

## **Efecto del fertilizante potásico sobre la calidad química de frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) almacenados bajo dos temperaturas**

Effect of the potassium fertilizer on the chemical quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits stored less than two temperatures

C.A. Ruiz-Sánchez

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas–Estación Experimental Falcón. Avenida Roosevelt Zona Institucional–Coro.

### **Resumen**

Con el objetivo de evaluar la dosis de potasio sobre la calidad química poscosecha en frutos de tomate, se realizó un experimento en el sector Guarabal, Municipio Federación del Estado Falcón. Se usó el cv. Río Grande y como fertilización se aplicaron 150 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrato de amonio; 80 kg.ha<sup>-1</sup> de fosfopoder y, el cloruro de potasio en tres dosis: 0, 220 y 330 kg.ha<sup>-1</sup>. En todos los casos se colocó el 70% de la dosis de KCl en el momento del trasplante, aplicando el resto en el agua de riego. De cada tratamiento de fertilización potásica, se seleccionaron frutos en estado fisiológicamente maduros y se conformó un diseño completamente al azar con arreglo factorial con dos factores: dosis de K, con tres niveles y temperatura de almacenamiento con dos niveles, 10 ± 2°C y 15 ± 2°C los frutos se identificaron y almacenaron por 21 días. Cada 7 días se evaluó el pH, contenido de sólidos solubles totales, acidez titulable y relación SST/acidez titulable. De manera general, los tratamientos de fertilización con potasio no afectaron la calidad química, mientras que la temperatura de almacenamiento si tuvo influencia en las variables evaluadas.

**Palabras clave:** tomate, potasio, calidad del fruto, poscosecha

## Abstract

With the purpose of evaluating the dose the potassium on the post harvest chemical quality in tomato fruits, an experiment was carried out in the Guarabal sector, Federation municipality, Falcon state. The Rio Grande cv. was used and as fertilization were applied 150 kg.ha<sup>-1</sup> of ammonium nitrate; 80 kg.ha<sup>-1</sup> of fosfopoder and potassium chloride in three doses: 0, 220 and 330 kg.ha<sup>-1</sup>. In all cases 70% of the dose of KCl was placed at the transplant moment, by applying the rest in the irrigation water. Of each treatment with potassium fertilizer, fruits physiologically mature were selected and a split plot design with factorial arrangement and two factors: K doses, with three levels and storage temperature with two levels, 10 ± 2°C and 15 ± 2°C; fruits were identified and stored for 21 days. Every 7 days pH, content of total soluble solids, Titrable acidity and relationship TSS/Titrable acidity were evaluated. In a general way, the fertilization treatments with potassium did not affect the chemical quality, while the storage temperature had influence on the evaluated variables.

**Key words:** tomato, potassium, fruit quality, post harvest.

## Introducción

El K es considerado un fabricante de calidad (Minotti, 1975); se ha encontrado que cuando las hojas contienen más de 6% K y mayor de 5% N, la incidencia de desórdenes en la maduración es minimizado en un 10% y la acidez del fruto alcanza niveles satisfactorios (pH: 4,2 a 4,4) (Adams *et al.*, 1978; Adams y Ho, 1995).

Realmente son escasas las investigaciones que destacan la importancia de la fertilidad del suelo y su influencia sobre las características de calidad de los tomates para mercado fresco (Adams *et al.*, 1973; Picha y Hall, 1982); Además, se conoce poco acerca del efecto de la fertilidad del suelo, la época de siembra, la tasa de K aplicada y el cultivar sobre las características de calidad en tomate como el pH, sólidos solubles, acidez titulable, y la relación SST/acidez titulable (Alan y Padem, 1994; Ozbun *et al.*, 1967; Picha y Hall, 1982).

## Introduction

K is considered like a quality maker (Minotti, 1975); it has to be found that when leaves contain more than 6% K and more of 5% N, the disorder incidence in maturity is minimized in a 10% and the fruit acidity reach satisfactory levels (pH: 4.2 to 4.4) (Adams *et al.*, 1978; Adams and Ho, 1995).

Really, researches about the importance of soil fertility and its influence on the quality characteristics of tomatoes for fresh market (Adams *et al.*, 1973; Picha and Hall, 1982); Also, there is little information about the effect of soil fertility, sowing date, K applied rate and the cultivar about the characteristics of tomato quality like pH, soluble solids, titrable acidity and the relationship TSS/titrable acidity (Alan and Padem, 1994; Ozbun *et al.*, 1967; Picha and Hall, 1982).

Se ha demostrado que algunas características de calidad de frutos pueden variar dependiendo de la época de aplicación de K; En tal sentido, en un estudio de 4 cultivares de tomate y 5 dosis de K en primavera y otoño, se encontró que hubo una reducción en el contenido de azúcares, peso seco y pH del jugo en primavera, mientras que la acidez titulable fue más alta en otoño. La acidez titulable aumentó con el incremento de la tasa de K durante ambas épocas, mientras el pH disminuyó con el incremento del pH-suelo solamente durante la primavera (Picha y Hall, 1982).

Otros investigadores han señalado que en el jugo de frutos, variables como la conductividad eléctrica, el contenido de potasio y la acidez titulable aumentaron con el nivel de potasio (Adams y Ho, 1995), de igual manera los frutos bien suplidos de K registraron los valores más altos en sólidos solubles totales, azúcares, ácido, carotenos, licopenos (Adams *et al.*, 1978). Asimismo, se han reportado pronunciados incrementos en los sólidos solubles asociados con la primera aparición de carotenos y licopenos en las paredes de los frutos. (Winsor *et al.*, 1967; Winsor, 1979; Young *et al.*, 1993).

También se han observado cambios en las características de calidad en tomates almacenados bajo sombra y bajo sol, midiéndose la variación del pH, acidez titulable y contenido de sólidos solubles en frutos de diferentes cultivares; todos los cultivares almacenados bajo sombra mostraron incrementos en el pH, mientras que en la acidez titulable hubo una disminución entre los 3 y 8 días. Igualmente, el con-

It has been demonstrate that some characteristics of fruits quality can vary depending on the K applying time; In this sense, in a study of 4 tomato cultivars and 5 K doses in spring and autumn, a reduction in the sugar content, dry weight and juice pH in spring, whereas the titrable acidity was higher in autumn. The titrable acidity increased with k rate increase during both times, while pH decreases with pH-soil increase, only in spring (Picha and Hall, 1982).

