



PROPOSAL LIFE 16-ENV-ES-000341

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



**“Report on the soil Surface availability and capacity to spread the
Project results”**

**ACCIÓN A.1. “CHARACTERISATION OF CURRENT AND
EXPECTED DESALINATED SEAWATER PRODUCTION FOR
CROP IRRIGATION IN THE WATER-STRESSED SOUTH
EASTERN SPAIN”**



“30/07/2018”



RESUMEN

En este entregable se discuten dos aspectos fundamentales para el desarrollo del proyecto de investigación. En primer lugar, se analizan los requerimientos de calidad de agua de los cultivos en sustrato y la calidad del agua desalada proporcionada por la desaladora de Carboneras, con objeto de comprobar si dicha agua desalada cumple los requisitos de calidad necesarios para ser usada en el riego de los cultivos sin suelo. En segundo lugar, se analiza la difusión y el impacto de los resultados del proyecto en términos de la superficie de cultivo susceptible de adoptar el sistema de cultivo propuesto en este proyecto.

Las conclusiones obtenidas son que la calidad del agua desalada cumple perfectamente los requisitos exigidos y que el impacto del proyecto está asegurado ya que existe una importante superficie de cultivos en la zona (más de 30.000 hectáreas de invernaderos), susceptibles de adoptar dicho sistema de cultivo.

ABSTRACT

In this deliverable two key issues for the development of the research project are discussed. First of all, the water quality requirements of the substrate culture and the actual quality of the desalinated water provided by the Carboneras desalination plant, are analyzed to check whether this desalinated water meets the quality requirements needed to be used in the irrigation of the soilless crops in the area. Secondly, the possible impact and extension of this research are discussed in terms of the cultivated area capable of adopting the new cropping system proposed in this project.

The conclusions withdrawn from this research are that the quality of the desalinated water fully fulfills the water quality requirements and that the impact of the project is ensured since there is a significant cultivated area (more than 30,000 hectares of greenhouses), susceptible to adopt the proposed cultivation system.



ÍNDICE

1. LA HORTICULTURA EN EL SURESTE DE ESPAÑA
2. LOS CULTIVOS SIN SUELO. REQUERIMIENTOS Y LIMITACIONES
3. EL AGUA DESALADA PARA EL RIEGO DE CULTIVOS SIN SUELO
4. CAPACIDAD PARA EXTENDER LOS RESULTADOS DEL PROYECTO
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
6. REFERENCIAS

1. LA HORTICULTURA EN EL SURESTE DE ESPAÑA

La importancia de la producción hortofrutícola en la cuenca mediterránea del sur de España es decisiva para el bienestar y el desarrollo económico de la región. Tan sólo en la provincia de Almería, la producción global de hortalizas en la pasada campaña agrícola 2016-17 alcanzó un volumen de unas 3.286.385 toneladas, con un valor económico que ascendió a unos 2.537 millones de euros. La superficie total cultivada ascendió a un total de 55.179 ha (Cajamar, Análisis de la Campaña Hortofrutícola 2016-17).

De esta producción hortícola, la parte más importante corresponde a los cultivos intensivos bajo invernadero que se desarrollan en las zonas litorales del sur de la provincia almeriense, seguida de la superficie dedicada al cultivo de hortalizas al aire libre, principalmente localizadas en la zona de levante de la provincia (Figura 1). Dentro de los cultivos hortícolas producidos al aire libre, en la zona de levante se está produciendo una importante expansión de los cultivos de lechuga, con más de 7000 ha cultivadas en la actualidad.

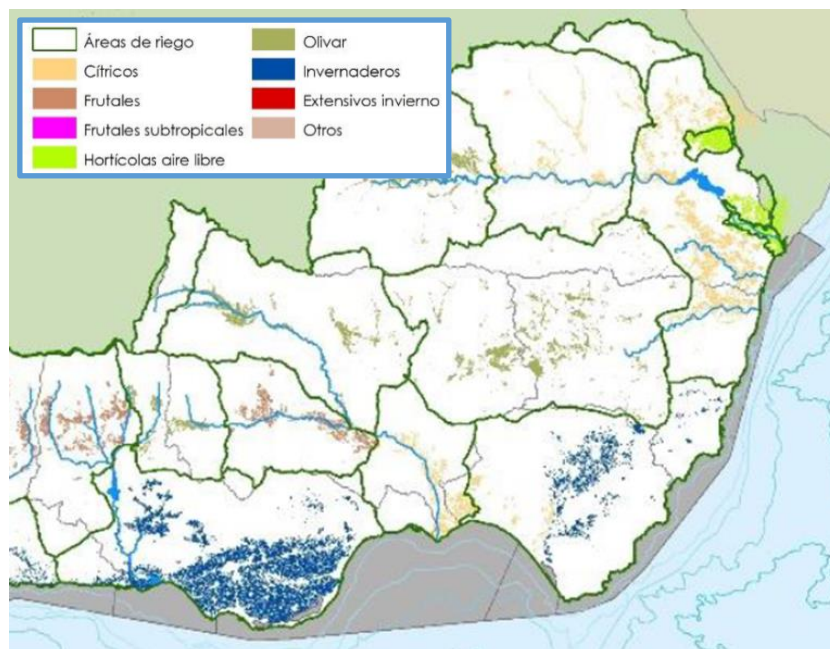


Figura 1. Distribución de cultivos en la provincia de Almería. Fuente: Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, Consejería de Medioambiente y Ordenación del Territorio, Junta de Andalucía.

