

## DESARROLLO DE PLANTAS DE TOMATE EN UN SUSTRATO DE ARENA-PÓMEZ CON TRES DIFERENTES FRECUENCIAS DE RIEGO

Miguel Ángel Segura-Castruita<sup>1¶</sup>; Ana Rosa Ramírez-Seañez<sup>2</sup>; Guillermo García-Legaspi<sup>1</sup>; Pablo Preciado-Rangel<sup>1</sup>; José Luis García-Hernández<sup>3</sup>; Pablo Yescas-Coronado<sup>1</sup>; Manuel Fortis-Hernández<sup>1</sup>; Jorge A. Orozco-Vidal<sup>1</sup>; José A. Montemayor-Trejo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro km 7.5. Torreón, Coahuila, C. P. 27170. MÉXICO. Correo-e: dmilys@hotmail.com (<sup>¶</sup>Autor para correspondencia).

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Torreón, Coahuila. MÉXICO.

<sup>3</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango-Facultad de Agricultura y Zootecnia. Ej. Venecia, Gómez Palacio, Durango. MÉXICO.

### RESUMEN

Los objetivos de este estudio fueron evaluar el desarrollo de plantas de tomate en un sustrato elaborado con arena (70 % con base en el volumen) más 30 % de partículas pomáceas de 2.38 a 3.35 mm de diámetro; así como establecer la frecuencia de riego que no afecte el desarrollo de las plantas de tomate. Plántulas de tomate fueron trasplantadas en un sustrato de arena-pómez y se sometieron a tres frecuencias de riego (diario, cada tercer día y cada seis días). El desarrollo de plantas de tomate se evaluó a través del tiempo. Se registraron datos de altura de planta, longitud de raíz, número de hojas y flores. El sustrato se analizó en laboratorio al principio y al final del experimento. Los resultados muestran que las plantas de tomate en el sustrato arena-pómez y con un riego diario, tuvieron un mayor crecimiento. El consumo de agua fue de 600 ml diarios en la época de máxima demanda. La retención de humedad inicial del sustrato fue 44.40 %, de la cual 56 % estaba disponible; condiciones que pueden ser aprovechadas en la producción de cultivos en invernadero.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** *Lycopersicon esculentum* Mill., pumisita, lapilli, invernadero.

### GROWTH OF TOMATO PLANTS IN A SAND-PUMICE SUBSTRATE WITH THREE IRRIGATION FREQUENCIES

#### ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the growth of tomato plants in a substrate made from sand (70 % based on volume) plus 30 % particles of pumice 2.38 to 3.35 mm in diameter, to set the frequency of irrigation that does not affect plant development, and to determine the presence of contaminants in the substrate. Tomato seedlings were transplanted in a pumice-sand substrate and subjected to three irrigation frequencies (daily, every three days and every six days). The development of tomato plants was assessed over time and data of plant height, root length, and number of leaves and flowers were recorded. The substrate was analyzed at the beginning and end of the experiment. The results show that tomato plants in sand substrate with pumice and water every day grew more. Water consumption was 600 mL per day at the time of peak demand. The initial moisture retention of the substrate was 44.40 %, of which 56 % was available, conditions that can be exploited in the production of crops in greenhouses.