Other researchers have said that in fruits juice, variables like the electrical conductivity, potassium content and titrable acidity increased with the potassium level (Adams y Ho, 1995), in the same way that fruits with a well K supply showed the higher values in total soluble solids, sugars, acid, carotenos, lycopene (Adams *et al.*, 1978). Thus, high increases have been reported in the total soluble solids associated to the first carotenos and lycopenes appearance in the fruits walls (Winsor *et al.*, 1967; Winsor, 1979; Young *et al.*, 1993).

Besides, changes in the characteristics of tomatoes quality stored on sun and shade have been observed, by measuring the pH variation, the titrable acidity and content of total soluble solids in fruits of different cultivars; all the stored cultivars under shade showed increases on pH, whereas there was a considerable diminishing of the titrable acidity between the 3 and 8 days In the same way, the content of total soluble solids increased and the prolonged storage in both forms showed a pH increase, and/or a

tenido de sólidos solubles aumentó y en ambas formas, durante el almacenamiento prolongado, el pH mostró un aumento mientras que en la acidez titulable y en los sólidos solubles totales, se registró un descenso.

En el siguiente trabajo, se evaluaron la dosis de potasio y la temperatura de almacenamiento sobre los parámetros químicos de calidad poscosecha en frutos de tomate.

## Materiales y métodos

### Manejo precosecha

El experimento se llevó a cabo en la finca Santa Bárbara, situada en el Sector Guarabal, Parroquia Independencia, a 13 km al oeste de Churuguara, Capital del municipio Federación del Estado Falcón, a 10° 47' de latitud Norte, 69° 32' de longitud Oeste y altitud de 685 msnm. Con una precipitación promedio anual entre 550 y 1100 mm y una temperatura promedio anual de 28°C, cuya máxima absoluta es de 32°C y la mínima absoluta de 18°C. La evapotranspiración sobrepasa los 2000 mm/año (Ewel *et al.*, 1976; COPLANARH, 1975).

Como material vegetal se utilizó el híbrido Río Grande, el cual fue sembrado en semilleros y transplantado a los 35 días, en un diseño en bloques al azar con tres (3) tratamientos y cuatro (4) repeticiones, dando un total de 12 unidades experimentales, formadas cada una por cuatro (4) surcos de 4 m de largo, separados 1,20 m entre sí, para una superficie de 4,40 m<sup>2</sup>/parcela y un área total efectiva de 492,8 m<sup>2</sup>. La unidad experimental consistió en 12 plantas.

decrease in the titrable acidity and in the total soluble solids (Koutsos *et al.*, 1994; Syamal, 1991).

In this research, the potassium doses and storage temperature on the chemical parameters of post harvest in tomato fruits.

## Materials and methods

### Pre-harvest management

The experiment was carried out in the Santa Barbara farm, located in the Guarabal sector, Independencia Parrish, 13 km at west of Churuguara, Federación municipality, Falcon state, at 10° 47' North latitude, 69° 32' West length and altitude of 685 msnm. Annual mean rainfall between 550 and 1100 mm and an annual mean temperature of 28°C, whose absolute maximum is 32°C and the minimum is 18°C. Evapotranspiration exceed 2000 mm/year (Ewel *et al.*, 1976; COPLANARH, 1975).

As vegetable material the Rio Grande hybrid was used, which was sowed in seed beds and transplanted at 35 days, in a design of at random blocks with three (3) treatments and four (4) replicates, by giving a total of 12 experimental units, each formed by four (4) rows of 4 m long, separated 1.20 m among them, for a surface of 4.40 m<sup>2</sup>/plot and a total effective area of 492.8 m<sup>2</sup>. The experimental unit was formed by 12 plants; the distance between plants was 0.30 m, for a density of 27.777 plants.ha<sup>-1</sup>.

150 kg.ha<sup>-1</sup> of ammonium nitrate (33.5% N), were applied, fractioned in three parts, 50 kg.ha<sup>-1</sup> in each application; 80 kg.ha<sup>-1</sup> of fosfopoder

La distancia entre plantas fue de 0,30 m, para una densidad de 27,777 plantas.ha<sup>-1</sup>.

Se aplicaron 150 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrato de amonio (33,5% de N), fraccionada en tres partes, 50 kg ha<sup>-1</sup> en cada aplicación; 80 kg.ha<sup>-1</sup> de fosfopoder (28% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 21% de CaO y 4% de S), al momento del transplante y el cloruro de potasio (60% de K<sub>2</sub>O) en tres dosis 0, 220 y 330 kg.ha<sup>-1</sup> (0, 132 y 198 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O). Se utilizó riego por surcos, aplicándose en la mañana con una frecuencia diaria durante los primeros 8 días después del transplante y, posteriormente una cada tres días.

### Manejo poscosecha

De cada tratamiento de fertilización potásica, se seleccionaron frutos en estado fisiológicamente maduros, de tamaño uniforme, cosechados a los 92 días después del transplante (DDT). Estos fueron trasladados en huacales (cap. 14 kg); para evitar el calentamiento de los frutos se usó un aislamiento en el piso del vehículo con cartón mojado, luego se cubrieron los huacales con un plástico. El traslado se realizó después de las 5:00 p.m. los frutos fueron mantenidos en una cava a 15°C en el laboratorio de poscosecha de la UCLA hasta la mañana siguiente.

Las muestras fueron divididas en dos submuestras de 160 frutos cada una, las cuales se almacenaron a diferentes temperaturas: 10 y 15±2°C por 21 días. Se evaluaron cada 7 días las variables sólidos solubles totales (SST), pH, acidez titulable y la relación SST/acidez titulable.

### Variables evaluadas

**pH y Acidez Titulable:** Se tomaron 3 frutos por repetición los cua-

(28% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 21% CaO and 4% S), at the moment of transplant and potassium chloride (60% K<sub>2</sub>O) in three doses 0, 220 and 330 kg.ha<sup>-1</sup> (0, 132 and 198 kg.ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O). Irrigation by rows was used, by applying in morning with a daily frequency during the first 8 days after transplant and after, each three days.

