



## EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE UN CULTIVO DE TOMATE EN CONDICIONES SALINAS

MAGÁN, J.J.  
CASAS, E.  
GALLARDO, M.  
LORENZO, P.

Se autoriza la reproducción íntegra o parcial  
citando su procedencia: Estación Experimental de  
Cajamar 'Las Palmerillas'

VII Jornadas de sustratos.  
24, 25 y 26 Marzo 2004. Madrid

## **Evolución de la Producción de un Cultivo de Tomate en Condiciones Salinas**

J.J. Magán<sup>1</sup>, E. Casas<sup>1</sup>, M. Gallardo<sup>2</sup>, P. Lorenzo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Estación Experimental de Cajamar Las Palmerillas. El Ejido, Almería.

<sup>2</sup> Departamento de Producción Vegetal. Universidad de Almería. La Cañada de San Urbano, Almería.

<sup>3</sup> C.I.F.A. La Mojonera, Almería.

**Palabras clave:** cloruro sódico, cultivo sin suelo, *Lycopersicon esculentum*, recirculación, salinidad, umbral salino.

### **Resumen**

La disminución de la calidad de las aguas de riego, así como la implantación de los sistemas cerrados son factores que van a propiciar el manejo de los cultivos sin suelo bajo condiciones de salinidad moderada, por lo que resulta fundamental conocer el comportamiento de los cultivos en tales condiciones. Con este objetivo, durante la campaña 2002/03 se realizó un experimento con un cultivo de tomate larga vida en el que se compararon cinco tratamientos de diferente salinidad con las siguientes conductividades eléctricas (CE) en la solución radicular: 2,5, 4, 5,5, 7 y 8,5 dS m<sup>-1</sup>. El primer tratamiento fue el control y el aumento de conductividad a partir del mismo se consiguió mediante la adición de cloruro sódico. Se controló la producción total y comercial de cada tratamiento, así como el número de frutos recolectados, lo que permitió calcular el peso medio del fruto.

La producción total acumulada se redujo linealmente con el aumento de salinidad a razón de un 7,8 % por cada incremento unitario de CE a partir de un umbral de 3,2 dS m<sup>-1</sup>, mientras que la comercial lo hizo a razón de un 8,9 % a partir de un umbral de 3,3 dS m<sup>-1</sup>. Por otro lado, el peso medio del fruto disminuyó linealmente a partir del tratamiento control a razón de un 6,1 y un 5,7 % por cada incremento unitario de conductividad para los frutos totales y comerciales respectivamente. En cuanto al número de frutos, éste se redujo significativamente al aumentar la salinidad, siendo dicha reducción mayor en el caso de los frutos comerciales. Analizando la producción por meses se observó que ésta disminuía linealmente a partir del tratamiento control, excepto en los meses de diciembre y abril, en los que se redujo linealmente a partir del tratamiento 2 (CE 4 dS m<sup>-1</sup>) debido a la presencia de un mayor número de frutos recolectados en los tratamientos de salinidad intermedia respecto del control. En todos los meses el peso medio de los frutos disminuyó linealmente desde el tratamiento control, aunque no se obtuvieron diferencias significativas entre las distintas pendientes. Sin embargo, sí se detectó un importante efecto del clima sobre el porcentaje de aparición de frutos con podredumbre apical, de forma que esta fisiopatía fue prácticamente inexistente en invierno, mientras que alcanzó niveles importantes en abril y mayo en los tratamientos de mayor conductividad. Bajo condiciones de baja demanda evaporativa en los meses invernales no se incrementó el umbral salino respecto al obtenido el resto del periodo de cultivo.