**ADDITIONAL KEY WORDS:** *Lycopersicon esculentum* Mill., pumisite, lapilli, greenhouse.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una de las principales hortalizas cultivadas en México y en todo el mundo (Bender, 2008; Al-Omran *et al.*, 2010). El sistema de producción puede ser a cielo abierto, directamente en el suelo, o en invernadero (Quintero, 2006). Bajo el esquema de producción intensiva en invernadero, el manejo del agua es de vital importancia en la producción de este cultivo, debido a que cumple una serie de funciones básicas en la vida de las plantas, constituyendo hasta un 95 % de su peso fresco (Castilla, 2005). Las necesidades hídricas de esta planta se presentan en tres periodos críticos: uno durante la emergencia de plántulas, otro al inicio de la floración y uno más durante el llenado de fruto (González y Hernández, 2000). Si bien, la producción de hortalizas en invernadero es una de las alternativas que se llevan a cabo para alcanzar un uso sustentable del agua (Abad y Noguera, 2000; Tahi *et al.*, 2007), los sustratos, materiales o mezclas de materiales que se utilizan como soporte y contenedor de agua para las plantas, toman importancia (Abad, 1991; Abad *et al.*, 1996; Dalton *et al.*, 2006; Bender, 2008). Algunos sustratos son importados de otros países o de regiones distantes al sitio donde se encuentran los invernaderos, lo que aumenta su costo (Cadahia, 2000). Por ello, los materiales de origen natural y los desechos que se encuentran en una región determinada, tienen un papel importante en las actividades agrícolas y en la elaboración de sustratos (Yaalon y Arnold, 2000). En este sentido, el material pomáceo que desecha la industria maquiladora de pantalones de mezclilla, después de despeluzar y suavizar la tela, toma importancia (Segura *et al.*, 2008). Las partículas pomáceas de tamaño lapilli (2-5 mm de diámetro) son, en condiciones naturales, las responsables de la mayor capacidad de retención de humedad en suelos de origen volcánico (Segura *et al.*, 2003). La piedra pómez está constituida por el mineral pumicita (Dress *et al.*, 1989). Este material tiene una estructura vesicular y los poros internos tienen la capacidad de retener agua (De León *et al.*, 2007). Estudios realizados sin cultivo en sustratos de arena con 30 %, con base en el volumen de pómez de desecho industrial (de 2.38 a 3.35 mm de diámetro), comprobaron que el agua retenida por el sustrato fue 44.40 %, de la cual 56 % estaba disponible (Segura *et al.*, 2008).

En este contexto, es probable que al variar la frecuencia de riego y por ende la cantidad de agua aplicada a plantas de tomate en sustratos de arena-pómez el desarrollo vegetativo de esta planta no se vea afectado.

Los objetivos de este estudio fueron evaluar el desarrollo de plantas de tomate en un sustrato elaborado con arena más 30 % de pómez (2.38-3.35 mm de diámetro) con base en volumen y establecer la frecuencia de riego que no afecte el desarrollo de las plantas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en un invernadero del Instituto Tecnológico de Torreón, en el ejido Ana, municipio de Torreón, Coahuila, México; en la región conocida como Región Lagunera. Esta región se localiza entre los 24° 59' y 26° 53' latitud norte y entre 101° 41' y 104° 61' longitud oeste, a una altitud de 1,100 m. El clima es seco desértico con lluvias en verano e invierno fresco. La precipitación pluvial media anual es de 258 mm y la evaporación media anual es de 2,000 mm; la temperatura media anual es de 21 °C (García, 1988).

### Metodología

El material vegetal fue tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Río Grande. Este material fue seleccionado porque tiene un 90 % de germinación, es de ciclo indeterminado (Paez *et al.*, 2000) y semi-precocoz. Además, es uno de los híbridos que se cultivan en la región. Las semillas fueron colocadas en un contenedor, cuyas cavidades tenían sustrato húmedo (peat moss). Dos días después de la siembra se aplicaron riegos ligeros cada tres días hasta que la semilla germinó. Las plántulas fueron regadas con solución nutritiva (Steiner, 1961). Cuando las plántulas alcanzaron 20 cm de altura, medida desde los cotiledones, se determinó que estaban listas para el trasplante.

El sustrato arena-pómez se elaboró de acuerdo a la metodología que utilizaron Segura *et al.* (2008), con las proporciones de 30 % de pómez y el 70 % arena, con base en el volumen. El material mezclado se colocó en macetas de plástico con capacidad de seis litros; previamente, los orificios de la maceta fueron taponados. El peso de la maceta con sustrato seco se registró en una balanza electrónica marca Tor-rey (20 kg  $\pm$  0.002 kg, U. S. A.). Las plantas en el sustrato se sometieron a tres frecuencias de riego (diario, cada tres días y cada seis días) que, en nuestro caso fueron los tratamientos, y cada frecuencia tuvo 23 repeticiones, el experimento constó de un total de 72 macetas (unidades experimentales) y un testigo que tuvo pura arena como sustrato, con un peso promedio por maceta con sustrato de cinco kilogramos. Antes de trasplantar las plántulas de tomate, las macetas fueron saturadas con agua durante 48 h. Transcurrido el tiempo, las macetas se perforaron por la base, con el objetivo de drenar el exceso de agua, hasta que la frecuencia de goteo fue de una gota cada diez segundos (Preciado *et al.*, 2002), asegurando con esto que el sustrato se encontrara a capacidad de campo (Segura *et al.*, 2008). En ese momento, el peso de la maceta húmeda se registró, que al restarle el peso de la maceta con sustrato seco se obtuvo el peso de agua inicial o el contenido de humedad inicial (HI). Asimismo, cada maceta fue etiquetada con el tratamiento respectivo y su repetición. Las plántulas antes de ser trasplantadas fueron pesadas; los pesos de cada una de ellas se sumaron al peso de la maceta húmeda que le correspondió.