### Post-harvest management

Each potassium fertilization treatment, physiologically matures fruits, of uniform size were selected, harvested at 92 days after transplant (DAT). These were moved by huacales (cap. 14 kg); for avoiding the fruits heating, isolation with wet carton was used in the vehicle floor, after, huacales were covered with a plastic. Transfer was made after 5:00 p.m. fruits were maintained in a freezer 15°C in the post harvest laboratory of the UCLA until the next morning.

Samples were divided in two sub-samples of 160 fruits each, which were stored at different temperatures: 10 and 15 ± 2°C for 21 days. The variables total soluble solids (TSS) were evaluated each 7 days, pH, titrable acidity and the relationship TSS/titrable acidity.

### Evaluated variables

**pH and Titrable acidity:** three fruits by repetition whose seeds were sectioned and fractioned, 40 g in 50mL of distilled water were liquidized, this mixing was centrifuged at an angular speed of 8 and 6000 rpm during 20 minutes. After, the supernatant was extracted (10 mL, approximately) on which measures were accomplished. pH was measured with a potentiometer mark Orion model 520A. The titrable

les fueron seccionados y extraídas las semillas, luego se licuó, aproximadamente 40 g en 50 mL de agua destilada, esta mezcla fue después centrifugada a una velocidad angular de 8 y a 6000 rpm. durante 20 minutos. Posteriormente, se extrajo el sobrenadante (10 mL, aproximadamente) sobre el cual se realizaron las mediciones. El pH se midió con un potenciómetro marca Orion modelo 520A. La acidez titulable se determinó por titulación con NaOH 0,1 N, hasta obtener el valor de 8,1 (Covenin, 1984). Los resultados fueron presentados como porcentaje de ácido cítrico, de acuerdo a la fórmula (Gull *et al.*, 1982):

$$\% \text{ Acido cítrico} = [(V \times N \times Pmeq)/Y] * 100$$

Donde:

V= volumen en ml de NaOH titulado.

N= solución normal de NaOH (0,1 N)

Pmeq= peso en miliequivalente de ácido cítrico (0,064 meq)

Y= volumen en mililitros (10 mL)

**Sólidos Solubles Totales (SST):** Fue determinado con un refractómetro Pr-101 (0-45%) marca Atago del tipo digital; usando tres o cuatro gotas del jugo de un fruto sobre la célula sensora del equipo previamente calibrado y encerado (AOAC, 1980). Los resultados fueron expresados como grados Brix (°Brix).

**Relación Sólidos Solubles Totales/Acidez Titulable:** Se determinó por cociente simple y directo.

#### Diseño estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar en arreglo factorial, con dos factores: dosis de K, con tres ni-

acidity was determined by titration with NaOH 0.1 N, until obtaining the value of 8.1 (Covenin, 1984). Results were showed like percentage of citric acid, according to the formula (Gull *et al.*, 1982):

$$\% \text{ Citric acid} = [(V \times N \times Pmeq)/Y] * 100$$

Where:

V= volume in ml of NaOH titulated.

N= normal solution of NaOH (0.1N)

Pmeq= weight in mili equivalent of citric acid (0.064 meq)

Y= volume in mili liters (10 mL)

**Total soluble solids (TSS):** It was determined with a refractometer Pr-101 (0-45%) mark Atago of digital type; by using three or four drops of fruits on the sensor cell of the equipment previously calibrated and polished (1). Results were expressed like Brix grades (°Brix).

**Relationship total soluble solids/Titrable acidity:** It was determined by simple and direct quotient.

#### Statistical design

A totally at random design in factorial arrangement: K doses with three levels (0, 220 and 330 kg.ha<sup>-1</sup>) and storage temperature with two levels (10±2 and 15±2°C). 5 replicates formed by the average of 3 fruits. Differences were measured by the multiple rank test of Duncan (P<0.05). Results were analyzed by the statistical program SAS.

## Results and discussion

The effect of potassium doses on fruit pH is shown in table 1, in where

veles (0, 220 y 330 kg.ha<sup>-1</sup>) y temperatura de almacenamiento con dos niveles (10 ± 2 y 15 ± 2°C). Se consideraron 5 repeticiones conformadas por el promedio de 3 frutos. Las diferencias fueron medidas por la prueba de rango múltiple de Duncan (P<0,05). Los resultados se analizaron por el programa estadístico SAS.

## Resultados y discusión

El efecto de la dosis de potasio sobre el pH del fruto se muestra en el cuadro 1, donde se observa que en los frutos almacenados a 10±2°C no se encontraron diferencias significativas. A los 7 días, los tratamientos testigo y 220 kg.ha<sup>-1</sup> aumentaron sus valores con relación a la evaluación anterior. A los 14 días de almacenamiento (dda) todos los tratamientos disminuyeron sus promedios de pH y al final del almacenamiento (21 días) se incrementaron los promedios. En todos los casos el testigo mostró el más alto valor.

En el almacenamiento a 15°C tampoco se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos. Se observó una ligera tendencia a mantener valores semejantes hasta los 14 dda, para luego los 21 días apreciarse un incremento. El pH tendió a incrementarse en ambas temperaturas al final del almacenamiento, siendo más notoria esa diferencia a 15°C.

Otros investigadores estudiaron los factores que afectan la acidez en tomates y reportaron que todas las poblaciones de tomate exhibían cierto grado de variabilidad en el pH encontrándose que algunos de los frutos alcanzaban promedios entre 4,5 –

it is observed that in stored fruits at 10±2°C, significant differences were found. At 7 days, the control treatments and 220 kg.ha<sup>-1</sup> increased its values in relation to the previous evaluation. At 14 stored days (SD) all treatments decreased its pH averages and at the end of storage (21 days) averages increased too. In all cases, control showed the higher value.

In the storage at 15°C significant differences were not found at any of treatments. A light tendency to maintain similar values until 14 SD was observed; after, at 21 days, an increase was appreciate. pH showed a tendency to increase in both temperatures at the end of storage, by being more notorious that difference at 15°C.

