

Láminas de riego y calidad de agua en la solución de problemas de salinidad en tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Watering levels and quality of water as a solution to the problems of salinity in the tomato (*Solanum lycopersicum* L.)



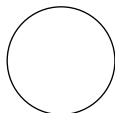
JAVIER GIOVANNI ÁLVAREZ-HERRERA^{1,4}
JONATHAN LEONARDO LÓPEZ¹
WILLIAM ALBERTO BALAGUERA¹
JULIA BIBIANA MERCHÁN²
JORGE ANDRÉS VELOZA³

**Híbrido de tomate bajo
invernadero en fructificación.**

Foto: R.A. Quintana

RESUMEN

El exceso de sales en el suelo provocado por la aplicación de altas cantidades de fertilizantes en el cultivo de tomate influye en la producción y la calidad de los frutos. Con el fin de mejorar la productividad del cultivo y atenuar los impactos de la salinidad se evaluó el efecto de diferentes láminas de riego y calidades de agua en la producción y calidad de frutos de tomate larga vida híbrido Granitio. Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar con seis tratamientos que correspondieron a la combinación entre láminas de riego (0,8; 1,3 o 1,8, coeficientes multiplicadores de la evaporación) y calidades de agua (agua proveniente de la finca [AG] y agua con bajas cantidades de sales [ABS]), con cuatro repeticiones, para un total de 24 unidades experimentales. Las variables medidas en el suelo fueron: pH y conductividad eléctrica en la semana 1, 8 y 11; en la planta: área foliar, masa seca y fresca; y en los frutos: masa fresca, grados Brix, pH y acidez total titulable (ATT) en las semanas 6, 8 y 11. Se presentaron diferencias significativas en el área foliar, masa seca de hojas, grados Brix, masa de frutos. No se presentaron diferencias significativas en el pH y conductividad eléctrica del suelo, masa fresca de las hojas, pH y ATT de los frutos. El tratamiento con mayor masa de frutos y masa seca de hojas fue el coeficiente de riego de 0,8 con ABS. El agua de riego con altas cantidades de sales afectó negativamente el peso promedio de los frutos.



Palabras clave adicionales: calidad del fruto, coeficiente de riego, área foliar, grados Brix.

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigaciones Agrícolas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja (Colombia).

² Facultad de Ciencias, Grupo de Investigaciones Agrícolas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja (Colombia).

³ Facultad de Ingeniería, Grupo de Investigaciones Agrícolas, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia).

⁴ Autor para correspondencia. jgalvarezh@gmail.com

ABSTRACT

Excess salts in the soil caused by the application of high amounts of fertilizers to tomato crops affect production and fruit quality. In order to improve crop productivity and to mitigate the impacts of salinity, this study evaluated the effect of different irrigation levels and water qualities on the production and fruit quality of the tomato hybrid: Granitio. A completely random statistical design was used with 6 treatments that corresponded to the combination of water levels (0.8, 1.3 or 1.8, coefficient of evaporation) and quality of water (water from the farm [AG], and water with low amounts of salt [ABS]) with 4 repetitions for a total of 24 experimental units. The variables measured in the soil were: pH and electric conductivity in weeks one, eight and eleven; in the plant: leaf area, fresh and dry weight; and in the fruit: fresh mass, Brix degrees, pH and total titratable acidity (ATT) in weeks six, eight and eleven. There were significant differences in leaf area, leaf dry mass, Brix degrees and fruit mass. There were no significant differences in pH or electrical conductivity of the soil, fresh mass of leaves or fruit pH or ATT. The treatment with the highest fruit mass and dry leaf mass was 0.8 with ABS irrigation. Irrigation water with high amounts of salts negatively affects the average fruit weight.

Additional key words: fruit quality, watering coefficient, leaf area, Brix degrees.

Fecha de recepción: 30-12-2010

Aprobado para publicación: 27-05-2011

INTRODUCCIÓN

Las plantaciones comerciales de tomate que se cultivan bajo cubierta plástica en su mayoría presentan sistemas de fertirriego. La excesiva aplicación de fertilizantes a través de este sistema, es una de las principales causas de salinización del suelo, esto debido a que produce acumulación constante de sales en las capas superiores del suelo, lo cual dificulta o impide el buen crecimiento y desarrollo de las plantas (Pizarro, 1996).

El tomate sembrado en suelos salinos presenta disminución de los rendimientos, puesto que es una especie relativamente sensible a las sales (Chinnusamy *et al.*, 2003). La salinidad provoca en las plantas un sinnúmero de efectos fisiológicos, morfológicos y bioquímicos, como disminución de la fotosíntesis, cambios cuantitativos y cualitativos en la síntesis de proteínas por cambios en la expresión de genes (Singh y Chatrath, 1992), un menor peso de los frutos (Del Rosario *et al.*, 1990; Pérez-Alfocea *et al.*, 1996), entre otros. No obstante, el exceso de sales presente en el suelo afecta positivamente a los frutos en cuanto a algunos atributos organolépticos o de interés para la agroindustria, puesto que presen-

tan un mayor contenido de compuestos solubles, sólidos totales, acidez titulable y carotenoides (Pérez-Alfocea, 1996).

La altura de las plantas de tomate disminuye con el incremento de la salinidad. En los cultivares Daniela y Moneymarker se generó una reducción en el número de hojas y en el área foliar cuando fueron sometidos a 35 mM de NaCl, la disminución alcanzó un 12,3% en el cultivar Daniela y un 18,5% en Moneymarker. A 70 mM de NaCl la reducción del área foliar en ambos cultivares fue significativamente mayor, alcanzando un 16% en el cultivar Daniela y un 33% en el cultivar Moneymarker, lo que lo convierte en un cultivar sensible a la salinidad (Romero-Aranda *et al.*, 2001).