## INTRODUCCIÓN

La tolerancia a la salinidad de los cultivos queda definida por el valor umbral de CE (salinity threshold,  $t$ ) hasta el cual no se producen pérdidas productivas, y un valor de descenso porcentual de cosecha por cada incremento unitario de CE más allá de dicho umbral (salinity yield decrease value, SYD) (Maas y Hoffman, 1977). Un cultivo será tanto más tolerante a la salinidad cuanto mayor sea  $t$  y menor SYD. Sin embargo, dicha tolerancia no es constante para una especie y cultivar dados, sino que se ve fuertemente modulada por el clima, de forma que en condiciones de baja demanda evaporativa se reduce significativamente el efecto deletéreo de la salinidad (Sonneveld y van den Bos, 1995; Li, 2000). De acuerdo con Li (2000), estas condiciones ambientales atenúan el descenso de la producción gracias a que reducen la pérdida de peso fresco del fruto y la aparición de frutos con podredumbre apical, pero no afectan al valor umbral de salinidad. Del mismo modo, Sonneveld y van der Burg (1991) realizaron dos ciclos diferentes de cultivo de tomate (otoño y primavera-verano) en los que obtuvieron umbrales similares (2,5 y 2,9  $\text{dS m}^{-1}$ , respectivamente) pero valores de SYD muy diferentes (2,3 y 7,2 %, respectivamente). Sin embargo, otros autores han encontrado umbrales notablemente más elevados. Así, Adams (1988) consiguió el máximo productivo a una CE de 4,8  $\text{dS m}^{-1}$ .

El objetivo del presente trabajo es estudiar el efecto de la salinidad sobre la producción de un cultivo de tomate larga vida y ver cómo afectan las diferentes condiciones ambientales registradas a lo largo de su desarrollo al valor umbral y a la pérdida de cosecha.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en un invernadero multicapilla (960  $\text{m}^2$ ) con cubierta de polietileno y carente de sistemas activos de control del clima, salvo ventilación automatizada (estación experimental de Cajamar Las Palmerillas, El Ejido, Almería). Las plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* cv. 'Boludo') crecieron en semillero en tacos de lana de roca (7,5 x 7,5 x 6,5 cm) y se trasplantaron el 10 de septiembre de 2002 a una densidad de 2 plantas  $\text{m}^{-2}$  en contenedores de poliestireno de 28 L de capacidad, rellenos de perlita (granulometría 3-6 mm) dispuestos sobre canalones de polipropileno alveolar para recoger el lixiviado. Las soluciones nutritivas se recircularon en sistema semicerrado para mantener una fracción de drenaje superior al 90 % que asegurara la similitud entre la solución del sustrato y la drenada. Las prácticas culturales realizadas fueron las típicas de la zona. El cultivar de tomate utilizado era indeterminado y las plantas se despuntaron el 10 de marzo de 2003. El experimento finalizó el 3 de junio de 2003. En la figura 1 se presentan los datos climáticos medios correspondientes al interior del invernadero durante el periodo de cultivo.

En el ensayo se compararon cinco tratamientos salinos diferentes. La conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva del tratamiento control (T1) fue 2,5  $\text{dS m}^{-1}$ . Las conductividades de consigna de las soluciones nutritivas de los otros tratamientos fueron: 4 (T2), 5,5 (T3), 7 (T4) y 8,5  $\text{dS m}^{-1}$  (T5). Para ajustar la CE a los valores de consigna por encima del tratamiento control se utilizó cloruro sódico. Al inicio del cultivo la CE de todos los tratamientos era igual a la del control. El incremento de salinidad comenzó una semana después del trasplante y los tratamientos finales se alcanzaron gradualmente durante la semana siguiente. Para controlar la salinidad de cada tratamiento, se efectuaron medidas diarias de la CE de las soluciones nutritivas de aporte y drenaje. Los niveles de CE fueron muy estables gracias a la elevada fracción de drenaje

mantenida. Para reponer la solución absorbida por el cultivo, se añadía agua y nutrientes a cada tratamiento en forma de solución nutritiva de “refresco” ajustada lo más exactamente posible a los coeficientes de absorción del cultivo, de acuerdo con Sonneveld (2000). La solución recirculante se renovaba cuando su CE era de forma consistente  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$  superior al valor de consigna, debido a la acumulación de iones tales como sodio, cloruros o magnesio.

Las medidas diarias de CE del drenaje permitieron calcular el valor medio de CE al que estuvo sometido cada tratamiento durante el experimento como la media de todos los valores correspondientes a dicho tratamiento a partir del momento en el que se alcanzaron las conductividades de consigna.

