

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

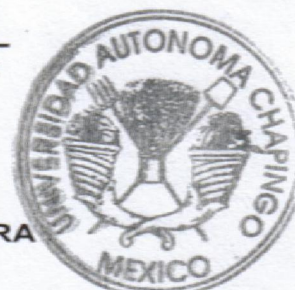
**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
INSTITUTO DE HORTICULTURA**

**EFFECTO DE LA CONDUCTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN
NUTRITIVA EN EL RENDIMIENTO, CALIDAD Y
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN FRUTOS DE JITOMATE**

T E S I S

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA



**DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
COMISION DE EXAMENES PROFESIONALES**

PRESENTA:

MIGUEL ÁNGEL GÓNGORA CANTO

CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO, ABRIL DE 2016



Instituto de Horticultura

EFFECTO DE LA CONDUCTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA EN EL RENDIMIENTO, CALIDAD Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN FRUTOS DE JITOMATE

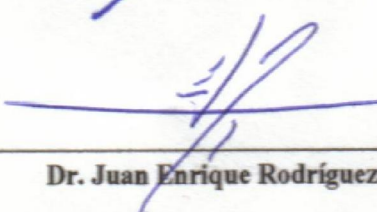
Tesis realizada por Miguel Ángel Góngora Canto bajo la dirección del comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

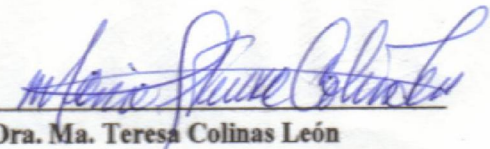
DIRECTOR:


Dra. Ma Teresa Martinez Damián

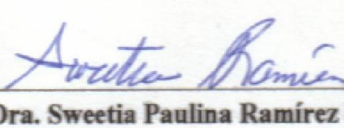
ASESOR:


Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez

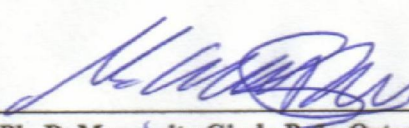
ASESOR:


Dra. Ma. Teresa Colinas León

ASESOR:


Dra. Sweetia Paulina Ramírez Ramírez

LECTOR EXTERNO:


Ph. D. Margarita Gisela Peña Ortega.

Chapingo, México, marzo de 2016.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo por haber sido una opción para mi formación profesional y la de muchos otros jóvenes de origen rural; en especial al Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia que me dio la oportunidad de formarme hasta esta etapa de estudios.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por ser la institución financiera que hizo posible la realización de mis estudios de Doctorado.

A la Dra. Ma. Teresa Martínez Damián, Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez, Dra. María Teresa Colinas León y a la Dra. Sweetia Paulina Ramírez Ramírez, por su amistad, apoyo y valiosas correcciones y sugerencias que permitieron orientar y dar forma al presente trabajo.

Al Q.F.B. Cecilio Bautista Bañuelos por su valioso apoyo y asesoría en la realización del trabajo de laboratorio.

A mi compañera la M.C. Teresa Monroy Gutiérrez por su amistad y apoyo recibido durante la realización de mis estudios de doctorado en la Universidad Autónoma Chapingo.

DEDICATORIA

A mi madre Micaela que con su tenacidad y ganas de vivir me enseñó cómo se deben enfrentar los retos y alcanzar las metas que me proponga.

A mi padre y a mis hermanos que me enseñaron que el trabajo es el único camino para alcanzar de manera digna mis objetivos.

A mi esposa Erika que con gran amor y entusiasmo me ha apoyado en la culminación de todos mis logros.

A mis hijos Erihan y Angyeri que son la luz que ilumina mi vida,

A todos aquellos agricultores que aun cultivan la tierra y hacen posible que exista la profesión de la agronomía

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor del presente trabajo de tesis, Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia MIGUEL ÁNGEL GÓNGORA CANTO, nació el 02 de Febrero de 1972 en el municipio de Tzucacab, en el estado de Yucatán. Realizó sus estudios básicos en la comunidad de Nicolás Bravo, en el municipio de Othón P. Blanco en el estado de Quintana Roo. Los estudios de educación media superior y superior los efectuó en la Universidad Autónoma Chapingo de 1990 a 1997, donde cursó la carrera de Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia. Realizó la Maestría en Ciencias en el Departamento de Sociología Rural y el Doctorado en Ciencias en Horticultura en el Departamento de Fitotecnia durante el período 2012-2015, ambos programas pertenecientes al padrón de excelencia académica del CONACyT y a la Universidad Autónoma Chapingo.

Efecto de la conductividad de la solución nutritiva en el rendimiento, calidad y capacidad antioxidante en frutos de jitomate

Miguel Ángel Góngora Canto¹ y Ma Teresa Martínez Damián²

RESUMEN Y ABSTRACT

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tres niveles de conductividad (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) de la solución de Steiner sobre el rendimiento, calidad fisicoquímica y capacidad antioxidante de frutos en 30 genotipos de cuatro grupos de jitomate (12 saladette, 7 bola, 7 cherry y 4 selecciones silvestres). Elevar la conductividad de la solución nutritiva no modificó el número de frutos por racimo y el croma en los cuatro tipos de jitomate, sin embargo, disminuyó significativamente la luminosidad y el peso de fruto en las selecciones silvestres, mejoró el ángulo hue en los tipo saladette, bola y silvestre además de la firmeza en frutos cherry. Los sólidos solubles totales, vitamina C, capacidad antioxidante total y licopeno aumentaron solamente en los cherry y silvestre, mientras que la acidez titulable se incrementó en los cuatro grupos evaluados.

En forma general, las líneas experimentales de jitomate saladette y bola tuvieron similares o superiores características agronómicas, de calidad física y capacidad antioxidante de fruto que los cultivares comerciales, mientras que como era de esperarse los materiales cherry y silvestres tuvieron niveles de calidad química y capacidad antioxidante significativamente superiores a los genotipos bola y saladette evaluados.

Palabras clave: ángulo hue, croma, vitamina C, capacidad antioxidante y licopeno.

The objective of this study was to evaluate the effect of three conductivity levels (2.0, 2.5, and 3.0 dS m⁻¹) of Steiner solution on yield, physicochemical quality and antioxidant capacity of fruits in 30 genotypes of four tomato groups (12 saladette, 7 round, 7 cherry and 4 wild selections). Increasing the conductivity of the nutrient solution did not modify the number of fruits per cluster and chroma in the four types of tomatoes; however, it significantly decreased luminosity and fruit weight in the wild selections, while it improved the hue angle in the saladette, round and wild types, in addition to firmness in cherry fruits. Total soluble solids, vitamin C content, total antioxidant capacity and lycopene increased only in cherry and wild tomatoes, while the titrable acidity was increased in all types of tomato.

In general, saladette and round tomato experimental lines had agronomic characteristics, physicochemical quality and antioxidant capacity of fruit statistically similar or superior to commercial cultivars, whereas cherry and wild selections had levels of chemical quality and antioxidant capacity significantly higher than round and saladette groups.

Keywords: hue angle, chroma, vitamin C, antioxidant capacity and lycopene.

¹Tesista

²Director

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
DATOS BIOGRÁFICOS.....	iii
RESUMEN Y ABSTRACT	iv
INDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
I. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
II. EFECTO DE LA CONDUCTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA EN EL RENDIMIENTO, CALIDAD FISICOQUÍMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE FRUTO EN JITOMATE SALADETTE	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	8
MATERIALES Y MÉTODOS	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
CONCLUSIONES	33
LITERATURA CITADA.....	34
III. EFECTO DE LA CONDUCTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA EN EL RENDIMIENTO, CALIDAD FISICOQUÍMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE FRUTO EN JITOMATE CHERRY	42
RESUMEN.....	43
ABSTRACT	44
INTRODUCCIÓN	45
MATERIALES Y MÉTODOS	46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
CONCLUSIONES	68

LITERATURA CITADA.....	69
IV. EFECTO DE LA CONDUCTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA EN EL RENDIMIENTO, CALIDAD FISICOQUÍMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE FRUTO EN JITOMATE BOLA Y SILVESTRE	75
RESUMEN.....	76
ABSTRACT	77
INTRODUCCIÓN	78
MATERIALES Y MÉTODOS	79
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	81
CONCLUSIONES	100
LITERATURA CITADA.....	102
V. CONCLUSIONES GENERALES.....	108
VI. LITERATURA CITADA GENERAL.....	110
ANEXOS	113

ÍNDICE DE CUADROS

I. EFECTO DE LA CONDUCTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA EN EL RENDIMIENTO, CALIDAD FISICOQUÍMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE FRUTO EN JITOMATE SALADETTE	Pag
Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables evaluadas en frutos de 12 genotipos de jitomate saladette.....	15
Cuadro 2. Efecto de la conductividad de la solución nutritiva sobre los componentes del rendimiento y la calidad física de 12 genotipos de jitomate.....	17
Cuadro 3. Rendimiento y calidad física de fruto en 12 materiales de jitomate saladette.....	20
Cuadro 4. Efecto de la conductividad de la solución nutritiva sobre la calidad química y la capacidad antioxidante de frutos de 12 genotipos de jitomate.....	26
Cuadro 5. Calidad química y capacidad antioxidante en 12 genotipos de jitomate Saladette.....	28
 II. EFECTO DE LA CONDUCTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA EN EL RENDIMIENTO, CALIDAD FISICOQUÍMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE FRUTO EN JITOMATE CHERRY	 Pag
Cuadro 1. Características del material vegetal tipo cherry empleado.....	47
Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables evaluadas en frutos de siete genotipos de jitomate cherry.....	49
Cuadro 3. Efecto de la conductividad de la solución nutritiva sobre los componentes del rendimiento y la calidad física de siete genotipos de jitomate cherry.....	53

Cuadro 4.	Rendimiento y calidad física de fruto en siete genotipos de jitomate cherry.....	55
Cuadro 5.	Efecto de la conductividad de la solución nutritiva sobre la calidad química y la capacidad antioxidante de frutos de siete genotipos de jitomate cherry.....	60
Cuadro 6.	Calidad química y capacidad antioxidante en siete genotipos de jitomate cherry.....	62

III. EFECTO DE LA CONDUCTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA EN EL RENDIMIENTO, CALIDAD FISICOQUÍMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE FRUTO EN JITOMATE BOLA Y SILVESTRE **Pag**

Cuadro 1.	Cuadrados medios y significancia estadística de las variables evaluadas en frutos de siete genotipos de jitomate bola.....	82
Cuadro 2.	Efecto de la conductividad de la solución nutritiva en los componentes del rendimiento, calidad fisicoquímica y capacidad antioxidante de fruto en jitomate bola.....	83
Cuadro 3.	Componentes del rendimiento, calidad fisicoquímica y capacidad antioxidante de fruto en jitomate bola.....	87
Cuadro 4.	Cuadrados medios y significancia estadística de las variables evaluadas en frutos de cuatro selecciones silvestres de jitomate tipo riñón.....	91
Cuadro 5.	Efecto de la conductividad de la solución nutritiva en los componentes del rendimiento, calidad fisicoquímica y capacidad antioxidante de fruto en jitomate silvestre.....	93
Cuadro 6.	Componentes del rendimiento, calidad fisicoquímica y capacidad antioxidante de fruto en jitomate silvestre.....	98

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pag
Cuadro 1A Concentración de macroelementos ($\text{meq}\cdot\text{l}^{-1}$) de las soluciones nutritivas empleadas.....	113
Cuadro 2A. Coeficientes de correlación entre pares de caracteres en frutos de 12 materiales de jitomate saladette.....	114
Cuadro 3A Coeficientes de correlación entre pares de caracteres en frutos de siete genotipos de jitomate Cherry.....	115

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) debido a la amplia versatilidad de usos que tiene en la alimentación humana, ya sea para consumo en fresco o como alimento procesado, constituye uno de los cultivos agrícolas más ampliamente producidos y demandados a nivel mundial. Según Peralta y Spooner (2007) es una de las cuatro especies hortícolas con mayor volumen de producción mundial, esto debido a su amplia adaptabilidad que le permite sobrevivir desde el nivel del mar hasta los 3,300 msnm en zonas montañosas. Su origen es un tema muy controversial, sin embargo, se considera a la región de los Andes (Perú, Ecuador y Chile) como su centro de origen, mientras que a México se le considera como la región de domesticación y cultivo (Bai y Lindhout, 2007).

En México entre 1990 y 2014, gracias al desarrollo tecnológico de la agricultura protegida y al uso de híbridos con alto potencial de rendimiento, la superficie sembrada se redujo un 38.75 % (85,506.00 a 52,374.91 hectáreas), mientras que la producción y el rendimiento se incrementaron 52.51 (1,885,277.00 a 2,875,164.08 toneladas) y 144.04 % (23.12 a 56.42 ton ha⁻¹) respectivamente (SIAP, 2015). Para el año 2013 México ocupó el lugar número 11 a nivel mundial, con una producción correspondiente al 2.0 % (3,282,583.0 toneladas) del volumen total, sin embargo, obtuvo el primer lugar en exportaciones con 1,472,390.0 toneladas que representan el 20.27 % del total mundial (FAOSTAT, 2015).

Este gran impulso es un reflejo del desarrollo de una amplia variedad de sistemas de producción, así como la generación y aparición en el mercado de gran cantidad de nuevos genotipos con buenas características agronómicas, de calidad fisicoquímica y resistentes a algunas enfermedades. Actualmente la producción de jitomate en México depende de

cultivares mejorados, con semilla de alto precio, lo que hace necesario desarrollar materiales nacionales (Ramos *et al.*, 2006). La generación de líneas e híbridos experimentales así como la exploración de materiales silvestres sobresalientes, en los programas de mejoramiento genético puede ser una buena alternativa para la generación de genotipos que pueden ser utilizados para abastecer los mercados locales principalmente.

México como la región más probable de domesticación del jitomate (Bai y Lindhout, 2007), además de los materiales comerciales, cuenta con gran cantidad de genotipos silvestres. Según Mercer y Perales (2010) a pesar del amplio uso de las variedades modernas en la agricultura intensiva, en algunas regiones, en particular en los centros de diversidad o de origen se usan aún variedades nativas. En algunas regiones de México (Puebla y Oaxaca), los jitomates conocidos como “arriñonados”, los cuales son cultivados para autoconsumo y en parte destinados a la comercialización local, pueden ser fuentes de germoplasma en programas de mejoramiento genético (Bonilla-Barrientos *et al.*, 2014). Según Zorzoli *et al.* (2000) los genotipos silvestres pueden ser usados para modificar algunas características de los cultivares modernos de jitomate dada su riqueza genética en caracteres agronómicos, tolerancia a enfermedades y valor nutritivo.

De acuerdo con Kaur *et al.* (2007) en la obtención de las actuales variedades comerciales se ha prestado mayor atención a la calidad externa que a la interna, debido a que gran parte de decisión de compra del consumidor se basa en el aspecto exterior. Esto, aunado a algunos procesos selectivos durante la migración de especies silvestres como la presión de selección durante la domesticación, el limitado número de materiales en su transporte a Europa, la autogamia forzada por la falta de polinizadores adecuados en las regiones no

nativas de la especie y finalmente el moderno proceso de mejoramiento fueron factores determinantes en la restricción en el tamaño de la población en jitomate (Rick, 1975).

Según Labate *et al.* (2007) la calidad en el jitomate está regida por el tamaño, forma, color, firmeza y sabor del fruto caracteres que junto con la vida de anaquel y calidad nutricional, se han buscado modificar en los programas de mejoramiento genético (Foolad, 2007). En cuanto al sabor del fruto, el contenido de azúcares en frutos jitomate ha sido calificado como pobre en las variedades comerciales (Ruiz *et al.*, 2005), no así en los genotipos silvestres que según Fridman *et al.* (2000) pueden almacenar sacarosa, por lo que tienen altos niveles de sólidos solubles en relación a las variedades cultivadas.

El potencial antioxidante del jitomate radica en el contenido de licopeno, ácido ascórbico, compuestos fenólicos, flavonoides y vitamina E y es especialmente alto en jitomates tipo cherry (Kaur *et al.*, 2004). Los jitomates silvestres sobresalen por su alto contenidos de sólidos solubles totales, acidez titulable, vitamina C (Méndez *et al.*, 2011; Vera-Guzmán *et al.*, 2011), fenoles totales, capacidad antioxidante total y licopeno (Kavitha *et al.*, 2014). De igual forma, los jitomates tipo cherry presentan mayor valor nutricional y contenido de antioxidantes que los tipo saladette y bola, lo que le proporciona características químicas deseables de alimento nutraceutico (Crisanto-Juárez *et al.*, 2010; Carrillo-Rodríguez *et al.*, 2012).

La calidad del fruto en jitomate está influenciada por el genotipo, condiciones ambientales, prácticas agrícolas y la nutrición de las plantas. Incrementar la concentración de la solución nutritiva en un sistema hidropónico mejora muchas de las características químicas deseables en el fruto de jitomate, como el contenido de sólidos solubles totales

y ácidos orgánicos (Magan *et al.*, 2008; Schnitzler y Krauss, 2010), vitamina C (Krauss *et al.*, 2006) y licopeno (Schnitzler y Krauss, 2010); sin embargo, el rendimiento, peso de fruto y firmeza pueden disminuir significativamente (Krauss *et al.*, 2006).

La gran diversidad genética de jitomate en México proporciona una ventana con gran potencial en los programas destinados al mejoramiento de la calidad de fruto; sin embargo, se requiere de información sobre los diversos parámetros de manejo y calidad postcosecha para los materiales evaluados, es por ello que el objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento, calidad fisicoquímica y capacidad antioxidante de fruto en cuatro grupos de jitomates producidos bajo la influencia de tres niveles de conductividad (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) de la solución de Steiner.

**II. EFECTO DE LA CONDUCTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN
NUTRITIVA EN EL RENDIMIENTO, CALIDAD FISICOQUÍMICA Y
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE FRUTO EN JITOMATE
SALADETTE**

RESUMEN

El jitomate es uno de los productos agrícolas más ampliamente cultivados en México. La calidad de fruto está dada por el tamaño, color, firmeza y potencial antioxidante, la cual puede ser modificada alterando la concentración de sales en la solución nutritiva. El objetivo de este estudio fue analizar el efecto del incremento de la concentración de la solución nutritiva sobre la calidad de fruto. El proceso productivo y análisis de laboratorio se realizó entre febrero y diciembre del 2014. Se utilizaron frutos de 12 genotipos de jitomate y tres conductividades de la solución nutritiva de Steiner (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹), determinando el croma, ángulo hue, firmeza, sólidos solubles totales (°Brix), acidez titulable, vitamina C, fenoles totales, capacidad antioxidante total y licopeno. Elevar la conductividad de la solución nutritiva disminuyó significativamente el contenido de fenoles totales (2.7 a 2.6 mg 100 g⁻¹) y aumentó el ángulo hue (46.9 a 47.8°) y la acidez titulable (0.31 a 0.36 % de ácido cítrico). Las líneas avanzadas analizadas tuvieron cromas entre 45.7 y 41.6, ángulo hue entre 44.97° a 47.32°; firmeza entre 1.41 y 2.0 N·mm⁻¹; °Brix entre 3.82 y 4.89; acidez titulable entre 0.30 y 0.36 %; vitamina C, entre 1.61 y 3.89 mg 100 g⁻¹; fenoles totales entre 2.42 y 3.08 mg 100 g⁻¹ de; capacidad antioxidante total, entre 29.35 y 41.50 mg 100 g⁻¹ y licopeno entre 19.04 y 27.32 mg 100 g⁻¹. Las líneas experimentales analizadas presentaron valores comparables o superiores, en algunos caracteres, a los genotipos comerciales lo cual puede aprovecharse en programas de mejoramiento genético.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., solución Steiner, licopeno, fenoles totales, vitamina C.

ABSTRACT

The tomato is one of the agricultural products most widely grown in Mexico. The fruit quality is given by its size, color, firmness and antioxidant potential, which can be modified by varying the nutrient solution concentration. The aim of this study was to analyze the effect of increasing the nutrient solution concentration on fruit quality. The production process and laboratory analysis were conducted between February and December 2014. Fruits of 12 tomato genotypes and three concentrations of Steiner nutrient solution (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) were used. Chroma, hue angle, firmness, total soluble solids (°Brix), titratable acidity, vitamin C, total phenols, total antioxidant capacity and lycopene were evaluated. Increasing the nutrient solution conductivity significantly decreased total phenol content ((2.7 a 2.6 mg 100 g⁻¹) and increased hue angle (46.9 a 47.8°) and titratable acidity (0.31 a 0.36 % citric acid). The analyzed advanced lines had chromas between 45.7 and 41.6, hue angle between 44.97° to 47.32°, firmness between 1.41 and 2.0 N·mm⁻¹, °Brix between 3.82 and 4.89, titratable acidity between 0.30 and 0.36 %, vitamin C between 1.61 and 3.89 mg 100 g⁻¹, total phenols between 2.42 and 3.08 mg 100 g⁻¹, total antioxidant capacity between 29.35 and 41.50 mg 100 g⁻¹ and lycopene between 19.04 and 27.32 mg 100 g⁻¹. The analyzed experimental lines showed values comparable or higher (in some characters) in commercial genotypes which can be utilized in breeding programs.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L., Steiner solution, lycopene, total phenols, vitamin C.

INTRODUCCIÓN

El jitomate debido a la amplia versatilidad de usos, constituye uno de los productos agrícolas más ampliamente cultivados y demandados a nivel mundial. En México es un cultivo con arraigo tradicional al ser parte importante de la dieta diaria, además de generar ingresos y fuentes de empleo. Ante esa situación, resulta muy importante contar con materiales con alto potencial agronómico, elevada calidad física y química y económicamente accesibles. De acuerdo con Labate *et al.* (2007) la calidad en esta especie está dada por el tamaño, forma, color, firmeza y sabor del fruto, caracteres que junto con su valor nutricional, vida de anaquel y calidad agroindustrial se han buscado modificar en los programas de mejoramiento genético (Foolad, 2007).

Nuez (2001) señala que el sabor del jitomate está determinado principalmente por los niveles de sólidos solubles y los ácidos cítrico y málico, siendo las especies silvestres de *Licopersicon* las que producen frutos con más sólidos solubles (Carrari y Fernie, 2006). De igual forma, el potencial antioxidante radica en el contenido de licopeno, ácido ascórbico, compuestos fenólicos, flavonoides y vitamina E, siendo especialmente alto en jitomates Cherry (Kaur *et al.*, 2004). El licopeno es el carotenoide más importante y según Raffo *et al.* (2002) su concentración es afectada por el genotipo, las condiciones ambientales, las prácticas agrícolas y el nivel de nutrición de las plantas.

Incrementar significativamente la concentración de la solución nutritiva mejora muchas de las características químicas deseables en jitomate, como el contenido de sólidos solubles totales y ácidos orgánicos (Magan *et al.*, 2008; Schnitzler y Krauss, 2010), vitamina C (Krauss *et al.*, 2006) y licopeno (Schnitzler y Krauss, 2010); sin embargo, el

rendimiento, peso de fruto y firmeza disminuyen significativamente (Krauss *et al.*, 2006). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento, calidad y capacidad antioxidante en frutos de 12 genotipos de jitomate tipo saladette, en respuesta al aumento de la conductividad de la solución nutritiva (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un invernadero del Campo Experimental San Martín en la Universidad Autónoma Chapingo, en el Estado de México, con coordenadas geográficas 19° 29' de latitud norte y 98° 53' de longitud oeste y una altitud de 2,240 msnm.

Material vegetal

Se utilizaron los híbridos: ‘Recova’, ‘Hermosa’, ‘Espartaco’, ‘Moctezuma’, ‘Cid’, ‘Cuauhtémoc’, ‘Cóndor’ y las líneas experimentales L-25, L-92D, L-77H1, L-47 y L-72.

Solución nutritiva

Durante el desarrollo del cultivo, la nutrición de las plantas se realizó con la solución de Steiner complementada con micronutrientes al 100, 125 y 150 % de su concentración que representan una conductividad eléctrica de 2.0, 2.5 and 3.0 dS m⁻¹, respectivamente (Steiner, 1984); el volumen de riego aplicado diariamente fue de 0.3 a 2.5 litros por planta, dependiendo de la etapa de crecimiento (Cuadro 1A).

Manejo del experimento

La presente investigación se realizó durante el año 2014. Se sembró en charolas de poliestireno de 200 cavidades, el sustrato se humedeció hasta punto de escurrimiento, colocando tres semillas por cavidad. Las semillas se depositaron a 0.5 cm de profundidad

aproximadamente y se cubrieron con el mismo sustrato, posteriormente se estibarón las charolas durante cuatro días para conservar la humedad del sustrato y favorecer la germinación, para después distribuir las en unos bancales dentro del invernadero. Se seleccionaron las mejores plantas de cada genotipo, eliminando las plantas más pequeñas.