Other researches studied factors that affect the acidity in tomatoes and reported that all tomato populations showed any variability degree in pH by being found that some fruits reached averages between 4.5 – 4.6. Also, cultivars with high values in pH showed inferior averages in titrable acidity (Shapers *et al.*, 1978).

Severe decreases in pH have been reported from fruits are immature (green) until the state physiologically mature (color change), after pH increase until the mature stage (red) even hybrids and other species of *Lycopersicon* (Young *et al.*, 1993).

In table 2 results of titrable acidity are shown. Significant differences were found at 0 SD in stored fruits at 10°C and percentage of titrable acidity varied between 0.21 and 0.25%. The higher value of citric acid was reported for the control

**Cuadro 1. Efecto de las dosis del cloruro de potasio, sobre el pH en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivar Río Grande, almacenados a 10±2°C y 15±2°C y evaluados a los 0, 7, 14 y 21 días.**

**Table 1. Effect of potassium chloride doses on pH in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits, Río Grande cultivar, stored at 10±2°C and 15±2°C and evaluated at 0, 7, 14 and 21 days.**

KCl (kg.ha <sup>-1</sup> )	10±2°C				15±2°C			
	0	7	14	21	0	7	14	21
Testigo	4,12 <sup>a</sup>	4,20 <sup>a</sup>	3,90 <sup>a</sup>	4,47 <sup>a</sup>	3,95 <sup>a</sup>	3,65 <sup>a</sup>	3,92 <sup>a</sup>	4,33 <sup>a</sup>
220	3,89 <sup>a</sup>	4,19 <sup>a</sup>	3,80 <sup>a</sup>	4,26 <sup>a</sup>	3,88 <sup>a</sup>	3,87 <sup>a</sup>	3,84 <sup>a</sup>	4,21 <sup>a</sup>
330	4,04 <sup>a</sup>	4,02 <sup>a</sup>	3,79 <sup>a</sup>	4,34 <sup>a</sup>	3,90 <sup>a</sup>	3,97 <sup>a</sup>	3,89 <sup>a</sup>	4,37 <sup>a</sup>
(P<0.05)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Promedio de 5 repeticiones.

<sup>1</sup>Valores entre columnas seguido por letras diferentes, son estadísticamente diferentes (P<0.05) de acuerdo a la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

4,6. Además, se encontró que los cultivares con altos valores en pH presentaron menores promedios en acidez titulable (Shapers *et al.*, 1978).

Se han reportado severas disminuciones del pH desde cuando los frutos son inmaduros (verdes) hasta el estado fisiológicamente maduros (cambio de color), luego el pH se incrementó hasta el estado maduro (rojo) tanto en híbridos como en otras especies de *Lycopersicon* (Young *et al.*, 1993).

En el cuadro 2 se muestran los resultados de la acidez titulable. Se encontraron diferencias significativas a los 0 dda en los frutos almacenados a 10°C y el porcentaje de acidez titulable varió entre 0,21 y 0,25%. El valor mas alto de ácido cítrico se reportó para el tratamiento testigo; mientras que a los 7 dda, los prome-

diados fueron menores; whereas the lower averages were registered treatments with K for 7 SD. At 14 SD the averages oscillate between 0.15 and 0.19 for the control and the 330, respectively. At 21 SD averages decrease in relation to the previous evaluation, by being this decrease higher in K treatments.

In the stored fruits under 15°C, at 0 days averages were similar (between 0.23 and 0.22%). At 7 SD values decreased. However, at 14 SD significant differences were found; control treatment showed the lower value and treatments with K, increases its averages. At the end of storage these values decreased in a considerable way.

There is an inverse relationship between pH and the titrable acidity; likewise, the titrable acidity increases



**Cuadro 2. Efecto de las dosis del cloruro de potasio sobre la acidez titulable, expresada como % de ácido cítrico, en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivar Río Grande, almacenados a  $10\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $15\pm 2^{\circ}\text{C}$  y evaluados a los 0, 7, 14 y 21 días.**

**Table 2. Effect of the potassium chloride doses on the titrable acidity, expressed like % of citric acid, in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits, Río Grande cultivar, stored at  $10\pm 2^{\circ}\text{C}$  and  $15\pm 2^{\circ}\text{C}$  and evaluated at 0, 7, 14 and 21 days.**

KCl (kg.ha <sup>-1</sup> )	$10\pm 2^{\circ}\text{C}$				$15\pm 2^{\circ}\text{C}$			
	0	7	14	21	0	7	14	21
Testigo	0,25 <sup>b</sup>	0,17 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,23 <sup>a</sup>	0,19 <sup>a</sup>	0,17 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>
220	0,23 <sup>ab</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,18 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>	0,22 <sup>a</sup>	0,18 <sup>a</sup>	0,22 <sup>b</sup>	0,13 <sup>a</sup>
330	0,21 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,19 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,23 <sup>a</sup>	0,18 <sup>a</sup>	0,20 <sup>ab</sup>	0,13 <sup>a</sup>
(P<0.05)	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns

Promedio de 5 repeticiones.

<sup>1</sup>Valores entre columnas seguido por letras diferentes, son estadísticamente diferentes (P<0.05) de acuerdo a la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

dios más bajos se registraron en los tratamientos con K. A los 14 dda los promedios oscilaron entre 0,15 y 0,19 para el testigo y el 330, respectivamente. A los 21 dda, los promedios disminuyeron con relación a la evaluación anterior, siendo esta disminución mayor en los tratamientos con K.

En los frutos almacenados bajo  $15^{\circ}\text{C}$ , a los 0 días los promedios fueron muy similares (entre 0,23 y 0,22%). A los 7 dda, los valores disminuyeron. No obstante, a los 14 dda se encontraron diferencias significativas; el testigo presentó el valor más bajo y los tratamientos con K, aumentaron sus promedios. Al final del almacenamiento estos valores disminuyeron de manera considerable.

Se ha observado que existe una relación inversa entre el pH y la acidez

from the immature green state at the color breaking state (pink), followed by a diminishing in the mature red state, which agree with results obtained in this study (Young *et al.*, 1993).

Agar *et al.*, 1994; Baker and Morris, 1978; said that the acidity values and citric acid can decrease according the tomato (Nor, Rin and normal) and according the storage time; however, the titrable acidity also could be affected by the presence of diseases like the alternation and anthracnoses (Agar *et al.*, 1994; Barker and Ready, 1994).