Las producciones total y comercial así como el número de frutos recolectados se determinaron sobre 4 repeticiones por tratamiento de 16 plantas cada una, realizándose recolecciones semanales desde el 15 de noviembre hasta el final del experimento. Para analizar el efecto de la salinidad sobre la producción en diferentes condiciones ambientales, se determinó la producción correspondiente a cada mes y se correlacionó con la salinidad media a la que habían estado sometidos los frutos durante su desarrollo. Ésta se calculó como la media de los valores de CE del drenaje medidos durante el mes al que se refiere más los dos meses anteriores.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Las producciones total y comercial disminuyeron linealmente con el aumento de salinidad a razón de un 7,8 y 8,9 % respectivamente por cada incremento unitario de CE a partir de un umbral de  $3,2 \text{ dS m}^{-1}$  en el caso de la producción total y de  $3,3 \text{ dS m}^{-1}$  en el caso de la comercial (figura 2). Estos umbrales son un poco mayores a los aportados por algunos autores del norte de Europa (Sonneveld y Welles, 1988; Sonneveld y van der Burg, 1991; Li, 2000) que indican valores comprendidos entre 2 y  $3 \text{ dS m}^{-1}$ . No obstante en la bibliografía también aparecen descritos umbrales superiores al obtenido en el presente experimento (Adams, 1988; Willumsen y col., 1996; Mpelasoka y Nichols, 2003). Esta disparidad de resultados puede estar originada por la diferente tolerancia a la salinidad de los cultivares de tomate empleados en los distintos experimentos, así como por la posible influencia del manejo del cultivo, que podría favorecer un menor cuajado del tratamiento control respecto a los tratamientos salinos, incrementando por consiguiente el umbral.

La reducción de la producción por efecto de la salinidad fue altamente significativa (cuadro 1), siendo debida tanto a la disminución del peso fresco del fruto como del número de frutos. Aunque este segundo efecto no suele producirse a conductividades relativamente bajas, sí explica una parte importante de la reducción de cosecha a salinidades altas. Así por ejemplo, van Ieperen (1996) obtuvo una disminución significativa del número de frutos aplicando una CE de  $9 \text{ dS m}^{-1}$ , semejante a la del tratamiento más salino en el presente experimento.

Analizando la producción por meses se obtuvo una producción similar en cada uno de ellos, salvo en enero y febrero, en los que resultó sensiblemente inferior al resto (figura 3), probablemente como consecuencia de la menor temperatura registrada (figura 1), que pudo ralentizar el desarrollo y la maduración de los frutos. Por otro lado, se detectó una relación lineal negativa desde el tratamiento control entre la producción comercial y la CE calculada para el mes correspondiente, excepto en los meses de diciembre y abril, en los que dicha reducción se produjo desde el tratamiento 2 (figura 3),

coincidiendo con una mayor recolección de frutos en los tratamientos de salinidad intermedia respecto del control (figura 4). Este comportamiento fue diferente al acontecido el resto de los meses, en los que el número de frutos comerciales recolectados tendió a disminuir desde el tratamiento control al aumentar la salinidad, y puede ser explicado por la mayor precocidad en la maduración que muestran los tratamientos salinos (Magán y col., 2003). De este modo se habría producido una mayor aglomeración de frutos maduros en los tratamientos salinos respecto al control al principio del periodo de recolección (diciembre) y al inicio de la primavera (abril) coincidiendo con el ascenso de la temperatura tras el invierno.

A diferencia de la producción comercial, el peso medio del fruto disminuyó linealmente desde el tratamiento control en todos los meses, siendo dicha reducción algo menor en invierno que en primavera (cuadro 2). De este modo, el menor descenso se registró en febrero con un 4,7 % por cada incremento unitario de CE, y el mayor en abril con un 6,4 %, aunque tales diferencias no llegaron a ser estadísticamente significativas. No obstante, el mayor efecto del clima sobre la producción tuvo lugar respecto a la aparición de frutos con podredumbre apical, que fue prácticamente inexistente en invierno con condiciones de baja demanda evaporativa, mientras que resultó importante al principio del periodo de recolección y, sobre todo, en primavera (figura 5). Aunque las condiciones climáticas desarrolladas en esta época no fueron excesivamente estresantes para el cultivo (figura 1), sí supusieron una demanda evaporativa notablemente mayor que en los meses invernales y provocaron una fuerte aparición de esta fisiopatía, especialmente en los tratamientos más salinos. Estos resultados confirman los obtenidos por Li (2000), quien trabajando con alta salinidad en condiciones de baja demanda evaporativa, consiguió disminuir significativamente el número de frutos con podredumbre apical respecto a las condiciones climáticas estándar de los invernaderos del norte de Europa.

