cultivos no ha estado tan extendido. Sin embargo, esta situación actualmente está cambiando como resultado de la creciente presión sobre los recursos hídricos renovables y la falta de soluciones



Informe sobre desalación en el contexto de producción agrícola UE alcanzables en zonas costeras áridas y regiones semiáridas. En este contexto la desalinización de agua de mar ha surgido en la última década como una opción viable para la agricultura de regadío en países como España e Israel, y su implementación está siendo considerada además en otros estados como Egipto, Arabia Saudita, Australia o California (Martínez, et al., 2018).

CONTEXTO ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN LA UNIÓN EUROPEA

La agricultura representa alrededor de un tercio del uso total de agua en Europa. En partes del sur de Europa, esta proporción puede alcanzar hasta el 80% (EEA Water Efficient, 2016). Para producir alimentos en cantidades suficientes, Europa depende de la agricultura intensiva y esta además tiene un papel socioeconómico muy importante. En general cuenta con sistemas modernos de producción agrícola y tierras adecuadas para la agricultura. La productividad por hectárea ha aumentado considerablemente, sobre todo en la segunda mitad del siglo 20. Dada su diversidad de tierras agrícolas y climas, Europa produce una amplia gama de productos. Pero también se basa en importaciones, principalmente forrajes, frutas y hortalizas frescas, mientras que exporta principalmente alimentos procesados (EEA Europe's Agriculture, 2016).

En 2013, el área irrigada total en Europa fue de 10.3 millones de hectáreas, lo que representa aproximadamente el 6% del área agrícola utilizada. Las mayores proporciones de áreas irrigadas se encontraban en el sur de Europa, como en Malta (28%), Grecia (27%), Chipre (23%), Italia (21%), España (13%) y Portugal (13%). También se observaron proporciones notablemente altas de área irrigada en dos países occidentales: Dinamarca (10%) y los Países Bajos (8%). Este último parece estar relacionado con tipos de cultivos que requieren riego (por ejemplo, maíz, papa, remolacha azucarera y frutas / verduras), así como con las condiciones locales del suelo (por ejemplo, suelos arenosos sensibles a la sequía en el norte de Brabante y Limburgo, Países Bajos). Por el contrario, hubo muchos países orientales y occidentales con proporciones insignificantes de área irrigada (por ejemplo, Estonia, Irlanda, Letonia y Lituania (EEA- Indicator Water Intensity, 2018).

Hay dos temas principales de preocupación en Europa. El primero es socioeconómico. La urbanización y los cambios asociados en el estilo de vida muestran que la agricultura se está volviendo menos atractiva como actividad económica. El número de agricultores en Europa está disminuyendo y su edad promedio está aumentando. Mantener las actividades agrícolas, particularmente en áreas de baja productividad, se vuelve difícil. Se están abandonando algunas tierras agrícolas y esto podría tener consecuencias más allá de la economía local para áreas donde las actividades agrícolas realmente ayudan a preservar la naturaleza. El segundo es la intensificación. Se refiere a mayores rendimientos por hectárea mediante la ampliación de escala, la mecanización, el drenaje, el riego y la aplicación de fertilizantes y pesticidas. Esto aumenta la rentabilidad y



Informe sobre desalación en el contexto de producción agrícola UE
significa que necesitamos menos tierra para la agricultura. Por otro lado, reduce la
biodiversidad de las tierras agrícolas y aumenta la contaminación de los suelos, ríos y lagos (EEA Europe's Agriculture, 2016).

Como consecuencia de todos estos factores, la calidad de las aguas subterráneas se ve afectada por las crecientes concentraciones de nitratos y plaguicidas procedentes de la agricultura. Las concentraciones de nitratos son bajas en Europa septentrional, pero elevadas en varios países de Europa occidental y oriental, en los que se supera con frecuencia la concentración máxima admitida por la Unión Europea.

El uso de plaguicidas descendió en la UE entre 1985 y 1995, pero este descenso no indica necesariamente un menor impacto medioambiental, ya que ha variado el tipo de pesticidas que se utilizan hoy. Las concentraciones de determinados plaguicidas en las aguas subterráneas superan con frecuencia el máximo admitido por la Unión Europea. Asimismo, en los informes remitidos por muchos países, se recoge un grado importante de contaminación debido a metales pesados, hidrocarburos e hidrocarburos clorados. En muchas zonas de Europa se aplican hoy políticas integradas para la protección de las aguas continentales, por ejemplo, en las cuencas del mar del Norte, el mar Báltico, el Rin, el Elba y el Danubio. Aunque se han hecho grandes avances, la mejor integración de las políticas medioambientales en las políticas económicas sigue siendo un reto pendiente de cara al futuro (EEA Environmental Conclusions, 2016).