A los 35 días se realizó el trasplante a bolsas de polietileno negro con capacidad de 15 litros, utilizando tezontle rojo tipo sello (diámetro ≤ 12 mm) como sustrato. Un día antes del trasplante se aplicó un riego pesado al sustrato para mantenerlo húmedo antes del trasplante. Las plantas se establecieron a una densidad de 3.7 plantas por m². Las plantas fueron conducidas a un solo tallo eliminando manualmente los brotes axilares del tallo principal cada 15 días durante todo el ciclo de cultivo; ésta práctica se inició a los 35 días después del trasplante y hasta concluir el ciclo de cultivo.

Después de 30 días del trasplante se realizó el tutoreo que consistió en amarrar hilos de rafia sobre el tallo de la planta y sujetarlos a hilos de alambre colocados sobre la estructura del invernadero con el objetivo de mantener el tallo de la planta con un crecimiento vertical, esta práctica se continuó realizando cada 15 días hasta el despunte. Cuando la floración comenzó, para asegurar una buena polinización y amarre de los frutos, al mediodía (12 am) se movían diariamente los alambres y la rafia manualmente para que volara el polen y la polinización fuera más homogénea.

El cultivo se llevó hasta el quinto racimo, momento en el cual se despuntó la planta arriba de la tercera hoja posterior a dicho racimo. Durante el desarrollo del cultivo se efectuaron los trabajos normales de control de plagas y enfermedades. Los frutos evaluados en

laboratorio se cortaron entre el primero y quinto racimo en estado de madurez seis cuando más del 90 % del fruto presentó una coloración roja (UFFVA, 1975).

Unidad y diseño experimental

Se estableció un diseño factorial (3 x 12) completamente al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron tres niveles de conductividad eléctrica (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) de la solución nutritiva de Steiner (1984) en combinación con 12 genotipos de jitomate saladette, obteniendo un total de 144 unidades experimentales. La unidad experimental consistió de dos bolsas de tezontle con una planta de jitomate por bolsa.

Variables evaluadas

Rendimiento. Se pesaron los frutos por corte hasta los cinco racimos con una balanza digital portátil (OHAUS, USA) para obtener el peso (kg m⁻²) por unidad experimental.

Número de frutos por racimo. Se obtuvo dividiendo el total de frutos cosechados entre el total de racimos por cada unidad experimental.

Peso promedio por fruto. El peso total por unidad experimental se dividió entre el número total de frutos cortados, el resultado se expresó en gramos (g).

Color del fruto. Mediante un espectrofotómetro (X-Rite SP62) se determinaron de forma directa sobre la epidermis del fruto la **luminosidad** o brillantez, el **croma** o intensidad de color y el **ángulo hue**. La luminosidad varía de 0, que representa un color totalmente oscuro, hasta 100 que corresponde al máximo brillo; el parámetro C mide el croma, que expresa la intensidad del color reportando los datos con base al índice de saturación y el

parámetro “h” que mide el ángulo hue que corresponde al ángulo de tono y que se reporta en grados hue (McGuire, 1992).

Firmeza del fruto. Se midió en la zona ecuatorial de los frutos utilizando un penetrómetro marca Chatillón AMETEK, provisto de un puntal en forma de cono. La fuerza aplicada hasta la penetración del puntal se expresó en Newtons (N mm^{-1}).

Sólidos solubles totales. Se determinaron en el jugo del fruto mediante un refractómetro digital ATAGO con escala de 0 a 53 %; los resultados se expresaron en °Brix.

Acidez titulable. Se homogeneizaron 20 g de pulpa de fruta con 100 mL de agua destilada, la mezcla se filtró por medio de una gasa y se midió el volumen. De la mezcla obtenida se tomó una alícuota de 10 mL a la que se agregó dos gotas de azul de Timol como indicador y se tituló gota a gota con hidróxido de sodio 0.1 N hasta alcanzar a observar un cambio suave de color rosa a azul (AOAC, 1990). La acidez se expresó como porcentaje de ácido cítrico utilizando la fórmula:

$$\% \text{ Ac. cítrico} = \frac{\text{mL NaOH} \times \text{N} \times \text{Meq. ácido} \times \text{V} \times 100}{\text{Peso muestra} \times \text{alícuota}}$$

N = Normalidad del NaOH; V = volumen (mL después de homogeneizar) y Meq. Ácido = Miliequivalentes del ácido en mayor proporción (0.064 para ácido cítrico).

Contenido de Vitamina C. Se realizó empleando el reactivo Folin-Ciocalteu mediante el método reportado por Jacota y Dani (1982). Se homogeneizaron cuatro g de pulpa de fruta con cinco mL de ácido tricloroacético al 20 %, la mezcla se dejó reposar por cinco minutos en hielo y se centrifugó durante 20 minutos a 15,000 rpm. Posteriormente se tomaron

alícuotas de 0.2 mL de sobrenadante de cada muestra y se le adicionaron 1.8 mL de agua destilada y 0.2 mL de Folin-Ciocalteu al 10 %. La mezcla se agitó vigorosamente y se dejó reposar 10 minutos para posteriormente leer la absorbancia a 760 nm. La concentración se expresó en mg 100 g⁻¹ de peso fresco mediante una curva estándar de ácido ascórbico.

Capacidad antioxidante total. Se determinó de acuerdo al método ABTS [2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-ácido sulfónico)] propuesto por Rice-Evans *et al.* (1997) y modificado por Ozgen *et al.* (2006). Se formó el radical ABTS^{•+} mediante la reacción de ABTS (7 mM) con persulfato potásico (2.45 mM) incubados en oscuridad durante 24 horas a temperatura ambiente. Una vez formado el radical ABTS^{•+} se diluyó con amortiguador de acetato de sodio (pH 4.5) hasta una absorbancia de 0.700 ± 0.1 en un espectrómetro calibrado a 734 nm. El análisis se realizó con 3.9 mL de solución ABTS y 100 µL de extracto etanólico (1.0 g de pulpa fresca de jitomate en cinco mL de etanol, homogeneizados con 24 h de reposo), después de un periodo de dos horas se realizó la lectura a 734 nm. Para la cuantificación se obtuvo una curva patrón con ácido ascórbico y los valores se reportaron como actividad antioxidante equivalente a vitamina C (VCEAC) en mg 100 g⁻¹ de peso fresco.

Contenido de fenoles totales. Se realizó empleando el reactivo Folin-Ciocalteu mediante el método reportado por Waterman y Mole (1994). A 300 µL del extracto etanólico (1.0 g de pulpa fresca de jitomate en cinco mL de etanol, homogeneizados con 24 h de reposo) se le adicionaron 8.0 mL de agua destilada, 0.5 mL del reactivo de Folin y Ciocalteu y posteriormente la mezcla fue agitada fuertemente. Después de uno y antes de ocho minutos se agregaron 1.5 mL de solución de Na₂CO₃ al 20 % a cada muestra y se volvieron

a agitar vigorosamente, posteriormente se dejó reposar durante dos horas en oscuridad y pasado ese tiempo las muestras fueron leídas a una absorbancia de 760 nm, el blanco fue H₂O destilada. Los resultados se expresaron en mg 100 g⁻¹ de peso fresco, de acuerdo a una curva estándar de ácido tánico.

Contenido de licopeno. Se realizó empleando el método modificado de Sadler *et al.* (1990). Se homogeneizaron 20 g de pulpa con agua destilada, las mezclas obtenidas fueron colocadas en frascos envueltos en papel aluminio y secadas a 38 °C. Se colocó 0.1 g de la pasta en tubos de ensayo cubiertos con papel aluminio, se les adicionaron 30 mL de una mezcla de hexano/etanol/acetona en la proporción 2:1:1 y se agitaron por 10 minutos. Se adicionaron 18 mL de agua destilada y se volvieron a agitar por cinco minutos, separándose la mezcla en dos fases, acuosa y orgánica. Con matraces de separación se tomó y midió el volumen de la fase orgánica, determinando el contenido de licopeno mediante espectrofotometría a una longitud de onda de $\lambda=470$ nm. Se utilizó la fórmula de Inbaraj y Chen (2008) y los resultados se expresaron en mg 100 g⁻¹ de peso fresco.

C= contenido de licopeno (microgramos por gramo).

V= Volumen de la fase orgánica.

$$C = \frac{ABS * V * 10^6}{E_{1cm}^{1\%} * 100 * W}$$

ABS= Máxima absorbancia del extracto.

Coefficiente de extinción molar $E_{1cm}^{1\%} = 3450$.

W= Peso de la muestra analizada

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza y un análisis de comparación de medias por el método de Tukey ($P \leq 0.05$), mientras que para determinar la relación entre las variables de rendimiento, físicas y químicas se efectuó un análisis de correlación simple de Pearson (P

≤ 0.01). Se empleó el paquete de análisis estadístico SAS[®] (Statistical Analysis System, ver. 9.0) (SAS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza

De acuerdo a los cuadrados medios y las significancias estadísticas encontradas en el análisis de varianza de los genotipos de jitomate saladette (Cuadro 1), los resultados indican que los tres niveles de conductividad de la solución nutritiva evaluados presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en las variables ángulo hue y capacidad antioxidante total; siendo altamente significativas ($p \leq 0.01$) para la acidez titulable, fenoles totales y no significativas para el resto de las variables evaluadas. Los genotipos presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en todas las variables, con excepción del rendimiento.

Rendimiento

En cuanto al efecto de la conductividad de la solución de Steiner (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) en el rendimiento (Cuadro 2), no se encontraron variaciones estadísticas significativas, rendimientos estadísticamente similares también fueron reportados por Flores-González *et al.* (2011) y Cruz-Crespo *et al.* (2012), respectivamente en genotipos de jitomate cultivados bajo tres concentraciones (50, 75 y 100 %) y dos niveles (2 y 3 dS m⁻¹) de la solución de Steiner. Sin embargo, Magan *et al.* (2008) reportaron disminuciones lineales del 7.2 % del rendimiento por cada unidad por encima de un umbral promedio de 3.3 dS m⁻¹. Lo anterior indica que se pueden obtener rendimientos similares con menores

conductividades de la solución nutritiva, por lo que se podrían disminuir los costos de producción aumentando la rentabilidad del cultivo y disminuyendo la contaminación de los recursos naturales.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables evaluadas en frutos de 12 genotipos de jitomate saladette.

FV	GL	R	NFR	PPF	L	C	H	F
Nutrición (N)	2	0.644	0.662	94.982	6.102	4.723	10.856*	0.062
Genotipo (G)	11	10.199	3.764**	783.655**	21.324**	18.496**	22.419**	1.018**
N*G	22	3.275	1.203	45.893	14.532*	6.497*	9.243**	0.196**
Error	70	5.736	1.453	87.668	7.422	3.829	2.443	0.068
CV (%)		23.737	21.703	9.494	6.385	4.504	3.305	13.793
Media		10.089	5.554	98.625	42.667	43.444	47.288	1.899

FV	GL	SST	AT	VC	FT	CAT	Li
Nutrición (N)	2	0.620	0.033**	3.432	0.351**	55.655*	7.888
Genotipo (G)	11	1.374**	0.006**	7.721**	0.358**	319.479**	136.245**
N*G	22	0.449	0.003**	1.639	0.286**	198.901**	160.647**
Error	70	0.332	0.0008	1.363	0.051	17.149	33.535
CV (%)		13.223	8.263	38.171	8.406	11.429	26.834
Media		4.355	0.346	3.059	2.691	36.234	21.581

FV: fuente de variación, GL: grados de libertad, CV: coeficiente de variación, R: rendimiento, NFR: número de frutos por racimo, PPF: peso promedio de fruto, L: luminosidad, C: croma, H: ángulo hue, F: firmeza, SST: sólidos solubles totales, AT: acidez titulable, VC: vitamina, FT: fenoles totales, CAT: capacidad antioxidante total, Li: licopeno. *, **: Significativo al 5 % ($p \leq 0.05$) y 1 % ($p \leq 0.01$), respectivamente.

Al comparar los 12 materiales saladette evaluados (Cuadro 3) los rendimientos fueron estadísticamente similares entre todos los genotipos evaluados (7.67 a 11.40 kg m⁻²). A este respecto Flores-González *et al.* (2011) encontraron rendimientos estadísticamente similares entre el híbrido ‘Caimán’ y el material nativo PUETHNE1-128, así como entre el híbrido ‘Sun 7705’ y los nueve genotipos nativos restantes. Estos resultados muestran

que algunas líneas experimentales no comerciales de jitomate pueden ser aprovechadas para la producción comercial sin afectar significativamente el rendimiento de las unidades de producción, con la ventaja de no tener que comprar semilla cada ciclo, como es el caso cuando se usan híbridos comerciales.

Cuadro 2. Efecto de la conductividad de la solución nutritiva sobre los componentes del rendimiento y la calidad física de 12 genotipos de jitomate.

Solución	R	NFR	PPF	L	C	H	F
(dS m ⁻¹)	(kg m ⁻²)		(g)			(° hue)	(Nmm ⁻¹)
2.0	10.00 a [§]	5.40 a	100.50 a	42.70 a	43.20 a	47.20 ba	1.88 a
2.5	10.02 a	5.60 a	97.82 a	42.30 a	43.40 a	46.90 b	1.94 a
3.0	10.24 a	5.70 a	97.56 a	43.00 a	43.80 a	47.80 a	1.88 a
DMSH	0.59	0.68	5.28	1.33	0.97	0.76	0.13

R: rendimiento, NFR: número de frutos por racimo, PPF: peso promedio de fruto, L: luminosidad, C: croma, H: ángulo hue, F: firmeza. DMSH: diferencia mínima significativa honesta. [§]Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey (p≤0.05).

Número de frutos por racimo

Elevar la conductividad de la solución de Steiner (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) no modificó significativamente la variable número de frutos por racimo (5.40 a 5.70) (Cuadro 2). Sin embargo Urrieta-Velázquez *et al.* (2012) reportaron incrementos significativos (29.7 %) en el número de frutos de jitomate de costilla al elevar el potencial osmótico de -0.036 a -0.072 (1.0 a 2.0 dS m⁻¹). En este mismo sentido, Al-Yahyai *et al.* (2010) reportaron disminuciones significativas en el número de frutos del cultivar ‘Genan’ cuando se aumentó la conductividad de la solución nutritiva de 3.0 a 9.0 dS m⁻¹. De estos resultados se puede concluir que conductividades entre 2.0 y 3.0 dS m⁻¹ o menores no disminuyen el número de frutos por racimo.

Al comparar entre los 12 genotipos (Cuadro 3) se observó que los híbridos ‘Recova’, ‘Hermosa’ y ‘Cuauhtémoc’ produjeron el mayor número de frutos por racimo (6.38, 6.12 y 6.06, respectivamente) estadísticamente superiores a la línea experimental L-72 (4.10), pero similares al resto de híbridos y líneas analizadas. A este respecto, Martínez-Solís *et al.* (2005) y Gaspar-Peralta *et al.* (2012) encontraron similitudes estadísticas en el número de frutos por racimo de nueve híbridos saladette de habito determinado (5.1 a 9.2) y ocho líneas avanzadas (4.5 a 5.9), respectivamente. Estos resultados nuevamente sugieren que algunas de las líneas experimentales evaluadas producen el mismo número de frutos por racimo que los híbridos comerciales, por lo que pueden representar una buena alternativa para la producción comercial.

Peso promedio de fruto

No se observaron variaciones estadísticamente significativas en el peso promedio de fruto (100.5 a 97.56 g⁻¹) debidas al aumento de la conductividad (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) de la solución de Steiner (Cuadro 2), lo cual concuerda con Gómez-Hernández y Sánchez-del Castillo (2003) quienes no encontraron diferencias significativas en el peso promedio de frutos de ‘Solarset’ cultivada con tres concentraciones (33, 66 y 100 %) de una solución nutritiva base. Sin embargo, Magan *et al.* (2008) y Al-Yahyai *et al.* (2010) reportaron disminuciones lineales del peso de fruto cuando la conductividad de la solución estuvo por encima de un umbral promedio de 3.0 dS m⁻¹, por lo que se puede concluir que producir jitomate con la concentración nutrimental máxima utilizada en este estudio no afecta significativamente el peso promedio de frutos producidos y consecuentemente el rendimiento.

Al comparar entre genotipos (Cuadro 3) se encontró que las líneas L-92D, L-77H1, L-47 produjeron frutos con pesos promedio (100.39 a 102.04 g) estadísticamente similares a las demás materiales híbridos evaluados, no así la línea L-25 que produjo frutos más pequeños (79.15 g). A este respecto Gaspar-Peralta *et al.* (2012) encontraron pesos promedio de fruto similares que fluctuaron de 74.4 a 110.6 g en ocho líneas avanzadas de jitomate. Pesos promedio de fruto más altos (109.3 a 126.0 g) fueron reportados por Hernández-Leal *et al.* (2013) en los híbridos ‘Sun 7705’, ‘Loreto’, ‘Moctezuma’, ‘Cuauhtémoc’, ‘Espartaco’ y ‘Cid’, lo cual pudo deberse a diferencias en la metodología de toma de datos. Por lo que puede concluirse que cuatro de las cinco líneas experimentales evaluadas en el presente trabajo (excepto L-25) presentan pesos promedio de frutos comparables a los híbridos comerciales empleados y a otras líneas avanzadas analizadas en otros trabajos de investigación, por lo que son susceptibles de ser aprovechadas comercialmente.

Luminosidad

En cuanto al efecto de la conductividad de la solución nutritiva sobre la luminosidad del fruto (Cuadro 2), no se obtuvieron variaciones significativas, por lo que se observó homogeneidad en la brillantez del fruto (42.30 a 43.00). Estos resultados son similares a los obtenidos por Cruz-Crespo y Sandoval-Villa (2011) (39.57 a 42.75) en frutos del híbrido ‘Charleston’ cultivada con cuatro concentraciones (0, 50, 75 y 100 %) de la solución nutritiva de Steiner. Sin embargo, Borghesi *et al.* (2011) al aumentar la conductividad de 3.5 a 5.5 dS m⁻¹ encontraron incrementos respectivos del 11.0 y 23.7 % en la luminosidad del fruto de ‘Ailsa Craig’ y ‘Sun Black’. Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que conductividades menores a 3 dS m⁻¹ no provocan cambios

en la luminosidad de fruto de jitomate independientemente de que se trate de híbridos o líneas experimentales.

Cuadro 3. Rendimiento y calidad física de fruto en 12 materiales de jitomate saladette.

Genotipo	R (kg m ⁻²)	NFR	PPF (g)	L	C	H (° hue)	F (Nmm ⁻¹)
‘Recova’	11.40 a [§]	6.4 a	93.7 cb	44.4 a	44.7 ba	48.0 bac	2.3 a
L-25	7.67 a	5.3 ba	79.2 c	41.5 ba	44.7 ba	45.9 edf	1.5 e
L-92D	8.81 a	4.7 ba	102.0 b	42.1 ba	43.4 bac	45.6 ef	2.0 bac
‘Hermosa’	10.58 a	6.1 a	93.4 cb	43.2 ba	42.8 bc	47.3 ebdc	2.2 ba
‘Espartaco’	10.28 a	5.8 ba	96.3 b	42.7 ba	41.6 c	47.9 bdac	2.2 bac
‘Moctezuma’	10.66 a	5.9 ba	98.6 b	44.1 a	43.8 bac	49.7 a	2.0 bac
‘El Cid’	10.22 a	5.7 ba	97.4 b	42.6 ba	41.8 c	47.5 ebdc	1.9 bc
‘Cuauhtémoc’	10.82 a	6.1 a	96.9 b	43.8 a	43.4 bac	48.9 ba	1.9 bac
‘Cóndor’	10.26 a	5.4 ba	103.9 b	39.9 b	42.7 bc	46.5 edfc	2.0 bac
L-77H1	10.10 a	5.4 ba	100.4 b	41.5 ba	43.9 bac	47.3 ebdc	1.9 dc
L-47	11.15 a	5.9 ba	101.6 b	42.1 ba	42.7 bc	45.0 f	1.5 ed
L-72	9.13 a	4.1 b	120.2 a	44.2 a	45.8 a	47.7 ebdac	1.4 e
DMSH	3.817	1.921	14.92	3.74	2.74	2.15	0.36

R: rendimiento, NFR: número de frutos por racimo, PPF: peso promedio de fruto, L: luminosidad, C: croma, H: ángulo hue, F: firmeza. DMSH: diferencia mínima significativa honesta. [§]Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey (p≤0.05).

Al comparar entre genotipos de jitomate (Cuadro 3) se puede observar que ‘Recova’, ‘Moctezuma’, ‘Cuauhtémoc’ y la línea L-72 presentaron valores de luminosidad significativamente más altos (44.35, 44.07, 43.79 y 44.23, respectivamente) que ‘Cóndor’, pero similares a los de las líneas L-25, L-92D, L-77H1 y L-47. Análogos rangos de luminosidad (40.8 a 47.9) fueron descritos por Sacks y Francis (2001) en frutos rojos de

26 cultivares de polinización abierta y 15 híbridos. En este mismo sentido, Moraru *et al.* (2004) reportaron variaciones significativas de luminosidad (41.74 a 43.98) entre nueve cultivares manejados bajo hidroponía; mientras que Akbudak (2012) al evaluar la luminosidad de siete variedades de jitomate, encontró que los frutos más opacos (25.81) correspondieron a un cultivar de fruto rojo, mientras que los frutos más brillantes (55.46) fueron de una variedad de fruto amarillo. Los resultados obtenidos muestran que las líneas experimentales evaluadas presentan valores de luminosidad muy parecidos a los híbridos que se están aprovechando comercialmente.

Croma

En cuanto al efecto de la conductividad de la solución nutritiva (Cuadro 2), todas las variantes (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) produjeron cromas estadísticamente similares (43.20 y 43.80). En este sentido Cruz-Crespo y Sandoval-Villa (2011) al probar cuatro concentraciones (0, 50, 75 y 100 %) de la solución nutritiva de Steiner reportaron valores de intensidades de color estadísticamente similares en frutos de ‘Charleston’ (21.86 y 22.43); sin embargo, Borghesi *et al.* (2011) al incrementar el nivel de la solución de 3.5 a 5.5 dS cm⁻¹ encontraron una disminución significativa (7.3 %) de esta variable en ‘Sun Black’. Los resultados obtenidos demuestran que utilizar concentraciones de sales menores a 3.0 dS m⁻¹ no genera variaciones significativas en la saturación de color entre los genotipos analizados.

Al comparar entre genotipos (Cuadro 3), la línea experimental L-72 presentó significativamente la mayor viveza de color (45.77) comparada con los híbridos ‘Espartaco’ y ‘Cid’ que tuvieron los índices de saturación más bajos (41.6 y 41.8,

respectivamente), mientras que las líneas L-25, L-92D, L-77H1 y L-47 fueron estadísticamente similares a los híbridos ‘Recova’, ‘Hermosa’, ‘Moctezuma’, ‘Cuauhtémoc’ y ‘Cóndor’. Los resultados encontrados son más altos que las saturaciones de color (33.8 a 39.0) reportados por Ríos-Osorio, *et al.* (2014) en 57 colectas nativas de jitomate y a los valores de croma (32.5 a 44.1) reportadas por Radzevičius *et al.* (2013) en siete cultivares comerciales. En este mismo sentido Scott *et al.* (2008) encontraron variaciones significativas de croma (39.22 a 43.35) en frutos de cinco híbridos cultivados en Florida. Las líneas experimentales evaluadas en el presente estudio presentaron un índice de saturación de color estadísticamente similar o mayor que el de los híbridos comerciales, por lo que son materiales vegetales susceptibles para el aprovechamiento comercial o para la mejora genética.

Angulo hue

El incremento en la conductividad de la solución nutritiva de 2.5 a 3.0 dS m⁻¹ (Cuadro 2) generó un aumento significativo del 2.0 % del ángulo hue, al pasar de 46.87° a 47.81°, lo que según Cantwell *et al* (2006) indica una disminución de la coloración, que en frutos de jitomate va de rojo brillante (41.3°) hacia rojo anaranjado (48.0°). En este sentido Cruz-Crespo y Sandoval-Villa (2011) encontraron valores de hue altos (85.08°) cuando no se adicionaron nutrimentos al riego, siendo menores y estadísticamente similares entre sí (58.0 a 62.95) al utilizar concentraciones de la solución de Steiner de 50, 75 y 100 %. Por lo que pude concluirse que la decoloración del fruto de jitomate puede deberse a la falta de suministro nutrimental o a la elevación de la conductividad de sales de la solución por arriba de 2.5 dS m⁻¹.