Los invernaderos de Almería son desde hace décadas el principal motor del desarrollo socioeconómico y demográfico de la provincia de Almería. Hace algo más de 50 años que se produjo la construcción del primer invernadero en la zona. Desde ese momento, el crecimiento de los invernaderos ha sido espectacular, habiéndose alcanzado un total de unas 30.456 hectáreas invernadas en la actualidad que conforman la mayor concentración de invernaderos del mundo. En la Figura 2 se muestra la rápida evolución que ha experimentado la superficie invernada en las últimas décadas en la provincia de Almería.

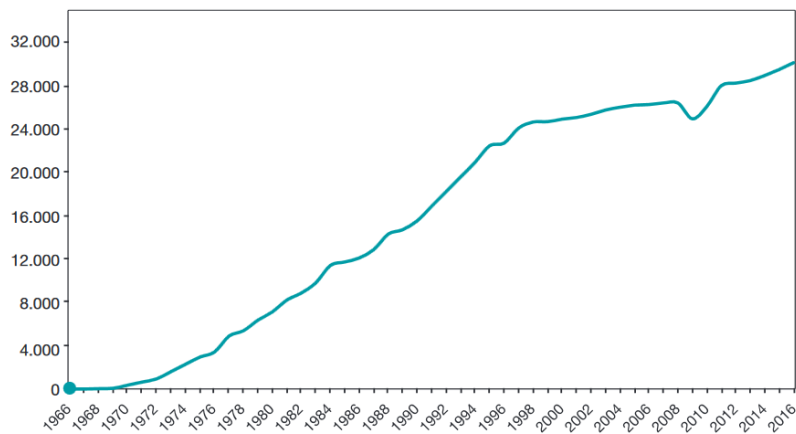


Figura 2. Evolución de la superficie invernada en la provincia de Almería (hectáreas). Fuente: Análisis de la Campaña hortofrutícola de Almería 2016-17. Fundación Cajamar.

Según la Agencia Andaluza de Promoción Exterior (EXTENDA), Andalucía se situó en la primera mitad de 2013 como líder de España en las exportaciones agroalimentarias, gracias al músculo de la horticultura almeriense, que aporta la mayor cuota al comercio internacional agroalimentario andaluz, ya que más del 70% de la producción hortícola almeriense se dedica a la exportación (ver Tabla 1).

Tabla 1. Exportaciones de productos hortofrutícolas (Tm). Fuente: Análisis de la Campaña hortofrutícola de Almería 2015-16. Fundación Cajamar)

Producto	2013-2014	2014-2015	2015-2016	%var 15-16
Berenjena	97.130	105.410	119.737	13,6
Calabacín	224.717	203.552	254.065	24,8
Judía Verde	10.810	10.652	13.890	30,4
Lechuga	123.592	135.568	138.414	2,1
Melón	66.448	58.744	76.320	29,9
Pepino	377.015	389.560	444.024	14,0
Pimiento	441.781	457.146	482.229	5,5
Sandía	165.808	163.985	247.508	50,9
Tomate	530.590	518.289	534.577	3,1
Otros	116.634	132.227	124.894	-5,5
Total	2.154.525	2.175.133	2.435.659	12,0

El modelo de producción hortícola bajo invernadero tiene muchas ventajas no sólo desde el punto de vista económico, sino también social y ambiental como se señala en Valera et al. (2014). Otra de las ventajas de este modelo de producción hortícola es su carácter social, ya que además de sus altos rendimientos económicos en comparación con el resto de la agricultura de España, el tamaño medio de la explotación es muy pequeño, tratándose en su mayoría de explotaciones de carácter familiar, lo que históricamente le ha otorgado un marcado carácter social y ha propiciado el reparto de la riqueza (Valera et al. 2014). El 40% de las explotaciones tiene un tamaño entre 1 y 2 ha y el 91% de ellas es inferior a 5 ha (ver Figura 3).