La política agraria, concretamente, es fundamental para atajar los aportes procedentes de las fuentes difusas, pero esto sigue planteando dificultades técnicas y políticas. Aunque la reforma derivada de la Política Agraria Común de la Unión Europea (PAC, 2018) está resultando eficaz para la integración de medidas que reduzcan los aportes de nutrientes, debe hacerse un esfuerzo mayor, por ejemplo, para garantizar realmente las ventajas medioambientales de medidas tales como la retirada de tierras de la producción agraria. Las Directivas de la UE sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas y sobre los nitratos deberían suponer sustanciales mejoras, pero su eficacia dependerá del grado en que los Estados miembros designen las correspondientes áreas sensibles y zonas vulnerables. La propuesta de una directiva marco sobre el agua exigirá programas integrados de gestión y mejora (EU-Water Framework Directive, 2000). Si llega a aplicarse de forma homogénea en toda la Unión, esta directiva, en combinación con las correspondientes modificaciones en la gestión de la demanda, puede suponer una notable mejora de la calidad del agua y una gestión sostenible de los recursos hídricos (EEA Environmental Conclusions, 2016).

Un área donde las nuevas prácticas y políticas pueden hacer una diferencia significativa en el aumento de la eficiencia del agua es el “riego de cultivos”. A pesar de que en países



Informe sobre desalación en el contexto de producción agrícola UE del sur de Europa como, Grecia, Italia, Portugal, Chipre, España y el sur de Francia, las

condiciones áridas o semiáridas exigen el uso de riego y que, en estas áreas, casi el 80% del agua utilizada en la agricultura se destina actualmente al riego, hay muchas medidas que se pueden adoptar y se adoptan para mejorar la eficiencia del agua en la agricultura, fundamentalmente en estos países.

Por ejemplo, el riego no tiene que ser tan intensivo en agua. Ya se están obteniendo mejoras en la eficiencia del agua en toda Europa a través de la eficiencia del transporte (la proporción de agua extraída que se entrega al campo) y la eficiencia de la aplicación en el campo (el agua realmente utilizada por un cultivo en relación con la cantidad total de agua que se entregó a ese cultivo). En Grecia, por ejemplo, las redes mejoradas de eficiencia de transporte y distribución han llevado a una ganancia de eficiencia de agua estimada en un 95% en comparación con los métodos de riego utilizados anteriormente (EEA-Water for Agriculture, 2016). Otro ejemplo es que, en los últimos años, la mejora del riego, al cambiar de surcos a sistemas de goteo, ha aumentado la eficiencia del agua, pero no siempre ha reducido la cantidad total de agua extraída. Por ejemplo, en algunas zonas de España, las mejoras en la eficiencia llevaron a una triplicación del área irrigada (EEA Water Efficient, 2016).

En el sur de Europa, durante el período 2005-2013, se ingresaron en promedio 6 m³ de agua a los cultivos para generar una unidad de valor agregado bruto. La intensidad del agua en la producción de cultivos mejoró en un 13% en 2013 en comparación con 2005, ver Figura 1 . Cabe señalar que el riego es una parte importante en el aporte total de agua a los cultivos en el sur de Europa, tanto por razones climáticas como por los patrones de cultivos seleccionados. Sin embargo, los patrones de cultivo seleccionados en el sur de Europa, que incluyen olivos, viñedos, árboles frutales, algodón, etc., se asocian con un valor agregado bruto por hectárea relativamente más alto (excluidos los subsidios), en comparación con otras áreas de Europa. Además, se sabe que el riego deficitario, que es una práctica común en el sur de Europa, aumenta la productividad del agua de los cultivos (EEA- Indicator Water Intensity, 2018). Por otro lado, los cultivos varían considerablemente en términos de requisitos de agua y resistencia a la sequía, por lo que seleccionar, siempre que sea posible, cultivos menos intensivos en agua y cambiar el tiempo de cultivo podría ayudar a reducir la necesidad de riego.