Al comparar entre genotipos (Cuadro 3) el híbrido ‘Moctezuma’ presentó el valor para hue significativamente más alto (49.73°), comparado con las líneas L-47, L-92D, L-25 las cuales presentaron los menores valores (44.97° , 45.64° y 45.86° , respectivamente). Estos valores de hue son similares a los descritos por Scott *et al.* (2008) en cinco híbridos producidos en Florida (44.26 a 47.78). Sin embargo, son más bajos que los indicados por Radzevičius *et al.* (2013) en siete cultivares de jitomate (49.3 a 66.6) y también menores a los observados en algunos de los 41 genotipos evaluados por Sacks y Francis (2001) (45.8 a 59.7). Los valores de hue encontrados en las líneas experimentales evaluadas en este estudio, fueron estadísticamente más bajos que algunos de los híbridos, siendo un distintivo de una mayor coloración roja; por lo que estos materiales podrían ser aprovechados para uso comercial o para la investigación. Es importante considerar que a pesar de que se trató de uniformizar el grado de madurez de los frutos utilizados para medir este parámetro (UFFVA, 1975), las leves diferencias encontradas en el color podrían también atribuirse a diferencias de madurez que son perceptibles mediante el uso del colorímetro, pero no visualmente al momento de cortar los frutos.

Firmeza del fruto

Aumentar la conductividad de la solución nutritiva (2.0, 2.5 y 3.0 dS m^{-1}), no generó diferencias significativas sobre la firmeza del fruto (1.88 a 1.94 N mm^{-1}) (Cuadro 2). Estos resultados, son similares a los encontrados por Al-Yahyai *et al.* (2010) en frutos del cultivar ‘Genan’ al probar tres niveles de la solución nutritiva (3.0, 6.0 y 9.0 dS m^{-1}). Al respecto, Cruz-Crespo y Sandoval-Villa (2011) encontraron una disminución de 0.637 a 0.423 kg cm^2 en la firmeza de frutos de ‘Charleston’ cuando no se agregaron nutrientes al riego comparado con frutos irrigados con la solución de Steiner al 50, 75 y 100 % cuyos

resultados fueron estadísticamente similares. Sin embargo, Stamatakis *et al.* (2003) y Juárez *et al.* (2011) encontraron incrementos del 32.9 y 13 % en la firmeza de frutos de jitomate al elevar la conductividad de la solución de 2.2 a 4.8 dS m⁻¹ y de 1 a 2 dS m⁻¹, respectivamente. Por lo que se puede concluir que la firmeza del fruto puede ser alterado mediante variaciones en la concentración de sales de la solución nutritiva; sin embargo, los resultados a obtener dependen también del genotipo utilizado.

Al comparar la firmeza de fruto entre genotipos (Cuadro 3) se encontraron valores desde 1.41 a 2.28 N·mm⁻¹, donde las líneas L-72, L-25, L-47 y L-77H1 presentaron menores valores de firmeza (1.41, 1.48, 1.51 y 1.87 N·mm⁻¹, respectivamente) que los híbridos ‘Recova’ y ‘Hermosa’ (2.28 y 2.24 N·mm⁻¹). Estos resultados coinciden con los niveles de firmeza en frutos rojos (1.3 a 2.4 N·mm⁻¹) encontrados por Hernández-Leal *et al.* (2013) en los híbridos ‘Sun 7705’, ‘Loreto’, ‘Moctezuma’, ‘Cuauhtémoc’, ‘Reserva’, ‘Espartaco’ y ‘Cid’. Batu (2004) señala que si los frutos de jitomate presentan valores superiores a 1.45 N·mm⁻¹ son muy firmes y fácilmente comercializables, por lo que a pesar de que la mayoría de las líneas experimentales evaluadas en el presente estudio mostraron valores de firmeza menores a los de los híbridos comerciales, todas ellas, con excepción de L-72, presentan niveles de firmeza aceptables para el consumidor final.

Sólidos solubles totales

En cuanto al efecto de la conductividad de la solución nutritiva de Steiner (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) en el contenido de sólidos solubles totales (Cuadro 4), no se encontraron variaciones estadísticas significativas, efecto similar al observado por Urrieta-Velázquez *et al.* (2012) en frutos de tres selecciones de jitomate costilla al elevar el potencial

osmótico de la solución de Steiner de -0.036 a -0.0721 MPa. Sin embargo, otros autores como Wu y Kubota (2008) y Schnitzler y Krauss (2010) reportan incrementos del 15 y 50.0 % en los sólidos solubles totales al aumentar la conductividad de la solución de 2.3 a 4.5 dS m⁻¹ y de 3.0 a 6.5 dS m⁻¹, respectivamente. Estos resultados muestran que existe un aumento del contenido de sólidos solubles totales cuando la concentración de sales de la solución nutritiva sobrepasa los 3.0 dS m⁻¹; sin embargo, lograr estas modificaciones con fertilizantes comerciales eleva considerablemente los costos de producción.

Al comparar entre variedades (Cuadro 5) se observa que el híbrido ‘Hermosa’ y la línea L-72 presentaron las mayores acumulaciones de sólidos solubles totales (4.71 y 4.89 °Brix), superando estadísticamente al híbrido ‘Cid’ y a la línea L-92D (3.73 y 3.82 °Brix). Los valores obtenidos son similares a los encontrados por Turhan y Seniz (2009) en frutos de 33 genotipos de jitomate (3.4 a 5.3 °Brix); sin embargo, son menores a los 5 a 7 °Brix reportados por Binoy *et al.* (2004) en 12 híbridos y también a los 4.05 y 7.05 °Brix señalados por Iglesias *et al.* (2015) en cuatro variedades. Campos *et al.* (2006) señalan que la concentración mínima de sólidos solubles para jitomate industrial es de 4.5° Brix, lo que indica que las líneas evaluadas presentaron concentraciones de sólidos solubles totales menores a las requeridas para el procesamiento industrial, sin embargo, fueron similares a genotipos utilizados comercialmente, por lo que su producción podría ser destinada para consumo en fresco.

Acidez titulable

Modificar la conductividad de la solución nutritiva de 2.0 a 2.5 dS m⁻¹ generó incrementos significativos (16 %) en la acidez titulable al pasar de 0.31 a 0.36 % (Cuadro 4). A este

respecto Cruz-Crespo y Sandoval-Villa (2011) encontraron que la concentración de la solución de Steiner al 100 % generó los contenidos de acidez más altos (0.65 %) comparado con las concentraciones al 0.0 y 50.0 %. En este mismo sentido Campos *et al.* (2006) encontraron aumentos del 9.4 % de acidez por cada unidad de conductividad dentro de los cinco niveles evaluados (1, 2, 3, 4, y 5 dS m⁻¹). En otro trabajo donde se evaluaron niveles más altos (3.0 a 6.5, 10 y 13.5 dS m⁻¹) Schnitzler y Krauss (2010) reportaron incrementos del 10.7, 52.2 y 78.3 %. Estos resultados comprueban que elevar la salinidad de la solución nutritiva es un método que permite mejorar el contenido de acidez (Goykovic y Saavedra, 2007); sin embargo, para lograr aumentos considerables de acidez en frutos de jitomate se requiere alcanzar concentraciones muy altas, lo cual elevaría considerablemente los costos de producción.

Cuadro 4. Efecto de la conductividad de la solución nutritiva sobre la calidad química y la capacidad antioxidante de frutos de 12 genotipos de jitomate.

Solución (dS m ⁻¹)	SST °Brix	AT (% ac. cítrico)	VC (mg 100g ⁻¹)	FT (mg 100g ⁻¹)	CAT (mg 100g ⁻¹)	Li (mg 100g ⁻¹)
2.0	4.33 a [§]	0.31 b	3.23 a	2.77 a	35.96 a	22.00 a
2.5	4.26 a	0.36 a	3.20 a	2.71 ba	35.32 a	21.54 a
3.0	4.48 a	0.36 a	2.75 a	2.60 b	37.42 a	21.20 a
DMSH	0.28	0.02	0.56	0.11	2.12	2.78

SST: sólidos solubles totales, AT: acidez titulable, VC: vitamina, FT: fenoles totales, CAT: capacidad antioxidante total, Li: licopeno. DMSH: diferencia mínima significativa honesta. [§]Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey (p≤0.05).

Al comparar entre variedades (Cuadro 5) se observó que ‘Recova’ presentó la acidez más alta (0.37 %) significativamente, comparada con las líneas experimentales L-25, L-77H1 y L-47 (0.30, 0.33 y 0.33 %, respectivamente); estos contenidos de acidez coinciden con

los reportados por Turhan y Seniz (2009) en frutos de 33 genotipos de jitomate (0.22 a 0.40 %) y a los de 0.30 a 0.42 % descritos por Scott *et al.* (2008) en frutos de cinco híbridos comerciales. Las concentraciones de acidez encontradas en las líneas L-25, L-77H1, L-47, L-42 fueron menores al 0.35 % de acidez señalado por Giordano *et al.* (2000) como requerimiento mínimo para el procesamiento industrial de frutos de jitomate, sin embargo, son contenidos de acidez similares a los híbridos cultivados comercialmente y que se destinan para consumo en fresco.

Contenido de vitamina C

Los contenidos de vitamina C encontrados (1.61 a 4.01 mg ácido ascórbico 100 g⁻¹) (Cuadro 5) fueron bajos comparados a los 10.1 mg 100 g⁻¹ reportados por Franke *et al.* (2004) en jitomates consumidos en Hawái y a los 12.7 a 39.0 mg 100 g⁻¹ señalados por Kapur *et al.* (2012). Esto podría deberse a que en el presente estudio los frutos fueron congelados a -30 ° C y posteriormente descongelados para realizar las evaluaciones en laboratorio. A este respecto Barankevicz *et al.* (2015) encontraron reducciones de hasta el 67.18 % del contenido de ácido ascórbico en frutos congelados a -18 ° C, asociadas a la oxidación enzimática y no enzimática del ácido ascórbico en presencia de oxígeno.

Al comparar entre genotipos (Cuadro 5), se encontró que el contenido de vitamina C en el híbrido ‘Hermosa’ (4.01 mg 100 g⁻¹) fue estadísticamente más alto que en ‘Espartaco’ y L-92D (1.89 y 1.61 mg 100 g⁻¹), mientras que las líneas L-25, L-77H1, L-47 y L-72 presentaron concentraciones estadísticamente similares (2.87, 3.89, 3.56 y 3.66) a las obtenidas para los híbridos ‘Moctezuma’, ‘Cid’, ‘Cuauhtémoc’ y ‘Cóndor’ (3.52, 2.71, 2.73 y 3.04). A este respecto, Gaspar-Peralta *et al.* (2012) y Frusciante *et al.* (2007) al

evaluar 8 y 18 líneas de jitomate respectivamente, encontraron concentraciones de 9.7 a 16.0 y de 8.0 y 16.3 mg 100 g⁻¹ de vitamina C. Variaciones similares entre 31 híbridos (14.63 y 40.50 mg 100 g⁻¹) y 50 genotipos de jitomate cultivados (11.6 a 29.9 mg 100 g⁻¹) fueron reportadas por Hanson *et al.* (2004) y Chattopadhyay *et al.* (2013). Las líneas analizadas en el presente experimento presentaron frutos con contenidos de vitamina C similares al de los híbridos por lo que representan una alternativa para la producción de fruto o para el mejoramiento genético.

Cuadro 5. Calidad química y capacidad antioxidante en 12 genotipos de jitomate Saladette.

Genotipo	SST °Brix	AT (%a. cítrico)	VC (mg 100g ⁻¹)	FT (mg 100g ⁻¹)	CAT (mg 100g ⁻¹)	Li (mg 100g ⁻¹)
‘Recova’	4.28 bac [§]	0.37 a [§]	2.34 bc	2.56 dc	30.3 f	17.5 b
L-25	4.55 ba	0.30 c	3.70 ba	2.87 ba	38.7 becd	23.4 ba
L-92D	3.82 bc	0.36 ba	1.61 c	2.42 d	29.4 f	27.3 a
‘Hermosa’	4.71 a	0.35 ba	4.01 a	2.83 bac	40.1 bc	19.4 b
‘Espartaco’	4.22 bac	0.35 ba	1.89 c	2.67 bdc	39.2 bcd	19.3 b
‘Moctezuma’	4.44 bac	0.37 ba	3.52 ba	2.77 bac	32.3 f	20.0 ba
‘El Cid’	3.73 c	0.34 bac	2.71 bac	2.66 bdc	33.2 fe	21.5 ba
‘Cuauhtémoc’	4.18 bac	0.37 ba	2.73 bac	2.61 bdc	34.0 fed	18.2 b
‘Cóndor’	4.53 ba	0.33 bac	3.04 bac	2.57 bdc	47.1 a	22.8 ba
L-77H1	4.53 ba	0.33 bc	3.89 ba	3.08 a	41.5 ba	22.9 ba
L-47	4.40 bac	0.33 bc	3.59 ba	2.65 bdc	34.4 fecd	27.8 a
L-72	4.89 a	0.34 bac	3.66 ba	2.60 bdc	34.6 fecd	19.0 b
DMSH	0.79	0.05	1.57	0.31	5.92	7.83

SST: sólidos solubles totales, AT: acidez titulable, VC: vitamina, FT: fenoles totales, CAT: capacidad antioxidante total, Li: licopeno. DMSH: diferencia mínima significativa honesta. [§]Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey (p≤0.05).

El aumento en la conductividad de la solución nutritiva (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) no generó diferencias significativas en el contenido de vitamina C (Cuadro 4). Sin embargo, Stamatakis *et al.* (2003) y De-Pascale *et al.* (2003) encontraron incrementos del 94.3 y 80 % para el contenido de vitamina C de frutos de jitomate al elevar la concentración de sales de 2.2 a 4.8 dS m⁻¹ y de 0.5 a 8.5 dS m⁻¹, respectivamente. En este mismo sentido, Krauss *et al.* (2006) encontraron variaciones no lineales de vitamina C de 9.41, 8.61 y 10.3 mg 100 g⁻¹ influenciadas por los niveles de 3.0, 6.5, y 10.0 dS m⁻¹ de la solución nutritiva. Modificar la concentración en una solución nutritiva balanceada como la de Steiner no tuvo efecto significativo en el contenido de vitamina C en los genotipos analizados, debido principalmente a que no se utilizaron concentraciones muy altas.

Contenido de fenoles totales

Alterar el nivel de la solución de Steiner de 2.0 a 3.0 dS m⁻¹ disminuyó significativamente el contenido de fenoles totales (2.77 a 2.60 mg 100 g⁻¹) (Cuadro 4). A este respecto, Kim *et al.* (2008) y Kubota *et al.* (2012) encontraron que elevar la conductividad de 4.9 a 7.7 dS m⁻¹ y de 2.4 y 4.8 dS m⁻¹ no tuvo efecto en el contenido fenólico en jitomate. Sin embargo, Krauss *et al.* (2006) reportaron aumentos en el contenido de fenoles (20.5 a 24.9 mg 100 g⁻¹ de peso fresco) cuando la solución nutritiva paso de 3.0 a 10.0 dS m⁻¹. La disminución en el contenido de fenoles totales pudo estar relacionado al incremento de nitrógeno en la solución nutritiva, el cual puede producir un follaje más denso que disminuye la exposición de los frutos a la luz influyendo en la síntesis de compuestos fenólicos (Toor *et al.*, 2005); en este mismo sentido Lea *et al.* (2007) encontraron que cuatro reguladores implicados en la ruta de síntesis de flavonoides (uno de los dos grandes

grupos de compuestos fenólicos) mostraron mejor comportamiento en niveles bajos de nitrógeno.

Al comparar entre variedades (Cuadro 5) se observó que la línea L-77H1 presentó estadísticamente la concentración de fenoles totales más alta ($3.08 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), superior a los híbridos ‘Recova’, ‘Espartaco’, ‘Cid’, ‘Cuauhtémoc’, ‘Cóndor’ y las líneas L-92D, L-47 y L-72 cuyas concentraciones fueron estadísticamente similares ($2.56, 2.67, 2.66, 2.61, 2.57, 2.42, 2.65$ y $2.60 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente). Los valores encontrados son menores a los reportados por Toor *et al.* (2006) (15.70 y $20.14 \text{ mg GAE } 100 \text{ g}^{-1}$) y a los contenidos descritos por Lenucci *et al.* (2006) en jitomate cherry (97.0 a $137.0 \text{ mg de GAE } 100 \text{ g}^{-1}$) y en híbridos de alta pigmentación (120.0 a $133.0 \text{ mg de GAE } 100 \text{ g}^{-1}$).

Capacidad antioxidante total

En lo que se refiere al efecto de la concentración de sales en la solución nutritiva ($2.0, 2.5$ y 3.0 dS m^{-1}) sobre la capacidad antioxidante total (Cuadro 4), no se encontraron variaciones significativas. Sin embargo, De-Pascale *et al.* (2003) encontraron incrementos del 48.0% en la actividad antioxidante lipofílica relacionada a carotenoides y vitamina E en frutos de jitomate hidropónico al elevar la conductividad de 0.5 a 8.5 dS m^{-1} . En este mismo sentido, Fanasca *et al.* (2006) obtuvieron diferencias significativas en la capacidad antioxidante en jitomate, cuando se utilizó una elevada proporción de magnesio comparada con otras soluciones con concentraciones altas de potasio y calcio.

Al analizar la capacidad antioxidante total entre genotipos (Cuadro 5) se encontró que el híbrido ‘Cóndor’ ($47.06 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) fue estadísticamente superior a todos los demás genotipos, excepto L-77H1; la línea L-92D y los híbridos ‘Recova’ y ‘Moctezuma’ (29.3 ,

30.3 y 32.2 mg 100 g⁻¹ respectivamente) presentaron los valores de capacidad antioxidante total más bajos. A este respecto Kavitha *et al.* (2014) evaluando 54 genotipos de jitomate encontraron que los híbridos interespecíficos registraron los valores más altos (66.6 a 78.9 mg AEAC 100 g⁻¹), seguidos por las especies silvestres (30.7 a 48.7 mg AEAC 100 g⁻¹); la actividad más baja se observó en los híbridos y variedades comerciales (5.5 a 11.1 mg AEAC 100 g⁻¹). Sin embargo, Zapata *et al.* (2007) encontraron una capacidad antioxidante total más elevada a las reportadas en este estudio, en frutos de la variedad ‘Alma’, la cual fue de 108.0 mg AEAC 100 g⁻¹ de peso fresco.

Contenido de licopeno

La aplicación de las diferentes conductividades (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) en la solución nutritiva no generó variaciones significativas en el contenido de licopeno (Cuadro 4), resultados similares a los encontrados por Urrieta *et al.* (2008) al evaluar dos niveles de la solución nutritiva (1 y 2 dS m⁻¹) en jitomate y por Serio *et al.* (2004) que regaron plantas de jitomate de la variedad ‘Naomi’ con una solución nutritiva ajustada a 3 y 6 dS m⁻¹ con NaCl. Sin embargo, Schnitzler y Krauss (2010) al alterar la concentración de sales de la solución nutritiva de 3.0 a 6.5, 10 y 13.5 dS m⁻¹ encontraron aumentos en el contenido de licopeno del 57.5, 112.5 y 135 %, respectivamente.

Al comparar entre genotipos (Cuadro 5) se encontró que las líneas L- 92D y L-47 presentaron estadísticamente las mayores concentraciones de licopeno (27.3 y 27.7 mg 100 g⁻¹) en comparación con los híbridos ‘Recova’, ‘Hermosa’, ‘Espartaco’ y ‘Cuauhtémoc’ (17.5, 19.4, 19.2 y 18.2 mg 100 g⁻¹, respectivamente); mientras que las líneas L-25 y L-77H1 tuvieron concentraciones similares a los híbridos ‘Moctezuma’,

‘Cid’ y ‘Cóndor’. Estos contenidos de licopeno fueron superiores a los encontrados por Escaff (2006) en materiales comerciales de jitomate (10.79 -17.92 mg 100 g⁻¹), a los reportados por Gaspar-Peralta *et al.* (2012) en ocho líneas avanzadas de origen mexicano (9.6 a 16.8 mg 100 g⁻¹) y a los obtenidos por Frusciante *et al.* (2007) en 18 líneas (2.33 a 16.9 mg 100 g⁻¹). Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que las líneas analizadas presentaron contenidos de licopeno iguales o superiores a los genotipos comerciales por lo que pueden ser utilizadas para uso comercial o en programas de mejora genética.

Análisis de correlación

En el análisis de correlación (Cuadro 2A), existieron relaciones positivas y significativas entre el número de frutos por racimo y el rendimiento (0.62), el peso promedio de fruto y rendimiento (0.37), esto debido a la gran relación entre el número y el peso de los frutos con el rendimiento total de fruta.

En los parámetros fisicoquímicos, se encontraron relaciones positivas y significativas entre luminosidad y croma (0.29), luminosidad y ángulo hue (0.24), croma y ángulo hue (0.30), luminosidad y acidez titulable (0.18), intensidad de color y sólidos solubles totales (0.21) y ángulo hue con acidez titulable (0.20). Ángulo hue y licopeno (-0.18) presentaron una correlación negativa, debido a que a menor hue el fruto presenta una coloración más roja (Cantwell *et al.*, 2006), cuestión que ha sido asociada a un mayor contenido de licopeno (Zapata *et al.*, 2007).

En cuanto a la capacidad antioxidante (Cuadro 2A), se encontraron correlaciones positivas y significativas entre el contenido de vitamina C y fenoles totales (0.18), vitamina C y

capacidad antioxidante total (0.16) y negativas entre el contenido de licopeno y la capacidad antioxidante total (-0.25). El contenido de fenoles totales presentó la relación positiva más alta (0.46) con la capacidad antioxidante total. A este respecto Krauss *et al.* (2006) encontraron que el mayor contenido de compuestos fenólicos se relaciona con una mayor capacidad antioxidante en jitomate.

CONCLUSIONES

Cuando se aumenta la conductividad de la solución nutritiva (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) disminuye significativamente el contenido de fenoles totales (2.77 a 2.71 mg GAE 100 g⁻¹) y aumentan los valores de ángulo hue (46.9 a 47.8°) y el contenido de acidez titulable (0.31 a 0.36 % de ácido cítrico), no existiendo respuesta significativa en el resto de las variables estudiadas. Los escasos resultados obtenidos pueden deberse a que las líneas experimentales, seleccionadas a partir de genotipos comerciales, y los híbridos evaluados están adaptados a soluciones nutritivas con conductividades cercanas a los niveles evaluados en este trabajo de investigación.

Las líneas avanzadas L-72, L25 y L-77H1 presentaron valores altos para las variables intensidad de color, sólidos solubles totales, vitamina C y fenoles totales mientras que para el contenido de licopeno las líneas L-47, L-92D, L-25 y L-77H1 fueron mejores que los materiales comerciales. No se encontraron asociaciones significativas entre el rendimiento y las variables fisicoquímicas en los 12 genotipos de jitomate analizados.

LITERATURA CITADA

- Akbudak, B. 2012. Comparison of quality characteristics of fresh and processing tomato. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 10(2): 133-136.
- Al-Yahyai, R., S. Al-Ismaïly and S. A. Al-Rawahy. 2010. Growing tomatoes under saline field conditions and the role of fertilizers. A Monograph on Management Salt-Affected Soils and Water for Sustainable Agriculture. Sultan Qaboos University pp: 83-88.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Official Methods and Analysis. 14th Ed. Association of Official Analytical Chemists Inc. Airlington, VA., USA. 1006 p.
- Barankevicz, G. B., D. Novello, J. T. Resende, K. Schwarz and E. F. Santos. 2015. Physical and chemical characteristics of tomato hybrids pulp during frozen storage. *Horticultura Brasileira* 33(1): 7-11.
- Batu, A. 2004. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 61: 471-475.
- Binoy, G, C. Kaur, D. S. Khudiya and H. C. Kapoor. 2004. Antioxidants in tomato (*Lycopersicon esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry* 84: 45-51.
- Borghesi, E.; M. L. González-Miret, M. L. Escudero-Gilete, F. Malorgio, F. J. Heredia and A. J. Meléndez-Martínez. 2011. Effects of salinity stress on carotenoids, anthocyanins, and color of diverse tomato genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59(21): 11676-11682.
- Campos, C. A. B., P. D. Fernandes, H. R. Gheyi, F. F. Blanco, C. B. Gonçalves and S. A. F. Campos. 2006. Yield and fruit quality of industrial tomato under saline irrigation. *Scientia Agricola* 63(2): 146-152.
- Cantwell, M., S. Stoddard, M. LeStrange, J. Mickler, R. Mullen and X. Nie. 2006. Report to the California tomato commission. Tomato variety trials: postharvest evaluations for 2005. UCCE Fresh Market Tomato Statewide Report 2005 Postharvest. UC Davis, Davis CA. USA. 14 p.
- Carrari, F. and A. R. Fernie. 2006. Metabolic regulation underlying tomato fruit development. *Journal of Experimental Botany* 57: 1883-1897.