La existencia de una relación lineal entre la producción comercial y la CE desde el tratamiento control en los meses invernales indicaría que, bajo condiciones de baja demanda evaporativa, no tendría lugar un incremento de la tolerancia del tomate a la salinidad por aumento de  $t$ , sino por disminución de SYD, al producirse una menor reducción del peso fresco del fruto y una menor aparición de frutos con podredumbre apical. Una CE mayor que el umbral salino establecido provocará pérdidas productivas independientemente de la época del año considerada, aunque serán de menor cuantía en invierno, por lo que podrían ser asumibles desde un punto de vista económico, teniendo en cuenta, además, la mejora de calidad que conlleva la salinidad en tomate. Esto podría permitir el manejo del cultivo a mayores conductividades en los meses de menor demanda evaporativa.

## Referencias

- Adams, P. (1988). Some responses of tomatoes grown in NFT to sodium chloride. ISOSC Proceedings: 59-71.
- Li, Y.L. (2000). Analysis of greenhouse tomato production in relation to salinity and shoot environment. Tesis doctoral. Universidad de Wageningen. 96 pp.
- Maas, E.V.; Hoffman, G.J. (1977). Crop salt tolerance – Current assessment. Journal of the Irrigation and Drainage Division, 103 No IR2: 115-134.

- Magán, J.J.; Casas, E.; Gallardo, M.; Lorenzo, P.; Thompson, R.B. (2003). Effects of increasing salinity on fruit development and growth of tomato grown in soilless culture. *Acta Horticulturae*, 609: 235-240.
- Mpelasoka, B.S.; Nichols, M.A. (2003). The effect of nutrient solution conductivity on the yield and quality of greenhouse tomatoes. *Acta Horticulturae*, 609: 201-205.
- Sonneveld, C.; Welles, G.W.H. (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.; van der Burg, A.M.M. (1991). Sodium chloride salinity in fruit vegetable crops in soilless culture. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 39: 115-122.
- Sonneveld, C.; van den Bos, A.L. (1995). Effects of nutrient levels on growth and quality of radish (*Raphanus sativus* L.) grown on different substrates. *Journal of plant nutrition*, 18(3): 501-513.
- Sonneveld, C. (2000). Effects of salinity on substrate grown vegetables and ornamentals in greenhouse horticulture. Tesis doctoral. Universidad de Wageningen. 151 pp.
- Van Ieperen, W. (1996). Effects of different day and night salinity levels on vegetative growth, yield and quality of tomato. *Journal of Horticultural Science*, 71: 99-111.
- Willumsen, J.; Petersen, K.K. ; Kaack, K. (1996). Yield and blossom-end rot of tomato as affected by salinity and cation activity ratios in the root zone. *Journal of Horticultural Science*, 71 (1): 81-98.

## **Cuadros**

Cuadro 1. Valores de CE media durante todo el experimento, producción total y comercial y número y peso medio de los frutos totales y comerciales de los distintos tratamientos salinos comparados. \*\*:  $p \leq 0,01$ . Letras diferentes indican una diferencia altamente significativa de acuerdo con el test de Duncan ( $p \leq 0,01$ ).

Tratamiento	1	2	3	4	5	
CE media (dS m <sup>-1</sup> )	2,70	4,01	5,51	6,91	8,41	
Producción total (kg m <sup>-2</sup> )	27,7 a	26,3 a	22,3 b	19,4 c	16,8 d	**
Producción comercial (kg m <sup>-2</sup> )	25,2 a	23,8 a	19,9 b	16,9 c	13,8 d	**
Nº frutos totales por m <sup>2</sup>	212 a	211 a	204 ab	201 ab	192 b	**
Nº frutos comerciales por m <sup>2</sup>	181 a	181 a	169 ab	160 b	145 c	**
Peso medio frutos totales en g	131 a	124 b	109 c	96 d	87 e	**
Peso medio frutos comerciales en g	140 a	131 b	118 c	105 d	95 e	**

Cuadro 2. Valores de las pendientes, ordenadas en el origen y coeficientes de correlación ( $R^2$ ) de los ajustes lineales entre el peso medio de los frutos comerciales expresado en valores relativos al tratamiento control y la conductividad eléctrica de la solución drenada para los distintos meses del periodo de recolección. n.s.: diferencias estadísticamente no significativas.