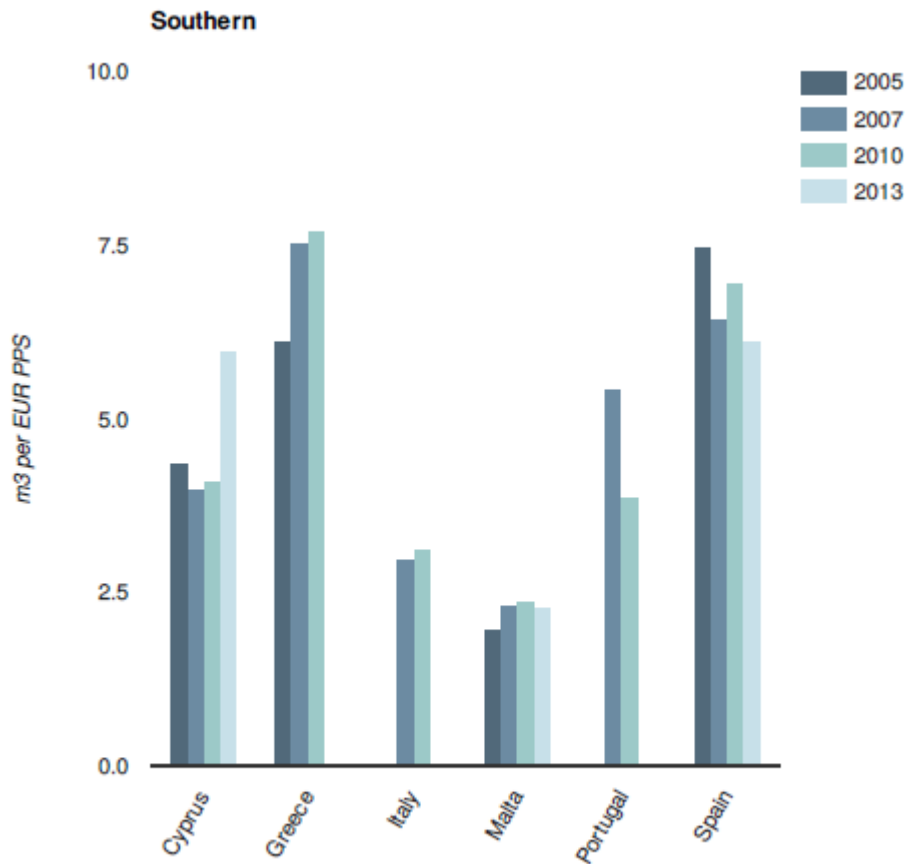


Figura 1: Intensidad del agua en la producción de cultivos en la Unión Europea. (EEA- Indicator Water Intensity, 2018)

En las áreas con estrés hídrico, las aguas residuales tratadas son una fuente alternativa de agua para los cultivos irrigados. En Gran Canaria, por ejemplo, el 20% del agua utilizada en todos los sectores proviene de aguas residuales tratadas. La reducción del uso de pesticidas y fertilizantes no solo mejoraría la calidad del agua, sino que también reduciría la cantidad de energía utilizada para tratar las aguas residuales (EEA Water Efficient, 2016).

También la política desempeña un papel crucial al inducir al sector agrícola a adoptar prácticas de riego más eficientes. En el pasado, por ejemplo, las políticas de fijación de precios del agua en algunos países europeos no requerían necesariamente que los agricultores usen el agua de manera eficiente. Los agricultores rara vez tuvieron que pagar el precio real del agua, lo que refleja los costos ambientales y de recursos. Además, los subsidios agrícolas obtenidos a través de la Política Agrícola Común (PAC, 2018) y otras medidas alentaron indirectamente a los agricultores a producir cultivos intensivos en agua utilizando técnicas ineficientes. En la provincia de Córdoba, por ejemplo, la eficiencia



del riego de algodón aumentó aproximadamente en un 40% después de que los subsidios se separaran parcialmente de la producción de algodón en 2004 (EEA-Water for Agriculture, 2016).

Se pueden obtener ganancias también en el ahorro de agua y costes a través de programas de capacitación e intercambio de conocimientos que eduquen a los agricultores sobre prácticas más eficientes en el uso del agua. En Creta, por ejemplo, se ha logrado un ahorro de agua del 9-10% mediante el uso de un servicio de asesoría de riego. El servicio informa a los agricultores por teléfono de cuándo y cómo aplicar el agua a los cultivos basándose en estimaciones diarias de las condiciones que afectan a los cultivos.

Por último, hay que tener en cuenta que cambiar las prácticas agrícolas también puede mejorar la calidad del agua disponible, para otros usuarios del agua de una manera rentable. El uso de fertilizantes y pesticidas inorgánicos y orgánicos, por ejemplo, puede abordar muchos de los problemas de contaminación del agua de la agricultura. Además, existe un potencial significativo para mejorar la calidad del agua en toda Europa con poco o ningún impacto en la rentabilidad o la productividad, por ejemplo, reduciendo el uso de pesticidas, modificando las rotaciones de cultivos y diseñando franjas de amortiguación a lo largo de los cursos de agua (EEA-Water for Agriculture, 2016).

La cuenca del río Segura es la región con mayor escasez de agua en España, y también uno de las más altas de Europa. Sufre un déficit hídrico estructural que se ha contabilizado en 429Mm³ año. En esta región, la agricultura utiliza más del 80% de los recursos hídricos, que se obtienen principalmente de cinco fuentes: aguas superficiales (29,9%), aguas subterráneas (38,5%), reutilización (6,9%), desalinización (7,9%) y agua transferida desde el centro de España (16,8%). La presión existente sobre los recursos hídricos, junto con las condiciones climáticas adecuadas, han conducido a un modelo de desarrollo agrícola de alto rendimiento que es una referencia mundial, generalmente llamado " El huerto de Europa ". Por lo tanto, la agricultura es uno de los pilares básicos del crecimiento de la economía regional y las exportaciones a los países de la UE superan el 70% de la producción total. Lo que minimiza la dependencia externa y mantiene un sector socioeconómico muy importante (Martínez, et al., 2018).



