

VARIABLES DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE TRES SELECCIONES DE JITOMATE DE COSTILLA (*Solanum lycopersicum* L.)

José Alberto Urrieta-Velázquez¹; María de las Nieves Rodríguez-Mendoza^{1*}; Porfirio Ramírez-Vallejo²; Gustavo Adolfo Baca-Castillo¹; Lucero del Mar Ruiz-Posada³; José Antonio Cueto-Wong⁴

¹Programa de Edafología. ²Programa de Genética. ³Programa de Botánica. Colegio de Postgraduados. km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México, C. P. 56230. MÉXICO. Correo-e: marinie@colpos.mx (*Autor para correspondencia)

⁴CENID RASPA INIFAP. km 6.5 Margen derecha Canal de Sacramento, Gómez Palacio Durango, MÉXICO. Correo-e: cueto.wong@inifap.gob.mx

RESUMEN

La calidad del jitomate depende de su uso y está relacionada con el sabor, color, olor, propiedades nutraceuticas y procesos de manejo. Los investigadores han mejorado estas características utilizando parientes silvestres y variedades locales. El jitomate de costilla se cultiva y comercializa en algunas regiones de México. Se trata de variedades nativas, que se caracterizan por sus plantas de crecimiento indeterminado y sus frutos acostillados y muy rojos. El objetivo de este trabajo fue determinar la producción y calidad de fruto de tres selecciones de tomate de costilla (Starmex1, Starmex2 y Starmex3) cultivadas en invernadero con dos potenciales osmóticos (PO) de la solución nutritiva Steiner (-0.036 y -0.072 MPa), utilizando tezontle como sustrato. Los seis tratamientos fueron establecidos bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con diez repeticiones. En la selección Starmex2 se incrementó el rendimiento con la solución de Steiner a PO de -0.072 MPa. En relación a la morfología del fruto, el diámetro ecuatorial en Starmex2 y el número de sépalos en Starmex3 se incrementaron con la solución más concentrada. En calidad del fruto el pH aumentó sólo cuando las plantas fueron regadas con solución nutritiva a PO de -0.072 MPa.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: Jitomate mexicano, potencial osmótico, hidroponía, postcosecha.

PRODUCTION AND QUALITY VARIABLES OF THREE SELECTIONS OF RIBBED TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.)

ABSTRACT

Tomato quality depends on its use and it is related to flavor, color, smell and nutraceutic properties and management processes. Researchers have improved these characteristics using wild relatives and native varieties. The ribbed tomato is grown and marketed in some regions of Mexico. These native varieties are characterized by the undetermined growth of the plants and their ribbed and very red fruits. The aim of this study was to determine the fruit production and quality of tree selections of tomato (Starmex1, Starmex2 and Starmex3) grown under greenhouse conditions using two osmotic potentials (OP) of Steiner's nutrient solution (-0.036 and -0.070 MPa), and using volcanic rocks (tezontle) as substrate. A total of six treatments and an experimental design of randomized complete block with ten replications were carried out. Yield increased with the Steiner Solution at OP of -0.072 MPa in the selection Starmex2. The equatorial diameter in Starmex2 and the number of sepals in Starmex3 increased with the most concentrated solution regarding the morphology of the fruit. The pH increased only when plants were irrigated with nutrient solution at OP of -0.072 MPa, in the case of fruit quality.

ADDITIONAL KEYWORDS: Mexican tomato, osmotic potential, hydroponics, postharvest.

INTRODUCCIÓN

La calidad de los jitomates (*Solanum lycopersicum* L.), al igual que todos los productos alimenticios, está determinada por la preferencia de los consumidores (Porretta, 1999), donde se incluyen los atributos sensoriales, vida en anaquel, empaque y etiquetado. En la década actual, el concepto de calidad de los tomates ha cambiado, ya que los consumidores prefieren alimentos con alta calidad nutracéutica, que nutran y ayuden a mantener la salud humana al actuar como medicamentos, por lo que se demandan tomates con buen sabor, olor y color (Wolters y Van Gemert, 1990). Según Alavoine *et al.* (1990), estas propiedades están relacionadas con su contenido de azúcares, acidez titulable y pigmentación.

El tomate es originario de América del Sur, pero fue domesticado en México y aún se conservan materiales originales que han sido sembrados año tras año por los agricultores (Nuez *et al.*, 1996; Carravedo, 2006; Ramírez *et al.*, 2006). Ejemplo de ello es el tomate de costilla, que se produce con mínima tecnología en los estados de Oaxaca, Guerrero, Veracruz, Puebla y Campeche, y cuya producción se comercializa localmente a precios más altos que las variedades comerciales (Rincón y Hernández, 2003; Paczka *et al.*, 2003; Carravedo, 2006). En otros países, como Argentina (tomate platense), Estados Unidos de Norteamérica (zapotec rosado) y España (tomates marmande), se cultivan tomates que presentan una forma similar al fruto del jitomate de costilla mexicano (Astegiano *et al.*, 2001; De Santiago, 2006; Ramírez *et al.*, 2006).

El objetivo del presente trabajo fue determinar la producción y calidad de los frutos de tres selecciones de jitomate de costilla cultivado en invernadero con dos potenciales osmóticos de la solución nutritiva Steiner (-0.036 y -0.072 MPa)

MATERIALES Y MÉTODOS

El material vegetal utilizado fue seleccionado previamente en el Instituto de Recursos Genéticos del Colegio de Postgraduados por su resistencia a enfermedades, forma de fruto y potencial de producción. Las selecciones (S) Starmex1, Starmex2 y Starmex3 de tomate de costilla fueron sembradas en charolas negras de polietileno usando *Peat moss* como sustrato. A los 35 días de edad, las plántulas se trasplantaron a macetas de 19 litros de capacidad llenas con tezontle (granulometría 0.3-0.7 cm). Las plantas fueron irrigadas con la solución nutritiva de Steiner (Anónimo, 1990a) a -0.036 MPa ($4.5 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ de Ca^{++} , $2 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ de Mg^{++} , $3.5 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ de K^+ , $6 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ de NO_3^- , $0.5 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ de H_2PO_4^- , $3.5 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ de $\text{SO}_4^{=}$) y -0.072 MPa ($9 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ de Ca^{++} , $4 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ de Mg^{++} , $7 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ de K^+ , $12 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ de NO_3^- , $1 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ de H_2PO_4^- , $7 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ de $\text{SO}_4^{=}$) de potencial osmótico (PO), sin modificar su concentración de micronutrientes. Las plantas fueron conducidas a un tallo y establecidas a 0.6 m de distancia entre plantas y 1.2 m entre hileras. Los seis tratamientos, derivados de la combinación

INTRODUCTION

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) quality, and the quality of all foodstuff, is determined by the preference of the consumers (Porretta, 1999), where sensory attributes, shelf life, packaging and labeling are included. In the current decade, the concept of tomato quality has changed since consumers prefer food with high nutraceutic quality that nurture and help to maintain human health by acting as medicines, for that reason, tomatoes with good flavor, smell and color are demanded (Wolters, and van Gemert, 1990). According to Alavoine *et al.* (1990), these characteristics are related to sugar content, titratable acidity and pigmentation.

