



**PROPOSAL LIFE 16-ENV-ES-000341**

**“DESALINATED SEAWATER FOR ALTERNATIVE AND  
SUSTAINABLE SOILLESS CROP PRODUCTION”**



**ACTION C1. MONITORING THE ENVIRONMENTAL IMPACTS  
OF IRRIGATION WITH DESALINATED SEAWATER**

**“Final report about recommendation to use desalinated seawater in  
horticulture in terms of soil conservation and nutrients balance”**

**“October 2020”**

## **INDICE**

<b>INDICE.....</b>	<b>1</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>2</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>2</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2. RECOMENDACIONES DE USO DEL AGUA MARINA DESALINIZADA BASADAS EN LOS RESULTADOS DEL ENSAYO .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Recomendaciones basadas en el análisis de impacto en el suelo.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. Recomendaciones basadas en el análisis de impacto en plantas .....</b>	<b>5</b>
<b>2.3. Principales impactos en la calidad del fruto.....</b>	<b>6</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>7</b>



## **RESUMEN**

El agua marina desalinizada (AMD) tiene unas características químicas singulares que conllevan ventajas e inconvenientes para el riego, que se presentaron a detalle en el entregable C1.1. En este entregable se presentan una serie de recomendaciones basadas en los resultados del segundo año de ensayos de tomate en invernadero sobre el efecto del uso de AMD con tres grados de salinidad en las propiedades físico-químicas de los suelos y en la acumulación de elementos fitotóxicos en el suelo y en el cultivo. También se presenta un resumen de los principales impactos observados en la calidad del fruto.

## **ABSTRACT**

The chemical properties of desalinated seawater (DSW) have both advantages and disadvantages for irrigation, which were presented in detail in the deliverable C1.1. This deliverable provides recommendations about the use of DSW for greenhouse tomato fertigation based on the results of the second year of the trial. During this period the effect of the three irrigation treatments with increasing levels of salinity on the physical and chemical properties of soils and on the accumulation of phytotoxic elements in soil and crop were studied. This report also provides a short summary of the main impacts of the treatments on fruit quality.



## **1. INTRODUCCIÓN**

El agua marina desalinizada (AMD) presenta unas características químicas singulares que se deben tener en cuenta en riego. Aunque el AMD se remineraliza y se equilibra iónicamente antes de su distribución para uso agrícola, el AMD presenta una elevada concentración de iones sodio (Na), cloruro (Cl) y boro (B) y una concentración baja de magnesio (Mg), calcio (Ca) y sulfato (SO<sub>4</sub>). Además, tiene una alcalinidad y un índice de Langelier (IL) reducidos. La baja alcalinidad del agua es un factor relevante en cultivos hidropónicos ya que condiciona la capacidad tampón y con valores bajos pueden producirse cambios repentinos en el pH. El IL se debe supervisar en fertirriego con AMD, ya que si es negativo el agua disolverá el CaCO<sub>3</sub> y si es positivo el CaCO<sub>3</sub> puede precipitar.

Aunque todas estas singularidades del AMD deben integrarse en la gestión del fertirriego, aumentando su complejidad, el AMD es un recurso valioso desde la perspectiva de disponibilidad y de calidad dada su baja salinidad. La salinidad en el agua de riego, frecuentemente indicada mediante la conductividad eléctrica (CE<sub>a</sub>), condiciona en gran medida el rendimiento de los cultivos. Maas y Hoffman (1977) establecieron una función de respuesta lineal caracterizada por un valor umbral de salinidad por debajo del cual el rendimiento no se ve afectado. Sin embargo, una vez se sobrepasa el umbral de salinidad, el rendimiento disminuye linealmente con la salinidad. La CE<sub>a</sub> del AMD de las infraestructuras de desalinización de agua marina (IDAMs) del sureste español (visitadas por DESEACROP) tiene un valor entre 0,45 y 0,55 dS/m. Estos valores se encuentran por debajo de los valores umbrales de CE<sub>a</sub> de la mayoría de cultivos del sureste español (Maas and Grattan, 1999, Ayers and Westcot, 1985). Por lo tanto, el riego con AMD resulta beneficioso cuando sustituye a aguas con elevada salinidad, comúnmente utilizadas en zonas con escasez de agua. Además, el riego con AMD, con reducida concentración salina, permite reducir los requerimientos de lavado de sales, lo cual tiene un efecto directo en la reducción de las dosis de riego que se aplican y reduce la cantidad de lixiviados. La relación CE<sub>a</sub> y rendimiento de los cultivos explica la práctica usual de mezclar las aguas marginales (subterráneas y regeneradas salinas) con el AMD al objeto de reducir su salinidad para mejorar el rendimiento de los cultivos.