Las frutas y hortalizas frescas constituyen el sector primario de la agricultura española y representan el 59% de la producción agrícola de hortalizas (FEPEX, 2015). Este sector está presente en todas las comunidades autónomas españolas, pero principalmente en Andalucía, la Región de Murcia, la Comunidad Valenciana, Aragón, Cataluña, Castilla-La Mancha y Extremadura. En cuanto a las áreas cultivadas, Andalucía representa el 3,7% de la superficie de cultivo de la UE, por delante de países importantes como Hungría o Bulgaria, con más de la mitad de la producción de verduras de Andalucía obtenida solo de la provincia de Almería. Esto indica la importancia de Almería en el sector agrícola español (Analistas Andalucía, 2015), ver Figura 2.

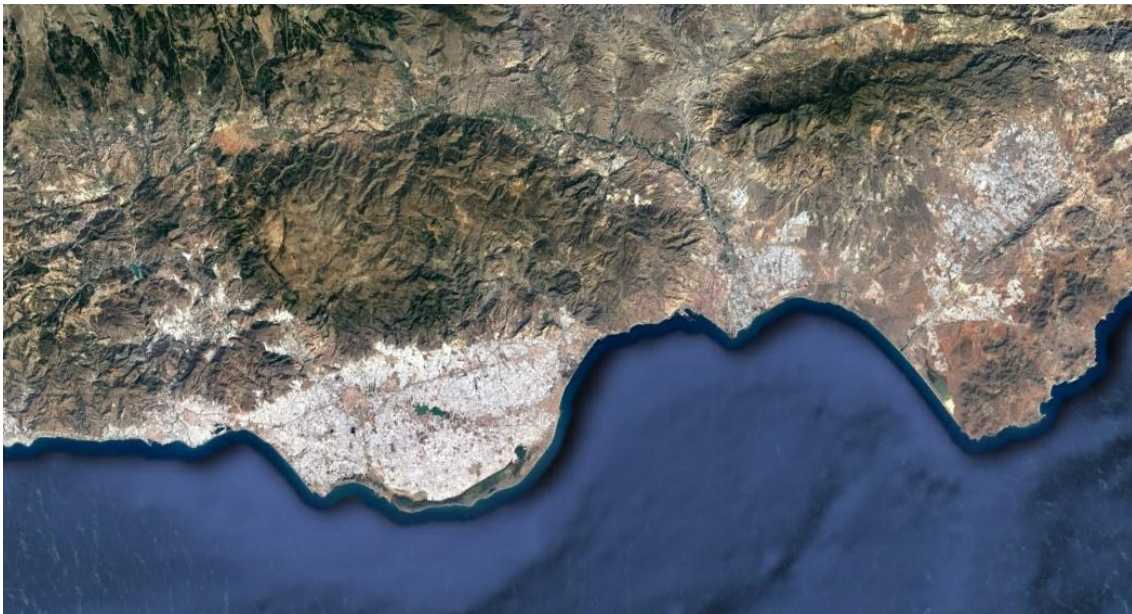


Figura 2: Vista aérea de la costa de Almería (España)

El sector hortofrutícola tiene un fuerte carácter exportador y representa alrededor del 50% de la producción, donde algunos productos representan hasta el 70%. Andalucía es la principal comunidad autónoma en exportaciones hortícolas. En 2015 el valor total de las exportaciones fue de 10,428 millones de euros, el más alto en los últimos 5 años. La Unión Europea (principalmente Alemania, Francia y el Reino Unido) es el principal destino de estas exportaciones y representa el 92% de su valor (Martínez, et al., 2016).

Las tierras bajo riego de invernaderos en Almería cubrieron 29,597 ha en 2015. Si tomamos en cuenta los diversos ciclos y todos los cultivos intensivos, el área efectiva utilizada para cultivar frutas y hortalizas durante la temporada ascendió a 53,720 ha, de las cuales 3,227,923 toneladas correspondían a frutas y verduras. El pimiento y el tomate son los dos productos que se cultivan en el área cubierta más grande de invernaderos provinciales (CAJAMAR, 2015) como se muestra en la Figura 3 .

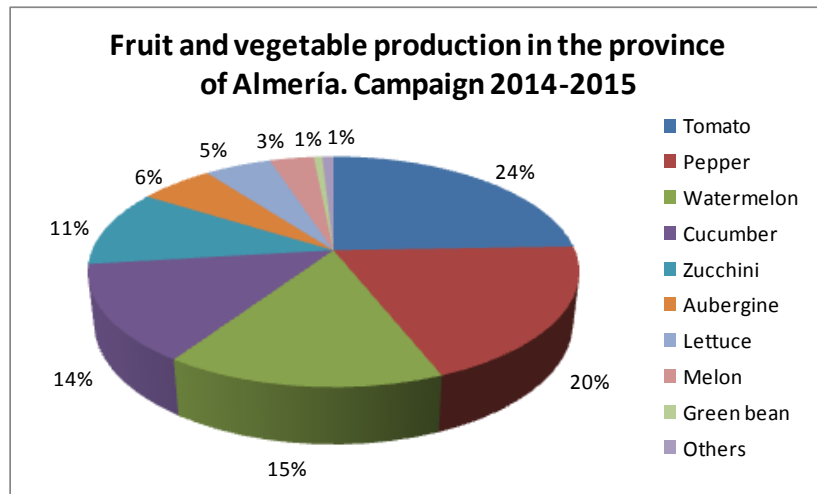


Figura 3: Producción hortofrutícola en la provincia de Almería. Adaptado de (CAJAMAR, 2015)