Todos los días a las doce horas, se registró el contenido de humedad de cada maceta por el método gravimétrico y se repuso el agua perdida con solución nutritiva, según el tratamiento correspondiente; es decir, al pesar la maceta que pertenecía al tratamiento diario, la diferencia se repuso al momento. En cambio, si se trataba de una maceta de cada tres días, la solución se repuso hasta que se cumplió el tiempo establecido y así sucesivamente. El diseño experimental fue completamente al azar

El sustrato fue analizado químicamente al inicio y al final del experimento. Las determinaciones químicas que se llevaron a cabo fueron capacidad de intercambio catiónico, cationes intercambiables por el método del acetato de amonio pH 7 y solubles por pasta de saturación, fósforo y cromo disponibles de acuerdo al Manual de Métodos de Laboratorio para Estudios de Suelo (SSI, 1996), para verificar la existencia de algún contaminante.

Las variables a evaluar en la planta fueron altura de la planta (con una regla graduada); el número de flores, en su momento (mediante conteo manual). Estas variables se registraron diariamente. Por otra parte, se llevaron a cabo muestreos a los 28, 40 y 52 días después del trasplante (ddt) en cada tratamiento; tres plantas, seleccionadas aleatoriamente, fueron separadas del sustrato con el fin de obtener los datos de altura y longitud de raíz y número de hojas. El promedio de peso fresco de estas plantas en cada muestreo, se sumó al resto de las macetas con el fin de tener un peso total de cada una de ellas y continuar con su peso gravimétrico día con día. Además, se obtuvo el área foliar al cortar y medir ocho hojas por plantas muestreada, en las hojas se midió la longitud máxima desde la base del pecíolo hasta el extremo del folíolo central y la anchura máxima de las hojas en forma perpendicular a la longitud máxima (Astegiano *et al.*, 2001). Estas hojas fueron fotocopiadas, obteniéndose el área foliar con la utilización de un medidor de área foliar LICOR (LI-3000). Finalmente, después de 60 ddt, la totalidad de las plantas fueron muestreadas, registrando los parámetros antes mencionados. Únicamente se evaluaron dos meses porque se trató de establecer el comportamiento del desarrollo vegetativo hasta la floración, sin llegar a la etapa de fructificación, en función del tipo de sustrato y las frecuencias de riego.

Los resultados fueron analizados mediante un

análisis de varianza y una prueba de medias de Tuckey a una  $P \leq 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Consumo de agua

La cantidad de agua utilizada en cada tratamiento fue diferente. En el tratamiento de riego diario la cantidad de agua promedio en el primer muestreo (28 ddt) fue de  $154 \text{ ml} \cdot \text{día}^{-1} \cdot \text{planta}^{-1}$ ; y de  $1,490 \text{ ml} \cdot \text{día}^{-1} \cdot \text{planta}^{-1}$  cuando se presentó la mayor demanda (floración). Estos resultados son menores que los reportados en la literatura (200 y  $1,500 \text{ ml}$  promedio, en los primeros días y en la mayor demanda, respectivamente) como requeridos por las plantas de tomate (Flores *et al.*, 2007); diferencias que se podrían considerar como mínimas. Sin embargo, estos resultados contrastan con la cantidad de agua utilizada en las frecuencias de cada tres y cada seis días, menores que en el tratamiento con frecuencia diaria (Cuadro 1). En el caso específico del agua utilizada en la frecuencia de riego de cada tres días, se utilizó una cantidad máxima de  $380 \text{ ml} \cdot \text{día}^{-1} \cdot \text{planta}^{-1}$  a los 52 ddt, lo que representa un ahorro de agua del 74.5 % en la época de mayor demanda en comparación al riego diario. No obstante, al analizar los resultados, el consumo de agua a los 52 ddt en la frecuencia cada seis días ( $620 \text{ ml} \cdot \text{planta}^{-1}$ ) fue mayor que en la de cada tres días. Lo anterior se debe al comportamiento de la humedad en relación con partículas minerales, puesto que se crea una diferencia de potenciales matriciales (Miller y Gardner, 1962; Hillel, 1982).