Tomato is native to South America, but was domesticated in México; original materials (seeds) that have been plated every year by farmers still preserved (Nuez *et al.*, 1996; Carravedo, 2006; Ramírez *et al.*, 2006). An evidence of this is the ribbed tomato (*Solanum lycopersicum* L.) produced with minimal technology in the states of Oaxaca, Guerrero, Veracruz, Puebla and Campeche and the production is sold locally at prices higher than commercial varieties (Rincón and Hernández, 2003; Paczka *et al.*, 2003; Carravedo, 2006). Other countries like Argentina (platense tomato), the United States (zapotec pink) and Spain (marmande tomato) cultivate tomatoes that have a similar form than the Mexican ribbed tomato fruit (Astegiano *et al.*, 2001; De Santiago, 2006; Ramírez *et al.*, 2006).

The aim of the present study is to determine the fruit quality and production of three selections of ribbed tomato grown under greenhouse conditions using two osmotic potentials of Steiner's nutrient solution (-0.036 and -0.070 MPa).

MATERIALS AND METHODS

The plant material used was previously selected by their resistances to diseases, fruit shape and production potential at the Institute of Genetic Resources of Colegio de Postgraduados. The selections (S) Starmex1, Starmex2 and Starmex3 of ribbed tomato were sown in black polyethylene trays using Peat moss as substrate. At 35 days of age, seedlings were transplanted to pots of 19 liters filled with volcanic rock (grain size 0.3-0.7 cm). Plants were irrigated with Steiner's nutrient solution (Anonymous, 1990a) at -0.036 MPa ($4.5 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ of Ca^{++} , $2 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ of Mg^{++} , $3.5 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ of K^+ , $6 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ of NO_3^- , $0.5 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ of H_2PO_4^- , $3.5 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ of $\text{SO}_4^{=}$) of osmotic potential (OP), without changing the concentration of micronutrients. Plants were conducted at a single stem and set to 0.6 m between plants and 1.2 m between rows. The six treatments derived from the combination of all three selections and two osmotic potential (3 x 2 factorial arrangement) were established using the experimental design of randomized complete blocks with ten replications (Steel and Torrie, 1985). The experimental unit was one plant per pot.

The registered variables in clusters 1-5 were: number of fruits per cluster and per plant, fruit weight per plant,

de las tres selecciones y dos potenciales osmóticos (en arreglo factorial 3 x 2), se establecieron usando el diseño experimental de bloques completos al azar con diez repeticiones (Steel y Torrie, 1985). La unidad experimental fue una planta por maceta.

Las variables registradas en los racimos uno al cinco, fueron el número de frutos por racimo y por planta, peso de frutos por planta, por racimo e individual. La calidad de los frutos fue determinada en estado de madurez rojo del cuarto racimo madurados en la planta, considerando sus diámetros polar y ecuatorial en mm (Vernier digital), número de costillas y sépalos, pH del jugo (Anónimo, 1990b), °Brix (Refractómetro Atago 0-30), contenido de licopeno ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de pulpa fresca) utilizando la metodología descrita por Arias *et al.* (2000) y firmeza ($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$) con un penetrómetro modelo FDV-30 (30 lb x 0.01 lb) y un puntal cónico. A las variables se les hizo análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey utilizando el paquete computacional SAS versión 8.1 (Anónimo, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Componentes del rendimiento de tres selecciones de jitomate de costilla

Número de frutos por racimo

El análisis de varianza muestra diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$) por efecto del potencial osmótico (PO) de solución nutritiva, la selección (S) y su interacción (S x PO). En este caso gana importancia el efecto de la interacción sobre los efectos principales (Cuadro 1). La interacción significativa indica que la respuesta de las selecciones es diferente en función del potencial osmótico.

Frutos por planta

En el análisis de varianza correspondiente se observaron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$) por efecto del potencial osmótico y de selección, con su interacción también significativa (S x PO) (Cuadro 1). Como en el caso anterior (número de frutos por racimo), el efecto de la interacción está por encima de los efectos principales.

En cultivares comerciales el número de frutos por racimo es de aproximadamente cinco o seis, y el número de racimos por planta depende del sistema de cultivo, mientras que el total de frutos por planta lo determinan los productores despuntando al racimo ocho o más (Bugarín *et al.*, 2002). Se ha reportado que poblaciones locales de jitomate producen de cuatro a seis frutos por racimo con un total de 53 a 70 frutos por planta (Giordano *et al.*, 1999). De esta manera, las selecciones de tomate de costilla superan ambos tipos de variedades en la cantidad de frutos por racimo. No obstante, presentan igual o mayor cantidad de frutos por planta que algunas variedades locales. Incluso son superadas por otras pero de frutos pequeños

per cluster and individual. Fruit quality was determined when the fourth cluster of the plant showed red ripeness stage, considering their polar and equatorial diameters in mm (digital Vernier), number of ribs and sepals, pH of juice (anonymous, 1990 b), refractometer (ATAGO, 0–30° Brix), lycopene content ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ fresh pulp) using the methodology described by Arias *et al.* (2000) and firmness ($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$) with a FDV-30 penetrometer (30 lb x 0.01 lb) and a conical point. An analysis of variance was conducted, as well as, a Tukey test using the SAS software version 8.1 (Anonymous, 2003).

RESULTS AND DISCUSSION

Yield components of three selections of ribbed tomato

Number of fruits per cluster

The analysis of variance shows highly statistical significant differences ($P \leq 0.01$) due to the osmotic potential (OP) of nutrient solution, the selection (S) and its interaction (S x OP). In this case, the interaction effect is more important than the main effects (Table 1). The significant interaction indicates that the response of the selections is different depending on the osmotic potential.

Fruits per plant

The analysis of variance shows highly statistical significant differences ($P \leq 0.01$) due to the osmotic potential and the selection, with also significant interaction (S x OP) (Table 1). As in the previous case (number of fruits per cluster), the effect of the interaction is more important than the main effects.

In commercial cultivars, the number of fruits per cluster is about five or six, and the number of clusters per plant depends on the culture system, whereas the total fruit per plant is determined by producers removing eight or more fruits from the clusters (Bugarín *et al.*, 2002). It has been reported that local tomato populations produce four to six fruits per cluster with a total of 53 to 70 fruits per plant (Giordano *et al.*, 1999). Thus, ribbed tomato selections exceed in number both types of varieties of fruits per cluster. However, ribbed tomato have equal or greater amount of fruits per plant than some local varieties. Even, these fruits are surpassed by other varieties but with smaller fruits (Giordano *et al.*, 1999; Agong, 2001), therefore this type of population has great productive potential even at low planting density (0.6 between plants and 1.2 m between rows).