El volumen de producción exportado desde Almería rompió un nuevo récord para esta variable en 2015, con 2,175,133 t, por lo que superó los 2,000 millones de euros por primera vez. Una vez más, esta figura destaca la importancia de este sector para la economía española y la necesidad de garantizar los recursos hídricos para este sector.

Para el sector agrícola en el sureste de España, la desalinización ha sido una fuente adicional de recursos hídricos durante más de 30 años. Las severas sequías sufridas en el área en los años 1980-1990 llevaron a los agricultores a instalar pequeñas plantas de desalinización para asegurar el suministro de agua para regar sus cultivos. Desde entonces, los agricultores han visto la desalinización como una forma de garantizar el suministro de agua para fines agrícolas.

VALOR Y POTENCIALES DE LA DESALACIÓN PARA LA AGRICULTURA EN LA UNIÓN EUROPEA

Los diferentes investigadores en Europa han realizado o están realizando importantes esfuerzos en el campo científico y técnico en relación con las sequías. Varios proyectos de investigación financiados por la Unión Europea muestran resultados significativos y útiles para gestionar mejor la escasez de agua y las sequías, como: ARIDE, SEDEMED, WAMME, PRODIM, MEDROPLAN, WATCH, MIRAGE, XEROCHORE y otros. Estos proyectos aumentan el conocimiento sobre las sequías en diferentes áreas de investigación y regiones, proporcionando herramientas y experiencias adicionales para los responsables políticos y los administradores del agua. Los enfoques de gestión de riesgos y los planes de gestión de sequías se desarrollan continuamente en Europa y, por



lo tanto, los enfoques científicos juegan en esto un papel fundamental también (Estrela, et al., 2012). En este contexto el proyecto LIFE DESEACROP realizará también sus aportaciones científicas en desalación de agua de mar para la agricultura. Demostrar su ventaja competitiva, económica y social en la lucha constante de la Unión por paliar los efectos del cambio climático y la sequía, son sus objetivos principales.

Las plantas de desalinización para la agricultura en general tienen algunos aspectos diferenciales a considerar en comparación con otras plantas de desalinización (agua potable e industrial). Algunos de ellos son (Zarzo, et al., 2012):

- Requerimientos limitados de personal, químicos y reemplazo de membranas (debido a la menor calidad del agua requerida) lo que significa costos reducidos.
- Capacidad para regular la producción de agua según las tarifas eléctricas para producir agua a un costo energético más bajo (en general, esto es particularmente cierto para las plantas de agua salobre con grandes estanques de almacenamiento).
- Menores requisitos con respecto a la salinidad del agua del producto y el postratamiento, dejando de lado problemas específicos con el boro u otros tóxicos para los cultivos.
- Simplicidad; Reducción de los requisitos de obras civiles, automatización y medidas de seguridad para garantizar la producción.

Los retos científico – técnicos actuales para la aplicación eficiente de agua de mar desalada en la agricultura pasan por garantizar la calidad agronómica de estas aguas, cuya composición química es bastante variable según la tecnología de ósmosis inversa y el tipo de intensidad de los tratamientos posteriores empleados. En general, la composición del agua de mar desalada está predominantemente compuesta por los iones sodio (Na^+) y cloruro (Cl^-), con una concentración algo baja de otros iones como magnesio (Mg^{2+}), calcio (Ca^{2+}) y sulfato (SO_4^{2-}). Desde un punto de vista agronómico, la alta presencia de boro (B^{3+}), un elemento fitotóxico, también es digno de mención (Martínez, et al., 2018).

A diferencia de otras fuentes de agua no convencionales, como la recuperación de aguas residuales urbanas para el riego, no hay regulaciones para el uso agrícola de agua de mar desalada en la mayoría de los países desarrollados y la Unión Europea. Hasta la fecha, solo la Autoridad de Agua de Israel ha adoptado criterios de calidad de agua específica para la combinación de agua de mar desalada para la agricultura y uso doméstico, ya que la producción en algunas de sus instalaciones puede aplicarse en ambos usos.