- Casierra-Posada, F. and O. E. Aguilar-Avendaño. 2008. Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía Colombiana* 26(2): 300-307.
- Chattopadhyay, A., I. V. I. Chakraborty and W. Siddique. 2013. Characterization of determinate tomato hybrids: search for better processing qualities. *Journal of Food Processing and Technology* 4: 222.
- Cruz-Crespo, E., M. Sandoval-Villa, V. Haller, V. Hugo, Á. Can-Chulim and J. Sánchez-Escudero. 2012. Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(7): 1361-1373.
- Cruz-Crespo, E. and M. Sandoval-Villa. 2011. Effect of nutrient solution concentration and substrates mixture on the quality of tomato. *Acta Horticulturae* 947: 197-202.
- Cuartero, J. and R. F. Muñoz. 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae* 78: 83-125.
- De-Pascale, S., A. Maggio, G. Angelino and G. Graziani. 2003. Effect of salt stress on water relations and antioxidant activity in tomato. *Acta Horticulturae* 613: 39-46.
- Elia, A., F. Serio, A. Parente, P. Santamaría and G. Ruiz-Rodríguez. 2001. Electrical conductivity of nutrient solution, plant growth and fruit quality of soilless grown tomato. *Acta Horticulturae* 559: 503-508.
- Escaff G., M. 2006. Variedades de tomate para procesamiento: comportamiento agronómico e industrial en Chile. In: Saavedra del R., G and M. González Y. (eds.). *Producción de Tomate para Procesamiento*. Serie Actas INIA 32. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. La Platina, Santiago, Chile. pp: 17-28.
- Fanasca, S., G. Colla, G. Maiani, E. Venneria, Y. Rouphael, E. Azzini and F. Saccardo. 2006. Changes in antioxidant content of tomato fruits in response to cultivar and nutrient solution composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(12): 4319-4325.
- Flores-González, D., M. Sandoval-Villa, P. Sánchez-García, P. Ramírez-Vallejo and M. N. Rodríguez-García. 2012. Yield of native genotypes of tomato as affected by electrical conductivity of nutrient solution. *Acta Horticulturae* 947: 69-76.

- Foolad, R. M. 2007. Genome mapping and molecular breeding of tomato. *International Journal of Plant Genomics* (1): 1-52.
- Franke, A. A., L. J. Custer, C. Arakaki and S. P. Murphy. 2004. Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis* 17: 1-35.
- Frusciante, L., P. Carli, M. R. Ercolano, R. Pernice, A. Di-Matteo, V. Fogliano and N. Pellegrini. 2007. Antioxidant nutritional quality of tomato. *Molecular Nutrition and Food Research* 51(5): 609-617.
- Gaspar-Peralta, P., J. C. Carrillo-Rodríguez, J. L. Chávez-Servia, A. M. Vera-Guzmán y I. Pérez-León. 2012. Variación de caracteres agronómicos y licopeno en líneas avanzadas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Phyton* 81(1): 15-22.
- George, B., C. Kaur, D. S. Khurdiya and H. C. Kapoor. 2004. Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry* 84(1): 45-51.
- Giordano, L. B., J. B. C. Silva and V. Barbosa. 2000. Escolha de cultivares e plantio. In: Silva, J.B.C. and L. B Giordano. (eds) *Tomate para Processamento Industrial*. Brasília: EMBRAPA, CNPH. pp: 36-59.
- Gómez-Hernández, T. y F. Sánchez-del Castillo. (2003). Soluciones nutritivas diluidas para la producción de jitomate a un racimo. *Terra Latinoamericana* 21: 57-63.
- Gould, W. A. 1992. *Tomato Production, Processing and Technology*. 3ra. Ed. CTI Publications. Baltimore, MA, USA. pp. 295-297.
- Goykovic-Cortés, V. y G. Saavedra del Real. 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del jitomate y prácticas agronómicas de su manejo. *Idesia (Arica)* 25(3): 47-58.
- Hanson, P. M., R. Y. Yang, J. Wu, J. T. Chen, D. Ledesma, S. C. Tsou and T. C. Lee. 2004. Variation for antioxidant activity and antioxidants in tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 129(5): 704-711.
- Hernández, M., E. Rodríguez and C. Díaz. 2007. Free hydroxycinnamic acids, lycopene, and color parameters in tomato cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55(21): 8604-8615.
- Hernández-Leal, E., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, D. Reyes-López, A. Méndez-López, O. Bonilla-Barrientos y A. Hernández-Bautista. 2013. Comportamiento

- agronómico de poblaciones F2 de híbridos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista Fitotecnia Mexicana 36(3): 209-215.
- Iglesias, M. J., J. García-López, J. F. Collados-Luján, F. López-Ortiz, M. Díaz, F. Toresano and F. Camacho. 2015. Differential response to environmental and nutritional factors of high-quality tomato varieties. Food Chemistry 176: 278-287.
- Inbaraj, B. S. and B. H. Chen. 2008. Carotenoids in tomato plants. In: Tomatoes and Tomato Products: Nutritional, Medicinal and Therapeutic Properties. Preedy, V. R and R. R. Watson (Eds). Science Publishers. pp: 133-164.
- Jacota, S. K. and H. M. Dani. 1982. A new colorimetric Technique for the estimation of vitamin C using Folin Phenol reagent. Anal Biochemystri 127: 178-182.
- Juárez-López, P., D. W. Reed, M. Kent, L. Cisneros-Zevallos, S. King, R. Castro-Brindis, P. Ramírez-Vallejo, M. Sandoval-Villa y T. Colinas-León. 2011. Efecto de la concentración de la solución nutritiva en la calidad de frutos de genotipos nativos de jitomate. In: Memorias de Resúmenes del XIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. SOMECH, A. C. (ed). Culiacán, Sinaloa. México. pp: 160.
- Kacjan Marsic, N., H. Sircelj and D. Kastelec. 2009. Lipophilic antioxidants and some carpometric characteristics of fruits of ten processing tomato varieties, grown in different climatic conditions. Journal of Agricultural and Food Chemistry 58(1): 390-397.
- Kapur, A., A. Haskovic, A. Copra-Janicijevic, L. Klepo, A. Topcagic, I. Tahirovic and E. Sofic. 2012. Spectrophotometric analysis of total ascorbic acid content in various fruits and vegetables. Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina 38: 39-42.
- Kaur, D., W. A. Abas, D. P. S. Oberoni and D. S. Sogi. 2007. Effect of extraction conditions on lycopene extractions from tomato processing waste skin using response surface methodology. Food Chemistry 108(2): 711-718.
- Kavitha, P., K. S. Shivashankara, V. K. Rao, A. T. Sadashiva, K. V. Ravishankar, G. J. Sathish. 2014. Genotypic variability for antioxidant and quality parameters among tomato cultivars, hybrids, cherry tomatoes and wild species. Journal of the Science of Food and Agriculture 94(5): 993-999.

- Kim, H.J., J.M. Fonseca, C. Kubota, M. Kroggel and J.H. Choi. 2008. Quality of fresh-cut tomatoes as affected by salt content in irrigation water and post-processing ultraviolet-C treatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88: 1969-1974.
- Krauss, S., W. H. Schnitzler, J. Grassmann and M. Wölte. 2006. The influence of different electrical conductivity values in a simplified recirculating soilless system on inner and outer fruit quality characteristics of tomato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(2): 441-448.
- Kubota, C., M. Kroggel, M. Torabi, K. A. Dietrich, H. J. Kim, J. Fonseca and C. A. Thomson. 2012. Changes in Selected Quality Attributes of Greenhouse Tomato Fruit as Affected by Pre-and Postharvest Environmental Conditions in Year-round Production. *HortScience* 47(12): 1698-1704.
- Labate, J. A., S. Grandillo, T. Fulton, S. Muñoz, A. L. Caicedo, I. Peralta, Y. Ji, R. T. Chetelat, J. W. Scott, M. J. Gonzalo, D. Francis, W. Yang, E. Van Der Knaap, A. M. Baldo, B. Smith-White, L. A. Mueller, J. P. Prince, N. E. Blanchard, D. B. Storey, M. R. Stevens, M. D. Robbins, J. F. Wang, B. E. Liedl, M. A. O'connell, J. R. Stommel, K. Aoki, Y. Iijima, A. J. Slade, S. R. Hurst, D. Loeffler, M. N. Steine, D. Vafeados, C. McGuire, C. Freeman, A. Amen, J. Goodstal, D. Facciotti, J. V. Eck and M. Causse. 2007. Tomato. In: *Genome mapping and molecular breeding in plants*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 5: 1-125.
- Lea, U. S., R. Slimestad, P. Smedvig and C. Lillo. 2007. Nitrogen deficiency enhances expression of specific MYB and bHLH transcription factors and accumulation of end products in the flavonoid pathway. *Planta* 225(5): 1245-1253.
- Lenucci, M. S., D. Cadinu, M. Taurino, G. Piro and G. Dalessandro. 2006. Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(7): 2606-2613.
- Levy J. and Y. Sharoni. 2004. The functions of tomato lycopene and its role in human health. *The Journal of the American Botanical Council* 62: 49-56.
- Magán, J. J., M. Gallardo, R. B. Thompson and P. Lorenzo. 2008. Effects of salinity on fruit yield and quality of tomato grown in soil-less culture in greenhouses in Mediterranean climatic conditions. *Agricultural Water Management* 95(9): 1041-1055.

- Martínez-Solís, J., A. Peña-Lomelí, J. E. Rodríguez-Pérez, C. Villanueva-Verduzco, J. Sahagún-Castellanos, M. G. Peña-Ortega. 2005. Comportamiento productivo en híbridos de jitomate y sus respectivas poblaciones F₂. Revista Chapingo Serie Horticultura 11(2): 299-307.
- Mc Guire, R. 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience 27(12): 1254-1255.
- Moraru, C., L. Logendra, T. C. Lee and H. Janes. 2004. Characteristics of 10 processing tomato cultivars grown hydroponically for the NASA Advanced Life Support (ALS) Program. Journal of Food Composition and Analysis, 17(2): 141-154.
- Nichols, M.A., E.F. Fadalian, K.J. Fisher and L.M. Morgan. 1995. The effect of osmotic stress on the yield and quality of tomatoes. Acta Horticulturae 379: 105-111.
- Nuez, F. 2001. El Cultivo del Jitomate. Mundi-Prensa. Bilbao, España. pp: 21-83.
- Ozgen, M., N. R. Reese, Z. A. Tulio, C. J. Scheerens and R. A. Miller. 2006. Modified 2,2-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) method to measure antioxidant capacity of selected small fruits and comparison to ferric reducing antioxidant power (FRAP) and 2,2'-diphenil-1-picrylhydrazyl (DPPH) methods. Journal of Agricultural and Food Chemistry 54(4): 1151-1157.
- Radzevičius, A., P. Viškelis, J. Viškelis, R. Bobinaitė, R. Karklelienė and D. Juškevičienė. 2013. Tomato fruit quality of different cultivars growth in Lithuania. 7: 381-384.
- Raffo, A., C. Leonardi, V. Flogiano, P. Ambrosino, M. Salucci, L. Gennaro, R. Bugianesi, F. Giuffrida and G. Quaglia. 2002. Nutritional value of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1) harvested at different ripening stages. Journal of Agriculture and Food Chemistry 50: 6550-6556.
- Ríos-Osorio, O., J. L. Chávez-Servia, J. C. Carrillo-Rodríguez y A. M. Vera-Guzmán. 2014. Variación agromorfológica y cambios biofísicos postcosecha en frutos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo 46(2): 29-44.
- Sacks, E. J. and D. M. Francis. 2001. Genetic and environmental variation for tomato flesh color in a population of modern breeding lines. Journal of the American Society for Horticultural Science 126(2): 221-226.

- Sadler, G., J. Davis and D. Dezman. 1990. Rapid extraction of lycopene and carotene from reconstituted tomato paste and pink grapefruit homogenates. *Journal of Food Science* 55(5): 1460-1461.
- Schnitzler, W. H. and S. Krauss. 2010. Quality and health promoting compounds tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under salinity. *Acta Horticulturae* 856: 21-30.
- Scott, J. W., E. A. Baldwin, H. J. Klee, J. K. Brecht, S. M. Olson, J. A. Bartz, C. A. Sims. 2008. Fla. 8153 hybrid tomato; Fla. 8059 and Fla. 7907 breeding lines. *HortScience*, 43(7): 2228-2230.
- Serio, F., L. De-Gara, S. Caretto, L. Leo and P. Santamaría. 2004. Influence of an increased NaCl concentration on yield and quality of cherry tomato grown in posidonia (*Posidonia oceanica* (L) Delile). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84(14): 1885-1890.
- Statistical Analysis System (SAS). 2002. SAS/STAT users guide: Statics, Ver. 9.00. SAS Institute Inc. Cary, North Caroline, USA. 1503 P.
- Stamatakis, A., N. Papadantonakis, D. Savvas, N. Lydakis-Simantiris and P. Kefalas. 2003. Effects of silicon and salinity on fruit yield and quality of tomato grown hydroponically. *Acta Horticulturae* 609: 141-147.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. In: *Proceedings 6th International Congress on Soils Culture*. Wageningen, Netherlands. pp: 633-650.
- Toor, R.K., G.P. Savage and C.E. Lister. 2005. Antioxidant activities of New Zealand grown tomatoes. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 56(8): 597-605.
- Turhan, A. and V. Seniz. 2009. Estimation of certain chemical constituents of fruits of selected tomato genotypes grown in Turkey. *African Journal of Agricultural Research* 4(10): 1086-1092.
- United Fresh Fruit and Vegetable Association (UFFVA). 1975. Color classification requirements in US standards for grades of fresh tomatoes. United Fresh Fruit and Vegetable Association U.S.D.A. Agricultural Marketing Service Fruit and Vegetable. USA.
- Urrieta V., J. A., M. N. Rodríguez M., P. Ramírez V., J. A. Santizo R. y L. M. Ruíz P. 2008. Calidad del fruto de jitomate de costilla en postcosecha. In: *Memoria del XXII*

- Congreso Nacional y II Internacional de Fitogenética. SOMEFI. Chapingo, Estado de México. México. pp: 228.
- Urrieta-Velázquez, J. A., M. D. L. N. Rodríguez-Mendoza, P. Ramírez-Vallejo, G. A. Baca-Castillo, L. D. M. Ruiz-Posada y J. A. Cueto-Wong. 2012. Variables de producción y calidad de tres selecciones de jitomate de costilla (*Solanum lycopersicum* L.). Revista Chapingo Serie Horticultura 18(3): 371-381.
- Waterman, P. G. and S. Mole. 1994. Analysis of phenolic plant metabolites. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK. 238 p.
- Wills, R., B. McGlasson and D. Graham. 2007. Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. CABI. UK. 227 p.
- Wu, M. and C. Kubota. 2008. Effects of high electrical conductivity of nutrient solution and its application timing on lycopene, chlorophyll and sugar concentrations of hydroponic tomatoes during ripening. Scientia Horticulturae 116(2): 122-129.
- Zapata, L. M., L. Gerard, C. Davies y M. D. C. Schvab. 2007. Estudio de los componentes antioxidantes y actividad antioxidante en jitomates. Ciencia, Docencia y Tecnología (35): 175-193.
- Zapata, L., L. Gerard, C. Davies, L. Oliva y M. Schvab. 2007. Correlación matemática de índices de color del jitomate con parámetros texturales y concentración de carotenoides. Ciencia, Docencia y Tecnología (34): 207-226.

**III. EFECTO DE LA CONDUCTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN
NUTRITIVA EN EL RENDIMIENTO, CALIDAD FISICOQUÍMICA Y
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE FRUTO EN JITOMATE
CHERRY**

RESUMEN

Se evaluó la variabilidad en rendimiento, número de frutos por racimo, parámetros de color (croma, ángulo hue), firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable, vitamina C, fenoles totales, capacidad antioxidante y licopeno de siete genotipos de jitomate tipo cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*), así como su respuesta al incremento en la conductividad de la solución de Steiner (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹). Al comparar entre genotipos se encontró que la línea H13-39 presentó el mayor rendimiento; para croma, ángulo hue y acidez titulable sobresalió la H13-26 de fruto amarillo, para firmeza destacaron las líneas L-ChNg1 y L-ChNg1 de fruto negro; mientras que para sólidos solubles totales y contenido de vitamina C destacó el genotipo H13-31. Las líneas experimentales H13-26, H13-29, H13-30 y H13-31 tuvieron mayor contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante, mientras que las H13-29 y L-ChNg1 presentaron mayores niveles de licopeno. Elevar la conductividad de la solución nutritiva no generó variaciones significativas en rendimiento, número de frutos por racimo, croma, ángulo hue y fenoles totales; no así en la firmeza de fruto, sólidos solubles totales, acidez titulable, vitamina C, capacidad antioxidante total y licopeno, los cuales presentaron aumentos significativos.

Palabras clave: solución Steiner, acidez titulable, sólidos solubles totales, licopeno.

ABSTRACT

Variability in fruit yield, number of fruits per cluster, color parameters (chroma, hue angle), firmness, total soluble solids, titratable acidity, vitamin C, total phenols, antioxidant capacity and lycopene were evaluated in seven genotypes of cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*). In addition, their responses to increased conductivity of Steiner nutrient solution (100, 125 and 150 %). Comparisons among genotypes showed that line H13-39 exhibited the highest yield; for chroma, hue angle and titratable acidity the yellow fruit line H13-26 obtained; for fruit firmness lines of black fruit L-ChNg1 and ChNg1; while line H13-31 had high total soluble solids and vitamin C contents. Inbred lines H13-26, H13-29, H13-30 and H13-31 had high total phenolic content and antioxidant capacity values, while lines H13-29 and L-ChNg1 showed high levels of lycopene. Increases conductivity of the nutrient solution (2.0 to 3.0 dS m⁻¹) did not cause significant variations in yield, number of fruits per cluster, chroma, hue angle and total phenols, however, fruit firmness, total soluble solids, titratable acidity, vitamin C content, total antioxidant capacity and lycopene that showed significant increases.

Key words: Steiner solution, titratable acidity, total soluble solids, lycopene.

INTRODUCCIÓN

El jitomate es una de las especies vegetales de mayor consumo en el mundo. Su origen es un tema muy controversial; sin embargo, se contempla a la región de los Andes (Perú, Ecuador y Chile) como su centro de origen, mientras que a México se le considera como la región de domesticación y cultivo (Bai y Lindhout, 2007). De acuerdo con Ranc *et al.* (2008) se supone el jitomate tipo cherry (*S. lycopersicum* var. *cerasiforme*) fue el precursor de la forma domesticada.

En México el jitomate cherry no es el de mayor producción y consumo; sin embargo existen en el mercado híbridos comerciales que son producidos en invernadero y genotipos silvestres y semidomesticados, conocidos con diferentes nombres típicos, ampliamente distribuidos en los trópicos, subtrópicos y regiones semi-secas del país, muy populares en los mercados regionales de Tabasco, Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Puebla, Michoacán y Jalisco donde se utilizan esencialmente como alimento y como recurso medicinal (Rodríguez *et al.*, 2009; Carrillo y Chávez, 2010).

Los genotipos cherry muestran en general valores nutricionales y antioxidantes más altos que los tipo saladette y bola, lo que los hace valiosos como alimento nutraceutico (Crisanto-Juárez *et al.*, 2010; Carrillo-Rodríguez *et al.*, 2012). De acuerdo con Pratta *et al.* (2000) el jitomate cherry es una fuente potencial de genes para algunas variables como el número de flores por inflorescencia, color, forma y tamaño de la fruta; sin embargo, tradicionalmente las formas silvestres han sido utilizadas casi exclusivamente en la mejora de la calidad nutritiva de los frutos comerciales. La calidad en esta especie está influenciada por el genotipo, el ambiente y las prácticas de cultivo. El aumento moderado

de la concentración de iones en el entorno de las raíces mejora la calidad de los frutos, incrementando el contenido de compuestos solubles, sólidos totales, acidez titulable, vitamina C y licopeno (Krauss *et al.*, 2006; Passam *et al.*, 2007).

La gran diversidad genética de jitomate cherry existente en México proporciona una ventana con gran potencial en los programas destinados al mejoramiento de la calidad de fruto, sin embargo, estos programas requieren de información sobre los diversos parámetros de manejo y calidad postcosecha para este tipo de jitomate, por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar la variabilidad en el rendimiento, la calidad fisicoquímica y la capacidad antioxidante de frutos de siete genotipos tipo cherry, así como su respuesta a incrementos en la conductividad de la solución de Steiner (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un invernadero del Campo Experimental San Martín en la Universidad Autónoma Chapingo, en el Estado de México, con coordenadas geográficas 19° 29' de latitud norte y 98° 53' de longitud oeste y una altitud de 2,240 msnm.

Material vegetal

Como material experimental se utilizaron siete genotipos de jitomate tipo cherry con características organolépticas contrastantes, la línea experimental H13-26 de fruto amarillo; las líneas H13-30, H13-31, H13-29, H13-39 de fruto rojo y las L-ChNg1 y L-ChNg2 de fruto negro (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características del material vegetal tipo cherry empleado.

Genotipo	Habito de crecimiento	Características del fruto			
		Peso (g)	Tamaño*	Forma	Color
H13-26	Indeterminado	11.11	mediano	redonda	amarillo
H13-29	Indeterminado	09.48	pequeño	redonda	rojo
H13-30	Indeterminado	10.10	mediano	redonda	rojo
H13-31	Indeterminado	09.72	pequeño	pera	rojo
H13-39	Indeterminado	38.35	gigante	pera	rojo
L-ChNg1	Indeterminado	12.84	mediano	pera	negro
L-ChNg2	Indeterminado	20.78	gigante	pera	negro

* Tamaño del fruto basado en la clasificación de Fernandes *et al.* (2007).

Solución nutritiva

Durante el desarrollo del cultivo, la nutrición de las plantas se realizó con la solución de Steiner complementada con micronutrientes al 100, 125 y 150 % de su concentración que representan una conductividad eléctrica de 2.0, 2.5 and 3.0 dS m⁻¹, respectivamente (Steiner, 1984); el volumen de riego aplicado diariamente fue de 0.3 a 2.5 litros por planta, dependiendo de la etapa de crecimiento (Cuadro 1A).

Manejo del experimento

Los aspectos relacionados con el manejo de experimento y muestreo de frutos se describen en el capítulo I, “Efecto de la conductividad de la solución nutritiva en el rendimiento, calidad fisicoquímica y capacidad antioxidante de fruto en jitomate saladette”.

Unidad y diseño experimental

Se estableció un diseño factorial (3 x 7) completamente al azar con cuatro repeticiones.

Se evaluaron tres niveles de conductividad eléctrica (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) con la solución

nutritiva Steiner (1984) en combinación con siete líneas experimentales de jitomate cherry, obteniendo un total de 84 unidades experimentales. La unidad experimental consistió de dos bolsas de tezontle con una planta de jitomate por bolsa.

Variables evaluadas

La metodología utilizada para la medición de las variables evaluadas se describe en el capítulo I, “Efecto de la conductividad de la solución nutritiva en el rendimiento, calidad fisicoquímica y capacidad antioxidante de fruto en jitomate saladette”.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias por el método de Tukey ($P \leq 0.05$), mientras que para determinar la relación entre las variables de rendimiento, físicas y químicas se efectuó un análisis de correlación simple de Pearson ($P \leq 0.01$). Se empleó el paquete de análisis estadístico SAS[®] (Statistical Analysis System, ver. 9.0) (SAS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza

El análisis de varianza a través de los cuadrados medios y las significancias estadísticas obtenidas para los materiales de jitomate tipo cherry evaluados (Cuadro 2) indican que modificar la conductividad de la solución nutritiva generó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en las variables número de frutos por racimo, firmeza de fruto, sólidos solubles totales y licopeno, siendo altamente significativas ($p \leq 0.01$) para las variables acidez titulable, vitamina C y capacidad antioxidante total.

Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables evaluadas en frutos de siete genotipos de jitomate cherry.

