

# CALIDAD Y RENDIMIENTO DE JITOMATE VARIANDO EL CALCIO EN UN SISTEMA NFT EN INVERNADERO

## TOMATO QUALITY AND YIELD VARYING CALCIUM IN A NFT SYSTEM IN GREENHOUSE

**Pedro Barrera-Puga; Mario A. Vázquez-Peña\*; Ramón Arteaga-Ramírez; Irineo L. López-Cruz**

Posgrado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, km. 38.5. Chapingo, Estado de México, C. P. 56230, MÉXICO. Correo-e: mariovazquez@coahuila.com (\*Autor para correspondencia).

### RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en un invernadero de 20 m<sup>2</sup> de área que se localiza en la Universidad Autónoma Chapingo; México, en sistema hidropónico (NFT) con recirculación de la solución nutritiva, se aplicaron tres tratamientos (100, 150 y 200 ppm) de concentración de calcio para estudiar el efecto sobre la calidad y rendimiento de frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). El experimento se realizó del 30 de septiembre de 2010 al 4 de febrero de 2011, y se recolectaron muestras aleatorias de frutos durante tres semanas consecutivas, donde cada semana correspondió a la cosecha de los frutos del primer racimo al tercero de cada planta. El tratamiento 2 presentó el mayor rendimiento que se obtuvo en el segundo racimo con un 57.1 %, en el tratamiento 1 en la tercera semana se obtuvo el 37.5 % y en el tratamiento 3 el rendimiento durante la segunda y tercera semana fue de 38.6 % con respecto al total. En calidad los tomates presentaron buen grado de acidez, y el contenido de sales estuvo de acuerdo a los estándares recomendados; en cambio, el contenido de azúcares fue bajo y estadísticamente diferente en comparación con estudios previos reportados. El rendimiento promedio fue bajo y diferente en todos los casos debido al efecto de temperaturas extremas registradas fuera del rango de 10-25 °C; estos resultados no pueden ser atribuidos a la concentración de calcio porque que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos.

**Palabras clave adicionales:** Déficit hídrico, río, presa de almacenamiento, distrito de riego.

### ABSTRACT

The current research was conducted in a greenhouse of 20 m<sup>2</sup> area located at the University of Chapingo, Mexico, in hydroponic system (NFT) with recirculating nutrient solution, three treatments were applied (100, 150 and 200 ppm) of calcium concentration to study effects on fruit quality and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). The experiment was conducted from September 30, 2010 to February 4, 2011 and random samples of fruits were collected for three consecutive weeks, where each week were harvested fruits of the first to the third cluster of each plant. Treatment two showed the highest yield and it was obtained in the second cluster with 57.1 %, in treatment one on the third week was 37.5 % and yield treatment three during the second and third week was 38.6 % with respect to the total. The fruits quality was good because tomatoes showed good acidity and salt content as recommended. However the sugar content was low and statistically different compared with previous reported studies. The average yield was low and different in all cases due to the effect of extreme temperatures outside the range of 10-25 °C and these results cannot be assigned to the concentration of calcium because there were not significant differences among the treatments.

**Additional key words:** Hydroponics, PVC, effect of calcium, greenhouses, *Lycopersicon esculentum* Mill.

### INTRODUCCIÓN

En la última década, el valor nutritivo del tomate ha atraído considerablemente la atención de los consumidores que buscan productos alimenticios con alto valor nutritivo; básicamente, el principal ingrediente en el fruto de tomate que ha atraído mucho la atención es el licopeno, un antioxidante rico en vitaminas C y A (Jones, 2005). Por otra parte, ha habido pocas pruebas de

que las deficiencias de calcio (Ca<sup>2+</sup>) provocan la pudrición de las raíces cuando las condiciones ambientales son desfavorables; más bien la disminución de Ca<sup>2+</sup> causa una tasa de crecimiento baja en los frutos (Saure, 2001) y la adición de este nutrimento puede corregir problemas de salinidad (Levent *et al.*, 2007), ya que forma parte de la constitución estructural en la planta; su concentración, que varía de 0.4 a 2.0 %, forma parte de las pa-

