

# estación experimental



## **EFFECTOS DE LA SALINIDAD SOBRE EL TOMATE EN CULTIVO EN SUSTRATO EN LAS CONDICIONES DEL SURESTE PENINSULAR: RESULTADOS EXPERIMENTALES**

MAGÁN CAÑADAS, J. J.

Curso superior de especialización.  
Mejora de la Eficiencia en el Uso del  
Agua en Cultivos Protegidos. Pág. 169-187

Centro de Investigación y Formación Agraria de Almería,  
Del 29 de septiembre al 10 octubre de 2003

# EFFECTOS DE LA SALINIDAD SOBRE EL TOMATE EN CULTIVO EN SUSTRATO EN LAS CONDICIONES DEL SURESTE PENINSULAR: RESULTADOS EXPERIMENTALES

Magán Cañadas, J. J.  
Estación Experimental Las Palmerillas de Cajamar

## 1. Introducción.

El estudio del efecto de la salinidad sobre los cultivos hortícolas presenta un creciente interés debido al empeoramiento paulatino de la calidad del agua de riego en numerosas zonas productoras. De este modo, la disponibilidad de información que ayude al manejo de los cultivos bajo condiciones salinas resulta básica.

En los cultivos sin suelo existe, además, una clara tendencia hacia la implantación de sistemas cerrados con el fin de reducir drásticamente la emisión de lixiviados al subsuelo y la contaminación de las aguas tanto superficiales como subterráneas (Os, 1998). Sin embargo, estos sistemas tienden a provocar la salinización progresiva de la solución recirculante debido a la continua acumulación de los iones presentes en el agua de riego a una concentración superior a su respectivo coeficiente de absorción<sup>1</sup>, lo que finalmente puede obligar a renovar parcialmente dicha solución para que no se comprometa la producción y la rentabilidad económica del cultivo. Se trata entonces de un sistema semicerrado.

---

<sup>1</sup> El coeficiente de absorción de un nutriente (en inglés *uptake concentration*) se define como el cociente entre la cantidad absorbida por el cultivo de ese nutriente y el volumen absorbido de agua (Sonneveld, 2000) y, por tanto, se expresa en  $\text{mmol L}^{-1}$ . Este coeficiente no es constante durante el cultivo, sino que depende de la fase de desarrollo y las condiciones ambientales, de forma que en condiciones de elevada demanda hídrica tiende a disminuir. Asimismo una mayor concentración del nutriente en la solución radicular puede incentivar su absorción, aumentando dicho coeficiente.

En un sistema cerrado resulta básico que la composición de la solución de refresco que se añade a la solución recirculante con el fin de reponer el consumo de agua y nutrientes efectuado por el cultivo, se ajuste lo mejor posible a los coeficientes de absorción. De este modo se alcanzará un sistema estable en el que ningún nutriente se acumulará o reducirá su concentración. La presencia en el agua de riego de algún ion a concentración superior a su coeficiente de absorción impide alcanzar dicho equilibrio.

Con el fin de minimizar el descarte de solución, será necesario manejar el cultivo a la salinidad límite, por encima de la cual comenzará a afectarse la productividad. Esto implica la necesidad de conocer con exactitud la respuesta del cultivo a la salinidad. Aunque en la bibliografía es posible encontrar numerosos estudios en este sentido, dicha respuesta se ve afectada por las condiciones ambientales, por lo que resulta importante valorarla en las condiciones locales de cultivo.

Conscientes de la falta de información existente en las condiciones de los invernaderos del sureste peninsular, desde el año 2000 y hasta el 2003 se ha llevado a cabo un proyecto de investigación en la Estación Experimental Las Palmerillas de Cajamar encaminado a evaluar la respuesta del tomate larga vida a la salinidad en cultivo sin suelo. En la presente comunicación se incluyen algunos de los resultados obtenidos que han sido elaborados hasta la fecha.

## **2. Diseño experimental.**

Durante el periodo indicado anteriormente se completaron tres ciclos de cultivo, dos en primavera (campañas 2000 y 2002) y un ciclo largo en periodo invernal (campaña 2002-2003). Los ensayos se llevaron a cabo en un invernadero multicapilla con cubierta de polietileno y carente de sistemas activos de control del clima, situado en la estación experimental Las Palmerillas de Cajamar, en El Ejido (Almería).

Se eligió tomate como especie a ensayar por ser uno de los principales cultivos en los hidropónicos del sureste peninsular, y por tender a mostrar efectos favorables al aumento de salinidad, por lo que puede ser una especie muy interesante a la hora de trabajar en sistema cerrado. En el primer ciclo (del 3/2/00 al 6/7/00) el cultivar utilizado fue Daniela por ser la variedad más típica de tomate larga vida, mientras que en los otros dos (del 27/12/01 al 28/6/02 y del 10/9/02 a primeros de junio de 2003<sup>2</sup>) se empleó Boludo por ser una de las variedades tolerantes al virus TYLCV (Tomato Yellow Leaf Curl Virus) más utilizadas por los agricultores. Las operaciones culturales realizadas fueron las típicas de la zona.