FV	GL	R	NFR	PPF	L	C	H	F
Nutrición (N)	2	2.993	79.797*	0.798	23.844	28.844	2.034	0.161*
Genotipo (G)	6	232.063**	471.693**	1009.118**	160.626**	397.671**	816.810**	0.530**
N*G	12	0.246	8.789	1.978	20.275	5.720	14.162**	0.031
Error	40	3.037	20.993	20.713	13.715	12.829	3.783	0.038
CV (%)		35.051	23.564	28.346	8.980	10.651	3.637	16.970
Media		4.971	19.444	16.055	41.241	33.629	53.473	1.147

FV	GL	SST	AT	VC	FT	CAT	Li
Nutrición (N)	2	0.943*	0.014**	226.139**	0.426	417.941**	57.693*
Genotipo (G)	6	9.438**	0.144**	284.240**	4.380**	1250.209**	321.430**
N*G	12	1.141**	0.013**	36.259**	0.330*	89.951*	43.532**
Error	40	0.234	0.002	4.529	0.171	45.735	13.981
CV (%)		6.961	9.341	20.024	11.803	13.419	40.337
Media		6.954	0.482	10.628	3.500	50.396	9.269

FV: fuente de variación, GL: grados de libertad, CV: coeficiente de variación, R: rendimiento, NFR: número de frutos por racimo, PPF: peso promedio de fruto, L: luminosidad, C: croma, H: ángulo hue, F: firmeza, SST: sólidos solubles totales, AT: acidez titulable, VC: vitamina, FT: fenoles totales, CAT: capacidad antioxidante total, Li: licopeno. *, **: Significativo al 5 % ($p \leq 0.05$) y 1 % ($p \leq 0.01$), respectivamente.

Los resultados mostraron variaciones estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre acervos para todas las variables evaluadas (Cuadro 2).

Rendimiento

Modificar el nivel de la solución nutritiva de Steiner (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) no generó variaciones significativas en el rendimiento de fruto (4.74 a 5.41 kg m⁻²) para los siete genotipos de jitomate cherry evaluados (Cuadro 3). A este respecto Feltrin *et al.* (2012) encontraron incrementos significativos de 2.82 a 3.07 kg planta⁻¹ en el cultivar cherry

‘Cascade’ a concentraciones bajas en la solución nutritiva (1.5 a 2.0 dS m⁻¹), no así en rangos altos (2.5 a 3.5 dS m⁻¹) donde el rendimiento disminuyó de 3.07 a 2.20 kg planta⁻¹. Disminuciones de 1.56 a 1.07 y de 1.16 a 0.79 kg planta⁻¹ también fueron reportadas por Elia *et al.* (2001) y Serio *et al.* (2004) en el material cherry ‘Naomi’ cuando la conductividad se elevó de 2.0 a 6.0 y de 3.0 a 6.0 dS m⁻¹, respectivamente. Sin embargo, Bertoldi *et al.* (2008) no obtuvieron diferencias significativas en el rendimiento (20.3 a 30.9 ton ha⁻¹) del genotipo cherry ‘Mascote’ cultivado con tres niveles de la solución nutritiva (3.0, 6.0 y 9.0 dS m⁻¹). Estos resultados demuestran que se puede mejorar la producción de jitomate cherry cuando se eleva la concentración de sales en la solución nutritiva hasta niveles cercanos 2.5 dS m⁻¹, ya que el utilizar niveles más altos puede afectar negativamente este parámetro agronómico y aumentar considerablemente los costos de producción.

Al comparar los siete genotipos cherry evaluados (Cuadro 4) se observa que la línea H13-39 presentó un rendimiento significativamente más alto (9.47 kg m⁻²) mientras que el resto de las variables presentaron rendimientos estadísticamente similares (3.56 a 5.17 kg m⁻²). Variaciones análogas (0.27 a 2.05 kg planta⁻¹) entre 30 genotipos tipo cereza fueron obtenidas por Ceballos-Aguirre *et al.* (2012), donde el híbrido ‘Sweet million F₁’ presentó la producción más alta. A este respecto Csambalik *et al.* (2014) reportaron rendimientos similares (1.57 a 8.0 kg m⁻²) en seis genotipos de jitomate cherry cultivados en Hungría. Mientras que Boada-Higuera *et al.* (2010) encontraron variaciones entre 0.94 y 8.75 kg planta⁻¹ en 30 introducciones tipo cereza de Colombia. Rendimientos mayores a los reportados en este trabajo fueron alcanzados por Macua *et al.* (2008) y Andreakis *et al.* (2004) (5.4 a 8.7 y 6.2 a 8.4 kg m⁻²) en seis (‘Brillantino’, ‘Marasca’, ‘Ovalino’,

‘Tamburino’, ‘To1251’, y ‘Sweet Million’) y dos (‘Faino’ y ‘Tomito’) variedades comerciales de jitomate tipo cherry. A pesar de que los genotipos analizados en este estudio presentan rendimientos más altos que algunos materiales cherry silvestres, estuvieron por debajo de los reportados en algunos cultivares comerciales.

Número de frutos por racimo

Para el número de frutos por racimo (Cuadro 3), no se encontraron variaciones significativas debidas a la alteración en la conductividad de la solución de Steiner (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹). Resultados similares en jitomate cherry fueron reportados por Bertoldi *et al.* (2008) y Conversa *et al.* (2003) cuando incrementaron la conductividad de la solución nutritiva de 3.0 a 9.0 y de 2.0 a 4.0 dS m⁻¹, respectivamente. Sin embargo, Feltrin *et al.* (2012) hallaron aumentos significativos (151 a 172 frutos por planta) en el cultivar cherry ‘Sweet Million’ cuando la conductividad pasó de 1.5 a 2.0 dS m⁻¹, disminuyendo significativamente (184 a 141 frutos por planta) cuando la conductividad se aumentó de 2.5 a 3.5 dS m⁻¹. En este mismo sentido Buck *et al.* (2008) obtuvieron una modificación significativa de 18.8 a 19.6 frutos por planta en dos cultivares cherry cuando aumentaron el nivel de la solución nutritiva de 2.8 a 4.7 dS m⁻¹. La variación en el número de frutos por racimo en jitomate cherry como efecto de la alteración de la conductividad de la solución nutritiva depende en gran medida de la susceptibilidad a las sales del genotipo empleado.

Al comparar entre genotipos (Cuadro 4) se observa que las líneas H13-29, H13-30 y H13-31 de fruto mediano color rojo produjeron el mayor número de frutos por racimo (27.27, 28.22 y 24.72, respectivamente) estadísticamente superiores a las demás líneas analizadas

(10.27 a 17.42). Números de frutos por racimo menores a los encontrados en este trabajo fueron reportados respectivamente por Carrillo-Rodríguez y Chávez-Servia (2010) y Carrillo-Rodríguez *et al.* (2010) (4.1 a 9.3 y de 7.0 a 11.0) en 49 y 20 accesiones tipo cerasiforme silvestres y semidomesticadas colectadas en México. Variaciones más significativas fueron obtenidas por Ceballos-Aguirre *et al.* (2012) en 30 genotipos cherry en Colombia (3.6 a 34 frutos por racimo) donde ‘Sweet million F₁’ presentó el valor más alto; y por Boada-Higuera *et al.* (2010) quienes hallaron entre 5.4 y 101.2 frutos por racimo en 30 introducciones de jitomate tipo cereza de la Universidad Nacional de Colombia. Como se puede observar existe una gran variabilidad en el número de frutos producidos entre genotipos cherry, característica que está en función directa del grado de domesticación o selección, ya que según Carrillo-Rodríguez *et al.* (2012) el tamaño más pequeño del fruto en esta especie es un indicador del origen silvestre del material.

Peso promedio de fruto

No se observaron variaciones estadísticamente significativas en el peso promedio de fruto (Cuadro 3) debidas al incremento de la conductividad de la solución de Steiner (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹). A este respecto Feltrin *et al.* (2012) encontraron valores estadísticamente similares de 19.05 a 17.95 g por fruto cuando la conductividad pasó de 1.5 a 2.5 dS m⁻¹, disminuyendo de 17.95 a 16.19 g cuando se aumentó de 2.5 a 3.0 dS m⁻¹. Sin embargo Elia *et al.* (2001) y Serio *et al.* (2004) reportaron disminuciones significativas de 21.0 a 15.0 y de 20.6 a 17.0 g respectivamente, en frutos del cultivar cherry ‘Naomi’ al cambiar el rango de sales de 2.0 a 6.0 y de 3.0 a 6.0 dS m⁻¹. En este mismo sentido Bertoldi *et al.* (2008) obtuvieron disminuciones significativas en el peso de fruto (7.8 a 5.9 g) de ‘Mascote’ cultivado con tres niveles de la solución nutritiva (3.0, 6.0 y 9.0 dS m⁻¹).

Cuadro 3. Efecto de la conductividad de la solución nutritiva sobre los componentes del rendimiento y la calidad física de siete genotipos de jitomate cherry.

Solución	R	NFR	PPF	L	C	H	F
(dS m ⁻¹)	(kg m ⁻²)		(g)			(° hue)	(Nmm ⁻¹)
2.0	5.41 a [§]	21.70 a	15.97 a	40.67 a	34.72 a	53.75 a	1.07 b
2.5	4.74 a	18.30 a	15.92 a	42.31 a	33.45 a	53.45 a	1.23 a
3.0	4.77 a	18.34 a	16.28 a	40.74 a	32.72 a	53.21 a	1.14 ba
DMSH	1.31	3.44	3.42	2.35	2.39	1.29	0.12

R: rendimiento, NFR: número de frutos por racimo, PPF: peso promedio de fruto, L: luminosidad, C: croma, H: ángulo hue, F: firmeza. DMSH: diferencia mínima significativa honesta. [§]Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey ($p \leq 0.05$).

Al comparar entre genotipos (Cuadro 4) se observa que la línea H13-39 de fruto rojo (38.35 g) y la línea L-ChNg2 (20.78 g) de fruto negro produjeron frutos con pesos promedio estadísticamente superiores a todos los demás (38.35 y 20.78 g) que tuvieron tamaños de frutos estadísticamente similares entre sí (9.48 a 12.84 g). Resultados similares (12.7 a 27.2 g por fruto) fueron reportados por Choi *et al.* (2014) en 12 cultivares comerciales de jitomate cherry, donde los genotipos de fruto rojo tuvieron valores de 12.7 a 21.4 g mientras que ‘Black Kiss 20’ de fruto negro tuvo un peso de 18.6 g. Variaciones más grandes (16.9 a 130.6 y 7.5 a 115.6 g por fruto) fueron obtenidas por Boada-Higuera *et al.* (2010) y Carrillo-Rodríguez *et al.* (2012), respectivamente en 20 y 30 accesiones silvestres tipo cherry. En este mismo sentido Andreakis *et al.* (2004) y Macua *et al.* (2009) lograron pesos promedio de fruto de 11.9 a 22 y de 6.5 y 17 g, respectivamente en seis genotipos nativos de Italia y en cuatro cultivares comerciales cherry de España.

Luminosidad

El incremento de la conductividad de la solución de Steiner (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) produjo valores significativamente homogéneos en la luminosidad de fruto (40.67 y 42.31) (Cuadro 3). Valores de brillantez estadísticamente similares (39.57 a 42.75) fueron reportados por Cruz-Crespo y Sandoval-Villa (2011) en frutos de ‘Charleston’ producidos con cuatro concentraciones de la solución de Steiner (0, 50, 75 y 100 %). Sin embargo Kim *et al.* (2008) encontraron disminuciones significativas de luminosidad de 72.9 a 70.1 en frutos de jitomate ‘Durinta’ al elevar la conductividad de la solución nutritiva hidropónica a niveles más altos a los evaluados en este trabajo (2.8 a 7.7 dS m⁻¹).

Al comparar entre genotipos (Cuadro 4) se puede observar que la línea H13-26 de fruto amarillo presentó valores de luminosidad significativamente más altos (48.89) que todos los demás genotipos, los cuales exhibieron brillantez estadísticamente similar (38.59 a 42.46). Valores similares de brillantez de entre 33.49 y 45.2 fueron reportados por Preczenhak *et al.* (2014) en 64 genotipos de jitomate cherry de Brasil, siendo el genotipo de fruto color amarillo oro el que presentó el valor más alto. Niveles de luminosidad parcialmente similares (32.5 a 40.7) fueron encontradas por Crisanto-Juárez *et al.* (2010) entre 17 colectas silvestres tipo cherry de Oaxaca, México. Sin embargo, Csambalik *et al.* (2014) encontraron brillantez de fruto más bajas (30.47 y 33.91) en seis genotipos cherry. De acuerdo con Preczenhak *et al.* (2014) para el jitomate cherry el brillo ideal de fruto está entre 38.0 y 40.0, por lo que los genotipos H13-30, H13-31, L-ChNg1 y L-ChNg2 (38.6 a 39.7) presentaron características deseables para este carácter de calidad.

Croma

En cuanto al efecto de la concentración de sales en la solución nutritiva (Cuadro 3), todas las conductividades produjeron valores de croma estadísticamente similares que fluctuaron entre 32.72 y 34.72. Niveles más bajos (21.86 a 22.43) pero estadísticamente similares fueron encontrados por Cruz-Crespo y Sandoval-Villa (2011) en frutos de ‘Charleston’ producidos en invernadero con cuatro concentraciones (0, 50, 75 y 100 %) de la solución de Steiner. Sin embargo, Kim *et al.* (2008) encontraron que incrementar el nivel de la solución nutritiva a rangos más altos a los evaluados en este trabajo (2.8 a 7.7 dS m⁻¹) generaba aumentos significativos en la cromaticidad (31.9 a 34.4) de frutos del cultivar ‘Durinta’. Estos resultados sugieren que aumentar la solución de Steiner hasta 3.0 dS m⁻¹ no genera cambios en la cromaticidad de frutos de jitomate.

Cuadro 4. Rendimiento y calidad física de fruto en siete genotipos de jitomate cherry.

Genotipo	R (kg m ⁻²)	NFR	PPF (g)	L	C	H (° hue)	F (Nmm ⁻¹)
H13-26	3.59b [§]	17.42 b	11.11 c	48.89 a	44.86 a	71.75 a	0.88 c
H13-29	4.79 b	27.27 a	9.48 c	41.22 b	36.38 b	49.87 dc	1.02 c
H13-30	5.17 b	28.22 a	10.10 c	39.77 b	32.17 cb	50.94 c	1.07 bc
H13-31	4.34 b	24.78 a	9.72 c	38.59 b	31.26 cd	49.58 dc	0.98 c
H13-39	9.47 a	13.11 cb	38.35 a	42.46 b	33.67 cb	50.77 c	1.29 ba
L-ChNg1	3.56 b	15.04 cb	12.84 c	38.67 b	30.18 cd	47.76 d	1.34 a
L-ChNg2	3.88 b	10.27 c	20.78 b	39.10 b	26.89 d	53.65 b	1.44 a
DMSH	4.39	6.70	6.66	4.55	4.62	2.52	0.24

R: rendimiento, NFR: número de frutos por racimo, PPF: peso promedio de fruto, L: luminosidad, C: croma, H: ángulo hue, F: firmeza. DMSH: diferencia mínima significativa honesta. [§]Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey (p≤0.05).

Al comparar entre genotipos (Cuadro 4) se encontró que la línea H13-26 de fruto amarillo presentó el valor de croma significativamente más alto (44.86) comparado con los demás materiales (26.9 a 36.4), siendo la línea L-ChNg2 de fruto negro la que tuvo el índice de saturación más bajo. Valores menores de croma entre 16.26 y 29.40 fueron reportados por Preczenhak *et al.* (2014) en 64 genotipos cherry de Brasil, siendo el genotipo de fruto amarillo el que presentó el valor más alto. En este mismo sentido Csambalik *et al.* (2014) encontraron cromas entre 21.12 y 26.09 en seis variedades cherry cultivadas en Turquía. Sin embargo, Ali *et al.* (2004) encontraron valores de croma de 47.63 en frutos rojos maduros de jitomate cherry ‘Coco’ producido en Japón. La cromaticidad define la intensidad del color y de acuerdo con Preczenhak *et al.* (2014) valores cercanos a cero representan colores opacos y combinados, mientras que valores alrededor de 60 representan colores más puros y vivaces. Los frutos cherry evaluados en el presente estudio mostraron intensidades de color superiores a las reportadas para otros materiales de este tipo, por lo que son susceptibles de aprovechamiento comercial o para su uso en la mejora genética.

Angulo hue

La variación de la conductividad de la solución de Steiner (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) no generó diferencias significativas en el ángulo hue (53.75 a 53.21°) de frutos de los siete genotipos de jitomate cherry evaluados (Cuadro 3). Diferencias no significativas para ángulo hue (58.0 a 62.95°) también fueron reportadas por Cruz-Crespo y Sandoval-Villa (2011) en frutos del cultivar ‘Charleston’ producido con tres concentraciones de la solución de Steiner (50, 75 y 100 %). Sin embargo Kim *et al.* (2008) encontraron disminuciones significativas de hue en frutos de ‘Durinta’ (59.7 a 53.5°) al modificar la conductividad de

la solución nutritiva con cloruro de sodio (2.8 a 7.7 dS m⁻¹). Estos resultados sugieren que incrementar la concentración de sales en una solución equilibrada como la de Steiner hasta 3.0 dS m⁻¹ no genera variaciones significativas en la coloración de frutos de jitomate.

Al comparar entre genotipos (Cuadro 4) se observa que los genotipos de fruto rojo presentaron valores estadísticamente similares (49.8 y 50.9°), al igual que entre los de fruto negro (47.7 a 53.6°), mientras que el material H13-26 de fruto amarillo presentó el valor más alto (71.7°). Valores de hue análogos (24.5 a 85.76°) fueron reportados por Preczenhak *et al.* (2014), siendo el genotipo de fruto amarillo el que presentó el valor más alto. En este mismo sentido Csambalik *et al.* (2014) reportaron valores parecidos (44.63 y 58.34°) en seis genotipos cherry de frutos rojos cultivados en Hungría. Ali *et al.* (2004) hallaron valores de ángulo hue de 40.33° en frutos rojos maduros del cultivar cherry ‘Coco’ producido en Japón. De acuerdo con Arias *et al.* (2000) los valores de hue más cercanos a 90° representan el color amarillo puro, valor cercano al observado en la línea H13-26, mientras que valores cercanos a 0° simbolizan tonos fuertes de rojo a rojo puro. Los valores de hue encontrados en los genotipos de fruto rojo en el presente trabajo son más altos que los 35 a 40° usualmente reportados por Cantwell *et al.* (2006) en frutos de un buen color rojo en jitomate, mostrando más bien valores de hue cercanos a la coloración rojo-naranja (48.0°).

Firmeza del fruto

Al analizar el efecto de la solución nutritiva sobre la firmeza del fruto, se encontró un incremento significativo del 14.9 % (1.07 a 1.23 N mm⁻¹) cuando la conductividad pasó de 2.0 a 2.5 dS m⁻¹, siendo no significativo cuando se amplió a 3.0 dS m⁻¹ (Cuadro 3).

Aumentos significativos del 10.8 % (6.9 a 7.8 N mm⁻¹) en la firmeza de frutos de cuatro genotipos cherry también fueron reportados por Juárez-López *et al.* (2013) al elevar la concentración de la solución de Steiner de 50 a 100 %. Estas variaciones en la firmeza de fruto encontrado en los materiales cherry, pudieron ser ocasionadas por el aumento en la concentración de nitrógeno y calcio en la solución nutritiva. Según Wang *et al.* (2007) elevar el contenido de nitrógeno de 2.2 a 9.0 mmol L⁻¹ afectó positivamente la firmeza de fruto de 4.5 a 5.9 kPa en el cultivar cherry ‘Chuanzhu’, disminuyendo (5.5 a 4.8 kPa) a concentraciones de nitrógeno más altas (18.0 y 36.0 mmol L⁻¹). De igual forma Navarro *et al.* (2005) señalan que la aplicación de calcio mejora la firmeza de fruto en ‘Daniella’, parámetro importante que afecta la duración del fruto en almacén.

Al comparar la firmeza de fruto entre genotipos (Cuadro 4) se encontró que las líneas L-ChNg2 y L-ChNg1 de fruto negro y la línea H13-39 de fruto rojo presentaron la mayor firmeza de fruto (1.44, 1.34 y 1.29 N·mm⁻¹, respectivamente), significativamente más alta que las líneas H13-26, H13-29 y H13-31 (0.88 a 1.02 N·mm⁻¹). Estos resultados son inferiores a los niveles de firmeza entre 4.1 y 7.7 N·mm⁻¹ reportados por Juárez-López *et al.* (2009) en ocho genotipos tipo cherry, donde el híbrido presentó el valor más alto; así como a los niveles de firmeza de 5.8 a 9.3 N mm⁻¹ obtenidos por Juárez-López *et al.* (2013) en cuatro genotipos, donde ‘Super Sweet 100’ tuvo el valor más alto comparado con los genotipos nativos. En este mismo sentido Batu (2004) señala que el fruto de jitomate debe tener una firmeza de al menos 1.46 N mm⁻¹ para ser comercializado, por lo que para el grado de madurez en que fueron cortados los frutos analizados en el presente estudio, ninguno de los genotipos cherry evaluados cumplirían con la firmeza requerida para su mercadeo.

Sólidos solubles totales

Alterar la conductividad de la solución de Steiner de 2.0 a 3.0 dS m⁻¹ elevó significativamente el contenido de sólidos solubles totales (SST) de 6.74 a 7.08 °Brix (Cuadro 5). Resultados similares fueron reportados por Juárez-López *et al.* (2013) quienes encontraron aumentos del 5.89 % (8.5 a 9.0 °Brix) en el contenido de SST en frutos de cuatro genotipos cherry al aumentar la concentración de la solución de Steiner de 50 a 100 %. Resultados estadísticamente similares de 7.2 a 7.9, 6.7 a 7.4 y 7.4 a 8.2 °Brix fueron reportados por Elia *et al.* (2001), Conversa *et al.* (2003) y Serio *et al.* (2004) respectivamente en frutos del cultivar ‘Naomi’ al elevar el nivel de sales de la solución nutritiva de 2 a 4, 2 a 4 y de 3 a 6 dS m⁻¹, respectivamente. En este mismo sentido, Feltrin *et al.* (2012) hallaron mejoras lineales significativas del contenido de sólidos solubles totales en frutos de ‘Sweet Million’ (5.8, 6.7, 7.6 y 7.9° Brix) cuando se incrementó la conductividad de la solución nutritiva (1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹, respectivamente).

Al comparar entre genotipos (Cuadro 6) se observó que las líneas H13-31 y H13-30 de fruto rojo presentaron las mayores acumulaciones de SST (8.14 y 7.62 °Brix), superando estadísticamente a los materiales H13-39, L-ChNg2 y H13-26 (5.62, 6.03 y 6.84 °Brix, respectivamente). El contenido de SST en las líneas cherry evaluadas se encontró dentro del rango de 4.1 a 9.5 °Brix reportado por Kavitha *et al.* (2014) en 13 líneas tipo cherry cultivadas en la India y entre los intervalos de 3.8 a 8.9 y 5.8 a 8.0 °Brix obtenidos por Juárez-López *et al.* (2009) y Crisanto-Juárez *et al.* (2010) respectivamente en 17 y 8 genotipos de jitomate cherry nativos de México. En este mismo sentido, Juárez-López *et al.* (2013) hallaron contenidos de 7.3 a 9.0 °Brix en frutos de cuatro genotipos cherry. Contenidos inferiores (4.91 y 4.18 °Brix) fueron respectivamente reportados por

Andreakis *et al.* (2004) y Ceballos-Aguirre y Vallejo-Cabrera (2012) en frutos de ‘Sweet million F₁’ y ‘Faino F₁’, sin embargo Macua *et al.* (2009) obtuvieron valores entre 5.47 y 8.71 °Brix en variedades comerciales de jitomate cherry industrial cultivadas en España.

Cuadro 5. Efecto de la conductividad de la solución nutritiva sobre la calidad química y la capacidad antioxidante de frutos de siete genotipos de jitomate cherry.

Solución (dS m ⁻¹)	SST °Brix	AT (% a. cítrico)	VC (mg 100g ⁻¹)	FT (mg 100g ⁻¹)	CAT (mg 100g ⁻¹)	Li (mg 100g ⁻¹)
2.0	6.74 b [§]	0.46 b	9.05 b	3.36 a	45.96 b	7.89 b
2.5	7.04 ba	0.49 a	13.91 a	3.56 a	53.01 a	9.17 ba
3.0	7.08 a	0.50 a	8.93 b	3.58 a	52.21 a	10.75 a
DMSH	0.31	0.03	1.38	0.29	4.88	2.46

SST: sólidos solubles totales, AT: acidez titulable, VC: vitamina, FT: fenoles totales, CAT: capacidad antioxidante total, Li: licopeno. DMSH: diferencia mínima significativa honesta. [§]Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey (p≤0.05).