redes celulares en forma de pectatos de calcio, por lo cual tiene un papel muy importante en la división de las mismas así como en la elongación celular, y es requerido para lograr la integridad y estabilidad de las membranas (Levent *et al.*, 2007). Por eso Jones (2006) señala que las deficiencias de calcio afectan principalmente en las hojas, las cuales se ponen negras y enroscadas, y también afectan el crecimiento radicular; asimismo, las puntas se ponen marrones, también se crea un desorden fisiológico en el extremo de la flor y se produce la pudrición apical de frutos. Una de las causas de deficiencia de calcio es el desequilibrio en la concentración de potasio y magnesio. Por tanto, los objetivos de este estudio fueron: 1) determinar el efecto del contenido de calcio sobre la calidad y rendimiento del cultivo de jitomate en un sistema NFT (Nutrient Film Technique) bajo invernadero, con ventilación natural, 2) medir y evaluar la calidad de fruto en lo que respecta a contenido de azúcar, conductividad eléctrica y pH, y 3) determinar el efecto de la asimilación de calcio sobre los frutos, calidad y rendimiento de los mismos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en un invernadero de 20 m<sup>2</sup> que se localiza en la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, en sistema hidropónico de película nutritiva, llamado en inglés "Nutrient Film Technique" (NFT) en recirculación de la solución nutritiva. Donde se aplicó un diseño estadístico unifactorial con muestras completamente aleatorias, con tres tratamientos (100, 150 y 200 ppm) de concentración de calcio, para estudiar efecto sobre la calidad y rendimiento de frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.).

Se diseñó un sistema estructural para dar soporte a tubería de plástico y al cultivo del experimento. Posteriormente se construyó el sistema y se instaló dentro del invernadero.

Se utilizó la variedad de semilla SUN7705 y se realizó la siembra el 25 de agosto de 2010; el periodo de estudio fue del 5 de noviembre de 2010 al 4 de febrero de 2011.

Se establecieron 56 plantas de cultivo en tubería de PVC con diámetro de cuatro pulgadas y longitud de 3 m para establecer los tres tratamientos con las concentraciones de calcio, y se aplicó la fórmula de fertilización propuesta para sistemas NFT por Halbrooks y Wilcox (1980).

La solución nutritiva estuvo en el sistema NFT en recirculación dando un flujo de agua de cinco litros por minuto (Lpm), y los tiempos de encendido y apagado de las bombas para recircular la solución nutritiva fueron 15 veces durante el día.

Se registraron los valores de temperatura del aire y humedad relativa, así como el número de frutos por planta hasta llegar a los tres racimos con un promedio de cuatro frutos.

La densidad de siembra fue de tres plantas por m<sup>2</sup>; de igual manera se realizó la medición de oxígeno con recirculación de la solución nutritiva y sin ella, para determinar si estaba en los

intervalos recomendados en estudios previos, obteniéndose así una oxigenación durante los tiempos de apagado de la bomba de 6 a 8 ppm y en los tiempos de recirculación de 15 a 25 ppm de oxígeno.

Las variables medidas para determinar la calidad y rendimiento fueron: pH y CE de frutos, grados BRIX, peso fresco y seco de frutos y contenido de calcio (Ca<sup>2+</sup>) en los frutos. Se evaluaron tres valores por muestra, en un periodo de tres semanas (una: del 29 de enero, dos: del 4 de febrero, y tres: del 11 de febrero).

Cada semana corresponde a los tiempos en que se cosecharon las muestras de frutos, que correspondieron a los racimos de las plantas. Para la semana 1, se cosecharon las muestras del primer racimo de todos los tratamientos, en la semana 2 se cosecharon todas las muestras del segundo racimo de todos los tratamientos y finalmente en la semana 3 se cosecharon todas las muestras del tercer racimo de todos los tratamientos.

El pH y la conductividad eléctrica de frutos se registró directamente introduciendo un medidor de pH y conductividad de la marca HOB0 (marca registrada) en los frutos y tomando el promedio de tres lecturas medidas.

Los grados Brix se determinaron con un refractómetro digital marca ATAGO, leyendo directamente sobre la escala graduada entre 0 y 53 % de grados Brix.