Los tratamientos salinos comparados variaron en cada ciclo. De este modo, en el primer cultivo se dispusieron siete tratamientos diferentes, a saber: 2,5 (T1 o tratamiento control), 3 (T2), 4 (T3), 5 (T4), 6 (T5), 7 (T6) y 8 dS m<sup>-1</sup> (T7). Sin embargo, en el segundo y tercer cultivos sólo se compararon cinco tratamientos, variando los niveles entre sí, de forma que en el segundo cultivo fueron: 2,5 (T1 o control), 3 (T2), 4 (T3), 6 (T4) y 8 dS m<sup>-1</sup> (T5), mientras que en el tercero fueron: 2,5 (T1 o control), 4 (T2), 5,5 (T3), 7 (T4) y 8,5 dS m<sup>-1</sup> (T5). En cualquier caso, la conductividad de consigna del tratamiento control se trataba de conseguir mediante nutrientes, de forma que el nivel de sodio y cloruros fuera lo más bajo posible, mientras que en el resto de tratamientos el aumento de conductividad a partir de 2,5 dS m<sup>-1</sup> se llevaba a cabo mediante la adición de cloruro sódico. Se procuraba que el valor medido de conductividad fuese lo más próximo posible al de consigna, de

---

<sup>2</sup> En el momento de redactar la presente comunicación aún no había concluido este cultivo.

forma que se mantuviese en el rango de  $\pm 0,5 \text{ dS m}^{-1}$ . Los tratamientos salinos no comenzaron en el momento del trasplante, sino que la adición de sal fue gradual a partir de 1 ó 2 semanas desde la plantación y durante 7 a 10 días.

Las conductividades de consigna anteriormente indicadas van referidas al drenaje. Con el fin de mantener los tratamientos de salinidad lo más estables posible a lo largo del tiempo de manera uniforme en todo el volumen radicular, se decidió manejar un nivel de lixiviación muy elevado, en torno al 90 %, de forma que las soluciones nutritivas de drenaje y sustrato resultaran similares y no se produjesen oscilaciones importantes entre días con diferentes condiciones ambientales, así como a lo largo del día. Esto simplificó el seguimiento del cultivo y la toma de muestras, la cual se hacía diaria y directamente del drenaje. La conductividad eléctrica media a la que estuvo sometido cada tratamiento a lo largo del experimento se calculó como la media aritmética de los valores de conductividad medidos diariamente a partir del momento que quedaron establecidos todos los tratamientos.

Para mantener un porcentaje de lixiviación tan elevado sin despilfarrar agua y fertilizantes, se decidió trabajar en sistema cerrado, de forma que se estableció una instalación independiente para cada tratamiento. Un esquema del sistema empleado se presenta en la figura 1.

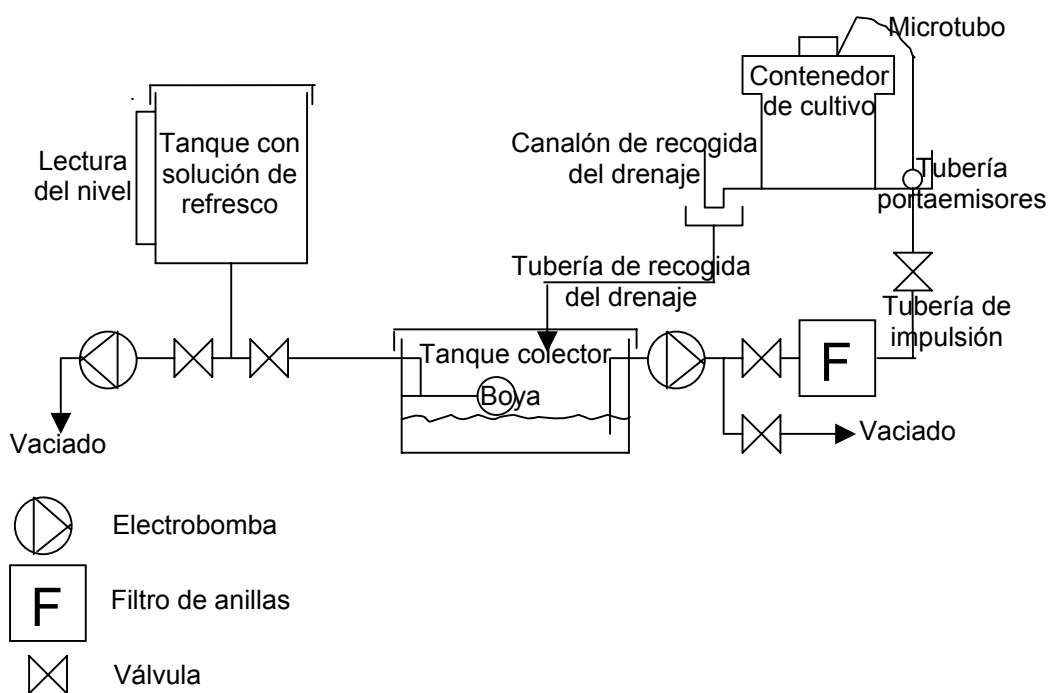


Figura 1. Esquema de la instalación de recirculación utilizada en los experimentos.

El lixiviado era recogido en un tanque colector situado a cota inferior al cultivo y desde aquí se impulsaba al invernadero mediante una electrobomba. En los dos primeros experimentos los emisores utilizados fueron microtubos capilares insertados en la tubería portaemisores y provistos de piqueta para el anclaje, mientras que en el último se decidió sustituirlos por goteros

autocompensantes de  $8 \text{ L h}^{-1}$  de caudal. El cultivo se desarrolló en contenedores de poliestireno de 28 L de volumen rellenos de perlita de 3-6 mm de diámetro, aunque en el semillero la planta creció en tacos de lana de roca de 7,5 x 7,5 cm. Dichos contenedores se dispusieron sobre canalones metálicos para la recogida del drenaje en el primer ensayo y de polipropileno en los otros dos. Finalmente el drenaje de las diferentes líneas de cultivo de un mismo tratamiento era recogido en una tubería enterrada que lo conducía de nuevo al tanque colector correspondiente.