## **2. RECOMENDACIONES DE USO DEL AGUA MARINA DESALINIZADA BASADAS EN LOS RESULTADOS DEL ENSAYO**

En el entregable C1.1 se presentaron detalladamente las ventajas e inconvenientes del riego con AMD. Las principales limitaciones señaladas en este informe fueron el déficit de Ca y Mg, la potencial fitotoxicidad por exceso de Cl, Na y B, el riesgo de sodicidad del suelo y la limitada capacidad tampón. Además, cabe señalar que calidad del AMD producida en las IDAMs puede ser muy variable dependiendo de tecnología empleada en la osmosis inversa, el estado de conservación de las membranas, el número de etapas de la planta o los postratamientos de remineralización aplicados. Por lo tanto, para el uso sostenible del AMD en el riego agrícola se requiere de una completa caracterización físico-química del agua y de los posibles rangos de variación en la concentración de sus componentes. Además, si a lo largo del sistema de distribución el AMD se mezcla con otras fuentes disponibles, estas deberán ser igualmente caracterizadas para poder optimizar su gestión.

A continuación, se presentan una serie de recomendaciones basadas en los resultados del segundo año de ensayos de tomate en invernadero sobre el efecto del uso de AMD con tres grados de salinidad tanto en las propiedades físico-químicas de los suelos y en la acumulación de elementos fitotóxicos en los mismos, como en la absorción de nutrientes por el cultivo. Las características de los tratamientos T1, T2 y T3 se describieron en el entregable DB2.1.

### **2.1. Recomendaciones basadas en el análisis de impacto en el suelo**

Los resultados del ensayo ponen de manifiesto que no existen diferencias significativas entre tratamientos para las propiedades físico-químicas y constituyentes del suelo. Se ha observado que el uso de AMD con distintos grados de salinidad no afecta al pH, contenido en carbono orgánico e inorgánico, a la capacidad de intercambio catiónico, ni a la textura del suelo. Cabe destacar que tanto la capacidad de intercambio catiónico (CIC) como la textura de los suelos, no se vieron afectadas por los tratamientos, siendo la CIC catalogada como muy baja (<10 meq/100g) a baja (10-15 meq/100g) en las parcelas de estudio y presentando una textura areno-francosa en las parcelas de los tratamientos T1 y T3 y franco-arenosa en las parcelas del tratamiento T2. La porosidad del suelo se mantuvo entre valores del 30-40% sin presentar problemas de aireación. En cuanto a la cantidad de agregados estables se observa una disminución en su concentración a lo largo de los ciclos de valores  $\approx 2\%$  a valores  $\approx 1,5\%$ , y por



tanto se recomienda el aporte de una enmienda orgánica que incremente la agregación de las partículas del suelo.

Por el contrario, si se encontraron diferentes comportamientos de ciertos nutrientes y elementos potencialmente fitotóxicos en los suelos. La concentración de micronutrientes, en el caso del Mn, Cu y Zn, se puede apreciar como el incremento de salinidad de los tratamientos disminuye la concentración de estos. En relación al efecto sobre la salinidad y la concentración de aniones y cationes solubles, se observó como el incremento de salinidad del agua de riego provoca un aumento la conductividad eléctrica y de la concentración de cloruros, sodio, potasio y sulfatos. El porcentaje de sodio intercambiable (PSI) en el tratamiento 1 fue disminuyendo a lo largo de cada ciclo con valores entre 14-8%, lo que indica que el sodio fue remplazado en el complejo de cambio posiblemente por Ca o Mg y lavado con las aguas de lixiviación. Sin embargo, en los tratamientos 2 y 3 se observó un incremento al final del ciclo del porcentaje de sodio retenido en el complejo de cambio del suelo. En estos dos tratamientos los valores de PSI alcanzaron niveles por encima del 15%, lo que indica un posible riesgo de inestabilidad en la estructura del suelo por acumulación de sodio. Por tanto, se recomienda supervisar en cada ciclo el valor de PSI y realizar enmiendas si se alcanzan niveles elevados.