Los coeficientes de riego para el cultivo de tomate presentan valores cercanos a los 0,8 de la evapotranspiración, en la etapa de plena producción, lo cual indica que el cultivo requiere de cantidades moderadas de agua (FAO, 2006). Al no aplicarse cantidades altas de agua, la aplicación de fertilizantes a través de sistemas de riego por goteo genera la acumulación progresiva de sales que

tienden a limitar la productividad de los suelos y causan estrés salino en la planta (Pizarro, 1996).

El tomate es más sensible a la salinidad en la germinación y en el estado de plántula que en el estado de planta adulta (Escobar, 2001). Del mismo modo, al contar con aguas de baja calidad (aguas salinas) en el cultivo de tomate en su fase adulta y al realizar el trasplante en suelos con excesiva salinidad se pueden originar daños en las plantas los cuales generan pérdidas económicas.

Por tanto, este trabajo tuvo como objetivo analizar los efectos de diferentes láminas de riego y dos calidades de agua en la calidad y producción de tomate larga vida híbrido Granitio, así como en algunas propiedades del suelo con el fin de minimizar el impacto que tienen las altas fertilizaciones en el suelo y en el cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en una finca productora de tomate, situada en el municipio de Sora (Boyacá), a 2.650 msnm, 5°33'40"N y 73°26'00" O. Presenta una temperatura promedio de 12°C y una evaporación de 1.400 mm, la velocidad del viento oscila entre los 3,9 y 8,5 m s⁻¹, el brillo solar es de 4,6 a 5,5 h d⁻¹, la precipitación anual de la zona fluctúa entre 600 y 1.000 mm, la evapotranspiración potencial anual en promedio es de 947 mm, con valores mínimos de 800 mm y máximos de 1.100 mm. La temperatura promedio dentro del invernadero fue de 16°C y una humedad relativa del 65%. Las propiedades químicas del inceptisol evaluado aparecen en la tabla 1.

Como material vegetal se utilizaron 96 plantas de tomate larga vida híbrido Granitio, las cuales al iniciar la aplicación de los tratamientos tenían 2 meses de ser transplantadas, la distancia entre plantas fue de 0,3 m y 1,1 m entre surcos. Se manejaron dos calidades de agua para el riego: el agua procedente del reservorio de la granja de estudio (AG) con la que normalmente se trabaja y agua potable del acueducto con baja cantidad

de sales (ABS). Los resultados del análisis de los tipos de agua utilizada se presentan en la tabla 2.

El diseño experimental fue completamente al azar con seis tratamientos (tabla 3), cada uno con cuatro repeticiones y se tenían cuatro plantas por repetición para un total de 96 unidades experimentales. Para la aplicación de la lámina de riego se siguió la metodología utilizada por Álvarez-Herrera *et al.* (2010) y Balaguera *et al.* (2008); se determinó la evaporación en un evaporímetro a escala del tanque de evaporación clase A, de 29 cm de diámetro por 6,1 cm de profundidad y esta se multiplicó por los siguientes coeficientes (0,8; 1,3 y 1,8) que constituyeron las diferentes láminas de riego. El evaporímetro se instaló dentro del invernadero con el fin de tener un dato más exacto. Para la aplicación del riego en los diferentes tratamientos se utilizó un sistema de riego por goteo con goteros de 2 L h⁻¹ y se manejaron válvulas independientes por tratamiento con el propósito de tener una mayor exactitud en las cantidades aplicadas. Las aplicaciones se realizaron teniendo en cuenta la siguiente fórmula:

$$\text{Lámina} = \frac{E_v * C * A}{E_r} \quad (1)$$

En donde:

E_v = evaporación medida en el evaporímetro (mm).

C = coeficiente.

A = área de suelo ocupada por la planta (cm²).

E_r = eficiencia de riego.

Las variables de respuesta medidas a lo largo de 11 semanas fueron: conductividad eléctrica del suelo (C.E.), se determinó realizando una mezcla homogénea de suelo (tamizado) y agua destilada en relación 1:1 (100 g de suelo al cual se le agregaron 100 mL de agua destilada) y se leyó siempre en un medio líquido, por medio de un

Tabla 1. Resultados del análisis químico del suelo utilizado en el estudio.

Suelo		Complejo de cambio (Cmol _c ⁺)					Al ³⁺	P ₂ O ₅	CO
Profundidad (cm)	Nomenclatura	CIC	Ca	Mg	K	Na	(mg L ⁻¹)	(mg L ⁻¹)	(%)
0-80	Bt	24,67	38,2	12,33	1,27	0,889	0	26	1,6

Tabla 2. Análisis químico de las dos calidades de agua empleadas en el riego del cultivo de tomate híbrido granito.

Calidad de agua	pH	C.E.	Na	Ca	K	Cl	Mg	HCO ₃	NO ₃
		(dS m ⁻¹)	(mg L ⁻¹)	(mg L ⁻¹)	(mg L ⁻¹)	(mg L ⁻¹)	(mg L ⁻¹)	(mg L ⁻¹)	(%)
AG	6,1	3,6	22	94	21	4230	68	985	3,8
ABS	6,4	0,3	5	27	2	550	7	25	0,3

Tabla 3. Tratamientos empleados

Tratamiento	Coefficiente de riego	Calidad del agua
1	0,8	AG
2	1,3	AG
3	1,8	AG
4	0,8	ABS
5	1,3	ABS
6	1,8	ABS

conductímetro marca ATC HI 9835. Se midió antes, durante y después de aplicados los tratamientos en las semanas 1, 8 y 11; el pH del suelo haciendo uso del potenciómetro previamente calibrado con las soluciones buffer de pH 7,0 y 4,0.