Para llevar a cabo la determinación de grados Brix, se procedió de la siguiente manera: primero se tomaron siete frutos por tratamiento para hacer las mediciones, luego se partió el fruto en cuatro partes de forma transversal y se tomó la lectura de cada parte cortada con el refractómetro y se hizo un promedio de las cuatro mediciones para anotar el valor final por muestra de grados Brix.

Posteriormente, entre una medición y otra diferente, se limpió el refractómetro agregando para ello agua destilada.

Para la determinación de la materia seca se utilizó el método de la humedad gravimétrica, método descrito por Miller (1998).

Para determinar el peso se usó una balanza electrónica; los datos se tomaron con aproximación de 0.01 g por lectura directa.

Para la determinación de calcio en frutos se aplicó el siguiente procedimiento:

Se tomaron siete muestras por tratamiento, es decir siete frutos de forma aleatoria, y se llevaron al laboratorio general de la Universidad Autónoma Chapingo para su análisis.

Los análisis de contenido de calcio en frutos se realizaron enviando tres muestras compuestas de siete frutos cada una por tratamiento por semana, y empleando el método de espectrofotometría de emisión de flama (Miller, 1998) para frutos.

El número de frutos por planta fue variable con el desarrollo y crecimiento de las plantas, pero para garantizar una mayor uniformidad en el tamaño se conservaron cuatro frutos por racimo y los restantes se eliminaron. Todo ello debido a que el cultivo de tomate desarrolla gran cantidad de raíces que llenan casi por completo los tubos de PVC, y como consecuencia disminuye la capacidad de oxigenación de la solución nutritiva. Así que no se cultivó el experimento a más de tres racimos, para evitar problemas de oxigenación por la gran cantidad de raíces dentro de los tubos de PVC de cuatro pulgadas.

El rendimiento fue determinado con la ecuación 1 según Sánchez (2006).

$$R=N*Nf*Wd \quad (1)$$

donde: R= Rendimiento( kg m<sup>-2</sup>), N=Número de plantas por metro cuadrado, Nf=Número de frutos por metro cuadrado y Wd=Peso fresco de frutos (kg).

El número de plantas por metro cuadrado fue de tres y el número de frutos por metro cuadrado fue de 12.

## RESULTADOS

Los Cuadros 1 y 2. Muestran los valores registrados de las variables medidas para realizar el análisis estadístico y comparar los tratamientos; se presenta la concentración de cada tratamiento, las fechas de análisis, pH, conductividad eléctrica, peso fresco, materia seca y grados Brix, todas referidas a los frutos.

De acuerdo al análisis de varianza de un solo factor para cada una de las variables mostradas en los Cuadros 1 y 2 con un  $\alpha = 0.05$  se obtuvieron los resultados (ver Cuadros 3-5), donde se hace la comparación de la  $F_0$  de Fisher con la  $F$  de tablas para dar el criterio de decisión, el cual es: Si ( $F_0 > F$ ), entonces hay diferencias significativas entre las medias de los tratamientos (Hay D.S.) o Si ( $F_0 \leq F$ ), entonces no hay diferencias significativas entre las medias de los tratamientos (No hay D.S.)

El Cuadro 3 indica que durante la primera semana de cosecha, en el análisis de varianza, sólo hubo diferencias significativas en el contenido de azúcares en frutos en los tres tratamientos, y el pH, contenido de sales, peso fresco y materia seca de frutos fue prácticamente el mismo. Entonces, con base en estas dos últimas variables se obtuvo que el rendimiento durante la primera

CUADRO 1. pH, CE y peso fresco de frutos registrados en los tres tratamientos para el análisis estadístico.