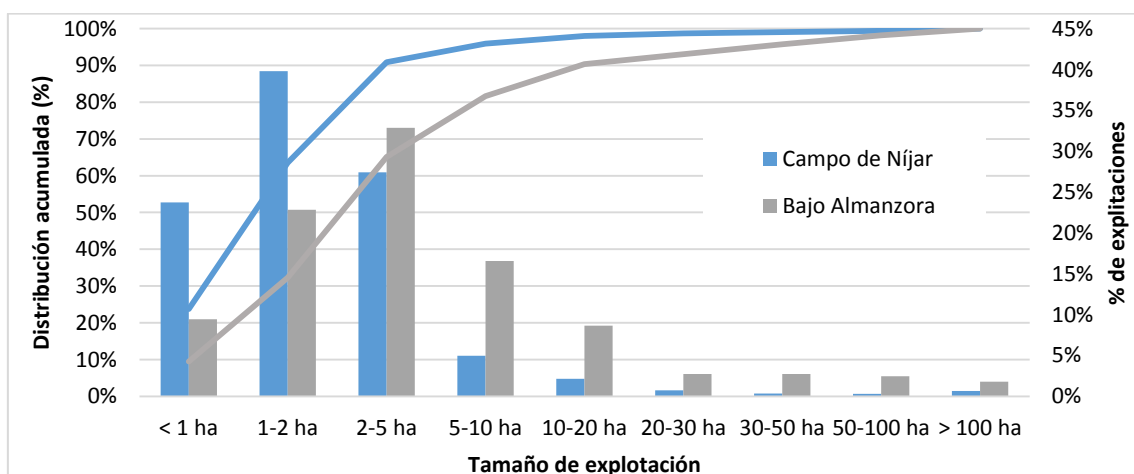


Figura 3. Distribución de la propiedad en Campo de Níjar y Bajo Almanzora (las barras representan la distribución de explotaciones por tamaño, las líneas representan la distribución acumulada). Fuente: Censo Agrario 2009. Resultados de Andalucía y Elaboración propia.



Desde el punto de vista medioambiental, la producción bajo plástico destaca por su elevada eficiencia en el uso del agua y de los nutrientes. Con respecto al consumo energético, gracias al clima favorable, es muy inferior a otras zonas de cultivo. Por ejemplo, es 22 veces inferior al de los invernaderos holandeses. Con relación al uso del agua, las favorables condiciones ambientales del invernadero contribuyen a reducir el consumo de agua de las plantas, aumentando el rendimiento de los cultivos, lo que supone que la productividad del agua aumenta de forma considerable. Según Pardossi et al. (2004), la máxima productividad obtenida en un cultivo al aire libre de tomate en Israel es de 17 de kg/m^3 , mientras que en invernaderos de plástico tradicionales en Almería aumenta hasta 25 kg/m^3 y puede duplicar la conseguida al aire libre en invernaderos mejorados.

Otros beneficios medioambientales de la agricultura de invernadero es su contribución a la disminución del calentamiento global debido a la elevada reflexión de las cubiertas de los invernaderos y a la reducción de los gases de efecto invernadero debido al efecto sumidero de CO_2 de los invernaderos, debido a la enorme densidad de plantas y la gran extensión que ocupan. Se estima que sólo en la campaña 2012/13 los cultivos de pimiento y tomate bajo invernadero en Almería rebajaron la nada despreciable cifra de 515.672 toneladas de CO_2 atmosférico.

La sostenibilidad de este importante sector económico depende de la disponibilidad de agua para riego con la suficiente cantidad y calidad. La cuenca mediterránea es una de las zonas más secas de Europa. La pluviometría media en gran parte de la provincia de Almería, y especialmente en las zonas productoras de hortalizas, no supera los 250 mm de precipitación anual. Esta escasez e irregularidad de precipitaciones obliga a la implantación de una agricultura bajo riego, especialmente en el caso de la agricultura protegida bajo invernadero. La escasez de recursos hídricos está produciendo graves problemas de sobreexplotación y salinización en los acuíferos de la zona, además de las graves consecuencias medioambientales que implican.



2. LOS CULTIVOS SIN SUELO. REQUERIMIENTOS Y LIMITACIONES

2.1 Características generales de los cultivos sin suelo

Los *cultivos sin suelo* incluyen a todos aquellos métodos y sistemas de cultivo que hacen crecer las plantas fuera de su ambiente natural: el suelo (Urrestarazu, 2004). Los cultivos sin suelo han experimentado un importante auge en todo el mundo ligado al desarrollo y abaratamiento de los plásticos y a las ventajas que presenta este sistema de cultivo. El cultivo en sustrato consiste en la sustitución del suelo por un medio material poroso donde se desarrolla el sistema radicular de las plantas, que recibe los nutrientes de una solución nutritiva que presenta las concentraciones más idóneas de cada uno de los elementos esenciales para el crecimiento óptimo de las mismas.

Entre estas ventajas cabe destacar el mayor control de la producción hortícola que hace que bien manejado un sistema de cultivo en sustrato consiga una mayor producción y calidad con un uso eficiente de los recursos, además de contribuir a la conservación del medio ambiente.

La continuidad del cultivo intensivo de hortalizas en suelo natural está siendo limitada por diversos factores como: la presencia de suelos salino-sódicos, el agotamiento del recurso suelo y la incidencia de plagas y/o enfermedades, ambos productos del monocultivo (Mazuela y Urrestarazu, 2004). El sistema de cultivo sin suelo elimina la necesidad de esterilización del suelo y proporciona un control más preciso de la aplicación de nutrientes. Evita los problemas de sanidad vegetal asociados a la presencia de enfermedades producidas por hongos de suelo y permite producir en zonas en las que los suelos están agotados, afectados por plagas o enfermedades o donde éstos presentan escasa fertilidad.