En la planta se midió en las semanas 6, 8 y 11 el área foliar mediante el medidor portátil CI-202 Seedmach; masa fresca de hojas y frutos por medio de una balanza eléctrica de precisión; masa seca de hojas, dejando secar el material vegetal en una mufla a 85°C por 48 h; producción por planta, reflejada en la masa promedio de los frutos, haciendo un conteo de frutos por racimo por planta; sólidos solubles totales de frutos mediante el refractómetro marca Atago N-1EBX; pH de frutos: en 10 mL de jugo se tomó la lectura con un potenciómetro digital (Metrohm 692) y acidez total titulable (% de ácido cítrico), la cual se determinó mediante titulación usando 5 mL de jugo al que se le adicionó NaOH (0,1N) hasta pH 8,2.

Se realizaron análisis de varianza (Anova) con el propósito de determinar la existencia de diferencias entre los tratamientos, del mismo modo mediante la prueba de comparación de Tukey al 5% se establecieron los mejores tratamientos. Se utilizó el paquete estadístico SAS v. 8.1e (Cary, N.C).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

pH del suelo

No se presentaron diferencias significativas en los valores de pH para las láminas de riego ni entre calidades de agua (AG y ABS) durante las 11 semanas de la fase de campo. Los valores de pH fueron de 5,96 en promedio para todos los tratamientos. Las láminas de riego y la calidad del agua aplicada durante las pruebas no influyeron de manera directa sobre el pH del suelo, y además no se exhibió un descenso en el contenido de sa-

les presentes en el mismo probablemente porque la diferencia entre cantidades de agua (láminas de riego) aplicada no fue abrupta, lo cual hace que las diferencias en el contenido de sales no varíen de forma significativa. Según Skogerboe (1986), la fuente de sales provendría entonces de un ascenso desde la formación geológica de apoyo a los sedimentos aluviales, o por aporte en la fertilización realizada, o probablemente por el agua de riego.

Conductividad eléctrica

Esta variable no presentó diferencias significativas entre láminas de riego y calidades de agua a lo largo de las tres mediciones (semana 1, 8 y 11), lo que indica que ni las cantidades, ni las calidades de agua aplicadas afectaron la conductividad eléctrica del suelo. Lo anterior se debe a que al aplicar las láminas de riego, es probable que los volúmenes de agua aplicados no fueran tan diferentes o no tengan un efecto de lavado del suelo, sino de saturación del mismo, con lo cual el contenido de sales no varía, ni presenta diferencias significativas, tampoco al utilizar como riego, agua de otro origen diferente al usado normalmente; tal como lo indican las experiencias realizadas por Yaron *et al.* (1972), pues cuando la carga de agua aplicada es alta, se produce un lavado bajo los puntos de aplicación, mientras que las sales se acumulan en los límites de las raíces, por lo que las sales se depositan en la superficie entre dos puntos de aporte y pueden llegar a una concentración varias veces más elevada que la inicial en el suelo, según la salinidad del agua.

Los valores de conductividad eléctrica en la semana 1 fueron de $6,46 \text{ dS m}^{-1}$, para la semana 8 los valores disminuyeron a $3,55 \text{ dS m}^{-1}$, lo que coincide con los mayores requerimientos del cultivo, pues el cultivo se encuentra en muchas fases simultáneamente: vegetativa, reproductiva, llenado y maduración de frutos. En la semana 11 los valores fueron de $4,20 \text{ dS m}^{-1}$. De acuerdo con Carrasco e Izquierdo (1996), el rango de conductividad eléctrica requerido para un adecuado

crecimiento de los cultivos normalmente se encuentra entre $1,5$ y $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, dependiendo de la especie y de la CE del agua, por lo que los valores presentados se pueden considerar altos.

Área foliar

El área foliar se vió afectada solamente por los coeficientes de riego durante la semana 6, pues las calidades de agua no mostraron diferencias significativas en esta variable. Se encontró que el coeficiente de riego de $0,8$ presentó la mayor área foliar y mostró diferencias significativas con los coeficientes de riego de $1,3$ y $1,8$ (figura 1).

Estas diferencias en la semana 6 se pueden deber a que la planta se encuentra en un estado vegetativo, mientras que para la semana 11 no se presentaron diferencias probablemente por que al encontrarse la planta en un estado de floración y llenado de fruto, tanto el agua como los fotoasimilados se traslocan hacia los frutos, lo que hace que el área foliar se encuentre afectada de forma similar por todos los tratamientos.

La lámina de riego favoreció el incremento del área foliar ya que en el cultivo de tomate presentó una mayor emisión de hojas y mayor crecimiento vegetativo con mayor cantidad de agua aplicada, no obstante, las estructuras son más pequeñas. Alba-Ordóñez y Llanos-Company (1990) en estudios similares indicaron que el estrés hídrico afecta al girasol disminuyendo su área foliar y acelerando la senescencia. Esto conlleva a una disminución en la radiación interceptada por el cultivo que unido a una menor tasa de fotosíntesis hace que la producción de biomasa y, por tanto, los rendimientos, se reduzcan considerablemente.