## **2.2. Recomendaciones basadas en el análisis de impacto en plantas**

En ambos ciclos del segundo año, se observó que se incrementaron en hoja los valores de Cl y Na, que son potencialmente fitotóxicos en hoja. Las concentraciones de cloruro fueron mayores en suelo que en hidropónico y fueron incrementando a medida que aumentó la salinidad en el agua de riego en ambos sistemas. Para el caso de T1 en hidropónico, los cloruros alcanzaron una concentración de  $\approx 10$  g/kg, lo cual no supone un efecto significativo en el desarrollo del cultivo, mientras que las concentraciones del resto de tratamientos y sistemas esta concentración fue superior a 20 g/kg, incluso alcanzando valores cercanos a 50 g/kg en suelo, lo que podría llegar a ocasionar pérdidas en la producción. Las concentraciones de sodio fueron semejantes en el cultivo en suelo y en hidropónico y también se observó una tendencia clara a acumular este elemento a medida que se incrementa la salinidad del agua de riego usada, llegando al alcanzar valores superiores a 2 g/kg. Teniendo en cuenta que la concentración máxima de suficiencia para el cultivo de tomate se encuentra en valores  $>1$  g/kg



(LMP, 2011), se recomienda controlar este elemento para evitar su acumulación y sus consecuentes daños en el cultivo.

En relación a la concentración de boro se puede observar en general que las concentraciones son semejantes, aunque un poco más elevadas en el cultivo hidropónico. Lo más destacable es que en todos los tratamientos estas concentraciones fueron elevadas (>100 mg/kg) al final del ciclo de cultivo. Dado que la alta absorción de este elemento por parte del cultivo puede conllevar riesgos de toxicidad, es recomendable hacer un seguimiento de su acumulación en hoja, especialmente en las variedades de cultivo con mayor duración del ciclo.

También cabe señalar que el pH fue moderadamente ácido en los tres tratamientos (valores próximos a 6) y para los dos sistemas de cultivo. Se recomienda que el agua de riego tenga un pH entre 6-7 para que no se presenten problemas de absorción de nutrientes en los cultivos, teniendo que realizar acciones correctoras cuando los valores se encuentren fuera de este rango.

### **2.3. Principales impactos en la calidad del fruto**

En el ciclo de cultivo de otoño se observó que el incremento de la salinidad del agua conlleva un claro aumento de materia seca, sólidos solubles totales y acidez de los frutos, mientras que en el ciclo de primavera estos incrementos fueron enmascarados por la mayor maduración del fruto. El contenido de compuestos fenólicos, así como su capacidad antioxidante total, fue mayor en los tomates del ciclo de otoño comparados con el de primavera. Ni el tipo de riego ni el tipo de suelo afectaron negativamente al contenido de estos compuestos bioactivos. Además, el contenido de licopeno y  $\beta$ -caroteno tampoco se vio afectado negativamente por el tipo de riego o suelo.

En el cultivo hidropónico se observó una tendencia a presentar un mayor color en los tomates con riego T3, lo cual puede ser visible y percibido por el consumidor de acuerdo con los análisis sensoriales realizados. La firmeza del tomate también fue mayor en aquellas plantas regadas con el tratamiento T3 en hidropónico, lo cual también sería positivamente apreciado por el consumidor según las evaluaciones sensoriales realizadas. Otra ventaja del cultivo hidropónico fue la inducción de un mayor contenido de vitamina C, especialmente en el tratamiento de riego T3.



En relación a la calidad microbiológica, cabe señalar que fue buena en todos los tratamientos con niveles inferiores a 4 log CFU cm<sup>-2</sup> (y 6 log en el caso de mesófilos), no afectando por tanto negativamente el tipo de riego o suelo a su carga microbiana.

#### **BIBLIOGRAFIA**

AYERS, R.S., WESTCOT, D.W. (1985). Water quality for agriculture, FAO Irrigation and Drainage Paper 29, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

GRATTAN, S.R., DÍAZ, F.J., PEDRERO, F., VIVALDI, G.A. (2015). Assessing the suitability of saline wastewaters for irrigation of Citrus spp.: emphasis on boron and specific-ion interactions. *Agricultural Water Management*, 157, 48–58.

MAAS, E.V., HOFFMAN, G.J. (1977). Crop salt tolerance—current assessment, *Journal of Irrigation and Drainage Division ASCE* 103, 115–134.