Los cultivos sin suelo tienen otras ventajas adicionales, ya que facilitan las labores de cultivo, permiten disponerlo a varias alturas, optimizando así el aprovechamiento del terreno, y posibilitan técnicas avanzadas para cultivar en un mismo invernadero plantas con distinto estado de desarrollo. Todo ello aumentando el control



sobre el aporte de agua y nutrientes a la planta y permitiendo la gestión adecuada de los lixiviados.

La recirculación de la solución nutritiva es una alternativa eficaz ante la escasez de agua y los problemas medioambientales que conlleva la eliminación de las aguas de drenaje con altos contenidos en elementos químicos. Este sistema redundante en un mayor aprovechamiento de los recursos: el espacio físico, el agua, los fertilizantes e incluso algunos de los tratamientos fitosanitarios que puedan aplicarse en la solución.

2.2 Calidad de agua en cultivos en sustrato

En la Tabla 2, se recogen algunas recomendaciones en relación con la calidad de agua de riego para cultivo en sustrato. Los componentes en el agua pueden ser útiles, como potasio, calcio o magnesio o perjudiciales, como el sodio, el cloruro, o el bromo. A veces estos iones producen efectos tóxicos específicos en las plantas o pueden influir en la absorción de otros elementos.

Tabla 2. Limitaciones del agua de riego para cultivo en sustrato (De Kreij et al., 1999)



Parameter	Units	Degree of restriction on use		
		None	Slight to Moderate	Severe
EC	dS m ⁻¹	0-0.75	0.75-2.25	>2.25
Bicarbonates	mol m ⁻³ (ppm)	0-2 (0-120)	2-6 (120-360)	>6 (>360)
Nitrates	mol m ⁻³	<0.5	0.5-2	>2
Ammonium	mol m ⁻³	≈0	0.1-1	>1
Phosphorus	mol m ⁻³	<0.3	0.3-1	>1
Potassium	mol m ⁻³	<0.5	0.5-2.5	>2.5
Calcium	mol m ⁻³	<1.5	1.5-5	>5
Magnesium	mol m ⁻³	<0.7	0.75-2	>2
Sodium	mol m ⁻³	<3	3-10	>10
Chloride	mol m ⁻³	<3	3- 10	>10
Sulphates	mol m ⁻³	<2	2-4	>4
Iron	mmol m ⁻³			>90
Boron	mmol m ⁻³	30	30-100	>100
Copper	mmol m ⁻³			>15
Zinc	mmol m ⁻³			>30
Manganese	mmol m ⁻³			>10

La **conductividad eléctrica (CE)** es uno de los parámetros más importantes en el cultivo en sustrato. Representa la cantidad total de iones en la solución y se expresa principalmente en mS/cm o dS/m. Todos los iones en la solución contribuyen a la CE, independientemente de si los iones son útiles o nocivos para las plantas. Si las sustancias no se disocian en iones, no tienen influencia en la CE. El uso de aguas de salinidad moderada es muy recomendable en cultivo sin suelo. Se recomiendan valores que no excedan de 2.25 dS/m.

Además de la conductividad eléctrica del agua de riego, otros aspectos que deben tenerse también en cuenta:

Boro:

El boro B que es un elemento que atraviesa las membranas de ósmosis inversa, puede dar lugar a problemas de toxicidad específica en algunas plantas desaladoras cuando se acumula en exceso. No suele ser problemático en cultivos anuales con sistemas de drenaje libre o abierto, pero hay que vigilar su concentración para sistemas recirculantes. El nivel debe ser inferior a 25 µmol/L.



Sodio:

El sodio interfiere con la extracción de calcio y magnesio lo que produce rotura celular y otras alteraciones especialmente en tomate y pimiento (podredumbre apical de los frutos y necrosis de la hoja). El sodio puede llegar a ser especialmente nocivo en sistemas recirculantes debido a que la extracción de la planta es baja y se produce una rápida acumulación en la zona radical.

Cloro:

El cloro reduce la absorción de nitratos y fosfatos. Debido a que el nivel de absorción de cloro por la planta es más alto que el del sodio, su acumulación en la recirculación es menor.



Calcio:

El calcio crea precipitados en la solución madre con los sulfatos. Se recomienda usar agua de alta calidad solo para solución madre (agua de lluvia). Una concentración de 3-4 mmol/L en agua dulce es aceptable.

Bicarbonatos:

Los altos niveles de bicarbonato se asocian con valores altos de pH en el agua de riego. Con valores de pH superiores a 6.0, las plantas tienen dificultad para extraer fosfatos y microelementos (Fe, Mn, Cu, Zn, B) de la solución, por lo que el agua con bicarbonatos debe tratarse con ácidos para reducir su nivel a aproximadamente 0,5 mmol/l. Muchos pozos contienen cantidades de bicarbonato entre 3.0 -7.0 mmol/l. Los mayores niveles de bicarbonato se asocian con valores de pH comprendidos entre 6.5 y 8.5. Niveles de pH superiores son incluso posibles en algunos pozos.