The large number of fruits per selections is due to the racemose inflorescences, this means, reproductive structures of undetermined growth; they can have helical, escorpioide and cluster shape. Only helical and cluster shapes were observed in the ribbed tomato selection. However, branching in spray was not reported by Welty *et al.* (2007), therefore the architecture of the inflorescence of this crop should be further studied.

CUADRO 1. Respuesta de los componentes del rendimiento de tres selecciones de jitomate de costilla (*Solanum lycopersicum* L.) a dos niveles de potencial osmótico de la solución nutritiva Steiner.

TABLE 1. Response of yield components of three selections of ribbed tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at two levels of osmotic potential of Steiner's nutrient solution.

Factor y nivel/Factor and level		Rendimiento/Yield			
		Frutos por racimo/ Fruits per cluster	Frutos por planta/ Fruits per plant	kg·racimo ⁻¹ /kg cluster ⁻¹	kg·planta ⁻¹ /kg·plant ⁻¹
Selección/ Selection (S)					
Starmex1		12.95 a	64.75 a	0.49 a	2.47 ^z a
Starmex2		14.82 a	74.12 a	0.57 a	2.89 a
Starmex3		9.45 b	47.25 b	0.61 a	3.08 a
DMS/ LSD		2.89 ^{**}	14.47 ^{**}	0.12 ^{ns}	0.62 ^{ns}
Potencial osmótico/Osmotic potential (OP)					
-0.036 MPa		10.80 b	54.00 b	0.46 b	2.34 b
-0.072 MPa		14.01 a	70.08 a	0.65 a	3.28 a
DMS/ LSD		1.94 ^{**}	9.12 ^{**}	0.08 ^{**}	0.42 ^{**}
S X PO/ OP					
Starmex1	-0.036	11.40 bc	57.00 bc	0.41 b	2.08 b
	-0.072	14.50 ab	72.50 ab	0.57 ab	2.87 ab
Starmex2	-0.036	12.55 abc	62.75 abc	0.45 b	2.28 b
	-0.072	17.10 a	82.50 a	0.69 a	3.49 a
Starmex3	-0.036	8.45 c	42.25 c	0.53 ab	2.67 ab
	-0.072	10.45 bc	52.25 bc	0.69 a	3.49 a
DMSH/HSD		5.32 ^{**}	25.49 ^{**}	0.22 ^{**}	1.10 ^{**}
CV (%)		18.28	18.28	17.34	17.37

z: Medias con la misma letra dentro de cada columna y cada factor son iguales de acuerdo con la prueba de medias Tukey a una $P \leq 0.05$.

ns, *, **, ***; no significativo, significativo a una $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ y $P \leq 0.001$, respectivamente.

PO: potencial osmótico; MPa: megapascals; DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

z: Means with the same letter within each column and each factor are equal according to the Tukey mean .test at $P \leq 0.05$.

ns, *, **, ***; no significant, significant at $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ and $P \leq 0.001$, respectively.

OP: osmotic potential; MPa: megapascals; LSD: Least Significant Difference; CV: Coefficient of variation

(Giordano *et al.*, 1999; Agong, 2001), por lo que este tipo de poblaciones tienen gran potencial productivo aun a baja densidad de plantación (0.6 m entre plantas y 1.2 m entre hileras).

La gran cantidad de frutos que presentaron las selecciones se debe a que poseen inflorescencias racimosas, que son estructuras reproductivas de crecimiento indeterminado, y que pueden ser de forma helicoidal, escorpioides y racimo. De estas formas, solamente la helicoidal y de racimo se encontraron en las selecciones de jitomate de costilla. Sin embargo, la ramificación en spray no está reportada por Welty *et al.* (2007), por lo que la arquitectura de la inflorescencia de este cultivo debe ser más estudiada.

Peso de frutos por racimo

Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$) por efecto del PO, y la interacción S x PO también fue significativa (Cuadro 1). Únicamente en la selección Starmex2, con el potencial osmótico -0.072 MPa, se obtuvo mayor peso por racimo. Aparentemente esta selección, con respecto a Starmex1 y Starmex3, tiene una demanda mayor de nutrimentos, que fue satisfe-

Fruit weight per cluster

Highly statistical significant differences were shown due to the OP effect, and the S x OP interaction was also significant (Table 1). Greater weight per cluster was obtained only in the selection Starmex2, with the osmotic potential -0.072 MPa. Apparently this selection, with respect to Starmex1 and Starmex3, has a greater demand of nutrients, which was satisfied with the most concentrated solution. This difference in nutrient demand was due to the genetic characteristics of each selection.

It is possible that the absence of pollination has been a determining factor of this variable, because, according to Chen and Tanksley (2004), exerted stigmas, common on the selections assessed, promote cross-pollination and self-incompatibility, which stimulate great variation in such selections, as shown by Agong (2001). Added to this, different cluster growth was shown: branched (two or three main rachis), circular (a circular spine) or spray (a main rachis with dichotomous branching) in sections Starmex1 and Starmex2, while Starmex3 showed only spray branching.

cha con la solución más concentrada. Esta diferencia en demanda nutrimental se debió a características genéticas propias de cada selección.

Es posible que la falta de polinización haya sido un factor determinante de dicha variable, ya que, de acuerdo a Chen y Tanksley (2004), los estigmas exertos, típicos en las selecciones evaluadas, favorecen la polinización cruzada y la autoincompatibilidad, lo que promueve gran variación en este tipo de selecciones, como lo demuestra Agong (2001). Aunado a ello, también presentaron diferente crecimiento de racimo: ramificado (dos o tres raquis principales), circular (un raquis de forma circular) o en spray (un raquis principal con ramificación dicotómica) en las selecciones Starmex1 y Starmex2, mientras que en Starmex3 éste fue sólo en spray.

Peso de frutos por planta

Se observaron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$) por efecto del PO, y la interacción S x OP también fue significativa (Cuadro 1). En forma similar al de la variable peso de fruto por racimo, para la variable peso de fruto por planta se obtuvo mayor peso por racimo y una demanda de nutrimentos mayor únicamente en la selección Starmex2, con el potencial osmótico -0.072 MPa de la solución nutritiva.