Acidez titulable

Elevar la conductividad de la solución nutritiva de 2.0 a 2.5 dS m⁻¹ generó incrementos significativos de 0.46 a 0.49 % de ácido cítrico, siendo estadísticamente similares (0.49 a 0.50 %) cuando pasó de 125 a 150 % (Cuadro 5). Aumentos en acidez (0.70 a 0.73 % de ácido cítrico) también fueron reportadas por Juárez-López *et al.* (2013) en cuatro genotipos de jitomate cherry cuando se aumentó la concentración de la solución de 75 a 100 %. En este mismo sentido Feltrin *et al.* (2012) obtuvieron variaciones significativas de acidez titulable (0.29 a 0.33 mg ácido cítrico 100 g⁻¹) en frutos cherry de ‘Cascade’ cuando la solución pasó de 1.5 a 2.5 dS m⁻¹, siendo estadísticamente similares (0.33 a 0.34 mg ácido cítrico 100 g⁻¹) cuando se incrementó de 2.5 a 3.5 dS m⁻¹. Modificaciones

significativas en el contenido de acidez titulable (0.64 a 0.70 y de 0.61 a 0.89 g de ácido cítrico en 100 mL⁻¹ de jugo) como efecto de la alteración de la conductividad de la solución nutritiva (2 a 4 y de 2 a 6 dS m⁻¹) también fueron reportadas por Conversa *et al.* (2003) y Elia *et al.* (2001) en frutos cherry del cultivar ‘Naomi’, respectivamente.

Al comparar entre variedades (Cuadro 6) se encontró que la línea H13-26 de fruto amarillo presentó un nivel de acidez titulable significativamente superior a los demás genotipos analizados (0.64 %), siendo las líneas L-ChNg1 y L-ChNg2 de fruto negro las de menor contenido (0.35 y 0.34 %, respectivamente). Niveles similares (0.35 a 0.60 % y de 0.34 a 0.52 % de ácido cítrico) fueron reportados por Kavitha *et al.* (2014) y Andreakis *et al.* (2004), respectivamente, en 13 líneas de jitomate cherry cultivadas en la India y en seis genotipos cherry producidos en Italia. Variaciones más altas (0.32 a 1.45 % de ácido cítrico) fueron señaladas por Crisanto-Juárez *et al.* (2010) en 17 colectas de jitomate cherry silvestre y por Ceballos-Aguirre *et al.* (2012) en frutos de 30 accesiones cherry de Colombia (1.04 a 2.44 % de ácido cítrico). En este mismo sentido Murray *et al.* (2004) obtuvieron contenidos de acidez titulable de 1.01 % de ácido cítrico en frutos maduros de jitomate cherry ‘Super sweet’.

Contenido de vitamina C

Modificar la conductividad de la solución de Steiner de 2.0 a 2.5 dS m⁻¹ (Cuadro 5) generó un aumento significativo de 9.05 a 13.91 mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹ de peso fresco, sin embargo, no se obtuvieron cambios significativos cuando la conductividad se incrementó de 2.0 a 3.0 dS m⁻¹. Modificaciones no significativas en el contenido de vitamina C en frutos de cuatro genotipos de jitomate cherry fueron descritas por Juárez-

López *et al.* (2013) cuando utilizaron concentraciones bajas de la solución nutritiva de Steiner (50, 75 y 100 %). En este sentido, Bertoldi *et al.* (2008) no obtuvieron alteraciones significativas en el contenido de ácido ascórbico (16.1 a 28.9 mg 100 g⁻¹) en frutos cherry ‘Mascote’ como efecto del cambio en la conductividad de la solución nutritiva (3.0, 6.0 y 9.0 dS m⁻¹). Sin embargo Elia *et al.* (2001) hallaron que elevar el nivel de sales de 2.0 a 4.0 dS m⁻¹ mejoró un 25.2 % (22.8 a 28.1 mg de ácido ascórbico 100 mL⁻¹ de jugo) la concentración de vitamina de C en frutos del cultivar ‘Naomi’.

Cuadro 6. Calidad química y capacidad antioxidante en siete genotipos de jitomate cherry.

Genotipo	SST °Brix	AT (% a. cítrico)	VC (mg 100g ⁻¹)	FT (mg 100g ⁻¹)	CAT (mg 100g ⁻¹)	Li (mg 100g ⁻¹)
H13-26	6.84 c [§]	0.64 a	14.63 b	4.34 a	58.85 a	1.38 c
H13-29	7.03 bc	0.52 cb	10.56 cd	3.80 bac	57.36 a	9.34 b
H13-30	7.62 ba	0.54 b	12.94 cb	3.75 bc	55.53 a	7.12 b
H13-31	8.14 a	0.53 b	17.60 a	3.84 ba	60.60 a	7.16 b
H13-39	5.62 d	0.46 c	4.09 e	2.57 e	34.75 c	16.54 a
L-ChNg1	7.40 bc	0.35 d	9.13 d	3.26 dc	45.58 b	15.20 a
L-ChNg2	6.03 d	0.34 d	5.43 e	2.94 ed	40.09 cb	8.15 b
DMSH	0.59	0.06	2.67	0.57	9.45	4.77

SST: sólidos solubles totales, AT: acidez titulable, VC: vitamina, FT: fenoles totales, CAT: capacidad antioxidante total, Li: licopeno. DMSH: diferencia mínima significativa honesta. [§]Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey (p≤0.05).

Al comparar entre genotipos (Cuadro 6) se observó que el contenido de vitamina C en la línea H13-31 de fruto rojo pequeño (17.9 mg 100 g⁻¹) fue estadísticamente más alto que en los demás genotipos tipo cherry analizados, siendo los materiales H13-39 y L-ChNg2

de fruto grande los que presentaron los niveles más bajos (4.09 y 5.43 mg 100 g⁻¹). En general, los niveles de vitamina C hallados en el presente estudio fueron similares a los reportados por Adalid *et al.* (2008) (1.5 a 25.7 mg 100 g⁻¹) en 11 accesiones cherry, también análogos a los contenidos de 6.1 a 16.1 mg 100 g⁻¹ descritos por Crisanto-Juárez *et al.* (2010) en 17 muestras de jitomate cherry silvestre y a las concentraciones de 7.4 y 14.4 mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹ de peso fresco descritos por Leiva-Brondo *et al.* (2012) en seis genotipos cherry cultivados en España. Sin embargo, mayores niveles de vitamina C fueron obtenidos por Guil-Guerrero y Rebollosa-Fuentes (2012) y Juárez-López *et al.* (2009) (39.0 a 82.0 y de 37.0 a 65.6 mg 100 g⁻¹ de peso fresco) en dos genotipos cherry cultivados en España y en colectas de este tipo de México, respectivamente.

Contenido de fenoles totales

Incrementar la conductividad de la solución de Steiner (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) no generó diferencias significativas en el contenido de fenoles totales (Cuadro 5). Diferencias no significativas en el nivel de fenoles totales también fueron reportados por Bertoldi *et al.* (2008) (168.1 a 183.2 mg 100 g⁻¹) en frutos de jitomate cherry ‘Mascote’ en los tres niveles de la solución evaluados (3.0, 6.0 y 9.0 dS m⁻¹). A este respecto, Krauss *et al.* (2006) al evaluar el efecto de cuatro niveles de la solución (3.0, 6.5, 10.0 y 13.5 dS m⁻¹), obtuvieron aumentos lineales significativos del contenido de fenoles totales en frutos de ‘Durinta’ (26.8, 28.5, 35.4 y 48.1 mg 100 g⁻¹ respectivamente) al usar los tres niveles de conductividad más altos, mientras que no hubo efectos significativos al usar los dos niveles más bajos. Sin embargo, Kim *et al.* (2008) al evaluar el efecto de dos rangos de concentración de sales en la solución nutritiva (2.4 a 4.9 dS m⁻¹) en frutos de jitomate ‘Durinta’ reportaron un 15 % más de fenoles totales cuando se utilizó el nivel más bajo.

Al comparar entre variedades (Cuadro 6) se observó que la línea H13-26 de fruto amarillo presentó el contenido de fenoles totales más alto (4.34, mg GAE 100 g⁻¹), superiores estadísticamente a el de los genotipos H13-30 y H13-39 de fruto rojo y a las líneas L-ChNg1 y L-ChNg2 de fruto negro (2.57 y 3.75 mg GAE 100 g⁻¹). En este mismo sentido, Noor Atiqah *et al.* (2014) reportaron que un genotipo cherry de fruto amarillo presentó el contenido más alto (5.07 mg GAE g⁻¹) de fenoles totales comparado con el de fruto rojo (4.28 mg GAE g⁻¹). Los contenidos de fenoles totales descritos en este trabajo son menores a los 22.0 a 27.0 y 97.0 a 137.0 mg GAE 100 g⁻¹ de peso fresco obtenidos por George *et al.* (2004) y Lenucci *et al.* (2006), respectivamente, en 3 y 14 diferentes cultivares cherry comerciales. Valores más altos (48.2 a 73.4 mg GAE 100 g⁻¹ de peso fresco) también fueron conseguidos por Kavitha *et al.* (2014) en 13 líneas cherry. Los altos niveles de fenoles totales detectados en genotipos cherry con frutos amarillos, como la línea H13-26, que presentan una baja proporción de alelos silvestres, representa según Boches *et al.* (2011) un recurso útil para el desarrollo de germoplasma de alto contenido fenólico al producir un reducido arrastre de alelos desfavorables para otros rasgos.

Capacidad antioxidante total

Elevar la conductividad de la solución nutritiva de 2.0 a 2.5 dS m⁻¹ generó aumentos significativos del 15.34 % en la capacidad antioxidante total (45.96 a 53.01 mg 100 g⁻¹) (Cuadro 5), mientras que no se observaron cambios significativos (53.01 a 52.21 mg 100 g⁻¹) cuando la solución pasó de 2.5 a 3.0 dS m⁻¹. A este respecto Bertoldi *et al.* (2008) no reportaron diferencias significativas en la actividad antioxidante (508.1 a 627.4 mol TEAC 100 g⁻¹) de frutos de jitomate cherry ‘Mascote’ irrigados con soluciones nutritivas con tres niveles de conductividad (3.0, 6.0 y 9.0 dS m⁻¹). Sin embargo Krauss *et al.* (2006)

obtuvieron incrementos lineales significativos de 26.1, 33.1 y 38.8 mg 100 g⁻¹ de actividad antioxidante en frutos de ‘Durinta’ al aumentar la conductividad de la solución nutritiva de 6.5 a 10.0 y 13.5 dS m⁻¹ respectivamente, mientras que a niveles bajos (3.0 y 6.5 dS m⁻¹) no se presentan incrementos significativos (26.8 y 26.1 mg 100 g⁻¹).

Al analizar la capacidad antioxidante total entre genotipos (Cuadro 6) se encontró que los materiales de fruto pequeño H13-26 color amarillo y H13-29, H13-30 y H13-31 de fruto rojo (58.8, 57.4, 55.5 y 60.6 mg 100 g⁻¹, respectivamente) fueron estadísticamente superiores a los materiales H13-39 (34.7 mg 100 g⁻¹) de fruto grande y a las líneas L-ChNg1 y L-ChNg1 de fruto negro (45.6 y 40.1 mg 100 g⁻¹). Resultados similares fueron reportados por Choi *et al.* (2014) quienes encontraron que el jitomate cherry ‘Sugar Yellow’ de fruto amarillo presentó la actividad antioxidante más alta (379.3 mg/ml) comparado con ‘Black Kiss 20’ de fruto negro que tuvo el valor más bajo (310.9 mg/ml). De igual forma Noor-Atiqah *et al.* (2014) obtuvieron una mayor capacidad antioxidante en un genotipo cherry de fruto amarillo (20.83 %) comparado con el genotipo de fruto color rojo (10.42 %). Capacidades antioxidantes totales similares (28.0 a 54.0 mg ácido ascórbico por 100 g⁻¹ de peso fresco) fueron descritas por Scalfi *et al.* (2000) en 16 genotipos cherry (Corbarini) cultivados en Italia. Sin embargo Kavitha *et al.* (2014) obtuvieron capacidades antioxidantes totales menores (8.83 a 28.56 mg AEAC 100 g⁻¹ de peso fresco) para 13 líneas de jitomate cherry cultivadas en la India.

Contenido de licopeno

Incrementar la conductividad de la solución de Steiner de 2.0 a 3.0 dS m⁻¹ aumentó significativamente el contenido de licopeno de 7.89 a 10.75 mg 100 g⁻¹ dentro de los siete

genotipos de jitomate cherry evaluados (Cuadro 5). Variaciones significativas en los niveles de licopeno (42.0, 46.1 y 49.4 mg 100 g⁻¹ de peso fresco) también fueron reportadas por Juárez-López *et al.* (2013) en frutos de cuatro genotipos cherry al elevar la concentración de la solución de Steiner (50, 75 y 100 %, respectivamente). En este mismo sentido Feltrin *et al.* (2012) encontraron modificaciones significativas de licopeno de 5.5, 6.0, 5.8, 6.8 y 7.3 mg 100 g⁻¹ en frutos cherry de ‘Sweet Million’ cuando se utilizaron soluciones nutritivas con conductividades de 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 y 3.5 dS m⁻¹, respectivamente. Sin embargo, Serio *et al.* (2004) y Bertoldi *et al.* (2008) reportaron que cambiar el nivel de la solución de 3.0 a 6.0 y de 3.0 a 9.0 dS m⁻¹ respectivamente, no generó variaciones significativas (4.9 a 5.5 y 9.5 a 10.9 mg 100 g⁻¹) en el contenido de licopeno en frutos cherry. Estos resultados muestran que la variación de la conductividad de la solución nutritiva generalmente modifica el contenido de licopeno en jitomate cherry, sin embargo, el grado de respuesta está en función del genotipo utilizado.

Al comparar entre genotipos (Cuadro 6) se encontró que la línea H13-39 de fruto rojo y el material L-ChNg1 de fruto negro (16.54 y 15.20 mg 100 g⁻¹, respectivamente), presentaron estadísticamente las mayores concentraciones de licopeno, siendo la línea H13-26 de fruto color amarillo la que mostró el nivel más bajo (1.38 mg 100 g⁻¹). Nulos contenidos de licopeno fueron reportados por Choi *et al.* (2014) en jitomates cherry de fruto verde y amarillo, no así en ‘Black Kiss 20’ de fruto negro y los materiales de fruto rojo cuyos valores oscilaron entre 26.1 a 76.7 mg 100 g⁻¹ de peso seco. En este mismo sentido Adalid *et al.* (2010) reportaron que los materiales cherry de fruto amarillo tuvieron las menores concentraciones de licopeno (0.07 a 0.14 mg 100 g⁻¹) mientras que los contenidos más altos (10.2 a 11.7 mg 100 g⁻¹) fueron observados en los genotipos de fruto

de color rosa y rojo. La variación de licopeno reportada en el presente estudio se encontró dentro de los rangos (2.8 a 35.0, 7.0 a 28.2 y de 1.8 a 15.1 mg 100 g⁻¹ de peso fresco) obtenidos por Guil-Guerrero y Reboloso-Fuentes (2009), Crisanto-Juárez *et al.* (2010) y Kavitha *et al.* (2014), respectivamente, para 13 líneas cherry cultivados en la India, 17 genotipos silvestres de México y dos cultivares cherry producidos en España; así como a los 4.3 a 12.0 mg 100 g⁻¹ de peso fresco reportados por Lenucci *et al.* (2006) en 14 cultivares comerciales cherry de España. Las líneas experimentales H13-39 de fruto rojo y L-ChNg1 de fruto negro evaluados en este trabajo presentan altos contenidos de licopeno, por lo que pueden ser utilizados como donadores genéticos en los programas de mejoramiento enfocados a la obtención de genotipos de jitomate cherry con altos niveles de licopeno.

Análisis de correlación

El análisis de correlación (Cuadro 3A) mostró asociaciones lineales significativas ($p \leq 0.05$) entre gran cantidad de pares de variables. De acuerdo con los intervalos del coeficiente de correlación de Pearson descritos por Hernández-Sampieri (2006) se presentaron correlaciones negativas medias ($-0.50 \geq r \geq -0.74$) entre el peso promedio de fruto y las variables número de frutos por racimo (-0.52), sólidos solubles totales (-0.60), contenido de vitamina C (-0.53), fenoles totales (-0.60) y capacidad antioxidante total (-0.65); estos resultados sugieren que a mayor peso de fruto disminuye la calidad química de fruto. En este mismo sentido, se encontraron correlaciones negativas medias entre firmeza de fruto y acidez titulable (-0.51), entre fenoles totales y licopeno (-0.50) y entre ángulo hue y licopeno (-0.52). Según Cantwell *et al.* (2006) a menor ángulo hue

corresponde una coloración más roja, la cual a su vez se ha sido asociada a un mayor contenido de licopeno (Zapata *et al.*, 2007)

Correlaciones positivas ($0.50 \leq r \leq 0.74$) entre las variables físicas evaluadas (Cuadro 3A) fueron encontradas entre el peso promedio y la firmeza de fruto (0.5), luminosidad y croma (0.62), luminosidad y ángulo hue (0.62) y entre croma y ángulo hue (0.64). En cuanto a las variables químicas se encontraron asociaciones medias entre los sólidos solubles totales y la acidez titulable (0.57), acidez titulable y vitamina C (0.51), acidez titulable y fenoles totales (0.61), vitamina C y fenoles totales (0.58), sólidos solubles totales y capacidad antioxidante total (0.56), acidez titulable y capacidad antioxidante total (0.56) y entre el contenido de vitamina C y capacidad antioxidante total (0.6).

Coeficientes fuertes de correlación positivos ($0.75 \leq r \leq 0.90$) fueron encontrados entre el peso promedio de fruto y el rendimiento (0.76) indicando que a mayor peso de fruto corresponde un mayor rendimiento por planta (Cuadro 3A). Correlaciones fuertes también se obtuvieron entre el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante total (0.84), lo que indica un alto grado de asociación entre la capacidad antioxidante total y el contenido de fenoles totales. Estos resultados concuerdan con los reportados por Krauss *et al.* (2006) quienes obtuvieron correlaciones positivas entre un mayor contenido de compuestos fenólicos y una mayor capacidad antioxidante en jitomate.

CONCLUSIONES

Aumentar la conductividad de la solución nutritiva de Steiner (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) no generó variaciones significativas en el rendimiento, número de frutos por racimo y peso promedio de fruto, luminosidad, croma, ángulo hue y en el contenido de fenoles totales;

mientras que las variables firmeza de fruto (1.07 a 1.23 N mm⁻¹), sólidos solubles totales (6.74 a 7.08 °Brix), acidez titulable (0.46 a 0.50 % ácido cítrico), contenido de vitamina C (9.05 a 13.91 mg 100 g⁻¹), capacidad antioxidante total (45.96 a 52.21 mg 100 g⁻¹) y contenido de licopeno (7.89 a 10.75 mg 100 g⁻¹) se incrementaron de manera significativa.

La línea H13-39 presentó el mayor rendimiento por m² asociada a su mayor tamaño de fruto. En las variables de color (luminosidad, croma y ángulo hue) destacó la línea H13-26 de fruto amarillo, mientras que para firmeza de fruto sobresalieron las líneas de fruto negro (L-ChNg1 y L-ChNg1). Para los sólidos solubles totales y acidez titulable sobresalen las líneas H13-31 y H13-26, respectivamente. En cuanto a la capacidad antioxidante, la línea H13-31 tuvo el mayor contenido de vitamina C, mientras que las líneas H13-26, H13-29, H13-30 y H13-31 fueron mejores en el contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante total, finalmente los genotipos H13-29 y L-ChNg1 presentaron los mayores contenidos de licopeno.

LITERATURA CITADA

- Adalid, A. M., S. Roselló, and F. Nuez. 2010. Evaluation and selection of tomato accessions (*Solanum* section *Lycopersicon*) for content of lycopene, β -carotene and ascorbic acid. *Journal of Food Composition and Analysis* 23(6): 613-618.
- Adalid, A.M.; S. Roselló, J. Cebolla-Cornejo, and Nuez, F. 2008. Evaluation and selection of *Lycopersicon* accessions for high carotenoid and vitamin C content. *Acta Horticulturae* 789: 221-227.
- Ali, M. S., K. Nakano, and S. Maezaw. 2004. Combined effect of heat treatment and modified atmosphere packaging on the color development of cherry tomato. *Postharvest Biology and Technology* 34(1): 113-116.

- Andreakis, N., I. Giordano, A. Pentangelo, V. Fogliano, G. Graziani, L. M. Monti, and R. Rao. 2004. DNA fingerprinting and quality traits of corbarino cherry-like tomato landraces. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52(11): 3366-3371.
- Arias R, T. C. Lee, L. Logendra, and H. Janes. 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. *Journal Agriculture Food Chemical* 48: 1697-1702.
- Bai, Y., and P. Lindhout. 2007. Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future? *Annals of Botany* 100: 1085-1094.
- Bertoldi, F. C., E. S. Sant'Anna, J. L. Barcelos-Oliveira, and R. Simoni. 2008. Antioxidant properties of hydroponic cherry tomato cultivated in desalinized wastewater. *Acta Horticulturae* 843: 197-202.
- Binoy, G., C. Kaur, D. S. Khudiya, and H. C. Kapoor. 2004. Antioxidants in tomato (*Lycopersicon esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry* 84: 45-51.
- Boada Higuera, M. Y., J. L. Mejía Ramírez, N. Ceballos Aguirre, y F. J. Orozco. 2010. Evaluación agronómica de treinta introducciones de jitomate silvestre tipo cereza (*Solanum lycopersicum* L.). *Agronomía* 18(2): 59-67.
- Boches, P., B. Peterschmidt, and J. R. Myers. 2011. Evaluation of a subset of the *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* core collection for horticultural quality and fruit phenolic content. *HortScience* 46(11): 1450-1455.
- Buck, J. S., C. Kubota, and M. Jensen. 2008. Effect of mid-day reduction of high electrical conductivity treatment on the yield and quality of greenhouse cherry tomato. *HortTechnology* 18(3): 460-466.
- Carrillo-Rodríguez, J. C., y J. L. Chávez-Servia. 2010. Caracterización agromorfológica de muestras de jitomate de Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(4): 1-6.
- Carrillo-Rodríguez, J. C., H. López-Mendoza, J. L. Chávez-Servia, E. Rodríguez-Guzmán, P. Sánchez-Peña, and R. Lobato-Ortiz. 2012. Phenotypic divergence on growth and productivity of wild and semi-domesticated cherry tomato grown under greenhouse conditions. *Acta Horticulturae* 947: 375-380.

- Ceballos-Aguirre, N., F. A. Vallejo-Cabrera, y N. Arango-Arango. 2012. Evaluación del contenido de antioxidantes en introducciones de jitomate tipo cereza (*Solanum* spp.). *Acta Agronómica* 61(3): 230-238.
- Ceballos-Aguirre, N., and F. A. Vallejo Cabrera. 2012. Evaluating the fruit production and quality of cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 65(2): 6593-6604.
- Conversa, G., P. Santamaria, O. Carofiglio, M. Gonnella, and A. Parente. 2003. Response of cherry tomato to the electrical conductivity of the nutrient solution. *Acta Horticulturae* 609: 159-164.
- Crisanto-Juárez, A. U., A. M. Vera-Guzmán, J. L. Chávez-Servia, y J. C. Carrillo-Rodríguez. 2010. Calidad de frutos de jitomates silvestres (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* Dunal). *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(4): 7-13.
- Cruz-Crespo, E., and M. Sandoval-Villa. 2011. Effect of the nutrient solution concentration and substrates mixture on the quality of tomato. *Acta Horticulturae* 947: 197-202.
- Csambalik, L., A. Divéky-Ertsey, Z. Pap, C. Orbán, M. M. Stégerné, A. Gere, E. Stefanovits-Bányai, and L. Sipos. 2014. Coherences of instrumental and sensory characteristics: case on cherry tomatoes. *Journal of Food Science* 79(11): 2192-2202.
- Elia, A., F. Serio, A. Parente, P. Santamaria, and G. Ruiz Rodriguez. 2000. Electrical conductivity of nutrient solution, plant growth and fruit quality of soilless grown tomato. *Acta Horticulturae* 559: 503-508.
- Feltrin, V. P., F. C. Bertoldi, M. Shibata, V. M. Rizelio, J. L. Barcelos-Oliveira, and E. S. Sant'Anna. 2011. The ionic concentration influences of nutrient solutions on the physico-chemical characteristics and productivity of two cherry tomato cultivars cultivated in NFT hydroponic system. *Acta Horticulturae* 947: 269-276.
- Fernandes, C., J. E. Corá, and L.T. Braz. 2007. Classificação de jitomate-cereja em função do tamanho e peso dos frutos. *Horticultura Brasileira* 25: 275-278.
- George, B., C. Kaur, D. S. Khurdiya, and H. C. Kapoor. 2004. Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry* 84(1): 45-51.