Fecha de muestreo (Cosecha) en semanas	FECHA		pH			CE (dS·m <sup>-1</sup> )			Peso fresco (g)		
	Tratamiento (Ca <sup>2+</sup> (ppm))	Núm. de muestra	100	150	200	100	150	200	100	150	200
1 (29 de enero, 2011)		1	4.47	4.73	4.38	2.6	1.06	1.29	74.4	43	63.9
		2	4.02	4.71	4.52	1.54	2.22	2.37	62.9	79.1	37.2
		3	4.29	4.48	4.45	0.68	0.87	1.16	68.6	38.7	24.2
		4	4.18	4.56	4.59	2.5	2.07	1.55	41.1	72.1	91.4
		5	4.16	4.18	4.47	1.42	1.32	2.57	62.4	76.4	48.2
		6	4.29	4.39	4.35	2.19	1.55	1.4	40.8	58.4	52.8
		7	4.64	4.41	4.42	1.65	2.51	2.04	52.4	53.3	87.4
2 (4 de febrero, 2011)		1	4.3	4.7	4.48	1.82	1.93	1.77	77.6	87.4	105.2
		2	4.36	4.96	4.92	2.05	1.39	2.79	87.3	89.3	126.3
		3	4.41	4.21	4.51	3.05	0.78	2.62	74.5	66.1	94.2
		4	4.24	4.49	4.15	1.48	1.85	1.74	75.4	57.3	90.6
		5	4.45	4.59	4.88	3.06	0.71	1.19	73.2	40.6	82.3
		6	4.48	4.26	4.38	2.42	1.13	1.64	56.4	47.2	89.4
		7	4.63	4.6	4.81	3.62	1.35	2.28	67.5	47.4	95.6
3 (11 de febrero, 2011)		1	4.26	4.68	4.48	1.47	1.01	1.96	56.4	40.2	83.3
		2	4.04	4.5	4.42	1.29	1.22	1.27	72.2	35.4	104.4
		3	4.18	4.4	4.88	2.49	1.42	1.89	77.5	54.6	81.2
		4	4.2	4.67	4.32	1.22	1.36	1.65	102.3	38.8	114.1
		5	4.53	4.2	4.31	1.43	1.34	1.47	74.4	45.6	117.6
		6	4.36	4.31	4.57	1.56	1.36	1.97	67.5	36.4	87.4
		7	4.21	4.65	4.36	2.24	1.12	1.78	97.6	43.2	95.3

CUADRO 2. Materia seca y porcentaje de Brix registrados en los tres tratamientos para el análisis estadístico.

Fecha de muestreo (Cosecha) en semanas	FECHA		Materia seca (g)			Brix en %		
	Tratamiento (Ca <sup>2+</sup> (ppm))	Núm. de muestra	100	150	200	100	150	200
1 (29 de enero 2011)		1	5.3	3.1	4.1	6.6	4	6.5
		2	5.3	4.5	2.6	6.1	4.4	6
		3	5.1	3.3	1.9	6.7	4.7	6.5
		4	2.8	4.9	6	6.5	4.3	6.7
		5	3.5	5	3.5	7.1	4.9	6.5
		6	3.3	4.6	4	6.9	4.5	5.5
		7	4.2	2.8	6.1	7.2	4.8	5.7
2 (4 de febrero 2011)		1	5.4	6	6.6	7.3	5.2	5.9
		2	6.3	5	8.2	6.7	5.3	5.3
		3	6.5	5.7	7.1	7.2	5.4	4.8
		4	5.2	4.2	5.8	6.9	5.3	5.2
		5	4.1	2.9	5.3	7.4	4.9	4.9
		6	4.4	3.8	6.3	6.8	6	6.9
		7	5.2	3.2	6.4	6.9	6.1	7
3 (11 de febrero 2011)		1	3.9	2.7	5.3	7.2	6.1	6.9
		2	5.3	1.8	7.1	7.5	5.8	6.4
		3	6.7	4.5	6.2	7.2	5.9	6.1
		4	9.7	2.6	7.2	7.2	6.3	5.1
		5	4.2	3.6	8.1	6.9	5.8	5.1
		6	5.4	3.1	6.4	7.1	6.1	5.7
		7	7.4	3	6.4	5.5	5.1	4.7

semana de análisis tampoco presentó diferencias significativas entre los tratamientos, como se observa en la Figura 1. Dicho resultado se obtuvo debido a que en el primer racimo todas las plantas estaban en adecuadas condiciones de desarrollo, y los efectos de asimilación de calcio y desarrollo radicular eran los mismos.