Otro componente importante del rendimiento del tomate es el peso de frutos por racimo y planta; y aunque está fuertemente determinado por el tamaño de los frutos (Cuadro 1), en las selecciones de jitomate de costilla el número de frutos por racimo compensa el peso por m^2 , que es similar al de variedades comerciales (de $7.3 \text{ kg} \cdot m^{-2}$ a $11.2 \text{ kg} \cdot m^{-2}$), ya que éstas alcanzan rendimientos de aproximadamente 12 (cv Gabriela) y $8.8 \text{ (cv Paulo) kg} \cdot m^{-2}$ a la misma densidad de plantación (Villegas *et al.*, 2004). El jitomate de costilla superó ampliamente a las variedades locales, pues su rendimiento es de $73\text{-}110 \text{ t} \cdot ha^{-1}$ contra $18\text{-}37 \text{ t} \cdot ha^{-1}$ de las locales de guaje (Giordano *et al.*, 1999). Además del rendimiento, las selecciones de jitomate de costilla presentaron pocos problemas de plagas y enfermedades, lo cual significa menor costo de producción y mayor sustentabilidad del cultivo.

Peso por fruto

Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$) por efecto del PO, y de S con su interacción PO x S también significativa (Cuadro 2). En ninguna de las tres selecciones hubo diferencia significativa por efecto del potencial osmótico de solución nutritiva (Cuadro 2), lo cual indica que la demanda nutrimental de las selecciones pudo ser satisfecha con cualquiera de las dos soluciones, a pesar de las diferencias individuales de los pesos de los frutos de cada selección. Las selecciones Starmex1 y Starmex2 tuvieron frutos de menor peso que Starmex3. Los valores más bajos fueron compensados con mayor número de éstos por racimo y por planta, por lo que las demandas nutrimentales de las plantas de las tres selecciones finalmente tendieron a ser similares (Cuadros 1 y 2).

Weight fruits per plant

Highly statistical significant differences ($P \leq 0.01$) were shown by the OP effect, the interaction of S x OP (Table 1) was also significant. Greater weight per cluster and a greater demand of nutriments was obtained only in section Starmex2, with an osmotic potential -0.072 MPa of nutrient solution for the variable fruit weight per plant, similar to the variable fruit weight per cluster.

Another important compound of tomato yield is the weight of fruits per cluster and plant; and although this is strongly determined by the size of the fruit (Table 1), in the case of ribbed tomato selections the number of fruits per cluster compensates the weight per m^2 , which is similar to that of commercial varieties (from $7.3 \text{ kg} \cdot m^{-2}$ to $11.2 \text{ kg} \cdot m^{-2}$) because they achieve yields of about 12 (cv Gabriela) and $8.8 \text{ (cv Paulo) kg} \cdot m^{-2}$ at the same planting density (Villegas *et al.*, 2004). Ribbed tomato largely exceeded local varieties, because its yields is $73\text{-}110 \text{ t} \cdot ha^{-1}$ against $18\text{-}37 \text{ t} \cdot ha^{-1}$ obtained from the local saladette tomato (Giordano *et al.*, 1999). Besides the yield, the selections of ribbed tomato showed few pest problems and diseases, meaning lower production costs and greater sustainability of the crop.

Weight per fruit

Highly statistical significant differences ($P \leq 0.01$) were observed due to the OP effect, and S with its interaction with S x OP was also significant (Table 2). None of the three selections showed significant difference due to the osmotic potential of nutrient solution (Table 2), indicating that the nutrient demand of the selections could be satisfied with either of the two solutions, despite the individual differences of fruit weights of each selection. Starmex1 and Starmex2 had fruits with less weight than Starmex3. The lowest values were compensated with higher number of fruits per cluster and per plant, so that the nutritional demands of plants from the three final selections tended to be similar (Table 1 and 2).

The individual fruit weight is low compared to those recorded in commercial varieties, even with those for industrial processing, ranging from 60 g to $95 \text{ g} \cdot \text{fruit}^{-1}$ (Sande *et al.*, 2003). Regarding local varieties, the ribbed tomato overcomes the weights reported in Italian varieties ($12.5\text{-}20.5 \text{ g} \cdot \text{fruit}^{-1}$). Some populations from Kenya have fruits with less of similar weight (Giordano *et al.*, 1999). German cultivars have more weight (Agong, 2001). Although fruit weight is very desirable in relation to commercial varieties, ribbed tomato populations have distinctive characteristics such as deep red color and number of ribs and sepals that make attractive their consumption. According to Nuez *et al.* (2004), ribs are to the fasciation of two or more flowers and because it is similar to the amount of fruit cores, resulting in multilocular fruits or at least more than five locules in the tomato fruit (Barrero *et al.*, 2006). In the selections evaluated, at higher number of ribs higher size and weight of the fruit, which is a character that evolutionarily is related to the

CUADRO 2. Respuesta del peso y diámetros ecuatorial y polar del fruto de tres selecciones de jitomate de costilla (*Solanum lycopersicum* L.) a dos niveles de potencial osmótico de la solución nutritiva Steiner.

TABLE 2. Response of weight and equatorial diameter and polar diameter of fruits of three selections of ribbed tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at two levels of osmotic potential of Steiner's nutrient solution.

Factor y Nivel/ Factor and level		Diámetro/ Diameter (mm)		Peso por fruto/ Weight per fruit (g)	Número de costillas/ Number of ribs	Número de sépalos/ Number of sepals
		Ecuatorial/ Equatorial	Polar			
Selección/ Selection (S)						
Starmex1		40.41 ^z b	33.50b	38.36b	6.33b	7.90ab
Starmex2		41.72 b	32.95b	39.31b	7.09 a	7.77b
Starmex3		50.76 a	35.30 a	65.32 a	7.18 a	8.00a
DMS/LSD		1.38 ^{***}	0.99 ^{***}	3.73 ^{***}	0.36 ^{***}	0.19 [*]
Potencial osmótico (PO)/ Osmotic potential (OP)						
-0.036 MPa		43.01b	33.52 a	43.48b	6.90 a	7.75b
-0.072 MPa		44.60 a	33.91 a	47.21 a	6.81 a	7.97a
DMS		0.93 ^{**}	0.67 ^{ns}	2.52 ^{**}	0.24 ^{ns}	0.13 ^{**}
S X PO/ OP						
Starmex1	-0.036	40.70 bc	33.04 c	37.04b	5.56b	7.86 b
	-0.072	42.02 bc	33.88 c	39.48b	6.13b	7.94ab
Starmex2	-0.036	40.25 c	32.45 c	36.46b	7.03a	7.67b
	-0.072	42.80 b	33.33 c	41.41b	7.14 a	7.85b
Starmex3	-0.036	50.52 a	35.91 a	63.26a	7.25 a	7.71b
	-0.072	50.95 a	34.81 ab	66.98a	7.20a	8.23 a
DMSH/LSD		2.40 ^{***}	1.72 ^{***}	6.46 ^{***}	0.63 ^{***}	0.33 ^{***}
CV		20.83	19.50	53.98	35.28	16.31

*medias con la misma letra dentro de cada columna y cada factor son iguales de acuerdo con la prueba de medias Tukey a una $P \leq 0.05$.

ns, *, **, ***; no significativo, significativo a una $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ y $P \leq 0.001$, respectivamente.