	Pendiente	Ordenada origen	$R^2$
Diciembre	-5,72	114,7	0,99
Enero	-5,69	113,4	0,99
Febrero	-4,72	111,3	0,98
Marzo	-5,77	117,6	0,99
Abril	-6,38	118,0	0,99
Mayo	-6,09	119,0	0,96
	n.s.		

## Figuras

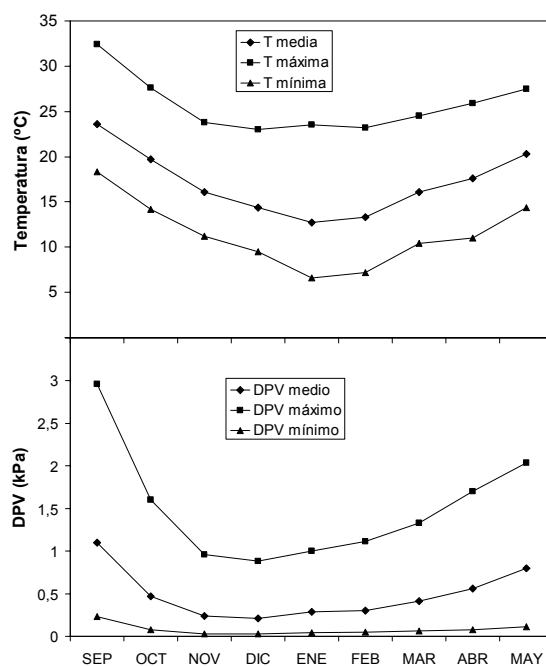


Fig. 1. Evolución de la temperatura (T) y el déficit de presión de vapor (DPV) medios, máximos y mínimos del aire del invernadero a lo largo del periodo de cultivo.

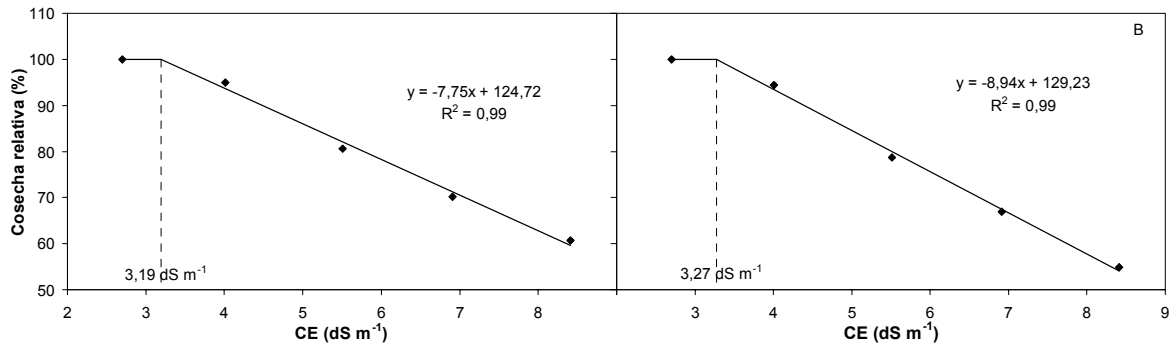


Fig. 2. Relación entre la conductividad eléctrica de la solución de drenaje y las producciones total (A) y comercial (B) en el global del ciclo de cultivo expresadas en valores relativos al tratamiento control. Se presentan las ecuaciones y los coeficientes de correlación de los ajustes lineales, así como los valores umbral de salinidad.

