



PROPOSAL LIFE 16-ENV-ES-000341

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



**“Report on irrigation treatments and procedures to the water
quality adjustments”**

ACCIÓN B.2.1. “DETERMINATION OF IRRIGATION TREATMENTS”

ACCIÓN B.2.2. “MONITORING AND ADJUSTMENT OF WATER QUALITY”



“14/09/2018”



ABSTRACT

In this study, the different treatments used to measure and quantify the differences found by using both, desalinated water and wells water, in growing greenhouse tomatoes are detailed. The greenhouse growing has been studied in hydroponic and soil. For the measurements, it has been required to provide water with different electrical conductivity. Three different levels of electrical conductivity on the waters can be found: “Treatment 1”, desalinated water; “Treatment 2”, water of 1,5 dS/m; and “Treatment 3” water of 3 ds/m. For each, it has been performed 3 repetitions on soil and 3 in hydroponic. Accordingly, a total of 6 plots are watered with desalinated water with a conductivity of 0.5 dS/m. Other 6 are watered with water with a conductivity of 1.5 ds/m and other 6 are watered with water with a conductivity of 3 ds/m. As the result, we have a total of 18 sample plots, where the treatments are applied.

RESUMEN

En este entregable se describen los diferentes tratamientos necesarios para determinar el objetivo general, que es cuantificar las diferencias derivadas del uso de agua desalinizada y agua de pozo en un cultivo de tomate en invernadero, cultivado en suelo y en hidropónico. Para la ejecución del ensayo, es necesario el suministro de agua de diferentes CE, por un lado, usamos agua desalinizada “Tratamiento 1” y por otro, dos aguas a concentraciones más elevadas, simulando dos pozos, “Tratamiento 2” agua a una conductividad de 1,5 dS·m⁻¹ y “Tratamiento 3” agua a una conductividad de 3 dS·m⁻¹. De cada una de estas aguas existen tres repeticiones en suelo y tres repeticiones en hidropónico. En total se analizarán 6 parcelas que se riegan con agua desalinizada a una conductividad de 0.5 dS/m, 6 parcelas con agua a una conductividad de 1.5 dS/m y 6 parcelas a una conductividad de 3 dS/m. Finalmente quedan, dieciocho parcelas demostrativas, donde se aplican tres tratamientos en tres repeticiones en cultivo en suelo y tres tratamientos en tres repeticiones en cultivo en hidropónico.



ÍNDICE

1. TRATAMIENTOS DE AGUA DE RIEGO

1.1 AGUA DESALINIZADA (Tratamiento 1)

1.2 PREPARACIÓN DE LOS TANQUES DE ALTA SALINIDAD

1.3 AGUAS DE POZOS (Tratamientos 2 y 3)

2. FERTIRRIEGO

2.1 APORTES NUTRICIONALES IDEALES

2.2 APORTES PREVISTOS

2.3 FERTILIZANTES COMERCIALES UTILIZADOS

3. REFERENCIAS

ANEJO I: ANÁLISIS DE AGUA DE LA DESALADORA DE CARBONERAS
(ENERO – DICIEMBRE 2017)



1. TRATAMIENTOS DE AGUA DE RIEGO

Existen tres principales formas de clasificar la calidad del agua de riego en función de la salinidad, la sodicidad y la toxicidad. En el caso que nos ocupa nos centraremos en salinidad, siendo este un criterio primordial de calidad y representa el efecto que tienen las sales sobre el rendimiento de los cultivos.

Son muchos los factores que determinan la calidad del agua de riego, en el caso de la salinidad existen varias clasificaciones, según Cánovas en 1986, aguas de menos de 1,2 mS/cm ó 1200 μ S/cm no suelen plantear ningún problema, por el contrario, aguas con una conductividad por encima de 2,5 mS/cm ó 2500 μ S/cm no son aconsejables para el riego. Otros como Ayers y Westcot (1985) las clasifican como se observa en la Tabla 1:

Tabla 1: Clasificación del nivel de riesgo para las plantas según los valores de CE (dS/m) (Ayers y Westcot, 1985).

Problema potencial	Ninguno	Ligero o Moderado	Severo
CE (dS m⁻¹)	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0

Estas distintas concentraciones de salinidad en el agua no sólo pueden hacer variar la producción obtenida, sino que también pueden modificar los distintos parámetros de calidad del fruto.