DMS: diferencia mínima significativa; PO: potencial osmótico; MPa; megapascals.

*Means with the same letter within each column and each factor are equal according to the Tukey mean test at $P \leq 0.05$.

ns, *, **, ***; no significant, significant at $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ y $P \leq 0.001$, respectively.

LSD: Least Significant Difference; OP: Osmotic potential; MPa; megapascals.

El peso individual del fruto es bajo comparado con los registrados en jitomates comerciales, incluso con los destinados para procesamiento industrial, que van de 60 g a 95 g·fruto⁻¹ (Sandeí *et al.*, 2003). Con respecto a variedades locales, el jitomate de costilla supera a los pesos reportados en variedades italianas (12.5-20.5 g·fruto⁻¹). Algunas poblaciones de Kenia tienen frutos de menor o similar peso (Giordano *et al.*, 1999). Cultivares de origen alemán tienen mayor peso (Agong, 2001). Aunque el peso de los frutos es muy deseable en relación al de variedades comerciales, las poblaciones de jitomate de costilla poseen características distintivas como su color rojo intenso y número de costillas y sépalos que hacen atractivo su consumo. De acuerdo con Nuez *et al.* (2004), el acostillado se debe a la fasciación de dos o más flores y a que es similar a la cantidad de lóculos del fruto, lo que resulta en frutos multiloculares, o al menos más de los cinco lóculos típicos en el jitomate (Barrero *et al.*, 2006). En las selecciones evaluadas, a mayor cantidad de costillas el tamaño y peso por fruto fue mayor, lo cual es un carácter que evolutivamente está relacionado con el proceso de domesticación de esta especie y controlado genéticamente por un *loci* específico (Tanksley, 2004; Brewer *et al.*, 2007). El número de sépalos también es una

process of domestication of this species and controlled genetically by a specific *loci* (Tanksley, 2004; Brewer *et al.*, 2007). The number of sepals is also a characteristic that increases by the fasciation effect. In the three selections, when the number of sepals was greater than nine, the fruit was kidney-shaped and round. This ribbed form of the fruits is also known as bellpepper tomatoes determined by the *loci bell2.1*, *bell2.2* and *bell8.1* (Van der Knaap and Tanksley, 2003).

Fruit quality of ribbed tomato

Fruit equatorial and polar diameter

The analysis of variance showed highly statistical significant differences ($P \leq 0.01$) due to osmotic potential (except in polar diameter) and selection effect, and its interaction (S x OP) was significant (Table 2). As shown in the interactions (S x OP), there was a significant effect in the equatorial diameter of Starmex2, with osmotic potential -0.72 MPa. It is considered that the equatorial diameter in analog form with the fruit weight was highly consistent with the effects of osmotic potential of nutrient solution on each of the selection.

característica que se incrementa por efecto de la fasiación. En las tres selecciones, cuando el número de sépalos fue mayor de nueve, el fruto presentaba la forma de riñón y redonda. Esta forma acostillada de los frutos también es conocida como jitomates bellpeper, determinada por los *loci bell2.1*, *bell2.2* y *bell8.1* (Van der Knaap y Tanksley, 2003).

Calidad del fruto de jitomate de costilla

Diámetro ecuatorial y polar del fruto

En el análisis de varianza se observaron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$) por efecto del potencial osmótico (excepto en diámetro polar) y de la selección, con su interacción (S x PO) significativa (Cuadro 2). Como se observa en las interacciones (S x PO), sólo hubo efecto significativo en el diámetro ecuatorial de Starmex2, con potencial osmótico -0.72 MPa. Se considera que el diámetro ecuatorial, en forma análoga con el peso de fruto, tuvo gran concordancia con los efectos del potencial osmótico de la solución nutritiva dentro de cada una de las selecciones.

Los diámetros ecuatorial y polar determinan el tamaño de los frutos de jitomate, y en la actualidad el diámetro ecuatorial es un indicador de calidad para comercializar esta hortaliza. El tamaño del fruto de las selecciones de jitomate de costilla es pequeño comparado con los estándares para el mercado en fresco (Barboza *et al.*, 2002), superando apenas el tamaño “chico” del jitomate tipo saladette (< 50 mm), sin alcanzar la categoría para el jitomate bola (< 65 mm). El tamaño pequeño de los frutos en las selecciones locales evaluadas es típico en este tipo de jitomates (Paran y Van der Knaap, 2007). En los frutos de tipo riñón de las selecciones de jitomate de costilla, el diámetro ecuatorial fue el de mayor tamaño y los frutos de mayor peso, como lo indican Lippman y Tanksley (2001). Aunque la forma del fruto es determinante para los diámetros ecuatorial y polar, el jitomate de costilla posee frutos de mayor tamaño (diámetro polar) que el reportado en otras variedades locales (Giordano *et al.*, 1999).

Número de costillas y sépalos

Para estas variables, en el análisis de varianza se encontraron efectos desde no significativo hasta altamente significativo para S, para el PO y para S x PO (Cuadro 2), donde destaca la importancia de la interacción significativa sobre los efectos principales. De las variables número de costillas y sépalos, con la interacción S x PO solamente se tuvo efecto del PO dentro de S en Starmex3, que con PO de -0.072 MPa tuvo mayor número de sépalos (Cuadro 2). La explicación es que esta selección tiende a producir mayor número de sépalos por características genéticas propias, para lo cual demanda mayor cantidad de nutrimentos, mismos que pueden ser satisfechos por la solución nutritiva con el PO -0.072 MPa.

Acidez del fruto (pH)

En el análisis de varianza se observaron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$) por efecto

Equatorial and polar diameters determine the size of the tomato fruits. Today, the equatorial diameter is a quality indicator to market this vegetable. The fruit sizes of the ribbed tomato selections is small in comparison to the standards for the fresh market (Barboza *et al.*, 2002), barely overcoming the size “small” of the saladette tomato (< 50 mm), without reaching the category for the ball-type tomato (< 65 mm). The small size of fruits in the local selections evaluated is typical in this type of tomatoes (Paran and Van der Knaap, 2007). In the case of kidney-shaped tomato fruits from the selection of ribbed tomatoes, the equatorial diameter was the largest and fruits were the biggest, as indicated by Lippman and Tanksley (2001). Although the shape of the fruit is crucial for equatorial and polar diameter, ribbed tomato has bigger fruits (polar diameter) than those reported in other local varieties (Giordano *et al.*, 1999).