Para reponer el consumo de agua y nutrientes efectuado por el cultivo, se dispuso en el tanque colector una boya que, al bajar el nivel, permitía la entrada de solución de refresco procedente de un tanque superior. Dicha solución se trataba de ajustar lo más fielmente posible a los coeficientes de absorción del cultivo con el fin de reducir al máximo las variaciones en las concentraciones de los diferentes iones de la solución recirculante. Para ello, semanalmente se analizaban las diferentes soluciones recirculantes y se estudiaba el comportamiento de cada ion, llevándose a cabo los reajustes pertinentes en las soluciones de refresco. Los tanques de solución de refresco se volumetraron antes de cada experimento, de forma que, siguiendo el descenso del nivel de agua en el mismo (y procurando que no existiesen pérdidas en todo el circuito) se determinó el consumo de agua del cultivo.

La preparación de las soluciones de refresco se llevaba a cabo manualmente añadiendo la cantidad calculada de los distintos fertilizantes a un volumen determinado de agua, con el fin de conseguir mayor exactitud y poder controlar mejor el consumo de nutrientes del cultivo. La adición de agua y fertilizantes a la solución recirculante se decidió hacerla de forma conjunta con el fin de evitar la instalación de sondas de conductividad eléctrica y pH y los problemas derivados de su posible avería.

### **3. Resultados experimentales.**

#### **3.1. Efecto de la salinidad sobre la floración, el cuajado y el desarrollo del fruto.**

Para conocer el efecto de la salinidad sobre la floración y el cuajado se contó el número de flores y frutos en 16 plantas de cada tratamiento, así como el número de ramilletes en cada una de ellas, lo que permitió determinar el número medio de ramilletes por planta, de flores por ramillete y de flores y frutos por planta, así como el porcentaje de cuajado. Los resultados correspondientes a la campaña de primavera 2002 quedan reflejados en el cuadro 1, indicándose asimismo la existencia o no de diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

Aunque el número de ramilletes por planta y de flores por ramillete no mostraron diferencias significativas, estuvieron próximos a ello. El primer parámetro puede reducirse al someter a las plantas de tomate a elevadas salinidades (Cruz, 1990) o tras una exposición prolongada a condiciones de salinidad moderada (Ieperen, 1996). En cuanto al segundo, algunos autores (González-Fernández y Cuartero, 1994; Grunberg y col., 1995) han sugerido la existencia

de un número básico de flores por ramillete al cual serían constreñidas las plantas que sufren algún estrés (salinidad por ejemplo), de forma que sólo se obtendría un número mayor bajo condiciones ambientales y fisiológicas favorables. Los datos experimentales obtenidos apoyan esta hipótesis, como se observa en la figura 2, de forma que hasta una conductividad de casi 6 dS m<sup>-1</sup> se obtuvo un descenso lineal al aumentar la salinidad, mientras que a partir de este punto se mantuvo el número de flores por ramillete.

Cuadro 1. Datos sobre floración y fructificación de los diferentes tratamientos salinos comparados en la campaña de primavera 2002. n.s., \*, \*\*: diferencias estadísticamente no significativas de acuerdo con el análisis de la varianza,  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,01$ . Letras diferentes indican una diferencia significativa de acuerdo con el test LSD ( $p \leq 0.05$ ).

| Tratamiento                        | 1      | 2       | 3       | 4      | 5       |      |
|------------------------------------|--------|---------|---------|--------|---------|------|
| CE media (dS m <sup>-1</sup> )     | 2,59   | 3,02    | 3,92    | 5,89   | 7,74    |      |
| Número de ramilletes por planta    | 9,1    | 9,1     | 8,6     | 8,8    | 8,7     | n.s. |
| Número de flores por ramillete     | 9,2    | 8,9     | 8,7     | 8,3    | 8,3     | n.s. |
| Número de flores por planta        | 82,9 a | 81,1 ab | 75,0 bc | 72,6 c | 72,2 c  | **   |
| Número de frutos por planta        | 71,5   | 71,8    | 69,1    | 67,5   | 65,5    | n.s. |
| Porcentaje de cuajado de fruto (%) | 86,6 c | 89,0 bc | 92,4 ab | 93,0 a | 91,1 ab | *    |

A pesar de no ser significativa la tendencia de los tratamientos menos salinos a mostrar un mayor número de ramilletes por planta y de flores por ramillete, sí se produjo una reducción del número de flores por planta al aumentar la salinidad (cuadro 1). No obstante, el número de frutos por planta no se vio significativamente afectado, lo cual está en consonancia con lo indicado por otros autores (Stanghellini et al., 1998; Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999). El subsecuente menor porcentaje de cuajado en los tratamientos menos salinos queda explicado por la incapacidad de éstos para soportar esa extrafloración.

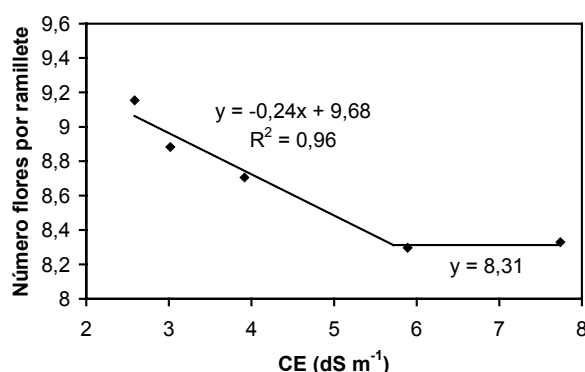


Figura 2. Efecto de la salinidad sobre el número de flores por ramillete.

En lo que se refiere al crecimiento del fruto de tomate tras el cuajado, éste sigue una curva sigmoideal, como se aprecia en la figura 3. En ella se representa la evolución del volumen del fruto a lo largo de su desarrollo para los distintos tratamientos. Durante las dos primeras semanas puede observarse una fase de crecimiento lento en la que básicamente tiene lugar un proceso de división celular que no se ve afectado por la salinidad. Posteriormente se produce un rápido crecimiento por expansión celular que determina las diferencias de tamaño entre tratamientos salinos, y finalmente se alcanza una fase de ralentización previa a la maduración.