Masa fresca de las hojas

Para esta variable no se presentaron diferencias significativas entre láminas de riego y calidades de agua durante las semanas 6, 8 y 11. Es factible que a lo largo de la semana 6 la lámina de riego

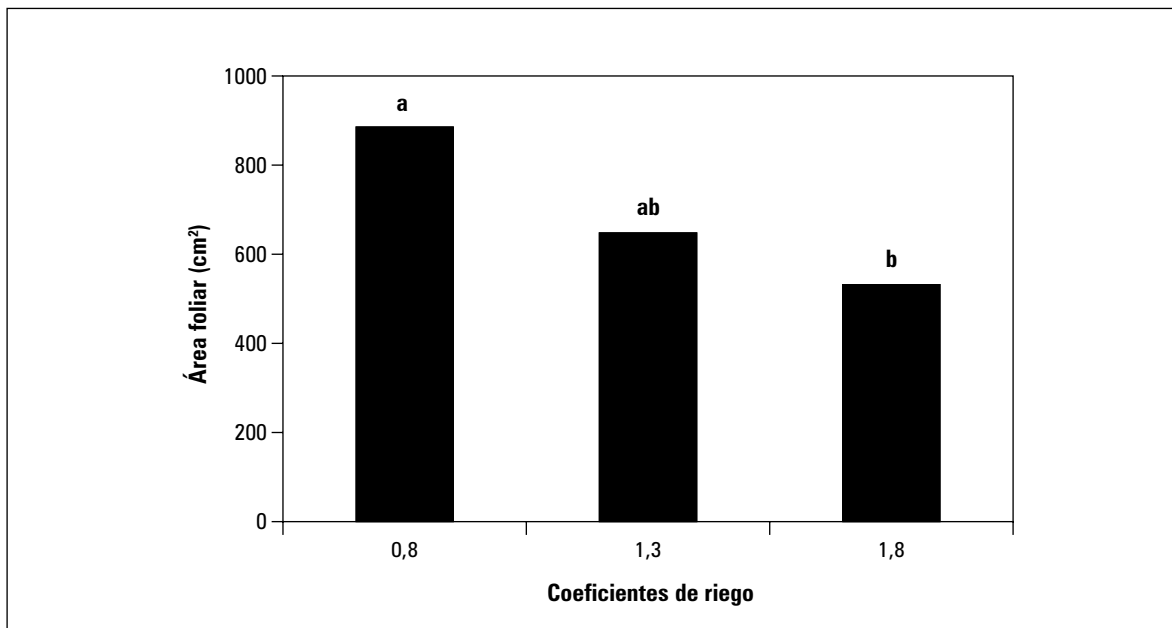


Figura 1. Área foliar de tomate larga vida híbrido Granitio bajo diferentes láminas de riego durante la semana 8. Promedios con letra distinta indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

de 0,8 de ABS haya mostrado mejores promedios debido probablemente a que en ese periodo la planta se encuentra en su fase vegetativa, por lo que el agua y los nutrientes tomados del suelo van a constituir la formación de hojas y tallos (Taiz y Zeiger, 2002). Del mismo modo, en la semana 11 la planta se encuentra en plena producción, con lo cual los fotoasimilados van a ser conducidos principalmente a la formación de los frutos. Si las características físico-químicas del suelo ofrecen condiciones adecuadas para el desarrollo del tomate se favorece el crecimiento de las raíces, lo que a su vez aumenta la absorción de agua y nutrientes que promueven la síntesis de compuestos fotoasimilados en la parte aérea, razón por la cual, es probable que se registre el incremento de masa fresca y seca en las estructuras de la planta (Anzorena, 1994).

Masa seca de las hojas

Para esta variable se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos en la semana 8, mas no para láminas de riego ni calidades al analizarse por separado. El tratamiento con coeficiente de riego de 0,8 y ABS presentó los mejores

promedios y a su vez mostró diferencias significativas con los demás tratamientos (figura 2). Del mismo modo, los tratamientos regados con AG presentaron mayores valores que los regados con ABS, por lo cual es probable que el ABS esté afectando negativamente la asimilación de fotoasimilados, lo que concuerda con Bonadeo *et al.* (2006), quien menciona que conforme la conductividad eléctrica se incrementa, el potencial genético de las plantas disminuye.

Para las láminas de riego y las calidades de agua no se presentaron diferencias significativas en la semana 11, probablemente debido a que para esta semana el cultivo se encuentra en fase reproductiva y las hojas traslocan los fotoasimilados hacia los vertederos, en esta caso los frutos. En investigaciones previas se ha concluido que la reducción de la fotosíntesis en plantas expuestas a la salinidad depende no solo de la reducción del CO_2 disponible, por el cierre de los estomas, sino también de los efectos acumulativos del contenido de agua y del potencial osmótico en la hoja, de la tasa de transpiración, del contenido relativo de agua en la hoja, y de la concentración de componentes bioquímicos tales como pigmentos fo-