Number of ribs and sepals

For this variable, the analysis of variance showed from no significant to highly significant effects for S, OP and S x OP (Table 2), where stands out the importance of meaningful interaction on the main effects. Only the effect of OP within S in Starmex3 was shown from the variables number of ribs and sepals with the interaction S x OP. A higher number of sepals was obtained with OP of -0.072 Mpa (Table 2). The explanation is that this selection tends to produce more sepals by genetic characteristics, for which it demands greater amount of nutrients that can be satisfied by the nutrient solution with the OP -0.072 MPa.

Fruit acidity (pH)

The analysis of variance showed highly statistical significant differences ($P \leq 0.01$) due to OP effect and S x OP interaction (Table 3). In Starmex2, the pH of fruit juice increased with OP -0.072 MPa with respect to -0.036 MPa; no effect was shown in the case of Starmex1 and Starmex3 (Table 3). This infers that the nutrimental demand of Starmex2 is greater than that of the other two selections, which could be satisfied by the most concentrated solution. The explanation of this effect would be a reason for future research.

The pH of fruit juice, indicator of the quality for consumption, since it is related with flavor, goes from 3.8 to 4.4 in commercial cultivars (Agong, 2001; Giordano *et al.*, 1999; Macua *et al.*, 2007). In ribbed tomato the value is higher (average value of 5.33) and probably has better acceptance for fresh consumption, because with lower acidity fruits tend to highlight a sweet and pleasant flavor for fresh consumption.

Brix degrees and lycopene content

The analysis of variance showed no statistical significant differences ($P \leq 0.05$) due to OP or S effect, and the S x OP interaction was also no significant (Table 3). The total soluble solids are closely related to the flavor and the fructose and glucose content of tomato fruits (Martínez, 2003). Cherry tomatoes had the highest content of total soluble solids (up to 6.5-7.18 °Brix according to Macua *et*

de PO y por la interacción S x PO (Cuadro 3). En Starmex2, el pH del jugo de los frutos aumentó con el PO -0.072 MPa, con respecto al de -0.036 MPa; en Starmex1 y Starmex3 no hubo efecto (Cuadro 3). De esto se infiere que la demanda nutrimental de Starmex2 es mayor que la de las otras dos selecciones, misma que pudo ser satisfecha por la solución más concentrada. La explicación de este efecto sería motivo de investigación futura.

El pH del jugo de los frutos, indicador de la calidad de los mismos para el consumo, pues está relacionado con el sabor, va de 3.8 a 4.4 en los cultivares comerciales (Agong, 2001; Giordano *et al.*, 1999; Macua *et al.*, 2007). En el jitomate de costilla el valor es más alto (valor promedio de 5.33) y probablemente tiene mejor aceptación para su consumo en fresco, pues al presentar menor acidez los frutos tienden a resaltar un sabor más dulce y agradable para el consumo en fresco.

Grados Brix y contenido de licopeno

En el análisis de varianza no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) por efecto del PO ni de S, y la interacción S x PO tampoco fue significativa (Cuadro 3). Los sólidos solubles totales están muy relacionados con el sabor de los frutos del tomate y el contenido de glucosa y fructosa (Martínez, 2003). Los tomates Cherry son los que presentan el más alto contenido de sólidos solubles totales (hasta 6.5-7.18 °Brix según Macua *et al.*, 2007). Los valores encontrados en Starmex1, Starmex2 y Starmex3 (valor promedio 5.10) están por debajo de los valores reportados para cultivares locales o tipo silvestre, y aun por debajo del tipo Cherry.

De acuerdo con lo observado en este experimento, el contenido de licopeno en los frutos del jitomate de costilla fue similar entre las selecciones y no fue modificado por efecto del PO. No obstante, la cantidad del pigmento es más alta en comparación con valores reportados por investigadores en tomate tipo bola, tomate Saladette con 3 - 18 y 9.20 - 22.72 mg de licopeno·100 g·pulpa⁻¹, respectivamente (Hedges y Lister, 2005; Cadillo *et al.*, 2005; Macua *et al.*, 2007). Estos resultados posicionaron al jitomate de costilla como uno de los alimentos de alto valor funcional, que puede utilizarse en fresco, para la extracción y encapsulado de licopeno (Blanch *et al.*, 2007).

Firmeza de los frutos

En el análisis de varianza se tuvieron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$) por efecto de la S, y la interacción S x PO fue significativa (Cuadro 3). De acuerdo al efecto principal, la selección Starmex1 tuvo mayor firmeza que Starmex2 y que Starmex3. El efecto del potencial osmótico dentro de selecciones en ningún caso tuvo efecto significativo. La firmeza de los frutos en las selecciones de jitomate de costilla es muy baja, ya que en tomates tipo Saladette (Padem *et al.*, 1999) alcanzan valores de al menos 1.187 kg·cm² y hasta 1.598 kg·cm². Esta característica en los frutos de tomate va disminuyen-

al., 2007). The values found in Starmex1, Starmex2 and Starmex3 (average value of 5.10) are below the values reported for local or wild cultivars, and even below the Cherry type tomato fruits.

According to that observed in this experiment, the lycopene content in ribbed tomato fruits was similar among selections and was not modified by the OP effect. However, the amount of pigment is higher compared with values reported by researchers in ball-type tomato, saladette tomato with 3 -18 and 9.20 -22.72 mg of lycopene·100 g·pulp⁻¹, respectively (Hedges and Lister, 2005; Cadillo *et al.*, 2005; Macua *et al.*, 2007). These results positioned the ribbed tomato as a food with high functional value, which can be used in fresh, for extraction and lycopene encapsulated (Blanch *et al.*, 2007).

Fruit firmness

The analysis of variance showed highly statistical significant differences ($P \leq 0.01$) due to the S effect, and the S x OP interaction was also significant (Table 3). According to the main effect, the selections Starmex1 had greater firmness than Starmex2 and Starmex3. No significant effect was shown by the effect of the osmotic potential within the selections. Fruit firmness in ribbed tomato selections was low, since Saladette tomatoes (Padem *et al.*, 1999) reach values of at least 1.187 kg·cm² to 1.598 kg·cm². This characteristic in tomato fruits decreases as they mature (Schouten *et al.*, 2007), so one of the reasons for the lack of firmness in ribbed tomato fruit is that it was harvested when it had an advanced state of maturation and was still on the plant. Although fruit firmness is low, it can be increased by foliar sprays of Ca⁺⁺ or harvesting in the early stages of maturation to resist the handling and extend the life shelf, although this last depends on the market destination (Ho and White, 2005).