The results of citric acid percentage do not agree with the findings of another researchers that have reported values between 0.30% and 0.35% which are higher to those

titulable; así mismo, la acidez titulable se incrementa desde el estado verde inmaduro al estado de rompimiento del color (rosado), seguido por una disminución en el estado rojo maduro, lo cual coincide con los resultados obtenidos en este estudio (Young *et al.*, 1993).

Agar *et al.*, 1994; Baker y Morris, 1978; señalaron que los valores de acidez y ácido cítrico pueden disminuir según el híbrido de tomate (Nor, Rin y normal) y según el tiempo de almacenamiento; sin embargo, la acidez titulable también puede verse afectada por la presencia de enfermedades como la alternaria y antracnosis (Agar *et al.*, 1994; Barker y Ready, 1994).

Los resultados del porcentaje de ácido cítrico no coincidieron con lo encontrado por otros investigadores que han reportado valores entre 0,30% y 0,35% los cuales son mayores a los encontrados en este estudio (entre 0,13 y 0,25%) (Kader y Morris, 1978) aunque dichos autores usaron frutos de tomates en madurez fisiológica y al inicio de la maduración, y en éste trabajo los frutos se cosecharon en madurez de consumo. Por otro lado, se ha encontrado ligeros incrementos en el contenido de ácido cítrico a niveles moderados de salinidad, lo cual reflejó una relación entre este factor de calidad y el manejo de la fertilidad en el campo (Balibrea *et al.*, 1997).

Se observó un ligero aumento de la acidez titulable a las dos temperaturas de almacenamiento y este fue mayor a la temperatura 15°C que en los frutos almacenados a 10°C durante los 14 dda, en los frutos con tratamiento de potasio.

De igual modo, Rezende *et al.*,

found in this study (between 0.13 and 0.25%) (Kader and Morris, 1978) even though these authors used physiologically matures tomato fruits and at the beginning of maturity, and in this work the fruits were harvested in consumption maturity. On the other side, lights increases in the citric acid content at moderate levels of salinity, which reflected a relationship between the quality factor and the fertility management in field (Balibrea *et al.*, 1997).

A light increase of titrable acidity at the two storage temperatures was observed and this was superior to temperature in 15°C that in storage fruits at 10°C during 14 SD, in fruits with potassium treatment.

In the same way, Rezende *et al.*, 2002 evaluated the F effect on size, mineral composition and tomato fruits quality, Santa Clara cultivar, by applying six doses of KCl by fertirrigation in relation to quality and they reported that vitamin C, SST, lycopene and b-carotene tenors, were not affected by K dose, but K increase, decreased the fruit pH and increased the acidity content (Rezende *et al.*, 2002).

In table 3 is shown the doses effect of potassium chloride and its placing way in soil on the total soluble solids, expressed in °Brix. Significant differences were found at 7 SD in stored fruits at 10°C. At the beginning, the treatment with the more elevated initial value in TSS was those of 220 kg.ha<sup>-1</sup> with 4.06 °Brix whereas in the others SD treatments registered an average of 3.73 °Brix. At 7 SD significant differences were

2002 evaluaron el efecto del K en el tamaño, composición mineral y calidad de frutos de tomate cultivar Santa Clara, aplicaron seis dosis de KCl por fertirrigación; con relación a la calidad reportaron que los tenores de vitamina C, SST, licopeno y b-caroteno, no fueron afectados por la dosis de K pero los incrementos de K bajaron el pH del fruto e incrementaron el contenido de acidez (Rezende *et al.*, 2002).

En el cuadro 3 se muestra el efecto de la dosis de cloruro de potasio y su forma de colocación en el suelo sobre los sólidos solubles totales, expresados en °Brix. Se encontraron diferencias significativas a los 7 dda en los frutos almacenados a 10°C. Al inicio, el tratamiento con el valor inicial más elevado en SST resultó el de 220 kg.ha<sup>-1</sup> con 4,06 °Brix mientras que los otros dos tratamientos registraron un promedio de 3,73 °Brix. A los 7 dda se encontraron diferencias significativas, los SST aumentaron correspondiendo el mayor valor al tratamiento 220 kg.ha<sup>-1</sup>, mientras que el tratamiento de 330 kg.ha<sup>-1</sup> presentó el menor promedio. Los promedios de los tratamientos testigo y 220 kg.ha<sup>-1</sup> resultaron los más altos a los 14 dda, mientras que el más bajo fue el de 330 kg.ha<sup>-1</sup>.

A los 21 dda, todos los tratamientos experimentaron una reducción considerable en el contenido de SST. El tratamiento testigo resultó con el valor más bajo (2,77 °Brix), seguido por el de 220 kg.ha<sup>-1</sup> con 3,01 y el de 330 kg.ha<sup>-1</sup> con 3,06 °Brix.

En general las dosis de potasio usadas resultaron con mayor promedio de SST. En investigaciones realizadas

found; TSS increased, being the higher value to the 220 kg.ha<sup>-1</sup> treatment, whereas treatment of 330 kg.ha<sup>-1</sup> showed the lower average. The averages of control treatments and 220 kg.ha<sup>-1</sup> showed the higher ones at 14 SD, whereas the lower one was the 330 kg.ha<sup>-1</sup>.

On 21 SD, all treatments experimented a considerable diminishing in TSS content. The control treatment showed the lower value with 2.77 °Brix, followed by those of 220 kg.ha<sup>-1</sup> with 3.01 and those of 330 kg.ha<sup>-1</sup> with 3.06 °Brix.

In general the potassium doses used showed with higher average of TSS. In researches carried out on the effect of N, P and K in the tomato quality it was found that the application of 320 kg.ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O and the foliar applications had a significant effect on the total soluble solids, the color development in fruit and a pH of 4.2 (Anac *et al.*, 1994).

As expected, the averages of stored fruits at 15°C on 0 SD, were similar to those registered for this same date in the stored fruits at 10°C and, in the same way these increased at 7 SD where treatments showed similar values among them. However, at 14 SD significant differences were found being the control the higher value and the lower one to the 330 kg.ha<sup>-1</sup> treatment.