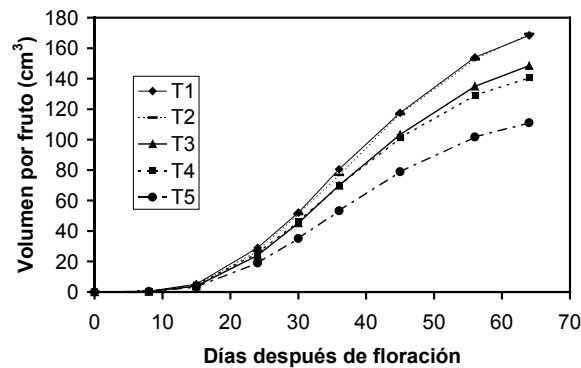


Figura 3. Evolución del volumen del fruto en los diferentes tratamientos salinos en la campaña 2002. Cada punto es la media del volumen de 20 frutos.

El efecto de la salinidad sobre el crecimiento del fruto durante la fase de expansión celular queda reflejado en la figura 4. Como puede observarse, el índice de crecimiento del fruto (ICF) durante la fase de expansión celular disminuye linealmente al aumentar la salinidad en el rango muestreado. Dado que durante esa fase el crecimiento es prácticamente lineal, dicho índice se corresponde con la pendiente de la recta de regresión del crecimiento en función del tiempo.

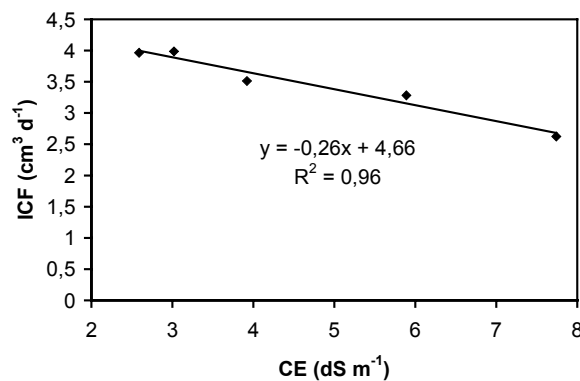


Figura 4. Efecto de la salinidad sobre el índice de crecimiento del fruto durante la fase de expansión celular (desde 24 a 56 días después de la floración).

El tamaño final del fruto de tomate no sólo depende del índice de crecimiento del mismo, sino también del periodo de desarrollo del fruto (PDF) que es el número de días transcurrido entre la floración y la recolección. La salinidad también reduce este parámetro, como se observa en la figura 5, lo que igualmente redundaría en un menor tamaño final del fruto. Sin embargo este efecto no es lineal pues tiende a estabilizarse a partir de una conductividad eléctrica de 6 dS m<sup>-1</sup>, considerando los datos experimentales obtenidos.

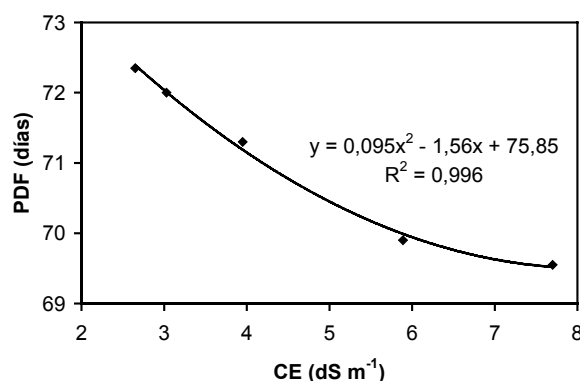


Figura 5. Efecto de la salinidad sobre el periodo de desarrollo del fruto.

### 3.2. Efecto de la salinidad sobre la producción y la calidad de la cosecha.

Es bien sabido que el aumento de la salinidad tiende a reducir significativamente la producción fresca de tomate. En el cuadro 2 se incluyen los resultados obtenidos durante la campaña de primavera 2000 referentes al efecto sobre la producción. La determinación se realizó sobre un total de 4 repeticiones por tratamiento de 25 plantas cada una.

Cuadro 2. Datos de producción de los diferentes tratamientos salinos comparados durante la campaña de primavera 2000. n.s., \*, \*\*: diferencias estadísticamente no significativas de acuerdo con el análisis de la varianza,  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,01$ . Letras diferentes indican una diferencia significativa de acuerdo con el test LSD ( $p \leq 0,05$ )

| Tratamiento                                       | 1       | 2      | 3       | 4      | 5      | 6      | 7      |      |
|---|---------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|------|
| CE media (dS m <sup>-1</sup> )                    | 2,72    | 3,21   | 4,07    | 5,06   | 5,84   | 6,95   | 7,84   |      |
| Producción fresca total (kg m <sup>-2</sup> )     | 20,4 a  | 20,6 a | 20,1 a  | 18,3 b | 16,4 c | 14,6 d | 13,5 d | **   |
| Producción fresca comercial (kg m <sup>-2</sup> ) | 17,4 bc | 18,7 a | 18,2 ab | 16,9 c | 15,0 d | 13,4 e | 12,2 f | **   |
| Número total frutos por m <sup>2</sup>            | 154     | 161    | 164     | 158    | 157    | 155    | 151    | n.s. |
| Número frutos comerciales por m <sup>2</sup>      | 131 d   | 145 ab | 147 a   | 145 ab | 142 ab | 139 bc | 133 cd | **   |
| Materia seca comercial (g m <sup>-2</sup> )       | 904 b   | 979 a  | 991 a   | 991 a  | 902 b  | 863 bc | 819 c  | **   |
| Peso seco por fruto comercial (g)                 | 6,91 a  | 6,77 a | 6,75 a  | 6,81 a | 6,37 b | 6,21 b | 6,15 b | **   |

El número total de frutos por unidad de superficie no fue significativamente afectado por la salinidad, lo que viene a corroborar la no existencia de diferencias estadísticas en el número de frutos por planta indicada en el apartado anterior. A la vista de este resultado puede decirse que el descenso productivo en los tratamientos salinos fue originado principalmente por la reducción del peso fresco por fruto. El efecto de la salinidad sobre este parámetro fue significativo y siguió un descenso lineal, como se observa en la figura 6, siendo similar tanto para los frutos totales como para los comerciales.