Con este ensayo se pretenden cuantificar las diferencias derivadas del uso de agua desalinizada y agua de pozo en un cultivo de tomate en invernadero, cultivado en suelo y en hidropónico. Para la ejecución del ensayo, es necesario el suministro de agua de diferentes CE, por un lado, usamos agua desalinizada y por otro, dos aguas a concentraciones más elevadas, simulando dos pozos.

De cada una de estas aguas existen tres repeticiones en suelo y tres repeticiones en hidropónico. En total se analizarán 6 parcelas que se riegan con agua desalinizada a una conductividad de 0,5 dS/m, 6 parcelas con agua a una conductividad de 1,5 dS/m y 6 parcelas a una conductividad de 3 dS/m.



Finalmente quedan, dieciocho parcelas demostrativas, donde se aplican tres tratamientos en tres repeticiones en cultivo en suelo y tres tratamientos en tres repeticiones en cultivo en hidropónico (Figura 1).

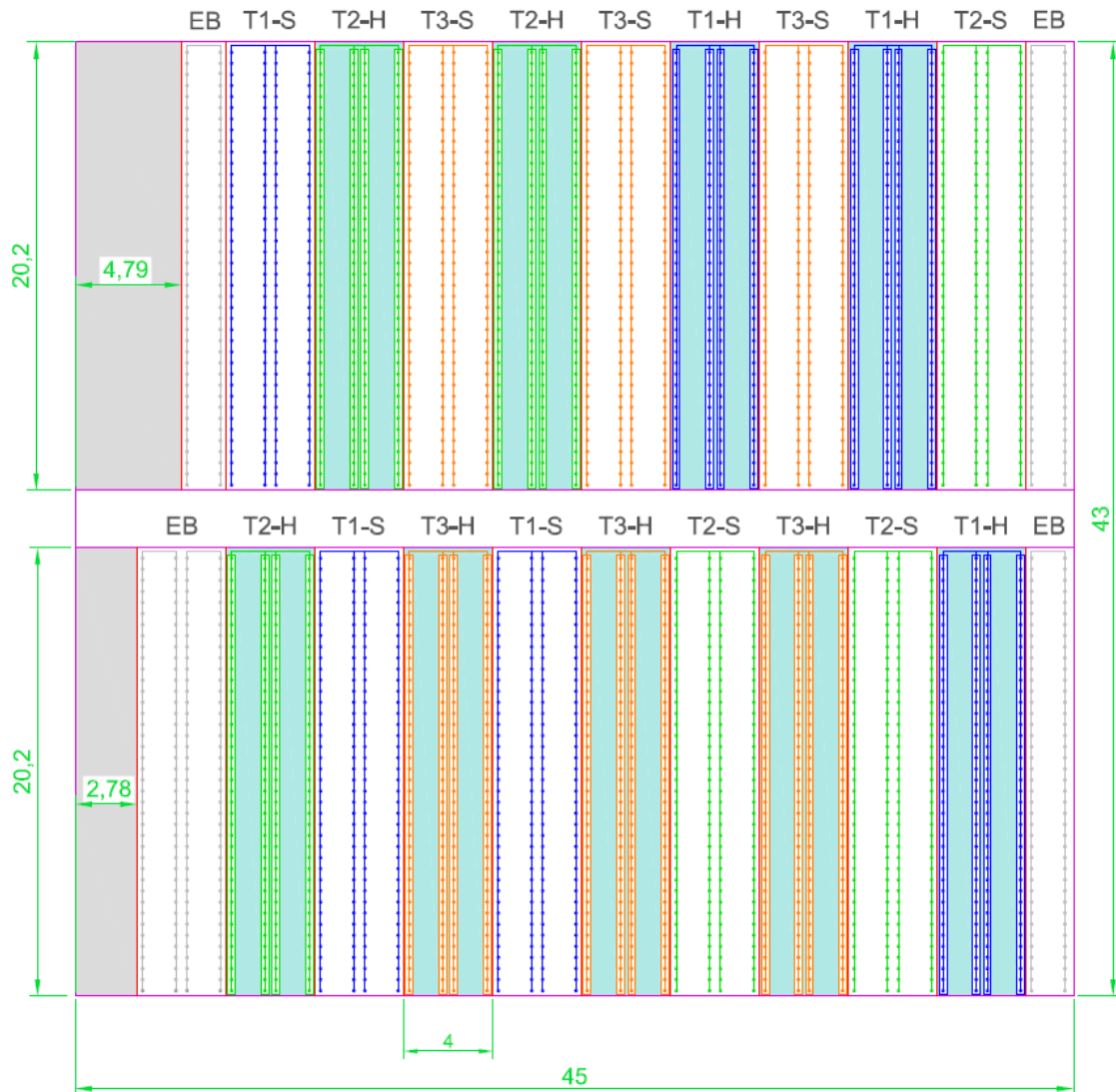


Figura 1: Distribución de los tratamientos (cotas en metros). (EB: Efecto borde; T1: Tratamiento con agua desalinizada; T2: Tratamiento CE media; T2: Tratamiento CE alta; S: Cultivo en suelo; H: Cultivo en hidropónico).