En este estudio, el sustrato corresponde a un sistema compuesto por dos subsistemas (Segura *et al.*, 2008), donde el subsistema arena tiene un potencial mayor que el de la pómez, lo cual provoca que el agua retenida en la arena se evapore primero y después la que está en la pómez; es decir, el agua que se encuentra en los poros de la arena (poros de mayor diámetro con respecto a los que tiene la pómez) se evapora en primer lugar y posteriormente la que se encuentra en los poros de la pómez. Segura *et al.* (2008) indican que el porcentaje de humedad que se pierde en un sustrato arena-pómez al 30 %, a razón del tiempo es de 2.46 %. En nuestro caso, en el riego diario no se da oportunidad al funcionamiento del sistema mencionado, ya que la humedad se repuso al momento (día con día); en cambio, cuando se dio el riego cada tres días, la humedad

**CUADRO 1. Agua utilizada en las frecuencias de riego en diferentes tiempos del experimento.**

Frecuencias de riego	Agua <sup>z</sup> (litros)							
	Tiempo (días)	0	28	Promedio (a los 28)	42	Promedio (a los 42)	52	Promedio (a los 52)
Diario		0	4.32	0.15	9.39	0.67	14.89	1.49
Cada tres días		0	2.30	0.08	5.91	0.42	3.79	0.38
Cada seis días		0	1.83	0.06	9.18	0.66	6.20	0.62

<sup>z</sup> Litros totales de agua en los días transcurridos

que se perdía primero era la que se encontraba en la arena pero la que estuvo en la pómez pudo ser utilizada por la planta. Situación que llega al extremo cuando se riega cada seis días puesto que la humedad se pierde tanto de la arena como de la pómez, por tal razón la cantidad de agua que se repuso cada seis días fue mayor que la que se repuso cada tres días después de 52 ddt. Las diferentes cantidades de agua presentes en los tratamientos puede traer como consecuencia un desarrollo de planta desigual (Tahi *et al.*, 2007).

Altura de planta

La altura de las plantas (Ap) en los primeros 28 días después del trasplante (ddt) no presentó diferencias significativas en las frecuencias de riego diaria y cada tres días (35 y 34 cm, respectivamente); en cambio, las plantas con riegos cada seis días tuvieron una altura menor (29 cm) que en los dos primeros tratamientos. En general, después de los 40 ddt, existieron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en la altura de plantas por frecuencia (Figura 1). Después de los 60 días que duró el experimento, las plantas en el tratamiento con riego diario, tuvieron una altura promedio de 88.4 cm. Lo anterior se constató al observar que durante el periodo evaluado, el crecimiento de las plantas con respecto al tiempo tuvo una tendencia positiva, siendo el tratamiento uno el que presentó mayor proporción de incremento en la altura de las plantas (1.325 cm) por día transcurrido ( $R^2 = 0.9479$ ).

El menor incremento en la altura de las plantas en las frecuencias de riego de cada tres y seis días se debe a que los requerimientos de agua por las plantas aumentan conforme transcurre el tiempo. Al respecto, diferentes autores (Bender, 2008; Al-Omran *et al.*, 2010; Asgharipour y Armin, 2010) mencionan que cuando se genera estrés hídrico en el cultivo de tomate, la planta reacciona cerrando sus estomas para evitar la transpiración. Cuando el estrés se prolonga la planta lleva a cabo la transpiración, para la cual acumula solutos y reduce el tamaño de sus células para disminuir el potencial hídrico, de esta manera abrirá parcialmente sus estomas para continuar con sus funciones vitales (Reddy *et al.*, 2005). Los resultados obtenidos de altura de planta al final del experimento fueron en promedio de 88.4 cm los cuales son superiores a los presentados por Macua *et al.* (2003) quienes reportaron una altura máxima de 75 cm a los 60 ddt, debidas al estrés al que estuvo sometido el cultivo.