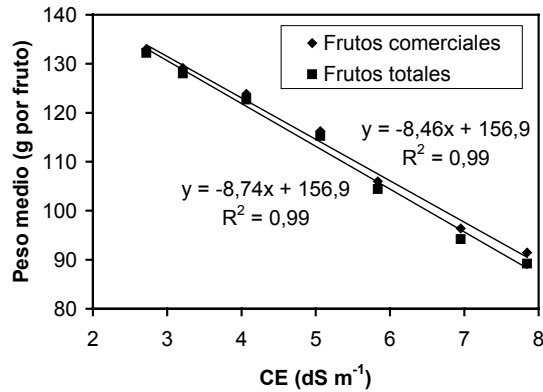


Figura 6. Efecto de la salinidad sobre el peso fresco de los frutos totales y comerciales.

Como se observa en el cuadro 2, la materia seca de la producción comercial tendió a reducirse con la salinidad a partir de una conductividad eléctrica aproximada de 5 dS m<sup>-1</sup>, estando acompañado este descenso de una reducción en el peso seco por fruto comercial. A este respecto la bibliografía no es unánime, pues mientras que algunos autores han obtenido igualmente una reducción del peso seco por fruto (Ieperen, 1996; Petersen y col., 1998), otros no detectaron diferencias significativas (Erhet y Ho, 1986; Adams y Ho, 1989). No obstante, generalmente tiende a obtenerse un aumento lineal del porcentaje de materia seca del fruto con la salinidad (Li, 2000). Nuestros resultados también muestran tal efecto (figura 7), lo cual viene a indicar que la salinidad tiene una mayor influencia sobre el estado hídrico de la planta que sobre su actividad fotosintética.

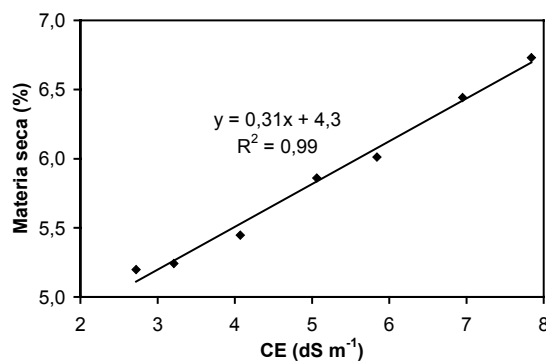


Figura 7. Efecto de la salinidad sobre el porcentaje de materia seca de los frutos comerciales.

El descenso productivo originado por la salinidad tiende a seguir el modelo de Maas y Hoffman (1977), según el cual la producción se mantiene constante hasta un umbral salino, a partir del cual disminuye linealmente. Nuestros resultados se ajustan perfectamente a dicho modelo, como se observa en las figuras 8 y 9 para las producciones total y comercial respectivamente. La producción comercial del T1 fue significativamente menor que la del T2, lo cual fue debido a una mayor aparición de “blotchy ripening” en el primero, que es un problema de calidad visual que se ve favorecido por bajas conductividades eléctricas en la solución nutritiva (Blancard, 1992).

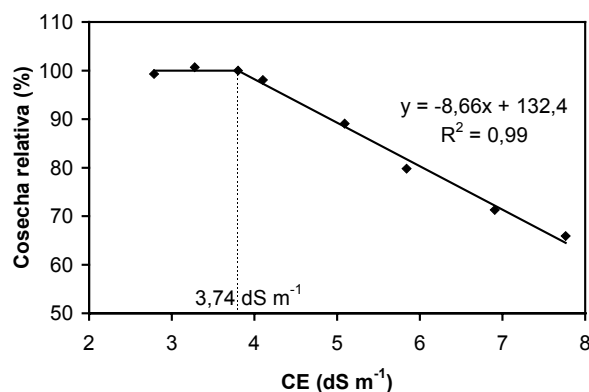


Figura 8. Efecto de la salinidad sobre la producción fresca total relativa.

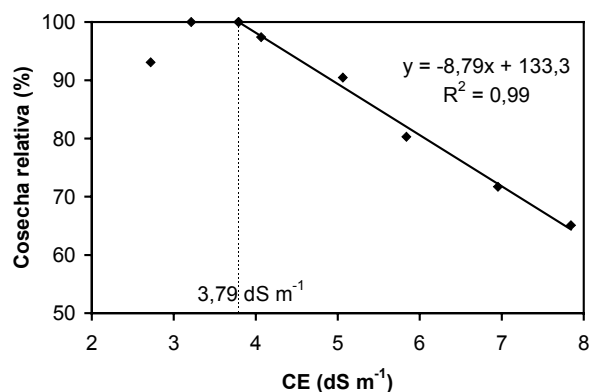


Figura 9. Efecto de la salinidad sobre la producción fresca comercial relativa.

El umbral salino obtenido (en torno a  $3,8 \text{ dS m}^{-1}$ ) es superior al determinado normalmente en experimentos llevados a cabo en invernaderos de clima controlado en el norte de Europa (Sonneveld y Welles, 1988; Sonneveld y Burg, 1991; Li, 2000), lo cual puede ser debido a un efecto varietal. Sin embargo, el valor de descenso de cosecha a partir de dicho umbral (8,7 % y 8,8 % para la producción total y comercial respectivamente por cada incremento unitario de conductividad eléctrica) fue en general mayor debido, posiblemente, a que la alta temperatura y baja humedad relativa alcanzadas en el experimento pudieron potenciar el efecto salino.