Otro reto importante recae sobre el efecto de la salinidad del agua de riego en la producción de cultivos. La salinidad es una propiedad que se refiere a la cantidad de sal soluble en el agua y la conductividad eléctrica es su forma de medida más común. Durante el último siglo, se han llevado a cabo muchos experimentos para determinar la tolerancia a la sal de los cultivos. Ese rendimiento del cultivo en función de la salinidad del suelo (salinidad del extracto acuoso saturado de pasta de suelo) podría estar bien descrito por una función de respuesta lineal caracterizada por un valor umbral de salinidad por debajo

del cual el rendimiento no se ve afectado y por encima del cual el rendimiento disminuye linealmente con la salinidad. La Figura 4 representa el modelo y proporciona valores de pendiente de umbral para algunos cultivos irrigados mediterráneos representativos (Martínez, et al., 2018).

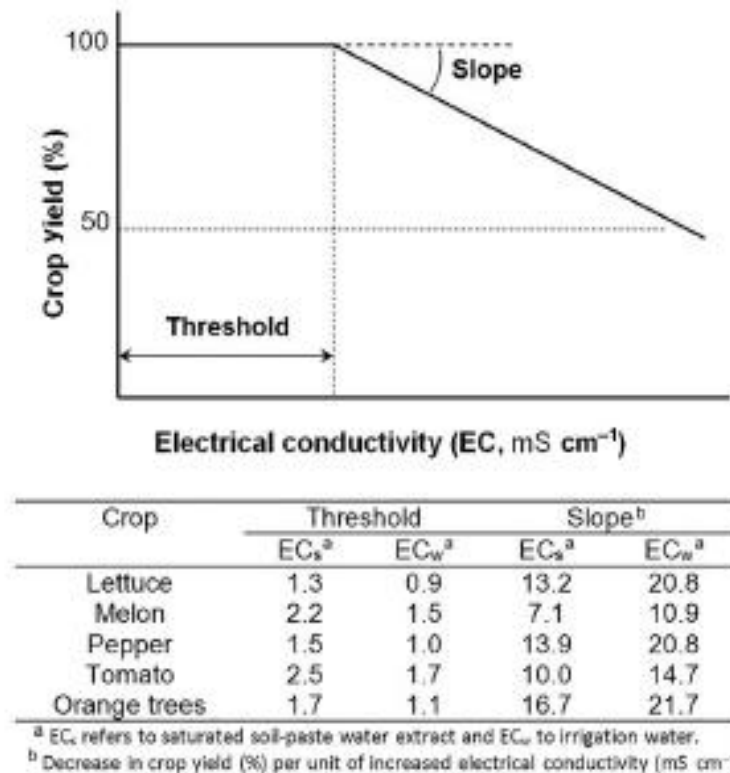


Figura 4: Rendimiento de los cultivos en función de la salinidad del suelo o de la salinidad del agua de riego.

La fertilización de cultivos generalmente se programa en función de sus requerimientos de nitrógeno, fósforo y potasio, mientras que otros nutrientes como Mg²⁺, Ca²⁺ y SO₄²⁻ desempeñan un papel secundario porque las aguas naturales, junto con el contenido mineral del suelo, generalmente proporcionan una concentración suficiente para minimizar la fertilización adicional con ellos. En el caso del sudeste de España, el agua de riego presenta una dureza del agua muy alta que excede los requisitos típicos de cultivo es Mg²⁺, Ca²⁺ y SO₄²⁻. Por el contrario, las concentraciones de Mg²⁺, Ca²⁺ y SO₄²⁻ en desalación de agua de mar son considerablemente más bajas que los requisitos nutricionales de los cultivos ya que el proceso de ósmosis inversa no solo separa las sales indeseables del agua de mar, sino que también elimina aquellos minerales que son nutrientes esenciales para los cultivos.

Las características de las aguas convencionales y requerimientos agrícolas son una particularidad para cada país o región por lo que, las diferencias en las concentraciones



de estos minerales condicionan claramente el efecto del tipo y la intensidad de los procesos de postratamiento en la concentración de estos minerales en el agua de mar desalada resultante y, en consecuencia, y de ahí la importancia de reconsiderar el diseño de los procesos de postratamiento cuando una instalación productora de agua de mar desalada suministra a la agricultura.

Hay tres opciones de manejo posibles para llevar a cabo la reintroducción de los nutrientes requeridos en el agua de mar desalada para uso agrícola: se pueden agregar como parte del procesamiento posterior al tratamiento; se pueden reintroducir mezclando el agua producto con otras aguas naturales altamente mineralizadas; o estos pueden ser proporcionados por los agricultores como fertilizantes. La evaluación cuidadosa de la opción de gestión a seguir es esencial, ya que, dependiendo del enfoque adoptado, los costos de remineralización se transfieren de los propietarios de la planta desaladora a los agricultores, o incluso se pueden evitar costes si es posible una combinación adecuada. (Martínez, et al., 2018).