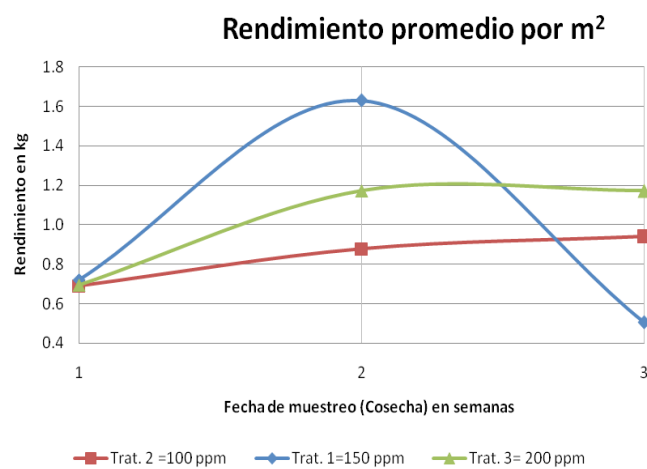


FIGURA 1. Rendimiento semanal promedio por metro cuadrado de jitomate a tres concentraciones de Ca<sup>2+</sup>.

Calidad y rendimiento...

CUADRO 3. Resumen del análisis de varianza primera semana.

VARIABLE	SEMANA 1		
	F <sub>0</sub>	F	RESULTADO
pH	2.7519	3.5546	No hay D.S.
CE	0.0992	3.5546	No hay D.S.
Peso fresco	0.0405	3.5546	No hay D.S.
Materia seca	0.0543	3.5546	No hay D.S.
Grados Brix	61.4344	3.5546	Hay D.S.

El Cuadro 4 indica que durante la segunda semana, las variables que presentaron diferencias significativas entre los tratamientos fueron: el contenido de sales (CE), la materia seca y contenido de azúcares en frutos. Lo que significa que en la segunda semana, uno de los tratamientos incrementó su contenido de sales, en este caso el tratamiento de 150 ppm de acuerdo a lo mostrado en la Figura 1. La materia seca y el contenido de azúcares se mantuvieron diferentes, al igual que en la primera semana.

El Cuadro 5 indica que en la última semana todas las variables medidas presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, por lo que el contenido de sales fue diferente, así

CUADRO 4. Resumen del análisis de varianza segunda semana.

VARIABLE	SEMANA 2		
	F <sub>0</sub>	F	RESULTADO
pH	1.1099	3.5546	No hay D.S.
CE	6.5434	3.5546	Hay D.S.
Peso fresco	0.5546	3.5546	No hay D.S.
Materia seca	7.7116	3.5546	Hay D.S.
Grados Brix	13.5636	3.5546	Hay D.S.

como el grado de acidez de frutos, el contenido de azúcares en consecuencia también fue diferente y el rendimiento como se presenta en la Figura 1. Esto debido a diferencias en tamaño de frutos y por consecuencia a la demanda de nutrimentos. Se puede decir que como los frutos fueron de diferente tamaño, se distribuyó una misma concentración de nutrimentos en un mayor volumen de frutos y por ello fueron diferentes.

CUADRO 5. Resumen del análisis de varianza en la tercera fecha de muestreo

VARIABLE	SEMANA 3		
	F <sub>0</sub>	F	RESULTADO
pH	3.6223	3.5546	Hay D.S.
CE	3.9000	3.5546	Hay D.S.
Peso fresco	31.7428	3.5546	Hay D.S.
Materia seca	14.2134	3.5546	Hay D.S.
Grados Brix	7.6944	3.5546	Hay D.S.

En el Cuadro 6, donde se presenta el porcentaje de rendimiento producido semanalmente, se observa que el tratamiento dos presentó el mayor rendimiento con respecto a su total durante la segunda semana, debido que fue en ese momento cuando se cosecharon los frutos de mayor peso.

CUADRO 6. Porcentaje de rendimiento producido semanal obtenidos con los valores de la Figura 1.