Sulfatos:

Los niveles de sulfato en el agua dan lugar a precipitaciones cuando los fertilizantes se concentran. El nivel debería ser inferior a 3 mmol/l en el agua. La tabla 3 proporciona valores recomendados de CE en el sustrato (CE_s), el drenaje (CE_L) y en el agua de riego (CE_r) para diferentes cultivos.

Tabla 3. Valores de CE recomendados en el sustrato, drenaje y en el agua de riego para cultivos en sustrato (Van Os et al., 2016)

Cultivo	CE_s	CE_L	CE_r
Tomate	3.8	4.0	3.2
Pepino	3.5	3.8	2.8
Lechuga	2.5	2.5	2.3
Pimiento	3.5	3.8	2.8
Berenjena	3.5	4.0	3.0
Fresa	2.0	2.5	1.5
Judías	2.8	3.3	1.8
Rosa	2.5	3.0	2.0
Gerbera	2.5	3.0	2.0

La calidad del agua de riego es un importante factor limitante en el desarrollo de los cultivos en sustrato en la cuenca mediterránea. Esto se pone de manifiesto si se comparan las dos principales zonas productoras de hortalizas de la provincia de



Almería. En la zona de levante (Campo de Níjar), la proporción de cultivos en sustrato está muy limitada ya que se estima que sólo entre un 1 y un 3% del total de las aproximadamente 5000 ha de invernadero de la zona se cultivan en sustrato. El resto, hasta las 5500 ha totales se localizan principalmente en la comarca del Campo de Dalías en el poniente almeriense, debido a que esta zona dispone de agua de mejor calidad y menor salinidad.

En el estudio realizado por Sánchez et al. (2015), se realizaron medidas de CE del agua en la red de distribución de la Sociedad Agraria de Transformación SAT nº 2130 “Campo de Níjar”, que distribuye el agua de riego a gran parte de los invernaderos de la zona y se comprobó que la salinidad media del agua de riego superaba los 3.5 dS/m y que ésta experimentó un crecimiento continuo a lo largo del periodo de estudio. Se trata de condiciones que limitan muy severamente el desarrollo de los cultivos en sustrato de la zona.

Tabla 4. CE del agua de riego distribuida por la red de la SAT nº 2130 “Campo de Níjar”

Muestra	CE							Incremento periodo (%)
	2005	2006	2007	2008	2009	Media	Desv. Tip.	
Reelevadora I	3.01	3.51	3.43	3.46	3.37	3.36	0.20	11.96
Reelevadora II	3.55	3.66	3.76	3.82	3.89	3.74	0.13	11.30
Reelevadora III	2.76	3.09	3.18	3.44	3.55	3.20	0.31	26.25
Media Red	3.13	3.47	3.48	3.57	3.58	3.45	0.18	14.95

Además, de la alta CE, el agua de riego de la zona, mayoritariamente de carácter subterráneos, poseen alta concentración de bicarbonatos, calcio y boro entre otros elementos, lo que podría dar lugar a efectos de toxicidad específica si se usara directamente en un cultivo en sustrato.

3. EL AGUA DESALADA PARA EL RIEGO DE CULTIVOS SIN SUELO

El uso de agua desalada en combinación con el agua salobre de la zona puede ser una excelente alternativa para su uso en sistemas de cultivo en sustrato. El agua desalada presenta una muy baja CE, lo que la hace adecuada para este tipo de sistemas.

En la Figura 5 se muestra la evolución mensual de la CE y de la concentración de Boro en el agua desalada procedente de la desaladora de Carboneras. Estos datos han sido facilitados por la Comunidad de Usuarios del Campo de Níjar (CUCN). Los análisis de agua completos se adjuntan en el Anejo 1.