El riego con altas concentraciones de cloruro (Cl) y sodio (Na⁺) expone los suelos y cultivos a su acumulación. Se sabe que el aumento de la concentración y el tiempo de exposición afectan negativamente las características del suelo, el funcionamiento de la planta y además conducen a la absorción y acumulación de iones tóxicos en los cultivos. Hay estudios que revelan que los análisis a largo plazo de las hojas y el suelo, donde se han aplicado aguas de riego con altas concentraciones de Cl y Na⁺ en las últimas décadas, indican un aumento constante de la sodicidad del suelo y la absorción y acumulación de sal en los cultivos.

Por otro lado, y no menos importante a tener en cuenta es el boro (B³⁺) que puede volverse altamente tóxico para las plantas, si la cantidad es mayor que la requerida para su crecimiento y desarrollo. Los efectos adversos fisiológicos de B³⁺ en las plantas implican la reducción de la división celular de la raíz, el brote retardado y el crecimiento de la raíz, la inhibición de la fotosíntesis, la deposición de lignina y suberina, una disminución de la clorofila de la hoja, etc. Los síntomas más habituales de toxicidad B³⁺ son: bordes quemados en las hojas más viejas, coloración amarillenta de las puntas de las hojas y decaimiento acelerado, lo que puede ocasionar la expiración progresiva de la planta. En este sentido se han propuesto varias clasificaciones con respecto a la tolerancia del B³⁺ por los cultivos, generalmente dependiendo de la concentración de boro en aguas subterráneas ya que, a efectos prácticos, estas clasificaciones generalmente se aplican directamente a las aguas de riego debido a que la concentración en el agua subterránea de B³⁺ tiende a igualarse con su concentración en el riego. (Martínez, et al., 2018). Por lo tanto, se deben considerar tecnologías específicas para la reducción de B³⁺ en las plantas desaladoras que brindan un uso agrícola, como un segundo pase de ósmosis inversa o el



uso de resinas selectivas B^{3+} para los procesos de intercambio iónico, aunque esto implica una mayor inversión y costos operativos por metro cúbico.

El valor de referencia actual para el contenido de B^{3+} en agua potable emitido por la Organización Mundial de la Salud es 0.5mgL; por lo tanto, las regulaciones en relación con el contenido B^{3+} en plantas desaladoras siguen este estándar en la mayoría de los países ya que es un valor umbral aceptable para uso agrícola, porque solo se verían afectados cultivos extremadamente sensibles. Antiguamente el requisito de agua de mar desalada en España era de 1mgL (el estándar de agua potable en España) hasta que el Programa AGUA estableció un nuevo umbral de 0.5mgL para las nuevas plantas desaladoras, ya que era un requisito del sector agrícola.

Por último, un reto muy importante, que no se puede pasar por alto, es el nexo agua – energía y la huella de carbono agrícola asociada, ya que la demanda de energía proveniente de la desalinización es un tema clave a la hora de planificar el suministro agrícola con agua de mar desalada. Es fundamental considerar cuánta energía se requiere para producir el suministro planificado y analizar cómo se generará y transmitirá la electricidad a las plantas desaladoras, que generalmente es un problema nacional por las altas demandas que necesita.

La ósmosis inversa es actualmente la tecnología operativa más eficiente energéticamente para la desalación de agua de mar; sin embargo, todavía se caracteriza por altos requerimientos energéticos, que exacerban el nexo agua-energía en comparación con las fuentes de agua convencionales. El consumo de energía específico para procesos de ósmosis inversa en las plantas desaladoras de nueva construcción puede ser tan bajo como 1.8 a 2.2kWhm³, pero su valor es considerablemente mayor en las plantas desaladoras operativas debido a la necesidad de extensas etapas de pretratamiento y postratamiento. En el caso del agua de mar desalada para la agricultura puede ser incluso mayor la demanda energética en energía que en el caso de uso potable, debido al post-tratamiento requerido para la eliminación de boro y cloruro (segundo pase de ósmosis inversa) para hacer que sus niveles sean adecuados para cultivos sensibles, que se estima requieren entre 0,50 - 0,77kWhm³ (Zarzo, et al., 2012) (Martínez, et al., 2018).

Desde una perspectiva agrícola, el análisis de las emisiones de efecto invernadero GEI relacionadas con el uso intensivo de energía en las plantas desaladoras es de gran importancia, ya que el aumento del consumo de energía para su suministro podría cambiar el balance de CO₂ de la agricultura de regadío, de la fuente a la fuente, exacerbando así el cambio climático. La media actual de las emisiones de GEI para las fuentes de agua tradicionales en la agricultura del Sudeste Español es de 0,35 kgCO_{2eq}m³, mientras que alcanzan 1,39kgCO_{2eq}m³ para desalación de agua de mar, lo que implica multiplicar las



emisiones de GEI vinculadas a la actividad de riego cuatro veces más que la agricultura tradicional (Martínez, et al., 2018).