At 21 SD all the treatments diminished the averages of TSS content, by being this decrease superior in control. In general, fruits stored fruits at 10°C, showed averages inferior to those stored at 15°C.

As known, the maturity process in fruits is characterized by an

**Cuadro 3. Efecto de las dosis del cloruro de potasio sobre los SST, expresados como °Brix, en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivar Río Grande, almacenados a 10±2°C y 15±2°C y evaluados a los 0, 7, 14 y 21 días.**

**Table 3. Effect of the potassium chloride on the TSS, expressed like °Brix, in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits, Rio Grande cultivar, stored at 10±2°C and 15±2°C and evaluated at 0, 7, 14 and 21 days.**

KCl (kg.ha <sup>-1</sup> )	10±2°C				15±2°C			
	0	7	14	21	0	7	14	21
Testigo	3,73 <sup>a</sup>	4,38 <sup>ab</sup>	4,35 <sup>a</sup>	2,77 <sup>a</sup>	3,80 <sup>a</sup>	4,23 <sup>a</sup>	4,75 <sup>b</sup>	3,17 <sup>a</sup>
220	4,06 <sup>a</sup>	4,44 <sup>b</sup>	4,27 <sup>a</sup>	3,01 <sup>a</sup>	4,03 <sup>a</sup>	4,22 <sup>a</sup>	4,27 <sup>ab</sup>	3,23 <sup>a</sup>
330	3,73 <sup>a</sup>	3,91 <sup>a</sup>	3,96 <sup>a</sup>	3,06 <sup>a</sup>	3,86 <sup>a</sup>	4,37 <sup>a</sup>	4,19 <sup>a</sup>	3,31 <sup>a</sup>
(P<0.05)	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns

Promedio de 5 repeticiones.

<sup>1</sup>Valores entre columnas seguido por letras diferentes, son estadísticamente diferentes (P<0,05) de acuerdo a la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

sobre el efecto del N, P y K en la calidad del tomate se encontró que la aplicación de 320 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O y las aplicaciones foliares tuvieron un efecto significativo sobre los sólidos solubles totales, desarrollo del color en el fruto y un pH cerca de 4,2 (Anac *et al.*, 1994).

Como era de esperarse, los promedios de los frutos almacenados a 15°C a los 0 dda, fueron similares a los registrados para esta misma fecha en los frutos almacenados a 10°C y, del mismo modo, estos aumentaron a los 7 dda donde los tratamientos mostraron valores similares entre si. No obstante, a los 14 dda se encontraron diferencias significativas correspondiendo el mayor valor al testigo y el menor valor al tratamiento 330 kg.ha<sup>-1</sup>.

A los 21 dda todos los tratamientos redujeron los promedios de contenido de SST, siendo esta disminución

increase on the ethylene rate and breathing and these processes are related to decrease tendency of TSS with the storage time.

In case of breathing, this means energy expense deposited in the accumulate monosaccharides, as a product of the starch transformation (Zambrano *et al.*, 1996). In this sense, the decrease in TSS content could be associated with the starch and sugar conversion to CO<sub>2</sub> and water in breathing. Also, breathing can increase with temperature (Kader, 1986; Atta-Aly, 1992). In this way, abrupt decreases have been found on TSS contents in tomato fruits that were maintained to low temperatures and after they were taken to high temperatures (Manzano, 1994). On the other hand, there are studies about a decrease on the TSS and of

mayor en el testigo. Además, en general los frutos almacenados a 10°C, registraron menores promedios que los almacenados a 15°C.

Como es sabido el proceso de maduración en los frutos está caracterizado por un aumento en la tasa de síntesis de etileno y la respiración y estos procesos están asociados a la tendencia de disminución de los SST con el tiempo de almacenamiento.

En el caso de la respiración, esto significa gasto de energía depositada en los monosacáridos acumulados, producto de la transformación del almidón (Zambrano *et al.*, 1996). En tal sentido, el descenso en el contenido de SST pudo estar asociado con la conversión de almidón y azúcar a CO<sub>2</sub> y agua en la respiración. Además, la respiración puede aumentarse con la temperatura (Kader, 1986; Atta-Aly, 1992). En este mismo orden de ideas, se han encontrado descensos bruscos de los contenidos SST en frutos de tomates que fueron mantenidos a bajas temperaturas y luego llevados a altas temperaturas (Manzano, 1994). Así como, hay estudios que señalan una disminución de los SST y de la acidez titulable en frutos maduros de tomate (rojos), almacenados durante dos semanas a 22°C y una alta relación SST/acidez titulable (Lin y Block, 1999).

Estos cambios ocurren de manera natural durante la maduración del fruto, lo cual se demuestra con el hecho de que en tomates mutantes de la maduración no hay un efecto significativo del tiempo de almacenamiento sobre el SST de tomates Rin y Nor, los cuales aumentan muy ligeramente durante el periodo de almacena-

titrable acidity in tomato mature fruits (red), stored during two weeks at 22°C and a high relationship TSS/titrable acidity (Lin and Block, 1999).

These changes happen in a natural way during the fruit maturity, which it is shown because the mutant tomatoes of maturity there is no a significant effect of storage time on the TSS of Rin and Nor tomatoes, which increase very lightly during the cold storage time (Agar *et al.*, 1994).

In table 4 it is shown the effect of the potassium chloride on the relationship TSS/titrable acidity which influencing on tomato fruit sweetness (Malundo *et al.*, 1995). In fruits stored at 10°C, there were no significant differences. At the beginning of the storage, treatments that showed higher relationship TSS/titrable acidity were 220 and 330 kg.ha<sup>-1</sup> of KCl. All the treatments increased its averages at 7 SD, being the higher one 220 kg.ha<sup>-1</sup> after at 14 SD, K treatments decreased this tendency at 21 SD, although for this date the control showed the lower value, which shows that TSS variables and the titrable acidity changes with the storage time.

For the temperature of 15°C, significant differences were only found in its initial values and 14 storage days. The initial values for treatments of 220 and 330 kg.ha<sup>-1</sup> reached lightly higher values in the relationship TSS/titrable acidity. At 7 days, the higher values were related with K treatments, whereas the lower was found in control

At 14 days of treatment with higher value in the relationship TSS/titrable acidity was the control by

miento frío (Agar *et al.*, 1994).