	Trat.	Trat.	Trat.
	1=100 ppm	2=150 ppm	3=200 ppm
SEMANA 1	27.5	25.3	22.9
SEMANA 2	35.0	57.1	38.6
SEMANA 3	37.5	17.7	38.6
Total	100.0	100.0	100.0

Posteriormente, en cada una de las semanas donde hubo diferencias significativas entre los tratamientos, se procedió a realizar la prueba de Tukey para determinar cuáles pares de medias de tratamientos fueron diferentes, obteniéndose así los Cuadros del 7 al 9, donde los valores con el símbolo \* indican que hay diferencia entre los pares de medias de los tratamientos correspondientes, e indica que los tratamientos son estadísticamente diferentes.

El Cuadro 7 indica que en la semana uno los tratamientos de 150 y 200 ppm de concentración de calcio no fueron diferentes

estadísticamente en concentración de grados Brix, y lo que causó las diferencias significativas entre tratamientos del Cuadro 3 fue el porcentaje de grados Brix del tratamiento uno de 100 ppm de concentración de calcio.

CUADRO 7. Prueba de Tukey de la primera fecha de muestreo con respecto a los grados Brix.

SEMANA 1	
Grados Brix	
Media trat. 1 ( $y_1$ )	6.7286
Media trat. 2 ( $y_2$ )	4.5143
Media trat. 3 ( $y_3$ )	6.2000
MS <sub>E</sub>	0.1524
Prueba de Tukey ( $T_\alpha$ )	0.5326
$ y_1 - y_2 $	2.2143*
$ y_1 - y_3 $	1.6857*
$ y_2 - y_3 $	0.5286

El Cuadro 8 muestra que prácticamente todas las variables indicadas mostraron diferencias significativas con respecto a la prueba de Tukey, ya que las diferencias entre pares de medias de todos los tratamientos fueron estadísticamente diferentes. Por tanto, en la segunda semana la calidad y rendimiento de frutos fueron completamente diferentes en todos los tratamientos, como lo indican el Cuadro 8 y la Figura 1. Esto debido a una misma concentración en mayor peso del fruto.

CUADRO 8. Prueba de Tukey de la segunda semana.

	SEMANA 2			
	CE	Peso fresco	Materia seca	Grados Brix
Media trat. 1 ( $y_1$ )	2.5000	72.7143	5.3000	7.0286
Media trat. 2 ( $y_2$ )	1.3057	61.9143	4.4000	5.4571
Media trat. 3 ( $y_3$ )	2.0043	97.2857	6.5286	5.7143
MS <sub>E</sub>	0.3851	230.3314	1.0363	0.3667
Prueba de Tukey ( $T_\alpha$ )	0.8468	20.7078	1.3890	0.8262
$ y_1 - y_2 $	1.1943*	10.8000	0.9000	1.5714*
$ y_1 - y_3 $	0.6986	35.3714*	2.1286*	0.2571
$ y_2 - y_3 $	0.4957	24.5714*	1.2286	1.3143*

En lo que respecta a la conductividad eléctrica de frutos y pH, se observa en el Cuadro 9 que las diferencias entre pares de medias de tratamientos fueron menores a la prueba de Tukey; por tanto, en la tercera semana no hubo diferencias significativas en la concentración de sales y grado de acidez (pH), pero el peso fresco, materia seca y grados Brix fueron afectados por el tamaño de frutos, y por tanto fueron evidentes las diferencias de pares de medias entre tratamientos, y hubo diferencias significativas.

Los tratamientos dos y tres también mostraron una similitud, pero no superaron la prueba de Tukey y por tanto fueron estadísticamente diferentes entre sí mismos.

CUADRO 9. Prueba de Tukey de la tercera semana.