- Guil-Guerrero, J. L., and M. M. Reboloso-Fuentes. 2009. Nutrient composition and antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon esculentum*) varieties. *Journal of Food Composition and Analysis* 22(2): 123-129.
- Hernández-Sampieri, R., C. Fernández-Collado, and P. Baptista-Lucio. 2006. *Metodología de la Investigación* (4^a ed.). México: McGraw - Hill. p: 453.
- Juárez-López, P., R. Castro-Brindis, T. Colinas-León, P. Ramírez-Vallejo, M. Sandoval-Villa, D. W. Reed, L. Cisneros-Zevallos, y S. King. 2009. Evaluación de calidad de frutos de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). *Revista Chapingo Serie horticultura* 15(2): 5-9.
- Juárez-López, P., R. Medina-Torres, E. Cruz-Crespo, D. W. Reed, M. Kent, L. Cisneros-Zevallos, and P. Ramírez-Vallejo. 2013. Effect of electrical conductivity of the nutrient solution on fruit quality of three native tomato genotypes (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). *Acta Horticulturae* 1034: 505-508.
- Kavitha, P., K. S. Shivashankara, V. K. Rao, A. T. Sadashiva, K. V. Ravishankar, and G. J. Sathish. 2014. Genotypic variability for antioxidant and quality parameters among tomato cultivars, hybrids, cherry tomatoes and wild species. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 94(5): 993-999.
- Kim, H.J., J. M. Fonseca, C. Kubota, M. Kroggel, and J. H. Choi. 2008. Quality of fresh-cut tomatoes as affected by salt content in irrigation water and post-processing ultraviolet-C treatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88:1969–1974.
- Krauss, S., W. H. Schnitzler, J. Grassmann, and M. Voitke. 2006. Fruit quality characteristics of tomatoes at different EC values in a simplified recirculating soilless system. *Acta Horticulturae* 747: 457-463.
- Kuti, J. O., and H. B. Konuru. 2005. Effects of genotype and cultivation environment on lycopene content in red-ripe tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85: 2021-2026.
- Leiva-Brondo, M., M. Valcárcel, C. Cortés-Olmos, S. Roselló, J. Cebolla-Cornejo, and F. Nuez. 2012. Exploring alternative germplasm for the development of stable high vitamin C content in tomato varieties. *Scientia Horticulturae* 133: 84-88.

- Lenucci, M. S., D. Cadinu, M. Taurino, G. Piro, and G. Dalessandro. 2006. Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(7): 2606-2613.
- Leonardi, C., P. Ambrosino, F. Esposito, and V. Fogliano. 2000. Antioxidative activity and carotenoid and tomatine contents in different typologies of fresh consumption tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48(10): 4723-4727.
- Macua, J., I. Lahoz, A. Santos, J. Zabaleta, y C. F. Calvillo. 2009. Jitomate de industria: variedades de jitomate tipo cherry o cereza para cosecha única. *Navarra Agraria* 172: 14-20.
- Macua, J., I. Lahoz, J. Garnica, S. Calvillo, J. Zúñiga, y A. Santos. 2008. Otras variedades de jitomate campaña 2008. *Navarra Agraria* 166: 7-14.
- Murray, R., C. Lucangeli, G. Polenta, y C. Budde. 2004. Calidad de jitomate cereza cosechado en tres estados de madurez. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Producción vegetal. pp: 47.
- Navarro, J. M., P. Flores, M. Carvajal, and V. Martínez. 2005. Changes in quality and yield of tomato fruit with ammonium, bicarbonate and calcium fertilisation under saline conditions. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 80(3): 351-357.
- Noor-Atiqah, A. A. K., A. M. Maisarah, and R. Asmah. 2014. Comparison of antioxidant properties of tamarillo (*Cyphomandra betacea*), cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) and tomato (*Lycopersicon esculentum*). *International Food Research Journal* 21(6): 2355-2362.
- Passam, H. C., I. C. Karapanos, P. J. Bebeli, and D. Savvas. 2007. A review of recent research on tomato nutrition, breeding and post-harvest technology with reference to fruit quality. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology* 1(1): 1-21.
- Pratta, G., R. Zorzoli, y L. A. Picardi. 2000. Interacciones genéticas entre germoplasma silvestre y cultivado de *Lycopersicon spp.*, con efectos sobre la calidad del fruto de jitomate. *Plant Genetics Resources Newsletter* 124: 7-12.
- Preczenhak, A. P., J. T. Resende, R. R. Chagas, P. R. Silva, K. Schwarz, y R. G. Morales. 2014. Caracterização agrônômica de genótipos de minitomate. *Horticultura Brasileira* 32(3): 348-356.

- Raffo, A., M. Salucci, E. Azzini, A. Bertone, G. Quaglia, V. Fogliano, G. Graziani, and G. La-Malfa. 2003. Nutritional characteristics of greenhouse cherry tomatoes. *Acta Horticulturae* 614: 681-686.
- Ranc, N., S. Muños, S. Santoni, and M. Causse. 2008. A clarified position for *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* in the evolutionary history of tomatoes (*solanaceae*). *BMC Plant Biology* 8(1): 1-16.
- Rodríguez, E., D. Vargas, J. J. Sánchez, R. Lepiz, A. Rodríguez, J.A. Ruiz, P. Puente, y R. Miranda. 2009. Etnobotánica de *Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme* en el Occidente de México. *Naturaleza y Desarrollo* 7: 46-59.
- Scalfi, L., V. Fogliano, A. Pentangelo, G. Graziani, I. Giordano, and A. Ritieni. 2000. Antioxidant activity and general fruit characteristics in different ecotypes of Corbarini small tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48(4): 1363-1366.
- Serio, F., L. D. Gara, S. Caretto, L. Leo, and P. Santamaria. 2004. Influence of an increased NaCl concentration on yield and quality of cherry tomato grown in posidonia (*Posidonia oceanica* L Delile). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84(14): 1885-1890.
- Statistical Analysis System (SAS). 2002. SAS/STAT users guide: Statics, Ver. 9.00. SAS Institute Inc. Cary, North Caroline, USA, p: 1503.
- Steiner A. A. 1984. The universal nutrient solution, In: *Proceedings 6th International Congress on Soilles Culture*. Wageningen, The Netherlands. pp: 633-650.
- United Fresh Fruit and Vegetable Association (UFFVA). 1975. Color classification requirements in US standards for grades of fresh tomatoes. UFFVA-U.S.D.A. Agricultural Marketing Service Fruit and Vegetable. USA.
- Wang, Y. T., S. W. Huang, R. L. Liu, and J. Y. Jin. 2007. Effects of nitrogen application on flavor compounds of cherry tomato fruits. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 170(4): 461-468.

**IV. EFECTO DE LA CONDUCTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN
NUTRITIVA EN EL RENDIMIENTO, CALIDAD FISICOQUÍMICA Y
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE FRUTO EN JITOMATE BOLA Y
SILVESTRE**

RESUMEN

La evaluación pre y postcosecha permite identificar genotipos sobresalientes, además del efecto de un determinado tratamiento en la calidad de fruto. Con este objeto, se evaluó el rendimiento y la calidad fisicoquímica de siete genotipos de jitomate bola y cuatro selecciones silvestres tipo riñón, así como su respuesta a la modificación de la conductividad eléctrica de la solución de Steiner (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹). Las plantas se cultivaron en invernadero en un sistema hidropónico con sustrato de tezontle, bajo un diseño de bloques al azar. Para la evaluación postcosecha, se cortaron frutos entre el primero y quinto racimo en estado de madurez 6, se utilizaron cuatro repeticiones siendo la unidad experimental un fruto. Los materiales bola presentaron valores más altos para el peso promedio de fruto, luminosidad, croma, ángulo hue y firmeza, mientras que las selecciones silvestres arriñonadas presentaron mejores niveles de sólidos solubles totales, acidez titulable, vitamina C, fenoles totales, licopeno y capacidad antioxidante total. Aumentar la conductividad eléctrica de la solución nutritiva redujo significativamente el peso promedio de fruto e incrementó estadísticamente los valores de ángulo hue, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable, contenido de vitamina C y capacidad antioxidante total en ambos tipos de frutos. Las líneas experimentales tipo bola evaluadas presentan buenas características agronómicas y de calidad física de fruto por lo que pueden ser utilizadas a nivel productivo, mientras que las selecciones silvestres pueden ser una buena alternativa genética para el mejoramiento de la calidad química de fruto, principalmente aquellos genotipos que presentan bajos niveles de arrastre de genes desfavorables para rendimiento y calidad física.

Palabras clave: jitomate tipo riñón, solución Steiner, vitamina C, fenoles totales.

ABSTRACT

Pre and post-harvest evaluations allow the identification of outstanding genotypes, and the effects of specific treatments on fruit quality. In this study, yield and physicochemical quality of seven round tomato genotypes and four wild selections of kidney type fruit were evaluated, in addition to response to increased electrical conductivity of the Steiner solution (2.0, 2.5 and 3.0 dS m⁻¹). Tomato plants were cultivated in greenhouse conditions using a hydroponic system with tezontle substrate under a randomized complete block design. For post-harvest evaluation, fruits between the first and fifth cluster were harvested in a mature state 6, four repetitions were used, where one fruits was the experimental unit. The round tomatoes had higher values for average fruit weight, luminosity, chroma, hue angle, and firmness; while wild kidney selections had higher levels of total soluble solids, titratable acidity, vitamin C, total phenols, lycopene, and total antioxidant capacity. Increases on electrical conductivity of nutrient solution, significantly reduced average fruit weight and increase hue angle, firmness, total soluble solids, titratable acidity, vitamin C content, and total antioxidant capacity in both round and kidney tomatoes. Round experimental tomato lines evaluated in this study presented good agronomic characteristics, and fruit physical quality so they can be used in commercial production, while wild kidney selections could be a good alternative for the genetic improvement of chemical quality of tomato fruit, especially those genotypes that have low contents of unfavorable genes for yield and physical fruit quality.

Key words: wild kidney tomato, Steiner solution, vitamin C content, total phenols.

INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) debido a la amplia versatilidad de usos que tiene en la alimentación humana, ya sea como consumo en fresco o como alimento procesado, constituye uno de los productos agrícolas más ampliamente cultivados y demandados a nivel mundial. En México, gracias al desarrollo tecnológico de la agricultura protegida y al uso de híbridos con alto potencial de rendimiento, entre 1980 y 2010 la superficie cultivada se redujo 24 %, mientras que la producción y el rendimiento se incrementaron 45 y 90 %, respectivamente (Magaña-Lira *et al.*, 2013).

El desarrollo de sistemas intensivos de producción en jitomate ha generado la importación de grandes volúmenes de semilla, ya que los híbridos que se cultivan actualmente son producidos por pocas empresas transnacionales, por lo cual no están siempre disponibles, son caros y a veces inaccesibles para los pequeños productores. La generación de líneas e híbridos experimentales así como la búsqueda de materiales silvestres sobresalientes en los programas de mejoramiento genético puede ser una buena alternativa para la generación de materiales locales tanto para mercados regionales como nacionales.

De acuerdo con Nuez *et al.* (1999) existen grandes acervos de jitomate en Centro y Sudamérica donde son ampliamente cultivados, siendo las variedades autóctonas tipo riñón casi exclusivamente de uso regional. En algunas regiones de México (Puebla y Oaxaca), los materiales nativos conocidos como “arriñonados”, se usan ampliamente y son cultivados para autoconsumo y en la comercialización local (Bonilla-Barrientos *et al.*, 2014). Los genotipos silvestres presentan buenos niveles sólidos solubles totales, acidez titulable, contenido de vitamina C (Méndez *et al.*, 2011; Vera-Guzmán *et al.*, 2011),

fenoles totales, capacidad antioxidante y licopeno (Kavitha *et al.*, 2014). Por lo que han sido utilizados para aumentar la calidad nutritiva de fruto (Pratta *et al.*, 2000).

En todos los programas de mejoramiento se requiere conocer las características genéticas de las poblaciones, así como las variaciones por efectos ambientales (Gaspar-Peralta *et al.*, 2012). Se ha detectado que algunas prácticas agronómicas pueden favorecer la calidad en jitomate, siendo la modificación de la concentración nutrimental una de las que más puede alterar el rendimiento y las características físicas del fruto (Al-Yahyai *et al.*, 2010; Flores-González, 2011), así como en la calidad química y la capacidad antioxidante (Krauss *et al.*, 2006; Urrieta-Velázquez *et al.*, 2008; Schnitzler y Krauss, 2010). El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar los efectos de la forma de fruto en el rendimiento, la calidad fisicoquímica y la capacidad antioxidante de siete genotipos de jitomate bola y cuatro selecciones silvestres tipo riñón, así como su respuesta al incremento en la conductividad eléctrica de la solución de Steiner (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un invernadero del Campo Experimental San Martín en la Universidad Autónoma Chapingo, en el Estado de México, con coordenadas geográficas 19° 29' de latitud norte y 98° 53' de longitud oeste y una altitud de 2,240 msnm.

Material vegetal

En los materiales tipo bola se utilizó el híbrido ‘Susan’ y las líneas experimentales L-51H, L-52, L-43H, L-28, L-76H, H13-33 mientras que como materiales silvestres arriñonados se utilizaron las selecciones SS1, SS3, SS4 Y SS5.

Solución nutritiva

Durante el desarrollo del cultivo, la nutrición de las plantas se realizó con la solución de Steiner complementada con micronutrientes al 100, 125 y 150 % de su concentración que representan una conductividad eléctrica de 2.0, 2.5 and 3.0 dS m⁻¹ respectivamente (Steiner, 1984); el volumen de riego aplicado diariamente fue de 0.3 a 2.5 litros por planta, dependiendo de la etapa de crecimiento (Cuadro 1A).

Manejo del experimento

Los aspectos relacionados con el manejo de experimento y muestreo de frutos se describen en el capítulo I, “Efecto de la conductividad de la solución nutritiva en el rendimiento, calidad fisicoquímica y capacidad antioxidante de fruto en jitomate saladette”.

Unidad y diseño experimental

Se estableció un diseño factorial (3 x 11) completamente al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron tres niveles de conductividad eléctrica (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) con la solución nutritiva Steiner (1984) en combinación con 11 genotipos (siete tipo bola y cuatro selecciones silvestres), obteniendo un total de 132 unidades experimentales. La unidad experimental consistió de dos bolsas de tezontle con una planta de jitomate por bolsa.

Variables evaluadas

La metodología utilizada para la medición de las variables evaluadas se describe en el capítulo I, “Efecto de la conductividad de la solución nutritiva en el rendimiento, calidad físicoquímica y capacidad antioxidante de fruto en jitomate saladette”.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de jitomates tipo bola y las selecciones silvestres fueron sometidos a análisis de varianza y pruebas de comparación de medias (por el método de Tukey $P \leq 0.05$), independientes. Se empleó el paquete de análisis estadístico SAS[®] (Statistical Analysis System, ver. 9.0) (SAS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza en jitomate bola

Según los cuadrados medios y las significancias estadísticas obtenidas del análisis de varianza para los materiales de jitomate bola evaluados (Cuadro 1), los resultados indican que para la fuente de variación nutrición, hubo diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tres niveles evaluados solamente en las variables ángulo hue y acidez titulable, siendo no significativas para el resto de las variables. Sin embargo, en la fuente de variación genotipo, se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en todas las variables evaluadas.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables evaluadas en frutos de siete genotipos de jitomate bola.

FV	GL	R	NFR	PPF	L	C	H	F
Nutrición (N)	2	5.370	1.144	1169.048	3.115	43.426	16.542*	0.090
Genotipo (G)	6	52.305**	23.503**	44476.364**	31.588**	117.067**	61.954**	0.707**
N*G	12	9.721*	0.656	927.156	6.151*	28.476	17.102**	0.255**
Error	60	4.591	0.583	621.437	3.113	30.610	3.902	0.093
CV (%)		14.864	18.305	12.043	4.059	13.139	4.101	18.567
Media		14.416	4.170	206.991	43.469	42.108	48.165	1.646
FV	GL	SST	AT	VC	FT	CAT	Li	
Nutrición (N)	2	0.041	0.004*	1.059	0.142	14.448	17.214	
Genotipo (G)	6	2.903**	0.012**	12.607**	1.034**	189.581**	104.428**	
N*G	12	0.616**	0.004**	9.021**	0.219*	20.267	90.314**	
Error	60	0.178	0.0008	1.177	0.103	25.989	28.975	
CV (%)		11.368	8.112	35.000	12.140	15.250	32.945	
Media		3.709	0.348	3.808	2.643	33.429	16.339	

FV: fuente de variación, GL: grados de libertad, CV: coeficiente de variación, R: rendimiento, NFR: número de frutos por racimo, PPF: peso promedio de fruto, L: luminosidad, C: croma, H: ángulo hue, F: firmeza, SST: sólidos solubles totales, AT: acidez titulable, VC: vitamina, FT: fenoles totales, CAT: capacidad antioxidante total, Li: licopeno. *, **: Significativo al 5 % ($p \leq 0.05$) y 1 % ($p \leq 0.01$), respectivamente.

Efecto de la conductividad de la solución nutritiva en jitomate bola

Aumentar la conductividad de la solución nutritiva (2.0. 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) no afectó significativamente el rendimiento (13.83 a 14.74 kg m⁻²), número de frutos por racimo (3.99 a 4.43) y el peso promedio de fruto (200.15 a 214.95 g) en los genotipos bola evaluados (Cuadro 2). A este respecto, Valenzuela López *et al.* (2014) hallaron rendimientos estadísticamente similares (14.49 a 14.99 kg m⁻²) al utilizar concentraciones más bajas de 50 a 100 % de la solución de Steiner (1.0 a 2.0 dS m⁻¹), mientras que Leonardi *et al.* (2004) y Al-Yahyai *et al.* (2010) reportaron reducciones del rendimiento, peso promedio y numero de frutos cuando la conductividad de la solución nutritiva fue

modificada a niveles más altos de los evaluados en el presente estudio (4.5 a 8.6 y de 6.0 a 9.0 dS m⁻¹, respectivamente). Estos resultados sugieren que utilizar soluciones nutritivas con baja conductividad (menores a 2.0 dS m⁻¹), pueden mejorar el rendimiento en jitomate bajo invernadero; sin embargo, utilizar niveles superiores a 3.0 dS m⁻¹ puede afectar negativamente este parámetro agronómico.

Cuadro 2. Efecto de la conductividad de la solución nutritiva en los componentes del rendimiento, calidad fisicoquímica y capacidad antioxidante de fruto en jitomate bola.

Conductividad (dS m ⁻¹)	R (kg m ⁻²)	NFR	PPF (g)	L	C	H (° hue)	F (Nmm ⁻¹)
2.0	14.67 a	4.09 a	214.95 a	43.12 a	40.86 a	47.69 b	1.62 a
2.5	14.74 a	4.43 a	200.15 a	43.78 a	43.35 a	49.05 a	1.61 a
3.0	13.83 a	3.99 a	205.88 a	43.51 a	42.11 a	47.75 b	1.71 a
DMSH	1.609	0.573	18.725	1.133	3.553	1.268	0.196
	SST	AT	VC	FT	CAT	Li	
(dS m ⁻¹)	°Brix	(% a. cítrico)	(mg 100g ⁻¹)	(mg 100g ⁻¹)	(mg 100g ⁻¹)	(mg 100g ⁻¹)	
2.0	3.67 a	0.34 b	3.95 a	2.67 a	33.24 a	16.09 a	
2.5	3.72 a	0.35 ba	3.59 a	2.56 a	32.83 a	15.71 a	
3.0	3.74 a	0.36 a	3.88 a	2.70 a	34.22 a	17.22 a	
DMSH	0.271	0.018	0.856	0.206	3.274	3.457	

R: rendimiento, NFR: número de frutos por racimo, PPF: peso promedio de fruto, L: luminosidad, C: croma, H: ángulo hue, F: firmeza, SST: sólidos solubles totales, AT: acidez titulable, VC: vitamina, FT: fenoles totales, CAT: capacidad antioxidante total, Li: licopeno. DMSH: diferencia mínima significativa honesta. §Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey (p≤0.05).

Modificar la conductividad de la solución nutritiva (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) produjo similar respuesta estadística en los valores de luminosidad (43.12 a 43.78), croma (40.86 a 43.35) y firmeza (1.61 a 1.71 N mm⁻¹) en frutos de jitomate bola; sin embargo, la variable ángulo

hue aumentó significativamente (47.69° a 49.05°) al elevar la conductividad de la solución nutritiva de 2.0 a 2.5 dS m⁻¹ (Cuadro 2). Valores estadísticamente similares de brillantez de fruto (39.57 a 42.75), croma (21.86 y 22.43) y ángulo hue (58.0 a 62.95) fueron reportados por Cruz-Crespo y Sandoval-Villa (2012) en frutos de jitomate producidos con concentraciones más bajas de la solución de Steiner (50, 75 y 100 %). El incremento de los valores de hue en frutos de jitomate puede estar asociado a una disminución de la coloración roja que va de una coloración rojo brillante (41.3°) hacia el color rojo anaranjado (48.0°) (Cantwell *et al.*, 2006).

Elevar la conductividad de la solución nutritiva de Steiner (2.0 a 3.0 dS m⁻¹) no modificó significativamente la variable sólidos solubles totales (3.67 a 3.74 °Brix), sin embargo generó incrementos significativos (0.34 a 0.36 %) de acidez titulable (Cuadro 2). Aumentos lineales de acidez titulable del 9.4 % fueron reportados por Campos *et al.* (2006) al evaluar cinco niveles de conductividad de la solución nutritiva (1, 2, 3, 4, y 5 dS m⁻¹), mientras que Schnitzler y Krauss (2010) al emplear niveles más altos de conductividad (3.0 a 6.5, 10 y 13.5 dS m⁻¹) encontraron mayores aumentos de ácido cítrico en frutos de jitomate (10.7, 52.2 y 78.3 %). Según Marschner (2003) el potasio afecta al mecanismo de balance de carga catión-anión que tiene lugar cuando el potasio es transportado sin un anión acompañante hacia el interior del citoplasma, favoreciendo el contenido de acidez en frutos de esta especie, lo cual pudo influenciar el incremento de acidez en frutos de los siete genotipos de jitomate bola evaluados.

Elevar la conductividad de la solución nutritiva (2.0 a 3.0 dS m⁻¹) no modificó significativamente el contenido de vitamina C (3.59 a 3.95 mg 100 g⁻¹), contenido de fenoles totales (2.56 a 2.70 mg 100 g⁻¹), capacidad antioxidante total (32.83 a 34.22 mg

100 g⁻¹) y concentración de licopeno (16.98 a 18.70 mg 100 g⁻¹) en frutos de los genotipos de jitomate bola evaluados (Cuadro 2). Sin embargo, Krauss *et al.* (2006) y Schnitzler y Krauss (2010) al emplear conductividades mayores en la solución nutritiva (6.5, 10 y 13.5 dS m⁻¹) reportaron aumentos significativos en el contenido de vitamina C (8.1, 10.0 y 11.1 mg 100 g⁻¹), licopeno (57.5, 112.5 y 135 %), fenoles totales (28.5 a 48.1 mg 100 g⁻¹) y en la capacidad antioxidante total (26.1 a 38.8 mg 100 g⁻¹).

Calidad de fruto en siete genotipos de jitomate bola

Al comparar entre genotipos (Cuadro 3), todas las líneas experimentales, excepto L-43H (10.11 kg m⁻²), presentaron rendimientos estadísticamente similares al testigo comercial ‘Susan’ (12.90 a 16.91 kg m⁻²). Los resultados obtenidos fueron superiores a los reportados (6.73 a 11.80 kg m⁻²) por Martínez-Solís *et al.* (2005) en 24 híbridos bola cultivados a seis racimos; sin embargo, fueron parcialmente similares a los rendimientos (10.79 a 15.23 kg m⁻²) conseguidos por Pérez-Rivas *et al.* (2012) en cuatro híbridos comerciales tipo bola. Algunas de las líneas experimentales de jitomate bola evaluadas en el presente estudio presentaron rendimientos similares o superiores al híbrido comercial, por lo que representan una buena alternativa productiva.