En el cuadro 4 se muestra el efecto del cloruro de potasio sobre la relación SST/acidez titulable. Esta relación se ha encontrado que influye en el dulzor del fruto del tomate (Malundo *et al.*, 1995). En los frutos almacenados a 10°C no se encontraron diferencias significativas. Al inicio del almacenamiento, los tratamientos que resultaron con mas alta relación SST/acidez titulable fueron 220 y 330 kg.ha<sup>-1</sup> de KCl. Todos los tratamientos aumentaron sus promedios a los 7 dda, correspondiendo el mayor valor al 220 kg.ha<sup>-1</sup> luego a los 14 dda los tratamientos con K disminuyeron continuando esta tendencia a los 21 dda, aunque para esta fecha el testigo mostró el menor valor, lo que indica que las variables SST y acidez titulable cambian con el tiempo de

becoming this tendency at 21 SD. In both temperatures, the averages of this variable decreased at 21 SD as a consequence of the little averages of TSS, which could be related to an increase on breathing, as already said.

The high values of this variable shows an excellent combination sugar-acid (Zambrano *et al.*, 1996) and also, fruits with characteristics of high chemical quality (Kader and Morris, 1978). Although, it is more recommend to use the relationship sucrose/titrable acidity for predicting acceptability characteristics, that the relationship soluble solids/titrable acidity. Sin embargo, these relationships never have been established in a clear way (Baldwin *et al.*, 1998).

Potassium have been related tomato fruit quality, in an essay in

**Cuadro 4. Efecto de las dosis del cloruro de potasio sobre la relación SST/acidez titulable, en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivar Río Grande, almacenados a 10±2°C y 15±2°C y evaluados a los 0, 7, 14 y 21 días.**

**Table 4. Effect of the potassium chloride dose on the relationship TSS/ titrable acidity, in tomato fruits (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Rio Grande cultivar, stored at 10±2°C and 15±2°C and evaluated at 0, 7, 14 and 21 days.**

KCl (kg.ha <sup>-1</sup> )	10±2°C				15±2°C			
	0	7	14	21	0	7	14	21
Testigo	14,91 <sup>a</sup>	29,21 <sup>a</sup>	30,59 <sup>a</sup>	19,45 <sup>a</sup>	16,87 <sup>a</sup>	23,24 <sup>a</sup>	29,83 <sup>b</sup>	23,24 <sup>a</sup>
220	18,64 <sup>a</sup>	38,07 <sup>a</sup>	24,35 <sup>a</sup>	25,53 <sup>a</sup>	20,61 <sup>a</sup>	26,30 <sup>a</sup>	19,98 <sup>a</sup>	26,05 <sup>a</sup>
330	18,14 <sup>a</sup>	29,33 <sup>a</sup>	24,25 <sup>a</sup>	23,32 <sup>a</sup>	17,03 <sup>a</sup>	26,25 <sup>a</sup>	22,87 <sup>a</sup>	26,13 <sup>a</sup>
(P<0,05)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns

Promedio de 5 repeticiones.

<sup>1</sup>Valores entre columnas seguido por letras diferentes, son estadísticamente diferentes (P<0.05) de acuerdo a la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

almacenamiento.

Para la temperatura de 15°C, solamente se encontraron diferencias significativas en sus valores iniciales y 14 días de almacenamiento. Los valores iniciales para los tratamientos de 220 y 330 kg.ha<sup>-1</sup> alcanzaron valores ligeramente más altos de la relación SST/acidez titulable. A los 7 días los más altos valores estuvieron relacionados con los tratamientos con K, mientras que el más bajo se encontró en el testigo.

A los 14 días el tratamiento con mayor valor en la relación SST/acidez titulable fue el testigo invirtiéndose esta tendencia a los 21 dda. En ambas temperaturas, los promedios de esta variable disminuyeron a los 21 dda como consecuencia de los menores promedios de SST, lo cual como ya se explicó pudo estar asociado a un aumento de la respiración.

Los altos valores de esta variable indican una excelente combinación azúcar-ácido (Zambrano *et al.*, 1996) y además demuestran frutos con características de alta calidad química (Kader y Morris, 1978). Aunque, se ha señalado que es más recomendable usar la relación sacarosa/acidez titulable para predecir las características de aceptabilidad, que la relación sólidos solubles/acidez titulable. Sin embargo, estas relaciones nunca han sido claramente establecidas (Baldwin *et al.*, 1998).

Chapagain y Wiesman, (2004) asociaron el potasio con la calidad de frutos de tomate, en un ensayo donde se usaron diferentes fuentes de este elemento en fertirrigación (KNO<sub>3</sub>, KCl, y KCl.MgCl<sub>2</sub>+KCl; 25%:75%), en el cultivo del tomate, entre otras co-

where different sources was this fertirrigation element (KNO<sub>3</sub>, KCl, and KCl.MgCl<sub>2</sub>+KCl; 25%:75%), in the tomato culture, among other things, KCl improved appearance and fruits quality (Chapagain and Wiesman, 2004).

## Conclusions

Treatments did not influence on pH, but this tended to be increase when storage time in both temperatures.

A clear tendency was not observed, of the titrable acidity, TSS nor the relationship TSS/titrable acidity in relation to the K placing way.

The higher value of the TSS like the relationship TSS/titrable acidity, at 21 SD, in fruits under 15°C, in relation to those stored under 10°C, shows that storage time affected the maturity rate.

*End of english version*

---

sas observaron que el KCl mejoró la apariencia y la calidad de los frutos.

## Conclusiones

Los tratamientos no influenciaron el pH, pero este tendió a incrementarse a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento en ambas temperaturas.

No se observó una tendencia clara, de la acidez titulable, SST ni la relación SST/acidez titulable con relación a la forma de colocación del K.

El mayor valor tanto de los SST como de la relación SST/acidez

titulable, a los 21 dda, en los frutos bajo 15°C, con relación a los almacenados bajo 10°C, indicaron que la temperatura de almacenamiento afectó la tasa de maduración.