	SEMANA 3				
	pH	CE	Peso fresco	Materia seca	Grados Brix
Media trat. 1 ( $y_1$ )	4.2543	1.6714	77.8571	6.0857	6.9429
Media trat. 2 ( $y_2$ )	4.4871	1.2614	41.5714	3.0429	5.8714
Media trat. 3 ( $y_3$ )	4.4771	1.7129	97.2857	6.6714	5.7143
MS <sub>E</sub>	0.0335	0.1118	174.7778	1.8689	0.4067
Prueba de Tukey ( $T_\alpha$ )	0.2497	0.4561	18.0385	1.8653	0.8701
$ y_1 - y_2 $	0.2329	0.4100	36.2857*	3.0429*	1.0714*
$ y_1 - y_3 $	0.0100	0.4514	55.7143*	3.6286*	0.1571
$ y_2 - y_3 $	0.2229	0.0414	19.4286*	0.5857	1.2286*

El Cuadro 10 presenta la concentración de calcio obtenida del análisis de tejido en frutos por el método de emisión de flama, mostrando que los valores de concentración de calcio fueron prácticamente los mismos, sin mostrar diferencias entre los tratamientos.

CUADRO 10. Concentración de calcio en porcentaje con respecto al total de nutrimentos.

	Trat. 1=100 ppm	Trat. 2=150 ppm	Trat. 3=200 ppm
Semana 1	0.17	0.23	0.25
Semana 2	0.15	0.25	0.28
Semana 3	0.17	0.26	0.28

CUADRO 11. Valores promedio de pH, CE y Peso fresco de frutos registrados en los tratamientos estudiados.

Variable	pH			CE (dSm <sup>-1</sup> )			Peso fresco (g)		
	100	150	200	100	150	200	100	150	200
SEMANA 1 (29 de enero de 2011)	4.29	4.49	4.45	1.80	1.66	1.77	57.51	60.14	57.87
SEMANA 2 (4 de febrero de 2011)	4.41	4.54	4.59	2.50	1.31	2.00	73.13	62.19	97.66
SEMANA 3 (11 de febrero de 2011)	4.25	4.49	4.48	1.67	1.26	1.71	78.27	42.03	97.61

CUADRO 12. Valores promedio de Materia seca y porcentaje de Brix registrados en los tratamientos estudiados.

Variable	Materia seca (g)			Brix en %		
	100	150	200	100	150	200
SEMANA 1 (29 de enero de 2011)	4.21	4.03	4.03	6.73	4.51	6.20
SEMANA 2 (4 de febrero de 2011)	5.30	4.40	6.53	7.03	5.46	5.71
SEMANA 3 (11 de febrero de 2011)	6.09	3.04	6.67	6.94	5.87	5.71

Los Cuadros 11 y 12 presentan los valores promedio de las variables registradas en este estudio, de tal manera que el pH, según Nuez (2001), debe estar entre 4.0 y 4.8 para que se presente buen grado de acidez y no haya desarrollo bacteriano, por lo que en las tres semanas el valor de pH estuvo dentro de los valores recomendados por dicho autor.

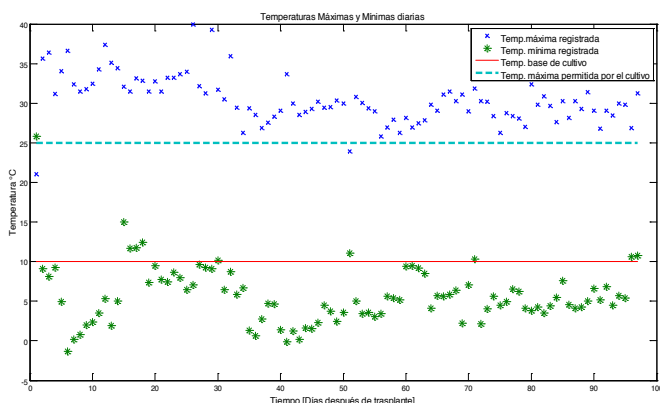
Hao y Papadopoulos (2004), para garantizar mejor firmeza y calidad, recomienda que los valores de conductividad eléctrica de frutos sean mayores de 3.5 dS·m<sup>-1</sup> y no menores a 2.5 dS·m<sup>-1</sup>, para no presentar agrietamiento de frutos; sin embargo, en este estudio los valores promedio de conductividad eléctrica estuvieron por debajo de ese valor, como se presenta en el Cuadro 11.