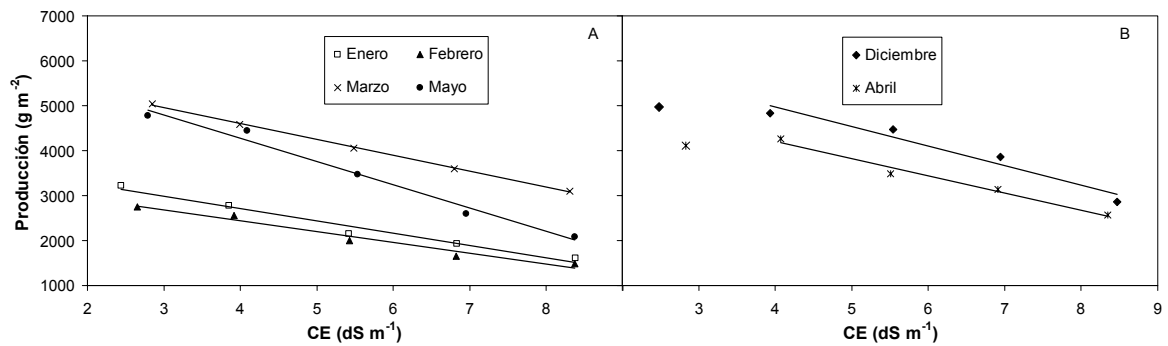


Fig. 3. Relación entre la conductividad eléctrica de la solución de drenaje y la producción comercial por meses. Se muestran por separado los meses que presentan una relación lineal desde el tratamiento control (A) y aquéllos que la presentan desde el tratamiento 2 (B). En todos los casos los coeficientes de correlación de los ajustes lineales se situaron entre 0,95 y 0,99.



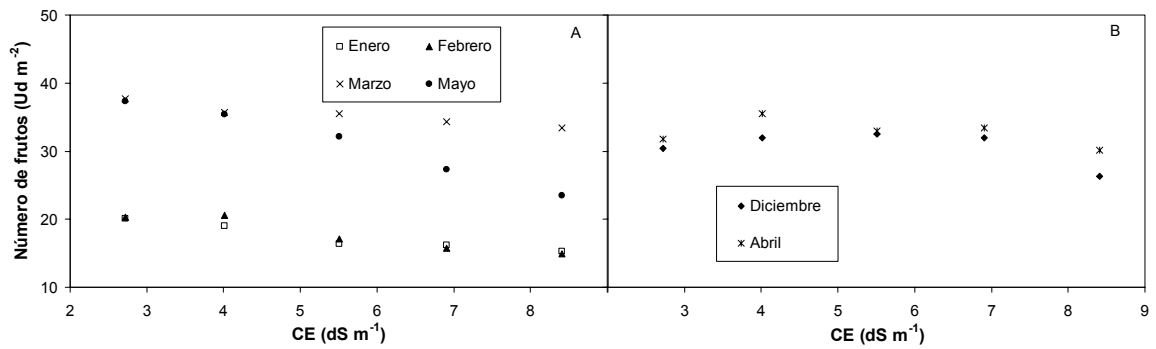


Fig. 4. Efecto del incremento de la conductividad eléctrica de la solución de drenaje sobre el número de frutos comerciales recolectados por m<sup>2</sup> en los diferentes meses de cosecha. Se muestran por separado los meses en los que tiende a producirse una disminución del número de frutos con la salinidad desde el tratamiento control (A) y aquéllos en los que los tratamientos de salinidad intermedia presentan un mayor número de frutos que el tratamiento control (B).

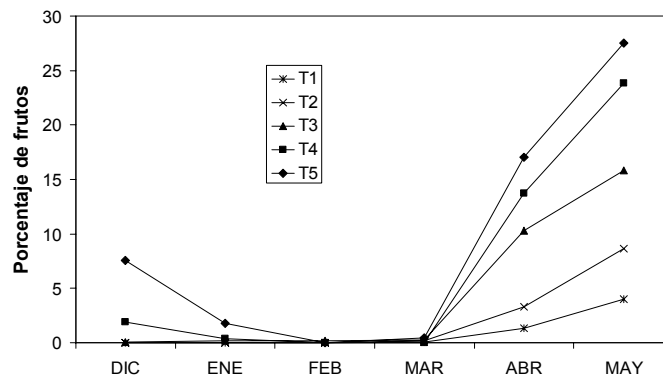


Fig. 5. Evolución del porcentaje de aparición de frutos con podredumbre apical respecto al número total de frutos recolectados en el mes correspondiente para cada tratamiento.