En cuanto a la calidad, ésta se vio afectada por la salinidad de forma variable según el parámetro considerado. Así por ejemplo, muchos mercados aceptan mejor los calibres grandes (G y GG) que los pequeños (M y MM) y, dado que la salinidad produce una reducción del calibre, como se observa en la figura 10, ello supone un efecto negativo. Sin embargo, la calidad visual externa establecida de acuerdo con la norma europea 790/2000 muestra una tendencia positiva con el aumento de salinidad, como se refleja en la figura 11.

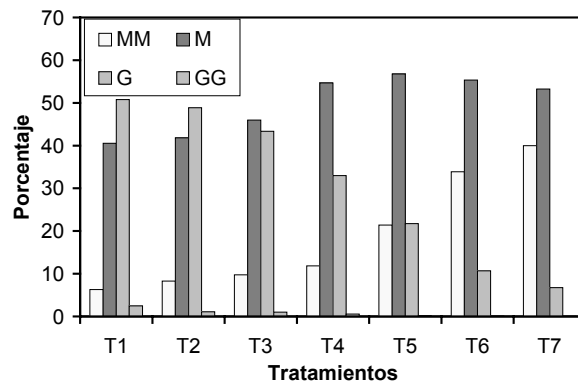


Figura 10. Distribución porcentual de la producción comercial en calibres.

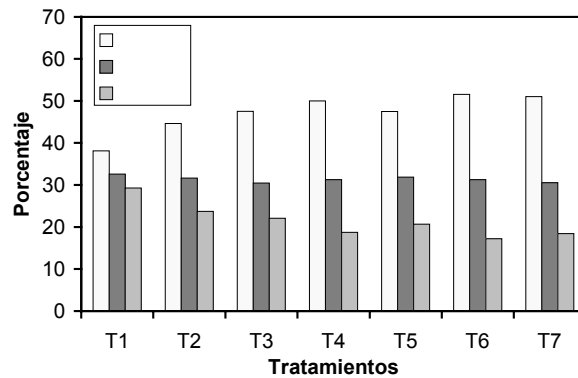


Figura 11. Distribución porcentual de la producción comercial en categorías.

La distribución porcentual del destrío queda reflejada en la figura 12, en la que se observa una drástica reducción de los frutos con “blotchy ripening” al aumentar la conductividad eléctrica, a la vez que un notable aumento de los frutos con “blossom-end rot”. En los tratamientos intermedios el principal problema fue el “cracking”.

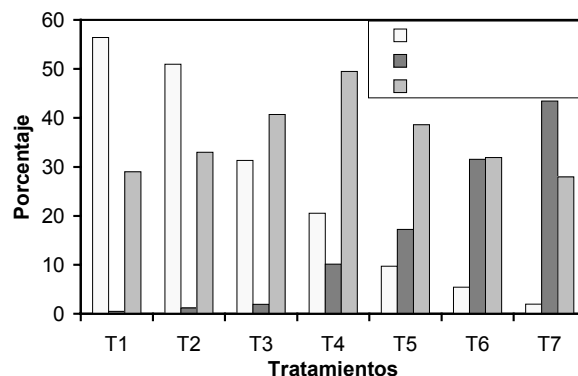


Figura 12. Distribución porcentual del destrío en clases.

Finalmente, los parámetros de calidad interna (contenido en azúcares solubles y pH) también mejoraron con la salinidad, de forma que ambos mostraron una buena correlación lineal, como se observa en las figuras 13 y 14. De este modo, el contenido en sólidos solubles aumentó

a razón de un 4,9 % por cada aumento unitario de conductividad y el pH del fruto disminuyó un 0,7 %.

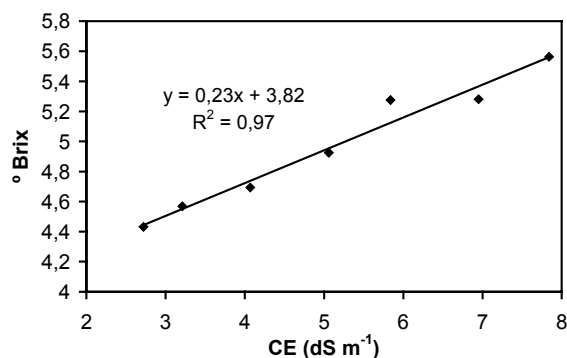


Figura 13. Efecto de la salinidad sobre el contenido en azúcares solubles del fruto.

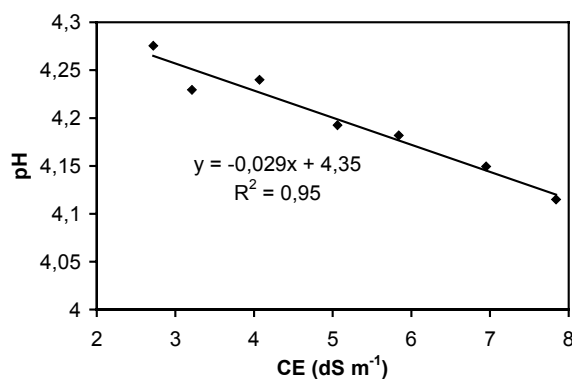


Figura 14. Efecto de la salinidad sobre el pH del fruto.

### 3.3. Efecto de la salinidad sobre el consumo de agua y la eficiencia productiva en el uso del agua.

El consumo de agua fue medido para cada tratamiento en conjunto siguiendo el descenso de solución de refresco en el tanque correspondiente, como ya se indicó en el apartado 2. En la figura 15 se refleja la evolución del consumo hídrico acumulado por unidad de superficie para los distintos tratamientos comparados en la campaña 2000. El cambio de tendencia que se observa a partir de 83 días después del trasplante (d.d.t.) es consecuencia del blanqueo de la cubierta plástica del invernadero realizado en tal fecha.