1.1 AGUA DESALINIZADA (Tratamiento 1)

El agua desalinizada es suministrada por la Planta Desaladora de Carboneras y se almacena en las balsas de la Fundación Finca Experimental UAL-ANECOOP, teniendo las parcelas de ensayos acceso permanente a ella.

Para determinar las características medias del agua desalinizada, se ha tomado como referencia la media de los análisis realizados en la Comunidad de Usuarios de la Comarca de Níjar en el año 2017 (Tabla 2) (Anejo 1).

Tabla 2: Media anual de los parámetros medidos por la Comunidad de Usuarios de la Comarca de Níjar.

2017	dS·m ⁻¹	mmol L ⁻¹					mmol L ⁻¹				
	CE	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	H ₂ PO ₄	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	NH ₄ ⁺
ENERO	0,473	0,008	0,068	0,002	0,735	3,435	0,087	0,337	0,132	3,226	0,002
FEBRERO	0,451	0,008	0,066	0,002	0,922	3,413	0,085	0,341	0,127	3,284	0,002
MARZO	0,446	0,008	0,066	0,002	0,775	3,616	0,086	0,350	0,135	3,279	0,002
ABRIL	0,464	0,008	0,056	0,002	1,022	3,396	0,080	0,257	0,115	3,174	0,005
MAYO	0,487	0,008	0,064	0,002	0,962	3,464	0,085	0,360	0,109	3,270	0,002
JUNIO	0,53	0,008	0,067	0,001	0,781	3,877	0,098	0,375	0,256	3,605	0,002
JULIO	0,479	0,008	0,065	0,001	0,802	3,696	0,091	0,375	0,227	3,708	0,002
AGOSTO	0,526	0,008	0,061	0,001	0,751	4,000	0,096	0,217	0,306	3,674	0,002
SEPTIEMBRE	0,476	0,008	0,056	0,001	0,751	3,540	0,087	0,177	0,345	3,432	0,002
OCTUBRE	0,492	0,008	0,047	0,003	0,751	3,640	0,092	0,340	0,123	3,707	0,002
NOVIEMBRE	0,553	0,008	0,073	0,002	0,855	4,106	0,105	0,355	0,156	3,836	0,002
DICIEMBRE	0,621	0,008	0,067	0,002	0,842	3,789	0,091	0,355	0,150	3,594	0,002
MEDIA	0,50	0,01	0,06	0,00	0,83	3,66	0,09	0,32	0,18	3,48	0,00



1.2 PREPARACIÓN DE LOS TANQUES DE ALTA SALINIDAD

Para los otros dos tratamientos (Tratamientos 2 y 3) se requiere agua de alta CE que se “fabrica” en el invernadero. Para ello se dispone de tres tanques de 5000 litros cada uno, quedando una capacidad total de almacenado de 15.000 litros. En estos tanques se hace el aporte de sales necesario para conseguir la alta CE.

Para la fabricación del agua de ambos tratamientos partimos del agua desalinizada en origen, y se aportan sales hasta conseguir el agua a una CE de $7,5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (Tabla 3). Siendo el agua final teórica, un estándar equilibrado de agua, con alto contenido de cada elemento para conseguir la alta CE.

Tabla 3: Aporte de sales para los tanques de alta salinidad.