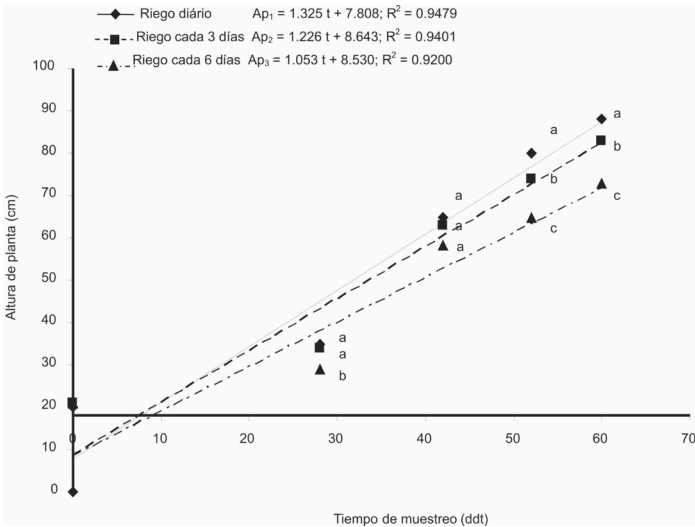


FIGURA 1. Comportamiento de la altura de la planta de tomate con diferentes frecuencias de riego en un sustrato arena-pómez de desecho industrial en invernadero con respecto al tiempo de muestreo. Literales distintas entre un mismo tiempo de muestreo son diferentes significativamente a una  $P\leq0.05$  de acuerdo con la prueba de “t”.

Área foliar

La mayor área foliar (AF) en el experimento se obtuvo cuando se regó diariamente, después de cincuenta y dos días del trasplante. En este caso las plantas con esta frecuencia de riego tuvieron un área foliar de 250.05 cm<sup>2</sup>·planta<sup>-1</sup> en el primer muestreo y de 1,542.31 cm<sup>2</sup>·planta<sup>-1</sup> al final del experimento (Cuadro 2). En particular cuando se agregó el agua cada seis días, las plantas fueron afectadas por el estrés hídrico presentado a lo largo del experimento, como se explicó anteriormente. No obstante los resultados de este experimento fueron mayores que los reportados por Samaniego *et al.* (2002) a los 30 ddt con 64.53 cm<sup>2</sup>·planta<sup>-1</sup>. Lo anterior significa que, en nuestro caso, a los 28 ddt no se presentó un estrés hídrico que influyera en el área foliar. El área foliar es un indicativo físico que determina la magnitud de la maquinaria fotosintética, que sirve para satisfacer la demanda de fotosintatos por los órganos en crecimiento del cultivo (Orozco-Vidal *et al.*, 2008). Por ello, el área foliar de las plantas con el tratamiento de riego diario y cada tres días (a los 60 días ddt, respectivamente) reflejan que no se presentó estrés hídrico en estos tratamientos. Al respecto, Sirvansa (2000) indica que la falta de agua trae como consecuencia un desarrollo deficiente del área foliar, ya que la reserva de agua que tiene una planta se

CUADRO 2. Área foliar (cm²) en cultivo de tomate respecto al tiempo, para tres frecuencias de riego.

Frecuencias de riego	Tiempo (ddt)				
	0	28	42	52	60
Diario	0	250.08 a <sup>z</sup>	1345.30 a	1462.71 a	1564.08 a
Cada tres días	0	256.86 a	1121.08 a	1342.04 b	1456.89 b
Cada seis días	0	92.50 b	563.28 b	706.35 c	759.14 c
DSM		56.48	299.49	78.60	23.14

<sup>z</sup> Valores con la misma literal dentro del tiempo en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tuckey a una  $P\leq0.05$ .



utiliza para mantenerse y en consecuencia disminuye sus procesos fisiológicos.

### Número de flores

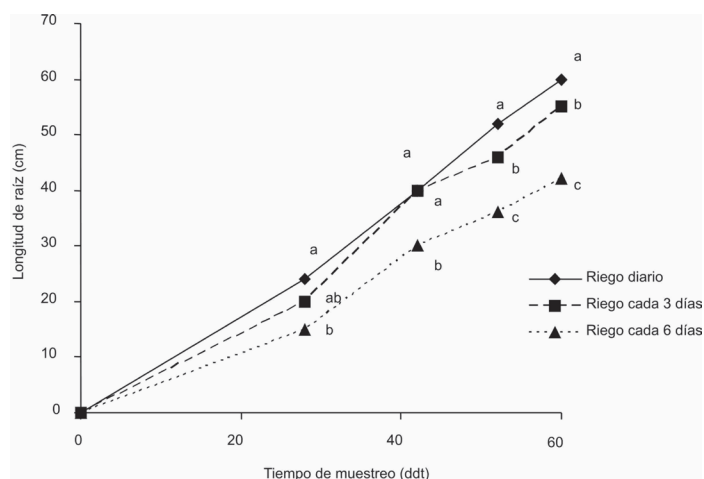
El número de flores se tomó en cuenta a partir del segundo muestreo, ya que para el primer muestreo la planta no presentaba flores. Las plantas de los tratamientos riego diario y riego cada tres días al final del experimento, tuvieron un total de veintidós flores, en los cuales no se encontró diferencia significativa (Cuadro 3). Este resultado se puede explicar por la presencia de agua constante en estos tratamientos; aun cuando en el tratamiento de riego cada tres días el suministro de agua no fue igual que el diario, la planta de tomate no se sometió a un estrés hídrico. León *et al.* (2005) mencionan que el estrés hídrico moderado no afecta los procesos fisiológicos de las plantas de tomate como la floración.