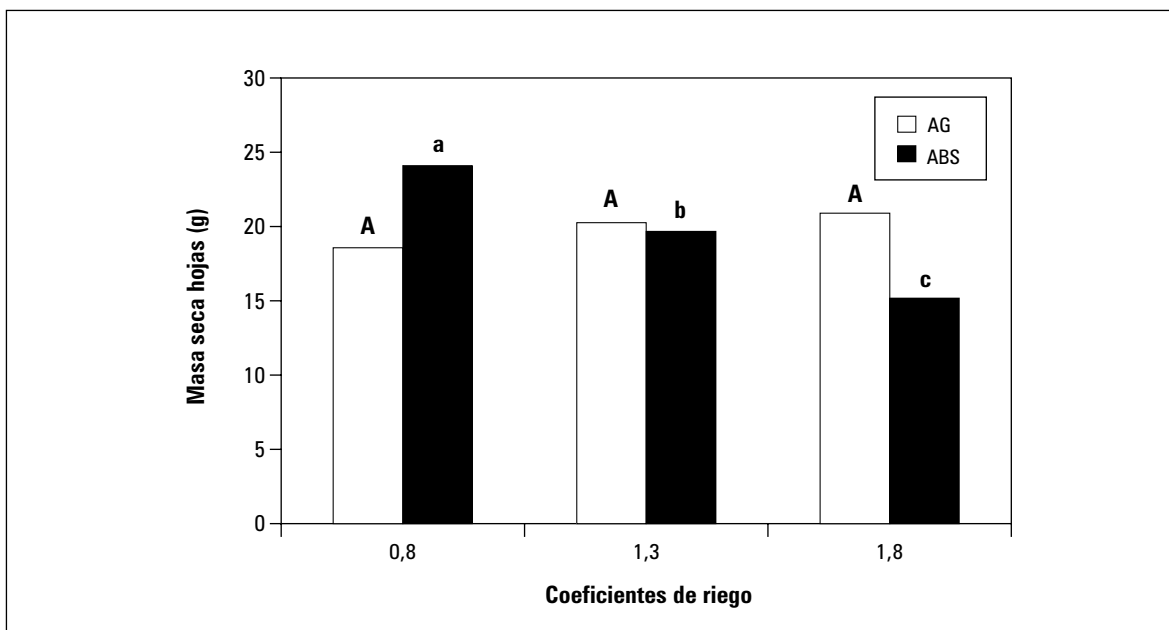


Figura 2. Masa seca de hojas de tomate larga vida híbrido Granitio bajo diferentes laminas de riego y calidades de agua en la semana 8. AG: agua proveniente de la finca; ABS: agua con bajas cantidades de sales. Promedios con letras distintas en la misma serie indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

tosintéticos, carbohidratos solubles, y proteínas (Heuvelink *et al.*, 2003; Sultana *et al.*, 1999).

pH de frutos

No se encontraron diferencias significativas entre láminas de riego y calidades de agua en las semanas 6, 8 y 11, en las cuales se recolectaron los frutos. Los tratamientos tampoco mostraron diferencias significativas a lo largo de la época de cosecha, no obstante el tratamiento con coeficiente de riego de 0,8 y ABS mostró un comportamiento sobresaliente con un pH de 4,22 en la semana 6; para la semana 8 el coeficiente de riego de 1,8 con AG mostró los mejores promedios de pH con 4,36; en la semana 11, la lámina de riego de 1,8 con ABS presentó el mayor valor de pH con 4,56.

El valor del pH es importante cuando el fruto tiene fines industriales porque está relacionado con los costos de transformación del producto. En tomate se reporta que frutos con un nivel de pH alrededor de 4,0 y mayores valores de acidez

implican mayor economía en el proceso, porque hay que adicionar menos ácidos para la corrección del pH en la elaboración de salsas (Rezende *et al.*, 1984).

Acidez total titulable de los frutos

En la semana 6, 8 y 11 no hubo diferencias significativas entre láminas de riego y calidades de agua en ninguna de las tres mediciones en cuanto a la ATT. En la primera medición los promedios más altos los mostraron la lámina de 0,8 con 0,473% y AG con 0,467%; en la segunda medición realizada a lo largo de la semana 8, los mayores promedios los tenían la lámina de 1,8 con 0,415% y la calidad de ABS con un total de 0,405%. Para efectos de la tercera medición en la semana 11 los mejores resultados correspondieron a lámina de 1,3 con 0,393%, acompañado de la calidad de AG con 0,379%, lo que permite concluir que ni la calidad del agua de riego, ni la lámina aplicada influyen sobre el contenido de ATT de los frutos en tomate, no obstante los tratamientos con AG presentaron mayores

valores de ATT. Estudios realizados en fresa por Kepenek y Koyuncu (2002) manifiestan que el bajo contenido de sales en el agua de riego induce una reducción, tanto en la acidez titulable como en la cantidad de sólidos solubles totales en los frutos.

Los tratamientos no presentaron diferencias significativas en ninguna de las tres mediciones. En la primera medición el tratamiento que presentó mayores valores fue el coeficiente de riego de 0,8 con AG; con un valor de 0,541%, para la segunda medición el tratamiento con mejores promedios fue el del coeficiente de 1,8 con ABS; presentando un valor de 0,454%, en la tercera medición el tratamiento con mayor valor fue del coeficiente de riego de 1,3 con AG con un valor de 0,40%.

El incremento en la salinidad en el suelo no se debe única y exclusivamente a la aplicación de AG, sino que puede ser un efecto de las altas aplicaciones de fertilizantes combinado con el sistema de riego por goteo que se encuentra en la finca, pues es ampliamente conocido que el riego por goteo puede causar problemas de acumulación de sales en las capas superficiales del suelo (Pizarro, 1996). Como consecuencia de la salinidad en el suelo se ha reportado un incremento en el contenido de sólidos solubles totales (SST) y de la acidez titulable no solo en frutos de fresa sino también en otros frutales como guayaba (Walker *et al.*, 1979), manzana (Schreiner y Lüdders, 1992) y tomate (Mizrahi *et al.*, 1988; Adams, 1991).

Al regar las plantas de tomate con aguas cargadas en sales, se ha observado que algunos de los atributos inherentes a la calidad de los frutos mejora, por cuanto estos presentan un mayor contenido de sólidos solubles (Fernández-García *et al.*, 2004); sólidos totales, acidez total (Guichard *et al.*, 2001), carotenoides y licopeno (Maggio *et al.*, 2001), situación que no se dio al evaluar las láminas de riego en tomate Granitio.

Sólidos solubles totales

Durante la primera medición realizada en la semana 6 no se encontraron diferencias significativas entre láminas de riego y calidades de agua. Para la segunda medición realizada en la semana 8 se presentaron diferencias significativas en cuanto a las láminas y no a las calidades de agua, siendo la lámina de riego de 1,3 la de mejor promedio con 4,50 °Brix, seguida de la lámina de riego de 1,8 con 3,60 °Brix y la lámina de riego de 0,8 con 3,37 °Brix (figura 3). Para la tercera medición, durante la semana 11, no se presentaron diferencias significativas entre los coeficientes de riego y las calidades de agua.