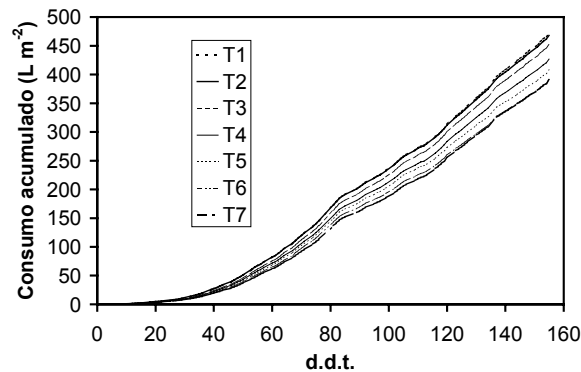


Figura 15. Evolución del consumo de agua acumulado a lo largo del cultivo en la campaña 2000 para cada tratamiento salino.

Es sabido que la absorción de agua en cultivo de tomate se ve significativamente reducida al aumentar la salinidad (Pessaraki y Tucker, 1988), de forma que dicha reducción tiende a mostrar una fuerte correlación lineal (Soria y Cuartero, 1998), que se ve modulada por el nivel de radiación (Schwarz y Kuchenbuch, 1998). De este modo, el consumo hídrico global medido en la campaña de primavera 2000 se redujo linealmente con el aumento de salinidad a razón de un 3,8 % por cada incremento unitario de conductividad eléctrica, como se observa en la figura 16.

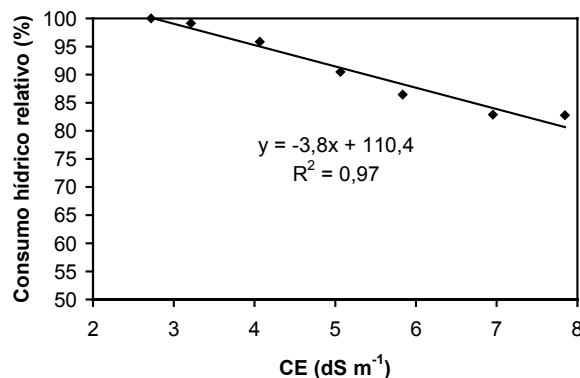


Figura 16. Efecto de la salinidad sobre el consumo de agua.

La eficiencia en el uso del agua se define como la cosecha producida por el cultivo por cada litro de agua consumido. Aunque tanto la cosecha como el consumo hídrico tienden a reducirse al aumentar la salinidad, como ya ha sido indicado anteriormente, lo hacen de forma independiente. De este modo, la eficiencia en el uso del agua referida tanto a la producción comercial fresca ( $EUA_f$ ) como seca ( $EUA_s$ ) se ajustó aceptablemente bien a sendas funciones polinómicas de segundo grado respecto a la salinidad en la solución de drenaje (figuras 17 y 18), de forma que el máximo se alcanzó a una conductividad eléctrica de 4,3 y 5,6  $dS m^{-1}$  respectivamente. Dichas funciones difieren de las expresiones exponenciales obtenidas por Schwarz y Kuchenbuch (1998), pero hay que tener en cuenta que en nuestro experimento se alcanzó un umbral salino relativamente alto, mientras que el consumo de agua se redujo linealmente en todo el rango de salinidad muestreado, lo que favoreció a los tratamientos

intermedios en cuanto a su eficiencia en el uso del agua. Por otro lado, la reducción de la eficiencia en el uso del agua con la salinidad ha sido mayor en nuestro caso que en el indicado por Stanghellini y col. (2002), aunque hay que tener presente el mayor valor de descenso de cosecha obtenido por nosotros.

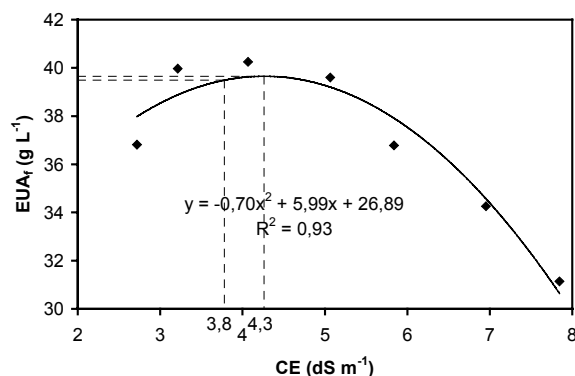


Figura 17. Efecto de la salinidad sobre la eficiencia en el uso del agua para la producción comercial expresada en peso fresco.

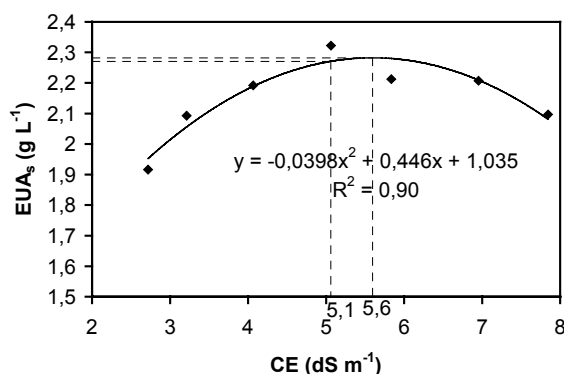


Figura 18. Efecto de la salinidad sobre la eficiencia en el uso del agua para la producción comercial expresada en peso seco.

La EUA<sub>f</sub> máxima alcanzada es comparable con la obtenida por otros autores trabajando con tomate en sistema cerrado (Uronen, 1995; Alarcón y col., 1998; Magán y col., 1999), aunque también existen experiencias en las que se lograron eficiencias superiores (Egea y col., 1999; Brañas y col., 1999).