En cambio, cuando las plantas fueron regadas cada seis días el número de flores fue afectado en forma significativa, ya que no se presentó la floración. La ausencia de flores se debió a un estrés hídrico severo a lo largo del experimento. Sirivansa (2000) y Shubang (2002) indican que las plantas de tomate, son sensibles al estrés hídrico y a altas temperaturas ya que afectan la floración y disminuyen la producción.

### Longitud de raíz

La longitud de raíz que se presentó en el experimento fue significativa, presentándose la mayor longitud en el tratamiento de riego diario (Figura 2). Al momento de separar las plantas del sustrato se pudo observar cómo los pelos radicales de la raíz del tomate se encontraban incrustados o dentro de los poros de la pómez (Figura 3). Lo anterior fue similar a lo reportado por Savvas *et al.* (2006) y De León *et al.*, (2007) quienes mencionan que la raíz

de la planta puede tener acceso al agua que se encuentra dentro de los poros de la pómez. Al respecto Segura *et al.* (2008) mencionan que la humedad en el material pomáceo está retenida a una tensión menor que 0.0024 kPa, lo cual significa que el sustrato arena-pómez almacenan agua fácilmente disponible.



**FIGURA 2.** Comportamiento de la longitud de raíz de plantas de tomate con tres frecuencias de riego en un sustrato arena-pómez de desecho industrial en invernadero con respecto al tiempo de muestreo. Literales distintas entre mismo tiempo de muestreo son diferentes significativamente a una  $P \leq 0.05$  de acuerdo con la prueba de "t".



**Figura 3.** Presencia de raíces en partículas de pómez en el sustrato arena-pómez. a). Partícula de pómez suspendida por una raíz de tomate.

**CUADRO 3.** Número de flores en la planta de tomate en un sustrato arena-pómez y diferentes frecuencias de riego, a los 42, 52 y 60 días después del trasplante.

	Tiempo (días)	42	52	60
Diario		12 a <sup>z</sup>	16 a	22 a
Cada tres día		13 a	18 a	22 a
Cada seis días		0 c	0 c	0 c
DSM		4.30	8.60	6.57

<sup>z</sup> Valores con la misma literal dentro del tiempo en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tuckey a una  $P \leq 0.05$ .

**CUADRO 4.** Características químicas del sustrato al inicio y al final del experimento

Sustrato	Características químicas							dS·m <sup>-1</sup>
	cmol(+)·kg <sup>-1</sup>			(mg·g <sup>-1</sup> )				
	CIC <sup>z</sup>	Ca	Mg	Na	K	P	Cr	
Inicio	10.5	0.4	0.2	0.5	0.1	0.6	-	0.5
Final	10.6	1.5	0.6	0.8	0.3	0.8	-	0.9

<sup>z</sup> CIC: capacidad de intercambio catiónico, Ca: calcio, Mg: magnesio, Na: sodio, K: potasio, P: Fósforo, Cr: Cromo, CE: conductividad eléctrica, -: valores menores que 0.01 mg.

## Análisis del sustrato

El sustrato presentó diferentes contenidos de algunos elementos que pudieran considerarse como contaminantes e influir con los nutrientes existentes en la solución nutritiva (Cuadro 4). Sin embargo, los contenidos encontrados no representan algún problema con el desarrollo de la planta, pues al final del experimento los resultados de las determinaciones realizadas son muy bajos comparados con lo que han reportado diferentes autores (Andre *et al.*, 2002; Al-Omran *et al.*, 2010; Asgharipour y Armin, 2010). Lo anterior es acorde a lo reportado por Segura *et al.* (2008) quienes mencionan que el sustrato arena-pómez puede ser empleado para la producción de plantas.