	15000 L	mmol L ⁻¹					mmol L ⁻¹				
		NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	H ₂ PO ₄	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	NH ₄ ⁺
Agua desalinizada		0,01	0,06	0,00	0,83	3,66	0,09	0,32	0,18	3,48	0,00
Agua final teórica		0,00	10,00	0,00	0,00	15,00	0,00	20,00	10,00	15,00	0,00
Aportes teóricos		-0,01	9,94	0,00	-0,83	11,34	-0,09	19,68	9,82	11,52	0,00
Carbonato cálcico (CO₃Ca)	29,5 kg				19,68			19,68			
Sulfato Magnésico (SO₄Mg)	36,3 kg		9,82					9,82			
Cloruro Sódico (ClNa)	10,1kg					11,52				11,52	
Aportes reales		0,00	9,82	0,00	19,68	11,52	0,00	19,68	9,82	11,52	0,00
Agua final real		0,01	9,88	0,00	20,51	15,18	0,09	20,00	10,00	15,00	0,00
CE teórica		7,5 dS·m ⁻¹									

La preparación de los tanques de agua de alta salinidad se realiza del siguiente modo:

- 1º Llenado de los tanques hasta la mitad, con la bomba soplante en marcha.
- 2º Aporte de los ácidos para la disolución del Carbonato cálcico (Tabla 4).

Tabla 4: Aporte de ácidos.

	L en 15000 L
Ácido clorhídrico	0,50 L
Ácido sulfúrico	0,50 L



3° Aporte de las sales totales (Tabla 5).

Tabla 5: Aporte de sales.

	kg en 15000 L
Carbonato cálcico (CO ₃ Ca)	29,5 kg
Sulfato Magnésico (SO ₄ Mg)	36,3 kg
Cloruro Sódico (ClNa)	10,1kg

4° Seguimos llenando hasta completar a 15000 litros con la bomba soplante en marcha.

1.3 AGUAS DE POZOS (Tratamientos 2 y 3)

Para conseguir los tratamientos 2 y 3 que simulan los dos pozos, vamos aportando una cantidad proporcional de agua de alta CE de los tanques de 15.000 L, al agua que va pasando por la tubería principal de agua desalinizada.

Para ello se usa una bomba dosificadora, que se programa en función del tratamiento que se deseen: tratamiento 2: agua a una conductividad de 1,5 dS·m⁻¹ o tratamiento 3: agua a una conductividad de 3 dS·m⁻¹.

Para determinar el caudal de inyección lo calculamos del siguiente modo:

$$\left. \begin{array}{l} V_D \times CE_D + V_S \times CE_S = V_T \times CE_T \quad (1) \\ V_D + V_S = V_T \quad (2) \end{array} \right\} \frac{V_D}{V_T} = \frac{CE_T - CE_S}{CE_D - CE_S} \quad (3)$$

$$\frac{V_S}{V_T} = 1 - \frac{V_D}{V_T} \quad (4)$$

$$\boxed{\text{Caudal de inyección} = \frac{V_S}{V_D}} \quad (5)$$



Dónde:

- V_D : Volumen de agua desalinizada
- V_S : Volumen de agua del tanque de alta CE
- V_T : Volumen de agua del Tratamiento
- CE_D : Conductividad eléctrica del agua desalinizada
- CE_S : Conductividad eléctrica del agua del tanque de alta CE
- CE_T : Conductividad eléctrica del Tratamiento

Por lo tanto, para conseguir el tratamiento 2, de agua a una CE de $1,5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, debemos inyectar un 16,64% de agua del tanque de alta CE a la tubería principal de agua desalinizada y, para el tratamiento 3, de agua a una CE de $3 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, debemos inyectar un 55,44 % de agua del tanque de alta CE a la tubería principal de agua desalinizada.

Finalmente nos quedan dos aguas, simulando aguas de pozos con las siguientes composiciones (Tabla 6):

Tabla 6: Composición del agua de los tratamientos 2 y 3.

Tratamiento	$\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$	mmol L^{-1}					mmol L^{-1}				
	CE	NO_3^-	SO_4^{2-}	H_2PO_4	HCO_3^-	Cl	K^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^+	NH_4^+
2	1,5	0,01	1,46	0,00	3,64	5,31	0,09	3,13	1,58	5,13	0,00
3	3,0	0,01	3,56	0,00	7,85	7,77	0,09	7,34	3,68	7,59	0,00

2. FERTIRRIEGO

2.1 APORTES NUTRICIONALES IDEALES

La solución ideal elegida para los cálculos de los fertilizantes, es la de Sonneveld y Straver (1994) que vemos en la Tabla 7.

Tabla 7: Aportes nutricionales ideales basada en Sonneveld y Straver (1994).

		Macronutrientes mM						Micronutrientes μM					
CE $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$	pH	NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^{2-}	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
2	5,80	10,25	1,50	1,25	7,00	3,75	1,00	15,00	10,00	0,75	5,00	30,00	0,50



2.2 APORTES PREVISTOS

En nuestro caso, para calcular la fertirrigación, lo hacemos en función del agua de riego, por ello en algunos casos se eliminan de la disolución final los iones que ya aporta el agua al tenerlos disueltos. Todos los cálculos se han realizado en base a Urrestarazu (2004).