## Literatura citada

- AOAC. 1980. Official methods of Analysis. Assoc. Offic. Agr. Chemist. Washinton Adams, P., J. N. Davis y G. W. Winsor. 1978. Effects of nitrogen, potassium and magnesium on the quality and chemical composition of tomatoes grown in peat. *J. Hort. Sci.* 53:115-122.
- Adams, P. y M. Grimmet. 1986. Some responses of tomatoes to the concentration of potassium in the recirculating nutriente solution. *Acta Hort.* 366:405-416.
- Adams, P., y L. C. Ho. 1995. Uptake and distribution of nutrient in relation to tomato fruits. *Acta Hort.* 412: 374-385.
- Adams, P., G.W. Winsor y J.D. Donald. 1973. The effects of nitrogen, potassium and subirrigation on the yield, quality and composition of single-truss tomatoes. *J. hort. SCI.* 48:123-133.
- Adams, P., J.N. Davis y G.W. Winsor. 1978. Effects of nitrogen, potassium and magnesium on the quality and chemical composition of tomatoes grown in peat. *J. Hort. Sci.* 53: 115-122.
- Agar I., T. Abak y G. Yarsi. 1994. Effect of different maturity stages on the keeping quality of nor (nor-ripening), rin (ripening-inhibitor) and normal type tomatoes. *Acta Hort.* 368:742-753.
- Alan, R. y H. Padem. 1994. The influence of some foliar fertilizer on growth and chemical composition of tomatoes under greenhouse condition. *Acta Hort.* 366:397-404.
- Anac, D., N. Eryuge y R. Kiling. 1994. Effect of N, P, K fertilizer levels on yield and quality proprieties of processing tomatoes in Turkey. *Acta Hort.* 376:243-250.
- Atta-Aly, M. 1992. Effect of high temprature on ethylene blosyn thesis by tomato fruit. *Postharvest Biology and tecnology* 2:19-24.
- Baldwin, E., J. W. Scott., M. A. Einstein, T. M. Malundo, B. Carr, R. Shewfelt y K. Tandon. 1998. Relationship between sensory and instrumental analysis for tomato flavor. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123:906-915.
- Balibrea, M.E., E. Cayuela, F. Artes y F. Pérez-Alfocca. 1997. Salinity effects on some postharvest quality factors in a comercial tomato hybrid. *Journal of Horticultural Science.* 72:885-892.
- Barker, A. y K. Ready. 1994. Ethylene evolution by tomatoes stressed by ammonium nutrition. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119:706-710.
- Chapagain B. P. y Z. Wiesman. 2004. Effect of potassium magnesium chloride in the fertigation solution as partial source of potassium on growth, yield and quality of greenhouse tomato. *Scientia Horticulturae* 99(3):279-288.
- Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos (COPLANARH). 1975. *Inventario Nacional de Tierras.* Atlas Mac-Ceniap. Caracas Venezuela.
- Covenin. 1984. Determinación de acidez en frutas y productos derivados 151-177.
- Ewel, J., A. Madriz y J. Tosi. 1976. Zonas de vida de Venezuela. MAC-FONAIAP, Caracas.
- Gull, D., A. Cartagena y E. French. 1982. Analisis de calidad de tomate para lograr un mejor producto. IBTA (Instituto Bolivariano de Tecnología Agropecuaria) y la U.F.L.A.
- Kader, A. y L. Morris 1978. tomato fruit color me asured with an agrtron Es-w reflectance spectrophotometer. *HortScience* 13(5):577-578.



- Kader, A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetable. *Food Technology* 40(5) 99-104.
- Koutsos, T., G. Parashevopoulou-Paroussis, C. Portas y E. Paroussis. 1994. Changes in pH, titratable acidity and soluble solids of processing tomato varieties in relation to fruit storage until processing. *Acta Hort.* 376:155-162.
- Lin, W. C. y G. S. Block. 1999. The effects of culture practice and storage temperature on quality and flavor volatiles of greenhouse tomatoes. *Acta Hort.* 464:213-218.
- Malundo, T.M., R.L. Shewfelt, y J.W. Scott 1995. Flavor quality of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* mil) as affected by sugar and acid levels. *Posharvest Biology and Technology* 6:103-110.
- Manzano, J. 1994. Estudio de las aplicaciones de ácido giberelico en frutos de tres variedades de mangos (*Mangifera indica* L.) de dos localidades y su efecto sobre la calidad y maduración de frutos almacenados a diferentes temperaturas. Pos-grado UCLA.
- Minotti, P.L. 1975. Plant nutrition and vegetative crop quality. *Hort. Sci.* 10:16-19.
- Ozbun, J.L., C.E. Boutonnet, S. Sadik y P.A. Mingos. 1967. Tomato fruit ripening. I. Effect of potassium nutrition on occurrence of white tissue. *Proc. J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 91:566-572.
- Picha, D.H. y C.B. Hall. 1982. Effects of potassium fertilization and season on fresh market tomato quality characters. *Hort. Sci.* 17:634-635.
- Rezende F., P. C., R. A. Sampaio y F. L. Finger. 2002. Fruit size, mineral composition and quality of trickle-irrigated tomatoes as affected by potassium rates. *Pesquisa agropec., Brasilia* 35(1):21-25.
- Shapers, G. M., J. G. Phillips, O. Panasiuk, J. Carré, A. K. Stoner y T. Barksdale 1978. Factors affecting the acidity of tomatoes. *HortScience.* 13:187-189.
- Syamal, M. 1991. Biochemical composition of tomato fruits during the storage. *Act. Hort.* 364:415-421
- Winsor, G.W., J.N. Davis y M. Long. 1967. The effects of nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium and lime in factorial combination on the field of glasshouse tomatoes. *J. Hort. Sci.* 42:277-288.
- Winsor, G.W. 1979. Some factors affecting the quality and composition of tomatoes. *Acta Hort.* 93:335-346.
- Young, T.E., J.A. Juvik y J.G. Sullivan. 1993. Accumulation of the components of total solids in ripening fruits of tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118:286-292.
- Zambrano, J., J. Molleja y L. Pacheco 1996. Efecto del estado de madurez en la composición y calidad de frutos de tomate. *Agron. Trop.* 46(1):61-72.