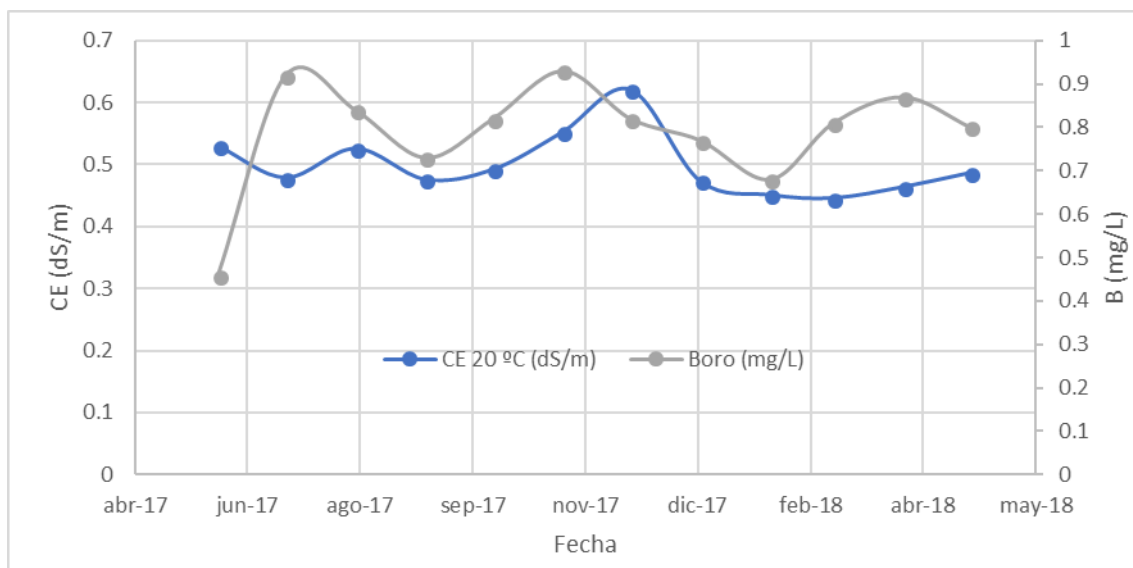


Figura 5. Evolución anual de la CE y el B en el agua desalada de Carboneras

Se observa que ambas variables se mantuvieron aproximadamente constantes con ligeras fluctuaciones a lo largo del año. La conductividad se mantuvo en torno a 0.5 dS/m de media con un valor máximo ligeramente superior a 0.6. Estos valores de salinidad son bajos y adecuados para el cultivo en sustrato.

En relación al boro, éste no supero en ningún análisis el nivel límite de 1 mg/L. La media fue de 0.79 g/L.

En la Figura 6 se muestra la evolución mensual de las concentraciones de bicarbonatos, sodio y cloruros en el agua desalada procedente de la desaladora de Carboneras. Se observa que éstos se mantuvieron también relativamente constantes y dentro de los márgenes adecuados para el cultivo.

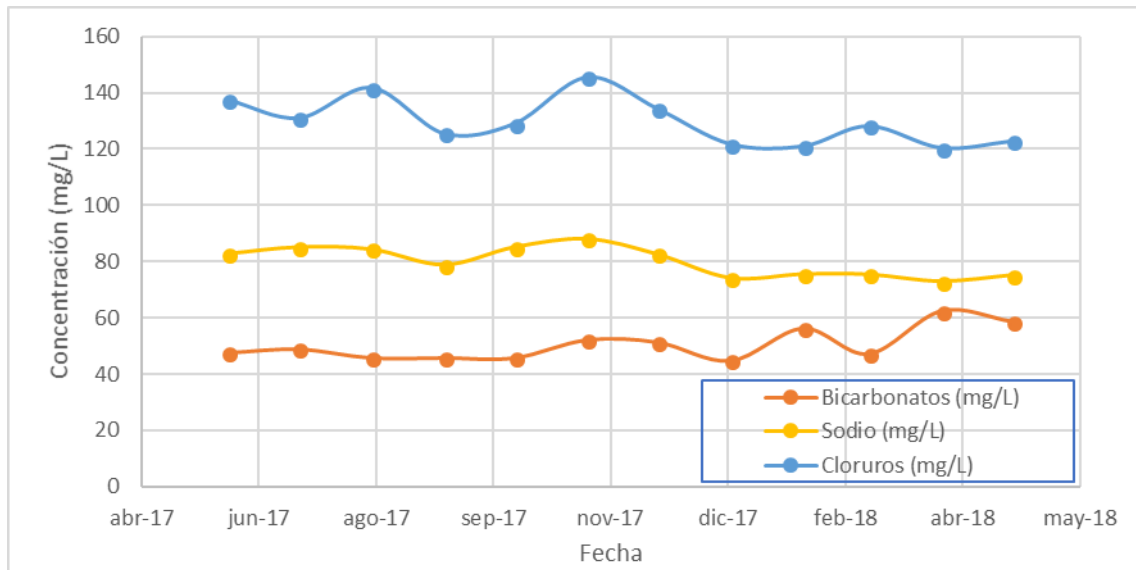


Figura 6. Evolución anual de los Bicarbonatos, Na y Cloruros en el agua desalada de Carboneras

4. CAPACIDAD DE DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El potencial de difusión de los resultados del proyecto DESEACROP es muy elevado. Hay que considerar que, actualmente, la superficie de cultivos sin suelo, principalmente concentrada en el sureste de España, se estima en aproximadamente 5.500 ha (Figura 4).