The Mexican selections of ribbed tomato are a viable alternative for intensive production and open field, because they show several advantages over commercial varieties and even some local varieties in other regions of the world (García *et al.*, 2004). This is valuable genetic material to expand the genetic diversity of species in use and improve the production and quality of this fruit, to secure part of the human diet for the future (Rick and Chetelat, 1995; Nuez *et al.*, 2004).

CONCLUSIONS

The selection Starmex2 increased its yield with the Steiner solution at PO of -0.072 MPa. The equatorial diameter in Starmex2 and the number of sepals in Starmex3 increased with the use of the most concentrated nutrient solution (op of -0.072 MPa) of the morphological properties.

From the variables of fruit quality, only pH was affected by the osmotic pressure of the nutrient solution, increasing with OP of -0.072 MPa.

End of English version

CUADRO 3. Respuesta de algunas variables de calidad de los frutos de tres selecciones de jitomate de costilla (*Solanum lycopersicum* L.) a dos niveles de potencial osmótico de la solución nutritiva Steiner.

TABLE 3. Response of some quality variables of fruits of three selections of ribbed tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) a dos niveles de potencial osmótico de la solución nutritiva Steiner. at two levels of osmotic potential of Steiner's nutrient solution.

Factory Nivel		pH	Licopeno (mg·100 g de pulpa ⁻¹)	°Brix	Firmeza kg·cm ⁻²
Selección/Selection (S)					
Starmex1		5.33 ^z a	22.90 a	5.16 a	0.35 a
Starmex2		5.31 a	25.93 a	5.28 a	0.26b
Starmex3		5.37 a	24.41 a	4.89 a	0.22b
DMS/LSD		0.13 ^{ns}	7.12 ^{ns}	0.95 ^{ns}	0.07 ^{***}
Potencial osmótico/Osmotic potential (PO)					
-0.036 MPa		5.23 a	25.70 a	5.14 a	0.29 a
-0.072 MPa		5.44 a	23.12 a	5.08 a	0.26 a
DMS/LSD		0.09 ^{**}	4.78 ^{ns}	0.64 ^{ns}	0.00 ^{ns}
S x PO					
Starmex1	-0.036	5.28 ab	23.36 a	5.12 a	0.39 a
	-0.072	5.39 a	22.44 a	5.20 a	0.30 ab
Starmex2	-0.036	5.14b	28.30 a	5.33 a	0.26 b
	-0.072	5.48 a	23.55 a	5.23 a	0.26 b
Starmex3	-0.036	5.29 ab	25.44 a	4.98 a	0.22 b
	-0.072	5.46 a	23.37 a	4.81 a	0.22 b
DMS/LSD		0.23 ^{**}	12.53 ^{ns}	1.67 ^{ns}	0.12 ^{**}
CV (%)		1.97	22.85	14.59	0.00

^z: medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de medias de Tukey a una $P \leq 0.05$.

ns, *, **, ***: no significativo y significativo con una $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ y $P \leq 0.001$, respectivamente.

PO: potencial osmótico; MPa: megapascals; DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación.

^z: Means with the same letter within columns are equal according to the Tukey test at $P \leq 0.05$.

ns, *, **, ***: no significant and significant at $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ y $P \leq 0.001$, respectively.

OP: osmotic potential; MPa: OP: megapascals; DMS: LSD: Least Significant Difference; CV: coefficient of variation.

do conforme éstos maduran (Schouten *et al.*, 2007), por lo que una de las razones de la poca firmeza en el jitomate de costilla es que fue cosechado en un estado avanzado de maduración aún en la planta. Aunque la firmeza de los frutos es baja, ésta puede incrementarse mediante aspersiones foliares de Ca^{++} o cosechando en las primeras etapas de maduración para soportar el manejo y alargar la vida en anaquel, aunque esto último depende del mercado de destino (Ho y White, 2005).

Las selecciones mexicanas de jitomate de costilla son una alternativa viable para la producción intensiva y a cielo abierto, pues presentan varias ventajas con respecto a variedades comerciales e incluso algunas locales en otras regiones del mundo (García *et al.*, 2004). Se trata de material genético valioso para ampliar la diversidad genética de la especie en uso y mejorar la producción y calidad de la misma, con el fin de asegurar parte de la alimentación humana para el futuro (Rick y Chetelat, 1995; Nuez *et al.*, 2004).

CONCLUSIONES

La selección Starmex2 incrementó su rendimiento con la solución de Steiner a PO de -0.072 MPa.

De las propiedades morfológicas, el diámetro ecuatorial en Starmex2 y el número de sépalos en Starmex3 se incrementaron con el uso de la solución nutritiva más concentrada (PO de -0.072 Mpa.).

De las variables de calidad de fruto, solamente el pH fue afectado por la presión osmótica de la solución nutritiva, que aumentó con el PO de -0.072 MPa.

LITERATURA CITADA

- AGONG, S. G. 2001. Genotypic variation of Kenyan tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) germplasm. J. Food Technology in Africa. 6: 13-17. doi: 10.137
- ALAVINE, F.; CROCHON, M.; BOUILLON, C. 1990. Practical methods to estimate taste quality of fruit: how to tell it to the consumer. Acta Hort. 259: 61-68. doi: 10.1371
- ANÓNIMO. 1990a. Soilless culture for horticultural crop production. FAO Plant production and protection paper 101. Roma Italia. 188p.
- ANÓNIMO. 1990b. Official methods of analysis. 15th edition. Vignia, U. S. A. 918-919 pp.