Los resultados sugieren que la máxima eficiencia en el uso del agua se obtiene a una salinidad algo mayor que la correspondiente al umbral salino para la producción comercial. No obstante, la EUA<sub>f</sub> correspondiente a este umbral (3,8 dS m<sup>-1</sup>) fue sólo un 0,4 % menor que la EUA<sub>f</sub> máxima (Figura 17). Análogamente, la EUA<sub>s</sub> calculada para el valor de conductividad eléctrica a la que se obtuvo máxima producción comercial expresada en peso seco (5,1 dS m<sup>-1</sup>) fue sólo un 0,5 % menor que la EUA<sub>s</sub> máxima (Figura 18). Por tanto, puede considerarse que el umbral salino obtenido para la producción comercial fresca se ha comportado favorablemente desde el punto de

vista del aprovechamiento productivo del agua y que, manteniendo una conductividad próxima a dicho umbral, se compagina máxima producción con un buen uso del agua.

#### 4. Referencias.

- Adams, P.; Ho, L.C. 1989. Effects of constant and fluctuating salinity on the yield, quality and calcium status of tomatoes. *Journal of Horticultural Science*, 64: 725-732.
- Alarcón, A.L.; Madrid, R.; Egea, C.; Brañas, F.J. 1998. Modelo de cultivo sin suelo con recirculado integral de lixiviados. *Actas de Horticultura*, 21: 209-216.
- Blancard, D. 1992. Enfermedades del tomate. Ediciones Mundi-Prensa.
- Brañas, F.J.; Castañón, G.; Alarcón, A.L. 1999. Recirculación de los lixiviados producidos en un cultivo de tomate. *Actas del XVII Congreso Nacional de Riegos*: 157-161.
- Cruz, V. 1990. Tolerancia a la salinidad y criterios de selección en *Lycopersicon* Mill. Spp. PhD dissertation. Universidad de Málaga, 484 pp.
- Cuartero, J.; Fernández-Muñoz, R. 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae*, 78: 83-125.
- Egea, C.; Madrid, R.; Conesa, J.J.; Brañas, F.J. 1999. Consumo de agua y producción en cultivo de tomate en dos sustratos diferentes con recirculado de lixiviados en cultivo sin suelo. *Actas del VIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas*: 65-70.
- Ehret, D.L.; Ho, L.C. 1986. The effect of salinity on dry matter partitioning and fruit growth in tomatoes grown in nutrient film culture. *Journal of Horticultural Science*, 61: 361-367.
- González-Fernández, J.J.; Cuartero, J. 1994. Fructificación en dos especies de *Lycopersicon* cultivadas con sal. *Actas de Horticultura* 12: 41-47.
- Grunberg, K.; Fernández-Muñoz, R.; Cuartero, J. 1995. Growth, flowering and quality and quantity of pollen of tomato plants grown under saline conditions. *Acta Horticulturae* 412: 484-489.
- Ieperen, W. Van 1996. Effects of different day and night salinity levels on vegetative growth, yield and quality of tomato. *Journal of Horticultural Science*, 71: 99-111.
- Li, Y.L. 2000. Analysis of greenhouse tomato production in relation to salinity and shoot environment. PhD dissertation. Wageningen University, Wageningen, 96 pp.
- Maas, E.V.; G.J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance – Current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division* 103, No IR2: 115-134.
- Magán, J.J.; Romera, M.P.; Cánovas, F.; Fernández, E.J. 1999. Ahorro de agua y nutrientes mediante un sistema de cultivo sin suelo con reúso del drenaje en tomate larga vida. *Actas del XVII Congreso Nacional de Riegos*: 186-193.
- Os, E.A. van. 1998. Closed soilless growing systems in the Netherlands: The finishing touch. *Acta Horticulturae*, 458: 279-291.
- Pessarakli, M.; Tucker, T.C. 1988. Dry matter yield and nitrogen-15 uptake by tomatoes under sodium chloride stress. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52: 698-700.

- Petersen, K.K.; Willumsen, J.; Kaack, K. 1998. Composition and taste of tomatoes as affected by increased salinity and different salinity sources. *Journal of Horticultural Science*, 73: 205-215.
- Schwarz, D.; Kuchenbuch, R. 1998. Water uptake by tomato plants grown in closed hydroponic systems dependent on the EC-level. *Acta Horticulturae*, 458: 323-328.
- Sonneveld, C.; G.W.H. Welles. 1988. Yield and quality of rockwool-grown tomatoes as affected by variations in EC-value and climatic conditions. *Plant and Soil*, 111: 37-42.
- Sonneveld, C.; A.M.N. van der Burg. 1991. Sodium chloride salinity in fruit vegetable crops in soilless culture. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 39: 115-122.
- Sonneveld, C. 2000. Effects of salinity on substrate grown vegetables and ornamentals in greenhouse horticulture. PhD dissertation. Wageningen University. Wageningen, 151 pp.
- Soria, T.; Cuartero, J. 1998. Tomato fruit yield and water consumption with salty water irrigation. *Acta Horticulturae*, 458: 215-219.
- Stanghellini, C.; Meurs, W.Th.M. van; Corver, F.; Dulleman, E. van; Simonse, L. 1998. Combined effect of climate and concentration of the nutrient solution on a greenhouse tomato crop. II: yield quantity and quality. *Acta Horticulturae*, 458: 231-237.
- Stanghellini, C.; Kempkes, F.; Heuvelink, E.; Bonasia, A.; Karas, A.; Botden, N. 2002. Water and nutrient uptake of sweet pepper and tomato as (un)affected by watering regime and salinity. *International Symposium on Products and Process Innovation for Protected Cultivation in Mild Winter Climate*, 5-8 Marzo de 2002, Ragusa, Italia.
- Uronen, K.R. 1995. Leaching of nutrients and yield of tomato in peat and rockwool with open and closed system. *Acta Horticulturae*, 401: 443-449.