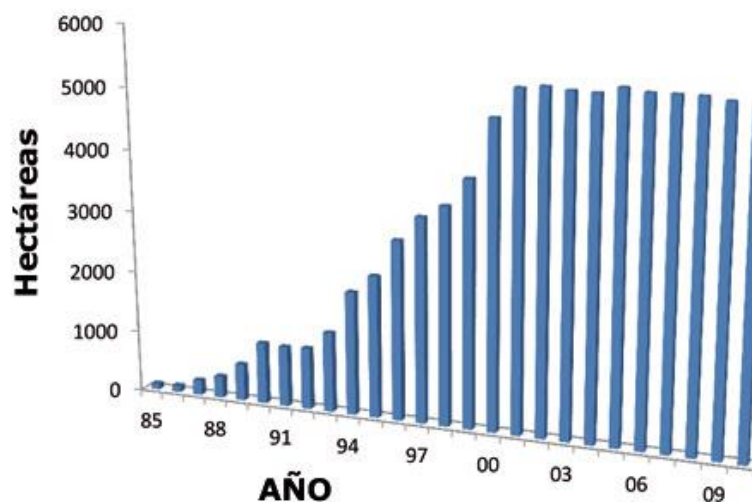


Figura 4. Evolución de la superficie de cultivos sin suelo en Almería. (Urrestarazu, 2004)



No obstante, a pesar de las ventajas del cultivo en sustrato, la expansión de los cultivos en sustrato se ha estabilizado. Las 5500 ha en explotación mediante sistemas de cultivo sin suelo existentes en el sureste español representa tan solo entre un 20 y un 25% del total de superficie cultivada bajo invernadero (más de 30000 ha). Esto indica que existe un gran potencial de crecimiento con la realización del proyecto, ya que este pretende eliminar las limitaciones de los cultivos en sustrato. Entre estas limitaciones, está el hecho de que se trata de un sistema de cultivo mucho más exigente en cuanto al control de los factores de producción. Son sistemas muy sensibles ante cualquier error y un fallo en el suministro de agua y nutrientes, tanto por defecto como por exceso, puede causar daños considerables en la plantación, al suprimirse el efecto regulador que ejerce el suelo. Por ello, es imprescindible un exhaustivo control del riego y de la fertirrigación, mediante sistemas completamente automatizados y manejado de forma experta por personal cualificado. Además, son sistemas especialmente exigentes en cuanto a la calidad del agua de riego ya que existen importantes limitaciones respecto al uso de aguas salinas en sistemas de cultivo en sustrato de las que se ha hablado en el apartado 2.

En este sentido, la mejora de la calidad de agua como consecuencia del uso de agua desalada mezclada adecuadamente con el agua salobre de la zona, así como el ahorro de agua y nutrientes producido por la reutilización de los lixiviados y su desalinización pueden mejorar sensiblemente el manejo de los cultivos sin suelo, así como reducir su impacto medioambiental. Este hecho puede propiciar una importante expansión de la superficie de cultivo en sustrato que podría superar ampliamente la proporción actual de los cultivos en sustrato en las zonas con menores limitaciones de calidad del agua. Por poner un ejemplo, en la Comarca del “Campo de Dalías” (con aguas de mejor calidad), la proporción de los cultivos en sustrato es de un 20 o un 25 % del total, mientras que en el campo del Campo de Níjar sólo es de un 3% de cultivos en sustrato debido a los serios problemas de calidad de agua en esta zona.

Por otro lado, la mejora de la calidad de agua puede tener dos importantes efectos beneficiosos: en primer lugar, producir un aumento de la producción y la calidad de los cultivos hortícolas, con el consiguiente incremento de la rentabilidad de los agricultores. En el estudio realizado por Sánchez et al. (2015) en la comarca del “Campo de Níjar” se comprobó experimentalmente que las producciones obtenidas por



los agricultores de la zona estaban muy condicionadas por el nivel de salinidad del agua de riego. Estos autores estimaron un índice de productividad (relación entre la producción real obtenida y la producción potencial) medio de un 74%, lo que significa que las producciones podrían aumentarse más de un 20% con el mejor manejo y calidad del agua de riego. Este 20% de incremento de producción es muy importante en términos económicos, ya que teniendo en cuenta que el valor de las exportaciones de hortalizas de Almería en la pasada campaña fue de 2.537.254 miles de euros (Fundación Cajamar, 2017), esto supondría un incremento de más de 500 millones de euros de ingresos anuales.

Además del incremento de producción, otra ventaja es que la mejora de calidad del agua puede propiciar la introducción de nuevos cultivos, más sensibles a la salinidad y de mayor rentabilidad, aumentando la diversificación de cultivos en la zona. Un ejemplo de lo anterior son los nuevos ensayos que se están realizando en la Finca Experimental de UAL-ANECOOP de la Universidad de Almería, sobre cultivo de frutales subtropicales bajo invernadero como es el caso de la papaya, el mango y otras especies. Estos cultivos están dando buenos resultados productivos y económicos y pueden constituir una nueva alternativa productiva en la zona. Esta más amplia alternativa de cultivo, junto con la mayor disponibilidad de recursos debido al ahorro de agua con el sistema de cultivo en sustrato semicerrado, puede dar lugar al aumento de la superficie de cultivo bajo invernadero actualmente existente en la zona. Hay que considerar que las principales limitaciones para el incremento de la superficie de invernaderos en la zona son la escasez y mala calidad del agua y la saturación del mercado en los productos hortícolas tradicionales. Si se mejora la calidad del agua, al tiempo que se ahorra parte del agua y se aumenta la alternativa de cultivo cabe esperar que se pueda producir dicha expansión de los cultivos de invernadero. Hay que considerar que tan sólo un incremento de un 5% de la superficie cultivada implica un aumento de unas 1500 nuevas hectáreas invernadas.