- ANÓNIMO. 2003. SAS/STAT User's Guide. Version 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC. Volumes 1-7.
- ARIAS R.; LEE TUNG-CHING ; LOGENDRA L.; JANES H. 2000. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L^* , a^* , b^* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. J. Agric. Food Chem. 48: 1697-1702. doi: 10.1021/uf990974e
- 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 lineales. Invest. Agr. Prod. Prot. Veg. 16(2): 249-256.
- BARBOZA, R.; PACHECO, P.; PÉREZ, A. 2002. Manual de procedimientos: Manual de Referencias Técnicas por Producto. Montevideo, Uruguay. 64 p.
- BARRERO, L. S.; CONG, B.; WU, F.; TANKSLEY, S. D. 2006. Developmental characterization of the fasciated locus and mapping of *Arabidopsis* candidate genes involved in the control of floral meristem size and carpel number in tomato. Genome 49: 991-1006.
- BLANCH, G. P.; RUIZ DEL C., M. L.; DEL MAR; C. M.; PÉREZ, M. M.; SANTIAGO SÁNCHEZ, C. S. 2007. Stabilization of all-trans-lycopene from tomato by encapsulation using cyclodextrins. Food Chemistry 105: 1335-1341.
- BREWER, M. T.; MOYSEENKO, J. B.; MONFORTE, A. J.; VAN DER KNAAP, E. 2007. Morphological variation in tomato: a comprehensive study of quantitative trait loci controlling fruit shape and development. Journal of Experimental Botany 58(6): 1339-1349. doi: 10.3791/1856
- BUGARÍN, M. R.; GALVIS, S. A.; SÁNCHEZ, G. P.; GARCÍA, P. D. 2002. Acumulación diaria de materia seca y de potasio en la biomasa aérea total de tomate. TERRA Latinoamericana. 20(4): 401-409.
- CADILLO, C. M. G.; ALANÍZ, G. M. G. J.; BAUTISTA, J. M.; DEL RÍO, F. 2005. Contenido de licopeno en jugo de tomate seco por aspersión. Revista Mexicana de Ingeniería Química. 4(3): 299-307.
- CARRAVEDO, F. M. 2006. Variedades autóctonas de tomates de Aragón. Centro de Investigaciones de Tecnología Agroalimentaria de Aragón. 238 p.
- CHEN, K.; TANKSLEY, S. D. 2004. High-Resolution mapping and functional analysis of *se2.1*: a major stigma exsertion quantitative trait locus associated with the evolution from allogamy to autogamy in the genus *Lycopersicon*. Genetics. 168: 1563-1573. doi: 10.1007/500122-002-1106-y
- DE SANTIAGO. 2006. Nuevos tomates: mejoramiento genético y su adaptación a los sistemas de cultivo. Productores de Hortalizas. Enero: 10-12.
- GARCÍA, L. A.; GUZMÁN, C. G. I.; SORIANO, N. J. J. 2004. Evaluación de variedades locales de tomate para su conservación *in situ* en agricultura ecológica. Actas de IV Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Córdoba, España 38-39 pp.
- GIORDANO, I.; PENTALGELO, A.; CARBONI, A. 1999. Bio-morphological and characterization of several accessions of small "pomodorino di corbara" tomatoes. Acta Hort. 487: 343-347.
- HEDGES, L. J.; LISTER, C. E. 2005. Nutritional attributes of tomatoes. Crop and Food Research Confidential Report No. 1391. New Zealand Institute for Crop and Food Research Limited. Christchurch, New Zealand. 93 p.
- HO, L. C.; WHITE, P. J. 2005. A cellular hypothesis for the induction of blossom-end rot in tomato fruit. Annals of Botany 95(4): 571-581. doi: 10.1104/pp.111.175208
- LIPPMAN, Z.; TANKSLEY, S. D. 2001. Dissecting the genetic pathway to extreme fruit size in tomato using a cross between the small-fruited wild species *Lycopersicon pimpinellifolium* and *L. esculentum* var. Giant Heirloom. Genetics 158: 413-422.
- MACUA, J. I.; LAHOZ, I.; GARNICA, J.; CALVILLO, S.; ZÚÑIGA, J.; SANTOS, A. 2007. Tomate de industria: resultados de la campaña 2006, novedades y perspectivas. Instituto Técnico de Gestión Agrícola. Navarra, España. 14 p.
- MARTÍNEZ, B. E. 2003. Análisis de la acumulación de azúcares en pericarpios de dos genotipos silvestres de jitomate (*Lycopersicon esculentum*). Agrociencia 37(4): 363-370.
- NUEZ, F. D.; M. J. PICO; B. DE CORDOVA, F. P. 1996. Catálogo de semillas de tomate. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 177 p.
- NUEZ, F.; PROHENS, J.; BLANCA, J. M. 2004. Relationships, origin, and diversity of Galápagos tomatoes: implications for the conservation of natural populations. American Journal of Botany 91: 86-99. doi: 10.1016/j.crv.2011.05.002
- PADEM, H.; OCAL, A.; SENGUIN, A. 1999. Effects of foliar fertilizers on yield and some characteristics of processing tomato. Acta Hort. 487: 225-228.
- PACZKA, O. R.; MARTÍNEZ, A.; SÁNCHEZ, G. M. A. 2003. Recursos fitogenéticos autóctonos. 27-50 pp. In: Recursos filogenéticos de México para la alimentación y la agricultura. SNICS, SOMEFI. Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México.
- PARAN, I.; VAN DER KNAAP, E. 2007. Genetic and molecular regulation of fruit and plant domestication traits in tomato and pepper. Journal of Experimental Botany 58(14): 3841-3852. doi:10.1093/jxb/erm257
- PORRETTA, S. 1999. Evolution of the concept of quality for processed tomato products. Act. Hort. 487: 419-424.
- RAMÍREZ, V. P.; RODRÍGUEZ, G. M. N.; CASTILLO, G. F. 2006. Diversidad morfológica en poblaciones de jitomate nativas de México. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados.
- RICK, C. M.; CHETELAT R. T. 1995. Utilization of related wild species for tomato improvement. Acta Hort. 412: 21-38.
- RINCÓN S. F.; HERNÁNDEZ C. J. M. 2003. Conservación de recursos fitogenéticos en México. 52-68 pp. In: Recursos fitogenéticos de México para la alimentación y la agricultura. SNICS, SOMEFI. Chapingo, Estado de México.
- SANDEI L.; SIVIERO, P.; ZANOTTI G.; CABASSI A.; LEONI C. 2003. Evaluation of the lycopene content in processing tomato cultivars claiming "high pigment content". Acta Hort. 613:331-331.
- SCHOUTEN R. E; HUIJBEN T. P. M.; TIJSKENS L.M.M.; VAN KOOTEN O. 2007. Modelling quality attributes of truss to-

- matos: linking colour and firmness maturity. *Postharvest Biology and Technology* 45:298–306. doi:16435
- STEEL R. G. D.; TORRIE J. H. 1985. *Bioestadística: principio y procedimientos*. 2ª. Edición. McGraw-Hill. Bogotá, Colombia. 245 p.
- TANKSLEY, S. D. 2004. The genetic, developmental, and molecular bases of fruit size and shape variation in tomato. *The Plant Cell*.16:181–189. doi: 10.1105/tpc018119
- VAN, DER KNAAP E.; TANKSLEY S. D. 2003. The making of a bell pepper-shaped tomato fruit: identification of loci controlling fruit morphology in Yellow Stuffer tomato. *Theor. Appl. Genet.* 107:139–147. doi: 10.1007/s00122-003-1224-1
- VILLEGAS, C.R. J.; GONZÁLEZ H. V. A.; SALAZAR C. J. A.; LIVERA M. L.; SÁNCHEZ DEL C. F.; OSUNA E. T. 2004. Crecimiento y rendimiento del tomate en respuesta a densidades de población en dos sistemas de producción. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 27(4): 333-338.
- WOLTERS, C. J., VAN, GEMERT, L. J. 1990. Towards an integrated model of sensory attributes, instrumental data and consumer perception of tomatoes. Part I. Relation between consumer perception and sensory attributes. *Acta Hort.* 259:91-106.