## CONCLUSIONES

El desarrollo de la planta de tomate hasta su etapa de floración, no se ve afectado al utilizar un sustrato compuesto por 70 % de arena y un 30 % de piedra pómez de desecho industrial (tamaño de 2.38 a 3.35 mm de diámetro). La frecuencia de riego diario, en una sola aplicación, es la que mejores resultados tiene; sin embargo, cuando se riega cada tres días los resultados hasta floración son similares, puesto que el estrés hídrico que se provoca al no regar diariamente no influye en sus funciones fisiológicas hasta la floración.

El sustrato arena-pómez no presenta elementos contaminantes que influyan en el desarrollo de las plantas, por tal motivo este sustrato se puede utilizar sin ningún problema como sustrato en la producción de cultivos. Sin embargo, es necesario realizar experimentación para llevar a los cultivos a la producción de frutos y evaluar así su rendimiento con estos sustratos.

## LITERATURA CITADA

- ABAD B., M.; NOGUERA, P. 2000. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In: Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales. 2ª. Ed. Dir. CADAHIA L., C. Ediciones Mundi-Prensa. México, D.F.
- ABAD, M. 1991. Los sustratos hortícolas y la técnica del cultivo sin suelo. In: La horticultura española en la C.E. Eds. L. RALLO Y F. NUEZ. Ediciones de Horticultura S.L., Reus. España
- ABAD, M.; NOGUERA, P.; NOGUERA, V. 1996. Turbas para semilleros. In: II Jornadas sobre semillas y semilleros hortícolas. Congresos y Jornadas, 35/36. Juntas de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla, España.
- AL-OMRAN, A. M.; AL-HARBI, A. R.; WAHB-ALLAH, M. A.; NADEEM, M.; AL-ETER, A. 2010. Impact of irrigation water quality, irrigation systems, irrigation rates and soil amendments on tomato production in sandy calcareous soil. Turk Journal Agriculture. 34: 59-73.
- ANDRE, F.; GUERRERO, C.; BELTRAO, J.; BRITO, J. 2002. Comparative study of Pelargonium sp. grown in sewage sludge and peat mixtures. Acta Hort. 573: 63-69.
- ASGHARIPOUR, M. R.; ARMIN, M. 2010. Growth and elemental accumulation of tomato seedlings grown in composted solid waste soil amended. American-European Journal of Sustainable Agriculture 4: 94-101.
- ASTEGIANO, E. D.; FAVARO, J. C.; BOUZO, C. A. 2001. Estimación del área foliar en distintos cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) utilizando medidas foliares. Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg. 16: 249-256.
- BENDER Ö., D. 2008. Growth and transpiration of tomato seedlings grown in Hazelnut Husk compost under water-deficit stress. Compost Science & Utilization 16: 125-131.
- CADAHIA L., C. 2000. Cultivos hortícolas y ornamentales.- 2ª. Ed. Ediciones Mundi-Prensa. México, D.F.
- CASTILLA, N. 2005. Invernaderos de plástico, tecnología y manejo. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- DALTON, G. S., MCMASTER, J. S; MCMASTER, L. C. 2006. Developing and implementing a biodiversity strategy for processing tomato farms. Acta Hort. 724: 207-213.
- DE LEÓN G., F.; GUTIÉRREZ C., M. C.; GÓNZALEZ CH., M. C., CASTILLO J., H. 2007. Root aggregation in a pumiceous sandy soil. Geoderma 142: 308-317.
- DRESS, R.; WILDING L. P.; SMECK N. E.; SENKAYI A. L. 1989. Silica in soils: Quartz and disordered silica polymorphs. In DIXON, J. B.; Weed, S. B. (ed) Minerals in Soil Environments. 2<sup>nd</sup> ed. S.S.S.A. Book ser. no. 1. Madison, Wi. U.S.A. p. 913-974.
- FLORES, J.; OJEDAB., W.; LÓPEZ, I.; ROJANO, A.; SALAZAR, I. 2007. Requerimientos de riego para tomate en invernadero. Terra Latinoamericana 25: 127-134.
- GARCÍA, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen UNAM-Instituto de Geografía. México, D.F.
- GONZÁLEZ M., A.; HERNÁNDEZ L., B. A. 2000. Estimación de las necesidades hídricas del tomate. Terra 18: 45-50.
- HILLEL, D. 1982. Introduction to soil physics. Academic Press. Orlando, Fl. U.S.A.
- LEÓN, M.; CUN, R.; CHATERLAN, Y.; RODRÍGUEZ, R. 2005. Uso del agua en el cultivo del tomate protegido. Resultados obtenidos en Cuba. Revistas Ciencias Técnicas Agropecuarias 14: 9-13.
- MACUA, J. I.; LAHOZ, I.; ARZOZ, A.; GAMICA, J. 2003. The influence of irrigation cut-off time on the yield and quality of processing tomatoes. Acta Hort. 613: 151-153.
- MILLER, D. E.; GARDNER, W. H. 1962. Water infiltration