Tenido en cuenta las anteriores consideraciones, se pretenden acometer las siguientes etapas en la difusión y extensión del proyecto: en primer lugar, difundir la tecnología desarrollada a las 5500 ha actuales de cultivo sin suelo que no están dotadas de sistemas cerrados con tratamiento de lixiviados. Posteriormente, tratar de extenderla a la totalidad de cultivos hortícolas bajo invernadero actualmente existentes (más de



30000 ha), transformado buena parte de las explotaciones que cultivan en suelos a SHC. En una su última fase se puede evaluar la posibilidad de introducir nuevos cultivos más sensibles a la salinidad y analizar el potencial de ahorro de agua con objeto de aumentar la superficie de invernaderos más allá de las 30000 ha actuales de cultivo.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El cultivo hidropónico requiere una excelente calidad del agua. La pobre calidad de agua de riego disponible en las zonas de producción hortícola intensiva de la cuenca mediterránea dificulta el uso de sistemas de cultivo sin suelo. El uso de agua desalada de mejor calidad puede fomentar la expansión de esta técnica de cultivo que presenta múltiples ventajas (como se ha analizado en apartados anteriores). El uso de sistemas de cultivo hidropónico cerrados (SHC) con solución recirculante y con tratamiento de los lixiviados que se propone en este proyecto de investigación es una técnica muy apropiada para optimizar el uso de los recursos de agua y fertilizantes y para reducir los impactos ambientales del riego.

La mejora de la calidad y el aumento de rendimiento del cultivo con el uso de sistemas SHC puede suponer una mejora de la rentabilidad para los agricultores y contribuir al desarrollo económico de estas regiones.

El uso de agua desalada de mejor calidad puede permitir la introducción de cultivos más sensibles a la salinidad que actualmente no se están realizando debido a la salinidad del agua de riego. Esto puede aumentar las alternativas productivas de estas zonas y evitar la sobreproducción de algunos productos. Al mismo tiempo, el aumento de recursos hídricos puede propiciar también un incremento de la superficie de cultivo.

La calidad del agua desalada suministrada es apropiada para los sistemas de cultivo sin suelo (SHC) con solución recirculante. No obstante, es necesario realizar una adecuada monitorización y control de algunos elementos en la solución recirculante para evitar el aumento de su concentración hasta niveles que pudieran resultar tóxicos. Se debe prestar especial atención al boro, el cual es capaz de atravesar las membranas de ósmosis inversa y no puede ser fácilmente eliminado. También se debe prestar



especial atención al sodio y cloro que son iones que pueden producir problemas de toxicidad específica.



6. REFERENCIAS

- De Kreijl, C; Voogt, W.; Baas, R., (1999). Nutrient solutions and water quality for soilless cultures. PBG, Naaldwijk, Holland, brochure 196
- Fundación Cajamar. 2017. Análisis de la Campaña Hortofrutícola 2016-17. Cajamar. Almería
- Mazuela, P., Urrestarazu, M. 2004. Ventajas del compost frente a otros sustratos en cultivos sin suelo. Vida rural, ISSN 1133-8938, Nº 199, 2004, pags. 28-31.
- Os, van E.A., Blok, C., Voogt, W., Waked, L., 2016. Water quality and salinity aspects in hydroponic cultivation (urn:nbn:nl:ui:32-512253). WUR Glastuinbouw. <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/512253>
- Pardossi, A., Tognoni, F., Incrocci, L. 2004. Mediterranean greenhouse technology. Chronica Horticulturae. 44. 28-34.
- Sánchez, J.A., Reca, J., Martínez, J. 2015a. Irrigation Water Management in a Mediterranean Greenhouse District: Irrigation Adequacy Assessment. Irrigation and Drainage 64, 299–313. <https://doi.org/10.1002/ird.1908>
- Sánchez, J.A., Reca, J., Martínez, J. 2015b. Water Productivity in a Mediterranean Semi-Arid Greenhouse District Water Resour Manage (2015) 29:5395–5411 DOI: 10.1007/s11269-015-1125-5
- Urrestarazu, M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. Mundi Prensa. Madrid. ISBN: 9788484761396
- Valera Martínez, D.L., Belmonte Ureña, L.J., Molina Aiz, F.D. y López Martínez, A., 2014. Los invernaderos de Almería: Análisis de su tecnología y rentabilidad. Cajamar Caja Rural, Almería (España), 504 pp.
- Valera, D.L., Belmonte, L.J., Molina-Aiz, F.D., López, A. 2016. Greenhouse Agriculture in Almería. A Comprehensive Techno-Economic Analysis, first ed., Cajamar Caja Rural, Almería, Spain, 2016. [Available online: <http://www.publicacionescajamar.es/series-tematicas/economia/greenhouse-agriculture-in-almeria-a-comprehensive-techno-economic-analysis/>]