Otros experimentos en los cuales se sometieron plantas de tomates cv Tombolino a riegos con aguas salinizadas con NaCl y CaCl₂, y conductividades eléctricas de 0,5; 4,0; 8,0; y 12 dS m⁻¹ mostraron, en cada una de las cuatro cosechas que se realizaron, diferencias significativas en el índice refractométrico (Cucci *et al.*, 2000), lo que indica que aplicar diferentes concentraciones de sales en el agua de riego afecta la calidad de los frutos. No obstante, la aplicación de una mayor cantidad de agua disminuye la cantidad de °Brix debido a que la concentración de los azúcares se ve diluida por el mayor contenido de agua que presentan los frutos.

Masa fresca de frutos

La masa fresca de los frutos de tomate es una de las variables más importantes, pues de esta y del tamaño depende el valor comercial. Se encontraron diferencias significativas entre láminas de riego (figura 4) y calidades de agua (figura 5) en cada una de las tres semanas (6, 8 y 11) de medición. Estos resultados indican que la masa fresca de los frutos está influenciada por la calidad del agua y por la lámina que se utilice para el riego.

Los mayores valores de masa fresca de frutos se presentaron con el coeficiente de 0,8 y con ABS, esto significa que láminas de riego altas favorecen el crecimiento vegetativo y la planta

no desarrolla frutos grandes, del mismo modo, la aplicación de aguas con altos contenidos de sales probablemente disminuye la absorción de nutrientes lo cual afectó la masa fresca de los frutos debido a la alteración de las relaciones en-

tre los nutrientes del suelo, acorde a lo afirmado por Henriquez y Bertsch (1997).

La masa de los frutos también está influenciada por la salinidad del agua, detectándose un menor

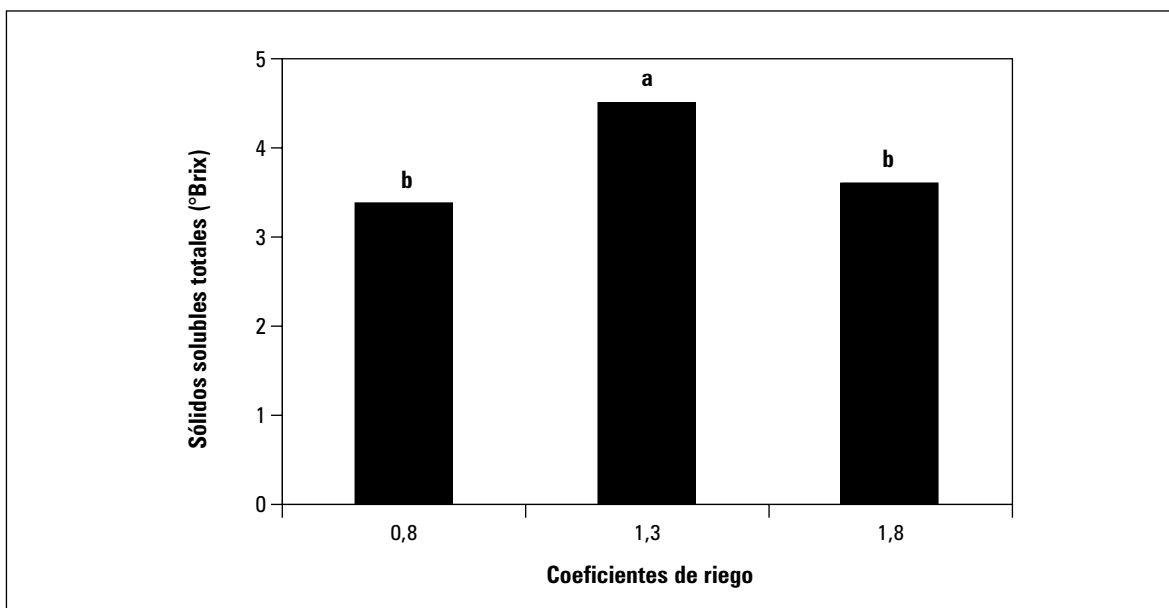


Figura 3. Sólidos solubles totales de frutos de tomate larga vida híbrido Granitio bajo diferentes láminas de riego en la semana 8. Promedios con letra distinta indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