- into stratified soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 26: 115-118.
- OROZCO-VIDAL, J. A.; PALOMO-GIL, A.; GUTIÉRREZ DEL RÍO, E.; ESPINOSA-BANDA, A.; HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, V. 2008. Dosis de nitrógeno y su efecto en la producción y distribución de biomasa de algodon transgénico. *Terra-Latinoamericana* 26: 29-35.
- PÁEZ, A.; PAZ, V.; LÓPEZ, J. C. 2000. Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate cv. Río Grande en la época mayo-julio. Efecto del sombreado. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 17: 173-184.
- PRECIADO R., P.; BACA C., G.; TIRADO T., J. L.; KAHUASI, S. J.; TIJERINA CH., L.; MARTÍNEZ G., A. 2002. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. *Terra* 20: 267-276.
- QUINTERO, M. F.; GONZÁLEZ, C. A.; FLOREZ-RONCANCIO, V. J. 2006. Physical and hydraulic properties of four substrates used in the cut-flower industry in Colombia. *Acta Hort.* 718: 499-506.
- REDDY, A. R.; CHAITANYA, K. V.; JUTUR, P. P.; GRANAM, A. 2005. Photosynthesis and oxidative stress responses to water deficit in five different mulberry (*Morus alba* L.) cultivars. *Physiol. Mol. Biol. Plants* 11: 291-298.
- SAMANIEGO E., M.; QUEZADA, R.; DE LA ROSA, M.; MURGUÍA, J. 2002. Producción de plántulas de tomate y pimiento con cubierta de polietileno reflejante para disminuir la temperatura en invernadero. *Agrociencia* 36: 102-110.
- SAVVAS, D.; PASSAM, H. C.; OLYMPIOS, C.; NASI, E.; MOUSTAKA, E.; MANTZOS, N.; BAROUCHAS, P. 2006. Effects of ammonium nitrogen on lettuce grown on pumice in a close hydroponic system. *HortScience* 41: 1667-1673.
- SEGURA C., M. A.; ORTIZ S., C. A.; GUTIÉRREZ C., M. C. 2003. Localización de suelos de humedad residual con el uso de imágenes de satélite: Clasificación automática supervisada de la imagen. *Terra* 21: 149-156.
- SEGURA-CASTRUITA., M. A.; PRECIADO-RANGEL, P.; GONZÁLEZ-CERVANTES, G.; FRÍAS-RAMÍREZ, J. E.; GARCÍA-LEGASPI, G.; OROZCO-VIDAL, J. A.; ENRÍQUEZ-SÁNCHEZ, M. 2008. Adición de material pomáceo a sustratos de arena para incrementar la capacidad de retención de humedad. *INTERCIENCIA* 33: 923-928.
- SHUBANG, N. 2002. Effect of water stress during flowering on macademia plants. *J. Southwest Agric. Univ.* 24: 34-37.
- SIRVANSÁ, R. 2000. Tolerance to water stress in tomato cultivars. *Photosynthetica* 38: 465-467.
- SSI SOIL SURVEY INVESTIGATION. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Report No. 42 Version 3. U.S.D.A. N.R.C.S. and N.S.S.C. U. S. Government Printing Office. Washington, D. C.
- STEINER, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil* 15: 134-154.
- TAHI, H.; WAHBI, S.; WAKRIM, R.; AGACHICH, B.; SERRAJ, R.; CENTRITTO, M. 2007. Water relations, photosynthesis, growth and water-use efficiency in tomato plants subjected to partial rootzone drying and regulated deficit irrigation. *Plant Biosystems* 141: 265 – 274.
- YAALON, D. H.; ARNOLD, R. W. 2000. Attitudes toward soils and their societal relevance: then and now. *Soil Science* 165 : 5-12.