Tabla 8: Aportes previstos para el tratamiento con agua desalada (T1).

	Aniones (mmol L ⁻¹)					Cationes (mmol L ⁻¹)					CE
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	dS·m ⁻¹
Agua de riego	0,01	0,00	0,06	0,83	3,66	0,00	0,09	0,32	0,18	3,48	0,5
Disolución tipo	10,50	1,50	1,25			0,50	7,00	3,75	1,00		
A aportar por el fertilizante	10,49	1,50	1,19			0,50	6,91	3,43	0,82		2,2

Tabla 9: Aportes previstos para el tratamiento con agua de pozo (T2).

	Aniones (mmol L ⁻¹)					Cationes (mmol L ⁻¹)					CE
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	dS·m ⁻¹
Agua de riego	0,01	0,00	1,46	3,64	5,31	0,00	0,09	3,13	1,58	5,13	1,5
Disolución tipo	10,50	1,50	1,25			0,50	7,00	3,75	1,00		
A aportar por el fertilizante	10,49	1,50	0,00			0,50	6,91	0,62	0,00		2,5

Tabla 10: Aportes previstos para el tratamiento con agua de pozo (T3).

	Aniones (mmol L ⁻¹)					Cationes (mmol L ⁻¹)					CE
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	dS·m ⁻¹
Agua de riego	0,01	0,00	3,56	7,85	7,77	0,00	0,09	7,34	3,68	7,59	3,0
Disolución tipo	10,50	1,50	1,25			0,50	7,00	3,75	1,00		
A aportar por el fertilizante	10,49	1,50	0,00			0,50	6,91	0,00	0,00		3,5



2.3 FERTILIZANTES COMERCIALES UTILIZADOS

El equipo de abonado se compone de un equipo Nutricompact® Columnas, 4 depósitos de 200 litros (Tanques de fertilizantes: A, B, C y D) (4 abonos) y 1 depósito de 200 litros (Tanque de ácido), entre otros.

La distribución de los fertilizantes comerciales se realiza del siguiente modo:

- **Tanques A y B + Tanque de Ácido**, dan servicio a los **Tratamientos 1 y 2**.
- **Tanques C y D + Tanque de Ácido**, dan servicio al **Tratamiento 3**.

Los fertilizantes comerciales elegidos y las cantidades que se aportarán son los siguientes:

Tabla 11: Fertilizantes comerciales empleados en los tres Tratamientos.

FERTILIZANTE COMERCIAL	TANQUES (200L)				
	A	B	C	D	ÁCIDO
Nitrato amónico (kg)	0,80	-	0,80	-	-
Nitrato potásico (kg)	6,06	-	8,08	8,08	-
Nitrato cálcico (kg)	-	16,19	-	-	-
Nitrato magnésico (kg)	4,20	-	-	-	-
Sulfato potásico (kg)	4,12	-	-	-	-
Ácido fosfórico (L)	3,28	-	3,94	-	-
Ácido nítrico (L)	-	-	-	7,80	Ácido nítrico
Quelatos (kg)	-	0,40	-	0,40	-
	Tratamientos 1 y 2		Tratamiento 3		Tratamientos 1, 2 y 3

Como se observa en la Figura 1, quedan dieciocho parcelas demostrativas, donde se aplican los tres tratamientos en tres repeticiones en cultivo en suelo y los tres tratamientos en tres repeticiones en cultivo en hidropónico.

Estos datos son para la fertilización en cultivo sin suelo, en el caso del cultivo en suelo, al inicio de la fertilización se disminuirá la CE en un 25 % corrigiéndose esta composición en función del extracto saturado cada 25 días.



3. REFERENCIAS

Ayers, R. S. y Westcot, D. W. 1985. Water quality for agriculture, FAO Irrigation and Drainage paper 29, FAO, Roma, 156 p.

Cánovas, J. 1986. Calidad Agronómica de las aguas de riego. Servicio de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. Experiencias del Laboratorio Agrario de Diputación Foral de Gipuzkoa.

Sonneveld, C. y Straver, N. 1994. Nutrient solutions for vegetables and flower grow in wáter o substrates. 10^a ed. Proefstation voor tuinbouw onder glas te Naaldwijk. Nº 8. 45 págs.

Urrestarazu, M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. 3^a ed. Mundi Prensa. Madrid. 914 págs.