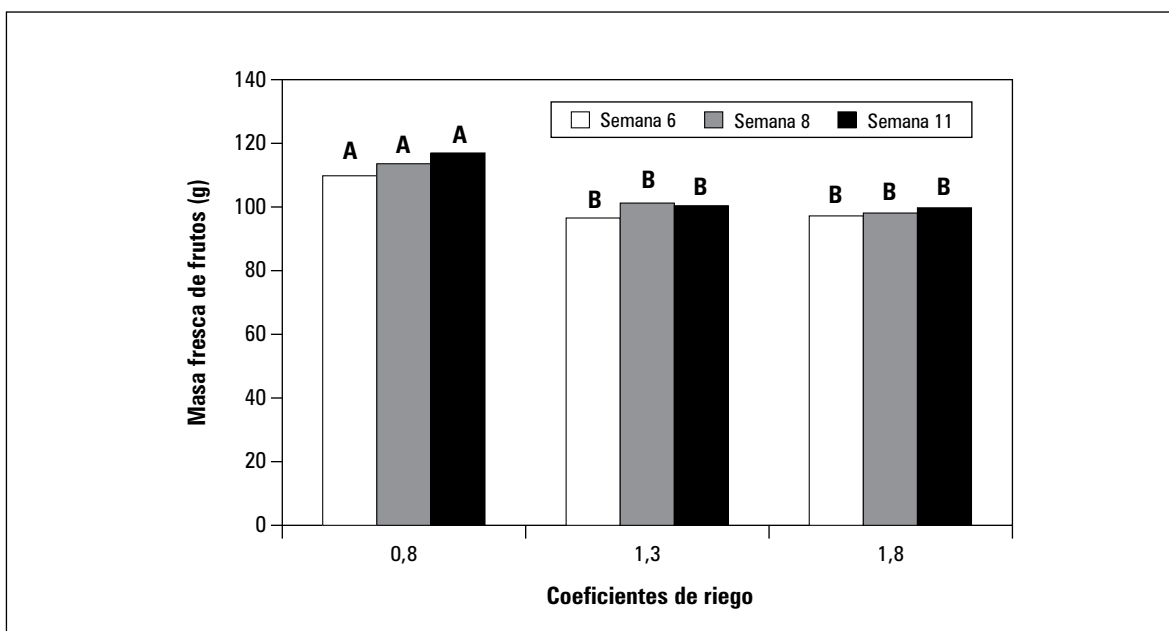


Figura 4. Masa fresca de frutos de tomate larga vida híbrido Granitio bajo diferentes láminas de riego durante las semanas 6, 8 y 11. Promedios con letra distinta indican diferencia significativa entre coeficientes de riego según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

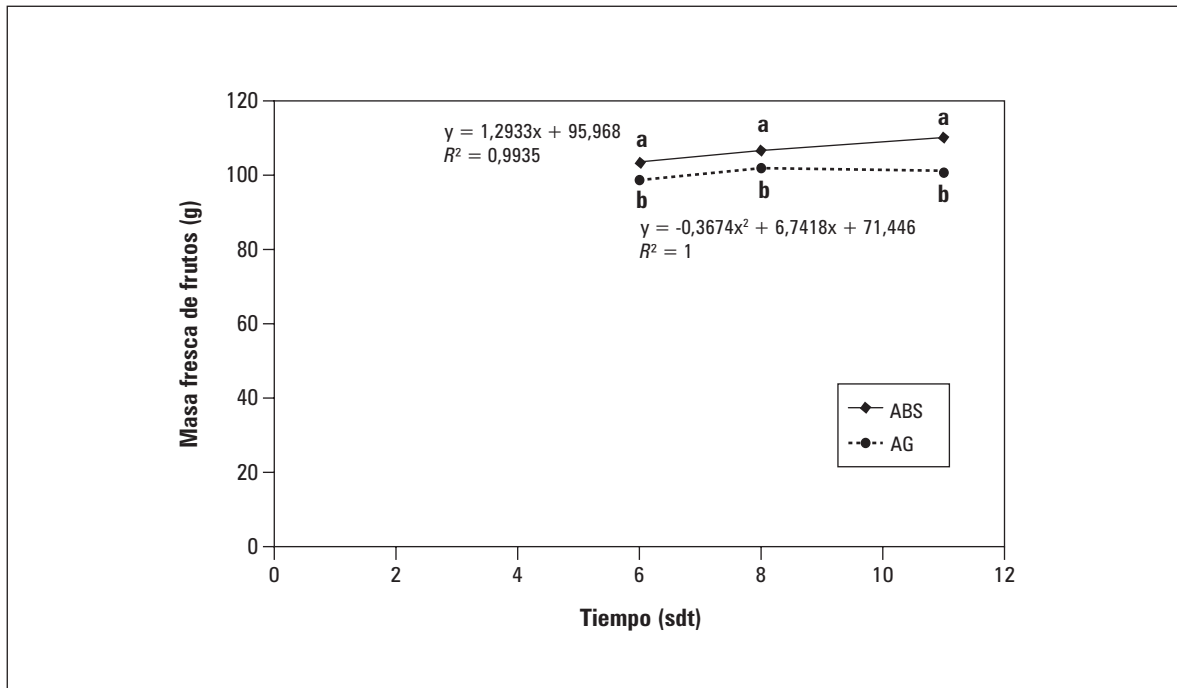


Figura 5. Masa fresca de frutos de tomate larga vida híbrido Granitio bajo diferentes calidades de agua (AG: agua proveniente de la finca; ABS: agua con bajas cantidades de sales), en las semanas 6, 8 y 11 después del trasplante (sd) de las plántulas. Promedios con letra distinta indican diferencia significativa entre calidades de agua por tiempos de medición según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

peso de los frutos al exponer las plantas del cultivar 95-43 a 150 mM NaCl, no ocurrió lo mismo en los cultivares Improved Pope y VF-134-1-2 mientras que en Marikit el peso de los frutos aumentó significativamente (38,4%) al someter las plantas a estrés salino (Del Rosario *et al.*, 1990). En experiencias semejantes realizadas en el cultivar Radja expuesto a 70 y 140 mM NaCl solamente se detectó un menor peso cuando las plantas se expusieron a 140 mM, de modo que este cultivar presenta un comportamiento semejante a estrés salino que el cultivar 95-43 (Pérez-Alfocea *et al.*, 1996).

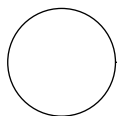
CONCLUSIONES

Las láminas más altas de agua (coeficientes de 1,3 y 1,8 de la evaporación) no modificaron el

pH ni la C.E. del suelo, pero sí disminuyeron la masa fresca y seca y el rendimiento del cultivo de tomate.

Los frutos regados con menor cantidad de agua presentaron el mayor peso y la mejor calidad. La lámina de riego de 0,8 presentó los mejores resultados en área foliar y masa de frutos. El agua de riego con altas cantidades de sales está afectando negativamente la masa promedio de los frutos.