En este sentido el desarrollo de energías limpias alternativas se recomienda encarecidamente para que los sistemas agrícolas mantengan los recursos ambientales y para reducir las consecuencias de la sequía y la contaminación, especialmente en tierras semi desérticas y áridas donde el agua dulce es un recurso escaso o nulo. Los elementos clave para tales compromisos pasan por poder generar electricidad a partir de una fuente inagotable no contaminante, como es el sol, y pasa también por poder producir agua dulce a partir de una fuente ilimitada, como es el mar. Por lo tanto, la combinación de la tecnología de desalinización de agua de mar y energía solar podría ser la solución ganadora para estas regiones y, de hecho, ya hay algunas iniciativas en este sentido que ofrecen importantes ventajas medioambientales y energéticas. Constituye uno de los enfoques de desalinización más prometedores y más baratos que podrían usarse en regiones áridas soleadas, ya sea directa o indirectamente para producir agua desalada de alta calidad (Moustafa, 2018). Enfoque este por el que ha apostado también firmemente el proyecto DESEACROP.

CONCLUSIONES

El valor y los potenciales de la desalación de agua de mar para la agricultura en la Unión Europea, además de las preocupaciones de científicos, técnicos, agricultores y administraciones, por su uso eficiente y respetuoso con el medio ambiente, son el motor impulsor para un futuro prometedor y floreciente de la agricultura sostenible a pesar del escenario actual. El proyecto LIFE DESEACROP es un ejemplo de ello. Las oportunidades y retos del futuro van encaminadas al desarrollo de equipamiento de control fitoquímico eficiente, sistemas de fertilización de respuesta rápida para el aumento de la sostenibilidad económica y ambiental de la agricultura de regadío, y la utilización de energías renovables. Y lo más importante la formulación de políticas y pactos de agua que favorezcan y contribuyan al armónico desarrollo socioeconómico de la agricultura en nuestras regiones.

BIBLIOGRAFÍA

Analistas Andalucía Informe Anual del Sector Agrario en Andalucía [Report] : Informe Anual / UNICAJA. - [s.l.] : Analistas Económicos de Andalucía, 2015.

CAJAMAR Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2014/2015 [Report] / Informes y Monografías ; Grupo Cooperativo Cajamar. - Almería : Caja Rural, 2015.



- EEA Environmental Conclusions** Conclusions par problème environmental [Report] = Conclusions concerning each environmental problem separately - Inland waters : Report / European Environmental Agency ; European Union. - 2016.
- EEA Europe's Agriculture** Europe's agriculture: how to make food affordable, healthy and 'green' [Report] = Topics: Agriculture. Environment and health. Resource efficiency and waste : Report / European Environment Agency ; European Union. - 2016.
- EEA- Indicator Water Intensity** Water intensity of crop production [Report] = Topics: Water and marine environment. Agriculture. Resource efficiency and waste : Indicator Assessment / European Environment Agency ; European Union. - 2018.
- EEA Water Efficient** Europe's water: efficient use is a must [Report] : Article Topics: Water and marine environment. Agriculture / European Union. - [s.l.] : European Environment Agency, 2016.
- EEA-Water for Agriculture** Water for agriculture [Report] = Topics: Agriculture. Water and Marine Environment. Resource Efficiency and Waste : Report / European Environment Agency ; European Union. - [s.l.] : European Union, 2016.
- Estrela T. and Vargas E.** Drought Management Plans in the European Union. [Journal] // Water Resour Manage . - January 2012. - 26. - pp. 1537 - 1553.
- EU-Water Framework Directive** The EU Water Framework Directive - integrated river basin management for Europe [Online] / ed. Commission European. - 2000. - Decembre 2018. - http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html.
- FEPEX** FEPEX. Informe económico del sector de frutas y hortalizas en España. [Report] / Fruit Attraction ; FEPEX. - [s.l.] : IFEMA, 2015.
- Martínez V. [et al.]** Seawater desalination for crop irrigation. Current status and perspectives [Book Section] // Emerging Technologies for Sustainable Desalination Handbook / ed. Butterworth-Heinemann. - [s.l.] : Veera Gnaneswar Gude, 2018.
- Martínez V., Martin B. and Soto M.** Seawater desalination for crop irrigation — A review of current experiences and revealed key issues [Journal] // Desalination. - [s.l.] : ELSEVIER, March 2016. - Vol. 381. - pp. 58-70.
- Moustafa K.** Seawater for sustainable agriculture [Sección de libro] // Emerging Technologies for Sustainable Desalination Handbook / aut. libro Gude Gnaneswar / ed. Butterworth-Heinemann. - 2018. - Vol. 1.
- ONU-DAES** United Nations World Water Development Report 2015. Water for a Sustainable World [Report] / ONU-Water. - [s.l.] : UN WATER, 2015.



PAC European Commission Policies, Information and Services [Online] // Common Agricultural Policy. - 2018. - September 2018. - https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy_en.

Zarzo D., Campos E. and Terrero P. Spanish experience in desalination for agriculture [Journal] // Desalination and Water Treatment / ed. Francis Taylor &. - Murcia : [s.n.], July 2012. - Vol. 51. - pp. 1-14.