Nuez (2001) menciona que valores de grados Brix en la mayor parte de las variedades se sitúan entre 4.5 y 5.5 %, lo que representa un valor aceptable de contenido de azúcares; sin embargo, se deben relacionar estos valores con el grado de acidez de los frutos y de acuerdo con los resultados del valor promedio de grados Brix. El Cuadro 12 muestra que los valores promedio de porcentaje de grados Brix estuvieron un poco arriba de los valores recomendados, y por tanto se obtuvo buen contenido de azúcares complementando la buena calidad.

Según la ficha técnica de la variedad de tomate estudiada, se dice que los valores promedio de peso fresco de frutos deben estar entre 200 y 300 gramos por fruto; sin embargo, de acuerdo a los valores registrados en el Cuadro 11, se observa que el peso promedio no llegó ni a la mitad del valor mínimo recomendado para esta variedad, por lo que se obtuvieron frutos pequeños, afectando directamente el rendimiento.

Las temperaturas recomendadas para que el cultivo desarrolle en buenas condiciones y no se vea afectado en su calidad

y rendimiento, son cuando los valores de temperatura máxima durante el día no exceden los 25 °C y no son menores de 10 °C (Sánchez, 2006). Sin embargo, en el periodo del cultivo se obtuvieron valores extremos que sobrepasaron el intervalo de temperatura permitido, durante la mayor parte del tiempo, como se presenta en la Figura 2; por tanto, se puede atribuir que los bajos rendimientos se debieron al efecto de las temperaturas extremas.



**FIGURA 2. Temperaturas máximas y mínimas registradas en el periodo de cultivo.**

## CONCLUSIONES

La variación del calcio en la concentración de la solución afectó el rendimiento, pero el porcentaje contenido en frutos de este nutriente fue el mismo en los tres tratamientos.

Los frutos presentaron buen sabor, ya que el grado de acidez y el contenido de sales estuvieron dentro de los valores recomendados, si bien el contenido de azúcares fue bajo en comparación con estudios previos.

El rendimiento promedio fue bajo en todos los casos debido al efecto de las temperaturas extremas presentadas.

De acuerdo a los valores de pH de frutos, se obtuvieron valores dentro de rango con valores mayores de 4, lo cual fue

bueno debido a que dentro de éstos se presentó buen sabor y no hubo desarrollo de bacterias dentro de frutos.

El contenido de azúcares en los tres tratamientos fue estadísticamente diferente, pero en el pH y conductividad eléctrica de frutos no se encontraron diferencias significativas.

El rendimiento fue diferente en los tres tratamientos, pero no se pueden atribuir dichos resultados únicamente al efecto de la concentración de calcio, ya que las concentraciones analizadas en el tejido al final del ciclo fueron prácticamente las mismas.

## LITERATURA CITADA

- Halbrooks M. C.; Wilcox G. E. 1980. Tomato plant development and elemental accumulation, *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 105: 826-828.
- Hamer P. J. 2003. Analysis of strategies for reducing calcium deficiencies in glasshouse grown tomatoes: model functions and simulations. *Agricultural Systems* 76 181-205.
- Hao X.; Papadopoulos A. P. 2004. Effects of Electrical Conductivity and Mineral Nutrition on Fruit Radial Cracking, Russetting, and Firmness of Greenhouse Tomatoes. *Agriculture and Agri-Food Canada Greenhouse and Processing Crops Research Centre Harrow, Ontario Canada N0R 1G0. Acta horticulturae.* 633: 365-372.
- Jones J. B. 2005. *Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Jones J. B. 2006. *Tomato plant culture* CRC Press, Boca Raton, FL.
- Levent T. A.; Cengiz K. A.; Muhammad A. 2007. The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. *Environmental and Experimental Botany* 59: 173-178.
- Miller O. R. 1998. *Handbook of reference methods for plant analysis*. Edited by Josh P. Kaira New York. pp: 51, 52
- Nuez F. 2001. *El Cultivo del Tomate*. Ediciones Mundiprensa 1a reimpression. Barcelona España. 793 p.
- Sánchez D. C. 2006. *Hidroponía y cálculo de soluciones nutritivas Presentaciones Básicas*, UACH.
- Saure M. C. 2001. Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) a calcium- or a stress-related disorder. *Scientia Horticulturae* 90: 193-208.