Las dosis altas de fertilización combinadas con el sistema de riego por goteo son las responsables del incremento de la salinidad en el suelo y agua de la zona de estudio, pues los valores que se encuentran de C.E. son muy altos.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, P. 1991. Effect of increasing the salinity of nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on yield, quality and composition of tomatoes grown in rockwool. *J. Hort. Sci.* 66(6), 201-207.
- Alba-Ordóñez, A. y M. Llanos-Company. 1990. El cultivo del girasol. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Álvarez-Herrera, J.G., H.E. Balaguera y E. Chacón. 2010. Efecto de la aplicación de diversas láminas y frecuencias de riego en la propagación del romero (*Rosmarinus officinalis* L.). *Ingeniería e Investigación* 30(1), 86-90.
- Anzorena, M. 1994. Sustratos, propiedades y caracterización. Mundi-Prensa, Madrid.
- Balaguera, H.E., J.G. Álvarez-Herrera y J.D. Rodríguez. 2008. Efecto del déficit de agua en el trasplante de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Agron. Colomb.* 26(2), 246-255.
- Bonadeo, E., E. Hampp, M. Bongiovanni, I. Moreno y A. Odorizzi. 2006. Relaciones entre propiedades físicas y químicas del suelo y raíces de alfalfa (*Medicago sativa* L.) afectada por "manchoneo". *Cienc. Suelo* 24 (2), 101-107.
- Carrasco, G. y J. Izquierdo. 1996. La empresa hidropónica de mediana escala: la técnica de la solución nutritiva recirculante ("NFT"). Universidad de Talca, Talca, Chile. pp. 56-90.
- Chinnusamy, V., M. Ohta, S. Kanrar, B.H. Lee, X. Hong, M. Agarwal y J.K. Zhu. 2003. ICE1: a regulator of cold-induced transcriptome and freezing tolerance in *Arabidopsis*. *Genes Dev.* 17, 1043-1054.
- Cucci, G., V. Cantore, F. Boari y A. De Caro. 2000. Water salinity and influence of SAR on yield and quality parameters in tomato. *Acta Hort.* 537, 663-670.
- Del Rosario, D.A., A.C. Sumague, V.P. Roxas y T.S. Bautista. 1990. Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) to salt stress. *Philippine Agriculturist* 73(2), 193-198.
- Escobar, H. 2001. Generalidades del cultivo. pp. 13-19. En: Escobar, H. y R. Lee (eds.). Producción de tomate bajo invernadero. Fundación Universidad de Bogotá, Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- FAO. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Bol. No. 56. FAO, Roma.
- Fernández-García, N., V. Martínez, A. Cerda y M. Carvajal. 2004. Fruit quality of grafted tomato plants grown under saline conditions. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 79(6), 995-1001.
- Guichard, S., N. Bertin, C. Leonardi y C. Gary. 2001. Tomato fruit quality in relation to water and carbon fluxes. *Agronomie* 21, 385-392.
- Henriquez, C. y F. Bertsch. 1997. Comportamiento de Ca, Mg y K en respuesta a la aplicación de fertilizante potásico y de cal dolomítica en un andisol de la zona sur de Costa Rica. *Agron. Costarr.* 21(2), 239-248.
- Heuvelink, E.P., M. Bakker y C. Stanghellini. 2003. Salinity effects on fruit yield in vegetable crops: a simulation study. *Acta Hort.* 609, 133-140.
- Kepenek, K. y F. Koyuncu. 2002. Studies on the salt tolerance of some strawberry cultivars under glasshouse. *Acta Hort.* 573, 297-304.
- Maggio, A., V. Fogliano, P. Ambrosino, A. Ritieni y S. De Pascale. 2001. Irrigation with saline water improves carotenoids content and antioxidant activity of tomato. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 76(4), 447-453.
- Mizrahi, Y., E. Taleisnik, V. Kagan-Zur, Y. Zohar, R. Offenbach, E. Matan y R. Golan. 1988. A saline irrigation regime for improving tomato fruit quality without reducing yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113(2), 202-205.
- Pérez-Alfocea, F., M. Balibrea, A. Santa-Cruz y M. Estan. 1996. Agronomical and physiological characterization of salinity tolerance in a commercial tomato hybrid. *Plant Soil* 180(2), 251-257.
- Pizarro, F. 1996. Riegos localizados de alta frecuencia. 3ª edición. Mundi-Prensa, Madrid.
- Rezende, R.V., L.O. Marteleto, A.C. Gomes, V.W. Dias y A.R. Conde. 1984. Productividade e qualidade dos frutos de dez variedades de goiaba, em visconde do Rio Branco, Minas Gerais, visando ao consumo ao natural e a industrialização. *Revista Ceres* 31(177), 360-387.

- Romero-Aranda, R., T. Soria y J. Cuartero. 2001. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Sci.* 160, 265-272.
- Schreiner, M. y P. Lüdders. 1992. Einfluss von Na-Salzen auf die Na⁺, K⁺, Cl⁻ und SO₄²⁻ Gehalte in Blättern von Golden Delicious' Apfelbäumen bei unterschiedlicher K-Ernährung. *Angew. Bot.* 66(1-2), 1-6.
- Singh, K.N. y R. Chatrath. 1992. Genetic variability in grain yield and its component characters and their associations under salt stress conditions in tissue culture lines of bread wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell). *Wheat Information Service* 75, 46-53.
- Skogerboe, G.V. 1986. Estudio para el aprovechamiento integral del Río Negro. Riego, drenaje y salinidad. Ed. Agua y Energía Eléctrica, Cipolleti, Río Negro, Argentina.
- Sultana, N., T. Ikeda y R. Itoh. 1999. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. *Environ. Experim. Bot.* 42(3), 211-220.
- Taiz, L. y E. Zeiger. 2002. *Plant physiology* 3rd ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Walker, R.R., P.E. Kriedemann y D.H. Maggs. 1979. Growth, leaf physiology and fruit development in salt-stressed guavas. *Aust. J. Agric. Res.* 30(3), 477-488.
- Yaron, D., H. Bielorai, J. Shalhevet y Y. Gavish. 1972. Estimation procedures for response functions of crops to soil water content and salinity. *Water Resources Res.* 8, 291-300.