Para la variable número de frutos por racimo, el genotipo H13-33 de fruto tipo bola pequeño presentó números de frutos por racimo (7.65) estadísticamente superiores comparado con los demás materiales tipo bola analizados (2.90 a 4.53) (Cuadro 3). Números de frutos por racimo similares (2.71 a 3.94 y 2.93 a 5.26) fueron reportados por Magaña-Lira *et al.* (2013) y Pérez-Rivas *et al.* (2012) respectivamente, en siete y cuatro

híbridos comerciales de fruto bola, sin embargo, Martínez-Solís *et al.* (2005) reporta mayor número de frutos en seis racimos por planta en 24 híbridos bola (19.0 a 56.3).

La línea experimental L-76H produjo frutos con pesos promedio estadísticamente superiores (282.75 g^{-1}) al híbrido comercial ‘Susan’ (230.5 g^{-1}), pero similares a las líneas L-51H y L-52 (266.36 y 252.97 g^{-1}) (Cuadro 3). Pesos promedio de fruto menores fueron reportados por Magaña-Lira *et al.* (2013) y Martínez-Solís *et al.* (2015) (104.62 a 151.63 y de 37.1 a 116.3 g^{-1}) respectivamente en siete y 24 híbridos comerciales de jitomate bola. En este mismo sentido, Pérez-Rivas *et al.* (2012) y Grijalva Contreras *et al.* (2011) obtuvieron menores pesos promedio de fruto (146.5 a 215.4 y de 152.5 a 211.3 g^{-1} , respectivamente) en cuatro y 10 híbridos comerciales tipo bola. Estos resultados nos muestran que las algunas líneas experimentales evaluadas producen frutos con pesos promedio superiores a algunos híbridos comerciales por lo que son una alternativa para la producción comercial.

Las líneas experimentales L-51H, L-52 y el híbrido ‘Susan’ presentaron valores de luminosidad significativamente más altos a (44.5 a 45.49) que las demás líneas evaluadas (41.41 a 42.64) (Cuadro 3). Resultados similares fueron reportados por Hernández *et al.* (2007) en cinco cultivares comerciales cultivados en España (44.2 y 44.6), mientras que, Gaspar-Peralta *et al.*, (2012) obtuvieron menores valores de luminosidad en ocho líneas avanzadas (33.2 y 37.6). Todas las líneas experimentales analizados en este estudio presentaron valores de luminosidad más altos que los niveles ideales (38.0 a 40.0) descritos por Preczenhak *et al.* (2014) para esta especie, lo que indica que todos los genotipos presentan características deseables para este carácter de calidad de fruto.

Cuadro 3. Componentes del rendimiento, calidad fisicoquímica y capacidad antioxidante de fruto en jitomate bola.

Genotipo	R (kg m ⁻²)	NFR	PPF (g)	L	C	H (° hue)	F (N mm ⁻¹)
‘Susan’	15.44 ba	3.65 cb	230.51 b	44.90 a	44.40 ba	48.10 a	1.69 bac
L-51H	16.80 a	3.43 cb	266.36 ba	45.04 a	41.21 ba	49.66 a	1.88 ba
L-52	13.64 b	2.90 c	252.97 ba	45.49 a	40.67 ba	49.78 a	1.93 a
L-43H	10.11 c	4.53 b	120.14 d	42.41 b	45.98 a	48.94 a	1.78 bac
L-28	12.90 bc	3.76 cb	188.35 c	42.64 b	45.20 a	45.62 b	1.51 bdc
L-76H	16.91 a	3.28 c	282.75 a	42.41 b	37.70 b	44.51 b	1.25 d
H13-33	15.12 ba	7.65 a	107.85 d	41.41 b	39.59 ba	50.55 a	1.50 dc
DMSH	3.134	1.117	36.466	2.197	6.890	2.460	0.381

Genotipo	SST	AT	VC	FT	CAT	Li
	°Brix	(%a. cítrico)	(mg 100g ⁻¹)	(mg 100g ⁻¹)	(mg 100g ⁻¹)	(mg 100g ⁻¹)
‘Susan’	3.07 c	0.35 ba	4.74 ba	2.71 ba	36.84 a	19.65 a
L-51H	3.76 ba	0.33 b	3.09 bdc	2.40 b	30.48 bc	15.89 ba
L-52	3.51 bc	0.35 ba	3.01 dc	2.38 b	32.72 ba	19.01 a
L-43H	4.24 a	0.29 c	4.66 bac	2.99 a	36.30 ba	18.74 ba
L-28	4.21 a	0.38 a	5.19 a	3.09 a	37.23 a	13.28 ba
L-76H	3.13 c	0.35 ba	3.37 bdc	2.41 b	26.30 c	15.77 ba
H13-33	4.06 a	0.38 a	2.61 d	2.51 b	34.14 ba	12.04 b
DMSH	0.525	0.035	1.660	0.399	6.349	6.704

R: rendimiento, NFR: número de frutos por racimo, PPF: peso promedio de fruto, L: luminosidad, C: croma, H: ángulo hue, F: firmeza, SST: sólidos solubles totales, AT: acidez titulable, VC: vitamina, FT: fenoles totales, CAT: capacidad antioxidante total, Li: licopeno. DMSH: diferencia mínima significativa honesta. §Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey (p≤0.05).

Todas las líneas experimentales evaluadas en este estudio y el testigo comercial ‘Susan’ presentaron valores de croma estadísticamente similares (37.70 a 45.98) (Cuadro 3). Estos resultados son similares a los obtenidos por Gaspar-Peralta *et al.* (2012) y Scott *et al.*

(2008) (44.0 a 53.5 y 39.22 y 43.35, respectivamente) en ocho líneas avanzadas y cinco híbridos de jitomate; sin embargo, son niveles de croma superiores a los descritos por Hernández *et al.* (2007) (30.8 a 34.3) en cinco cultivares comerciales de jitomate cultivados en España. Estos datos muestran que algunas de las líneas experimentales analizadas en este estudio presentan intensidades de color de fruto semejantes a los reportados para otros materiales comerciales, por lo que pueden ser empleados en la producción comercial.

Al comparar entre genotipos (Cuadro 3), se observó que las líneas experimentales de jitomate bola H13-33, L-52, L-51H y L43H presentaron valores de ángulo hue estadísticamente similares al cultivar ‘Susan’ (48.10 a 50.55°). Estos resultados se encuentran dentro del rango (44.26 y 47.78°) conseguidos por Scott *et al.* (2008) en cinco híbridos de jitomate producidos en Florida. Los niveles de ángulo hue reportados son superiores a los 35 a 40° reportados por Cantwell *et al.* (2006) en frutos de buen color rojo en jitomate, mostrando más bien valores cercanos a la coloración rojo-naranja (48.0°).

Al evaluar la firmeza de fruto (Cuadro 3) se encontró que para el nivel de madurez comercial, todas las líneas experimentales (excepto la L-76H) y el testigo comercial ‘Susan’ presentaron niveles de firmeza (1.50 a 1.93 N·mm⁻¹) superiores a los 1.46 N mm⁻¹ señalados como mínimo por Batu (2004) en frutos de jitomate destinados al comercio en fresco. Estos resultados se encuentran dentro del rango de firmeza reportado por Hernández-Leal *et al.* (2013) (1.3 a 2.4 N·mm⁻¹) en frutos maduros de siete híbridos comerciales de jitomate.

Las líneas experimentales L-43H, L-28, H13-33 y L-51H presentaron contenidos de sólidos solubles totales estadísticamente superiores (3.76 a 4.24 °Brix) al testigo comercial ‘Susan’ (3.07 °Brix) (Cuadro 3). Estos resultados se encuentran dentro de los rangos reportados por Gaspar-Peralta *et al.*, (2012), Pérez-Rivas *et al.* (2012) y Chattopadhyay *et al.* (2013) en ocho líneas de jitomate, cuatro cultivares comerciales y 31 híbridos producidos en la India (3.9 a 5.2, 4.6 a 5.1 y 3.82 a 5.1 °Brix, respectivamente).

Al comparar la acidez titulable entre genotipos (Cuadro 3), se observó que todas las líneas experimentales, excepto la L-43H, presentaron niveles (0.33 a 0.38 %) estadísticamente similares al híbrido comercial ‘Susan’ (0.35 %). Los resultados encontrados se encuentran dentro de los rangos reportados por Gaspar-Peralta *et al.*, (2012) y Chattopadhyay *et al.* (2013) (0.24 a 0.39 y de 0.27 a 0.52 % de ácido cítrico, respectivamente) en frutos de ocho líneas y 31 híbridos de jitomate. Estos resultados nos muestran que las líneas experimentales evaluadas en este estudio presentan valores de acidez titulable similares a otros genotipos comerciales destinados para consumo en fresco.

Las líneas experimentales L-28, L-43H y el híbrido ‘Susan’ presentaron estadísticamente los contenidos más altos de vitamina C (4.66 a 5.19 mg 100 g⁻¹), superiores a las líneas H13-33 y L-52 (2.61 y 3.01 mg 100 g⁻¹, respectivamente) (Cuadro 3). Contenidos más altos de vitamina C fueron reportadas respectivamente por Gaspar-Peralta *et al.* (2012) y Chattopadhyay *et al.* (2013) (9.7 a 16.0 y 14.63 y 40.50 mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹) en ocho líneas avanzadas y 31 híbridos de jitomate. El menor contenido de vitamina C encontrado en la presente investigación con respecto a otros reportes podría deberse al congelamiento (-30 ° C) y descongelamiento a que fueron expuestos los frutos durante el análisis de laboratorio, ya que según Barankevicz *et al.* (2015) congelar frutos de jitomate

a -18 °C puede reducir hasta el 67.18 % del contenido de ácido ascórbico, disminuciones asociadas a la oxidación enzimática y no enzimática de este ácido en presencia de oxígeno.

Con respecto al contenido de fenoles totales (Cuadro 3) todas las líneas experimentales y el al híbrido ‘Susan’ presentaron niveles estadísticamente similares (2.38 a 3.09 mg GAE 100 g⁻¹). Niveles más altos fueron reportados por Hernández *et al.* (2007) y Toor *et al.* (2006) en cultivares comerciales de jitomate (19.7 a 21.1 y 15.70 a 20.14 mg GAE 100 g⁻¹, respectivamente). En cuanto a la capacidad antioxidante total (Cuadro 3), se encontró que las líneas experimentales L-28, L-52, H13-33 y L-43H presentaron niveles (32.72 a 37.23 mg 100 g⁻¹) estadísticamente superiores al testigo comercial ‘Susan’ (36.84 mg 100 g⁻¹). Niveles más bajos fueron reportados por Kavitha *et al.* (2014) (5.5 a 11.1 mg AEAC 100 g⁻¹ de peso fresco) en híbridos y variedades comerciales de jitomate.

Todas las líneas experimentales (excepto la H13-33) y el testigo comercial ‘Susan’ presentaron estadísticamente similares contenidos de licopeno (13.28 a 19.65 mg 100 g⁻¹). Valores similares a los reportados por Gaspar-Peralta *et al.*, (2012) (9.6 a 16.8 mg 100 g⁻¹ de peso fresco) en ocho líneas avanzadas de jitomate. Contenido menores de licopeno fueron descritos por Hernández *et al.* (2007) y Chattopadhyay *et al.* (2013) (1.89 a 2.56 y 1.25 a 4.91 mg de licopeno 100 g⁻¹, respectivamente) en cinco cultivares producidos en España y en 31 híbridos cultivados en la India.

Análisis de varianza para selecciones silvestres

De acuerdo a los cuadrados medios y las significancias estadísticas encontradas en el análisis de varianza de las selecciones silvestres de jitomate (Cuadro 4), los resultados indican diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre los tres niveles de nutrición

evaluados para las variables peso promedio de fruto, luminosidad, ángulo hue, sólidos solubles totales, acidez titulable, fenoles totales y licopeno; siendo significativas ($p \leq 0.05$) para el contenido de vitamina C y la capacidad antioxidante total y no significativas para el rendimiento, número de frutos por racimo, croma y firmeza. Las selecciones silvestres evaluadas en el presente estudio presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en todas las variables, con excepción del croma y firmeza de fruto.

Cuadro 4. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables evaluadas en frutos de cuatro selecciones silvestres de jitomate tipo riñón.

FV	GL	R	NFR	PPF	L	C	H	F
Nutrición (N)	2	10.875	1.751	261.029**	28.165**	22.890	133.256**	0.057
Genotipo (G)	3	68.314**	61.019**	1764.368**	23.779**	14.712	83.128**	0.073
Bloques	3	6.906	8.660	48.820	9.501	13.837	14.385	0.064
N*G	6	7.425	7.994	35.788	9.061*	16.731	15.112	0.065
Error	33	3.669	9.339	14.594	3.629	11.177	12.834	0.081
CV (%)		24.672	25.317	10.785	4.249	8.778	8.592	35.226
Media		7.764	12.071	35.423	44.839	38.085	41.695	0.809

FV	GL	SST	AT	VC	FT	CAT	Li
Nutrición (N)	2	5.846**	0.016**	36.019*	1.821**	439.141*	366.187**
Genotipo (G)	3	6.282**	0.039**	194.414**	2.341**	584.219**	291.094**
Bloques	3	2.106	0.006*	8.114	0.906**	69.103	36.783
N*G	6	1.129	0.014**	13.916	0.346	143.453	14.648
Error	33	1.048	0.0017	8.053	0.164	90.240	24.352
CV (%)		20.269	7.617	34.099	11.511	17.470	21.303
Media		5.052	0.546	8.322	3.516	54.376	23.164

FV: fuente de variación, GL: grados de libertad, CV: coeficiente de variación, R: rendimiento, NFR: número de frutos por racimo, PPF: peso promedio de fruto, L: luminosidad, C: croma, H: ángulo hue, F: firmeza, SST: sólidos solubles totales, AT: acidez titulable, VC: vitamina, FT: fenoles totales, CAT: capacidad antioxidante total, Li: licopeno. *, **: Significativo al 5 % ($p \leq 0.05$) y 1 % ($p \leq 0.01$), respectivamente.

Efecto de la conductividad de la solución nutritiva en jitomate silvestre

Aumentar la conductividad de la solución nutritiva (2.0 a 3.0 dS m⁻¹) en la producción de cuatro genotipos de jitomate silvestre (Cuadro 5), no afectó significativamente el rendimiento (7.53 a 7.15 kg m⁻²) y el número de frutos por racimo (9.73 a 9.11); sin embargo, el peso promedio de fruto presentó una disminución significativa (40.69 a 31.81 g⁻¹). Variaciones no significativas en el rendimiento (3.17 a 3.27 kg m⁻²) fueron reportadas por Flores-González *et al.* (2012) al elevar la conductividad en la solución nutritiva de Steiner de 2.0 a 3.0 dS m⁻¹. Mientras que Bertoldi *et al.* (2008) reportaron que aumentar la conductividad de las soluciones nutritivas de 3.0 a 9.0 dS m⁻¹ no genera variaciones significativas en el número de frutos por racimo (19.96 a 17.14); sin embargo, disminuye significativamente el peso promedio de fruto en jitomate (7.8 a 6.0 g⁻¹).

En cuanto a las variables físicas (Cuadro 5), aumentar la conductividad de la solución nutritiva (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) produjo variaciones no significativas en la variable croma (36.72 a 38.97) y firmeza de fruto (0.74 a 0.85). Variaciones no significativas en el croma fueron reportadas por Cruz-Crespo y Sandoval-Villa (2012) en frutos de jitomate ‘Charleston’ (21.86 y 22.43) cultivado con menores concentraciones de la solución de Steiner (0, 50, 75 y 100 %). Para firmeza de fruto, Flores-González (2011) reportó rangos estadísticamente similares (2.45 a 2.59 N mm⁻¹) en 10 genotipos nativos y dos híbridos comerciales cultivados con tres niveles de la solución de Steiner (1.0, 2.0 y 3.0 dS m⁻¹).

Incrementar la conductividad de la solución nutritiva (2.0 a 2.5 dS m⁻¹) disminuyó significativamente la luminosidad de fruto en los cuatro genotipos de jitomate silvestre (46.37 a 44.05) (Cuadro 5). Variaciones no significativas en luminosidad de fruto (31.87

a 32.34) fueron obtenidos por Flores-González (2011) en 10 genotipos nativos de jitomate cultivados con tres niveles de la solución de Steiner (1.0, 2.0 y 3.0 dS m⁻¹). Sin embargo, Borghesi *et al.* (2011) encontraron disminuciones de luminosidad de fruto del 11.2 % en jitomate al aumentar la conductividad de la solución nutritiva de 3.5 a 5.5 dS m⁻¹.

Cuadro 5. Efecto de la conductividad de la solución nutritiva en los componentes del rendimiento, calidad fisicoquímica y capacidad antioxidante de fruto en jitomate silvestre.

Conductividad	R	NFR	PPF	L	C	H	F
(dS m ⁻¹)	(kg m ⁻²)		(g)			(° hue)	(Nmm ⁻¹)
2.0	8.81 a	11.63 a	40.69 a	46.37 a	36.72 a	39.22 b	0.74 a
2.5	7.52 a	12.29 a	33.77 b	44.05 b	38.97 a	44.86 a	0.85 a
3.0	6.95 a	12.29 a	31.81 b	44.09 b	38.56 a	41.01 b	0.84 a
DMSH	1.964	3.134	3.918	1.653	2.901	3.108	0.247

Conductividad	SST	AT	VC	FT	CAT	Li
(dS m ⁻¹)	°Brix	(% a. cítrico)	(mg 100g ⁻¹)	(mg 100g ⁻¹)	(mg 100g ⁻¹)	(mg 100g ⁻¹)
2.0	4.40 b	0.51 b	6.61 b	3.39 b	52.09 b	22.00 b
2.5	5.16 ba	0.57 a	8.98 ba	3.26 b	50.67 b	19.07 b
3.0	5.59 a	0.56 a	9.38 a	3.90 a	60.37 a	28.42 a
DMSH	0.888	0.036	2.462	0.351	8.241	4.281

R: rendimiento, NFR: número de frutos por racimo, PPF: peso promedio de fruto, L: luminosidad, C: croma, H: ángulo hue, F: firmeza, SST: sólidos solubles totales, AT: acidez titulable, VC: vitamina, FT: fenoles totales, CAT: capacidad antioxidante total, Li: licopeno. DMSH: diferencia mínima significativa honesta. §Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey (p≤0.05).

Aumentar la conductividad de la solución nutritiva de 2.0 a 2.5 dS m⁻¹ produjo un aumento significativo del ángulo hue de 39.22 a 44.86° en frutos de cuatro genotipos de jitomate silvestre (Cuadro 5). Variaciones no significativas en ángulo hue fueron reportadas por Flores-González (2011) (33.40 a 34.90°) en el croma de frutos de 10 genotipos nativos

cultivados con tres niveles de la solución de Steiner (1.0, 2.0 y 3.0 dS m⁻¹). La coloración en jitomate va de rojo brillante (41.3°) hacia el color rojo anaranjado (48.0°) (Cantwell *et al.*, 2006); por lo que los incrementos hallados de ángulo hue hallados en el presente estudio, como efecto del incremento de la concentración de la solución nutritiva, reflejan una disminución de la coloración roja.

Aumentar la conductividad de la solución nutritiva (2.0 a 3.0 dS m⁻¹) generó aumentos significativos de sólidos solubles totales (4.40 a 5.59 °Brix) y acidez titulable (0.51 a 0.56 % de ácido cítrico) (Cuadro 5). En este sentido, Wu y Kubota (2008) y Serio *et al.* (2004) reportaron incrementos de 5.3 a 6.1 y de 7.4 a 8.2 °Brix en frutos de jitomate al elevar la conductividad de la solución nutritiva de 2.3 a 4.5 y de 3.0 a 6.0 dS m⁻¹, respectivamente. Cruz-Crespo y Sandoval-Villa (2011) encontraron aumentos significativos de acidez titulable (0.348 a 0.383 %) en frutos de jitomate al aumentar la concentración de la solución de Steiner del 50 al 100 %. Los aumentos en el contenido de sólidos solubles totales ocasionados por el incremento de sales en la solución nutritiva puede estar relacionado según Goykovic-Cortés y Saavedra del Real (2007) a la disminución de la acumulación de agua en el fruto sin una significativa modificación en la cantidad de azúcares acumulados.

Con referencia al contenido de vitamina C (Cuadro 5), se observó que elevar la conductividad de la solución nutritiva (2.0 a 3.0 dS m⁻¹) generó aumentos significativos (6.61 a 9.38 mg 100 g⁻¹) en los frutos de los cuatro genotipos de jitomate silvestre evaluados. En este sentido, De-Pascale *et al.* (2003) y Stamatakis *et al.* (2003) encontraron incrementos del 80 y 94.3 % del contenido de vitamina C en frutos de jitomate al elevar la conductividad eléctrica de 2.2 a 4.8 dS m⁻¹ y de 0.5 a 8.5 dS m⁻¹, respectivamente.

Estos resultados nos muestran que aumentar la concentración de la solución nutritiva puede ser una buena opción agronómica para mejorar la calidad de fruto en jitomate silvestre.

El incremento de la conductividad de la solución nutritiva (2.0 a 3.0 dS m⁻¹) aumentó significativamente el contenido de fenoles totales (3.39 a 3.90 mg 100 g⁻¹) en los cuatro genotipos de jitomate silvestre (Cuadro 5). Variaciones no significativas en el contenido de fenoles en frutos de jitomate fueron reportadas por Kubota *et al.* (2012) y Kim *et al.* (2008) al elevar conductividad de la solución nutritiva de 2.4 a 4.8 y de 4.9 a 7.7 dS m⁻¹, respectivamente. Sin embargo, Krauss *et al.* (2006) obtuvieron aumentos significativos (28.5 a 48.1 mg 100 g⁻¹) con soluciones con conductividades mayores (6.5 a 13.5 dS m⁻¹).

Elevar la conductividad de la solución nutritiva (2.0 a 3.0 dS m⁻¹) aumentó significativamente la capacidad antioxidante total en los frutos de los cuatro genotipos de jitomate silvestre evaluados (39.44 a 42.93 mg 100 g⁻¹) (Cuadro 5). En este sentido, De-Pascale *et al.* (2003) encontraron incrementos del 48.0 % de la actividad antioxidante en frutos de jitomate producidos en hidroponía al elevar la conductividad de la solución de 0.5 a 8.5 dS m⁻¹.

El incremento de la conductividad de la solución nutritiva (2.0 a 3.0 dS m⁻¹) aumentó significativamente el contenido de licopeno en los frutos de los genotipos de jitomate silvestre (22.00 a 28.42 mg 100 g⁻¹) (Cuadro 5). Variaciones no significativas en el contenido de licopeno en jitomate fueron reportadas por Urrieta-Velázquez *et al.* (2008) al evaluar niveles menores de conductividad (1.0 y 2.0 dS m⁻¹). Sin embargo, Juárez-López *et al.* (2013) reportaron aumentos significativos de licopeno en frutos de jitomate

tipo cherry (42.0 a 49.4 mg 100 g⁻¹) al aumentar la conductividad de la solución de Steiner (1.0 a 2.0 dS m⁻¹). Estos resultados nos muestran que el contenido de licopeno en genotipos de jitomate de fruto pequeño, como los silvestres y los tipo cherry, presenta mayor sensibilidad a las variaciones de la concentración de la solución nutritiva, esto tal vez debido a que presentan menor proporción de agua comparados con frutos de los jitomates tipo saladette y bola.

Variación en calidad de frutos de genotipos de jitomate bola

Al comparar entre genotipos (Cuadro 6), la selección silvestre SS5 presentó el rendimiento estadísticamente más alto (11.25 kg m⁻²) comparada con las SS1 y SS4 que mostraron los niveles más bajos (5.23 y 5.92 kg m⁻², respectivamente). Estos rendimientos fueron superiores a los reportados por Vázquez-Ortiz *et al.* (2010) y Ramos-Pastor *et al.* (2010) (0.46 a 1.66 y 0.53 a 1.53 kg por planta) en materiales silvestres de fruto tipo riñón. En este sentido, Moreno-Ramírez y Ramírez-Vallejo (2009) encontraron gran variabilidad de rendimiento (403.8 a 2,234.4 g⁻¹ por planta) en 34 poblaciones nativas de México.

La selección silvestre SS3 presentó el número de frutos por racimo significativamente más alto (15.96) comparado con los demás materiales silvestres (10.51 a 11.04) (Cuadro 6). Menor cantidad de frutos por racimo fueron reportados por Vázquez-Ortiz *et al.* (2010) y Carrillo-Rodríguez *et al.* (2013) (4.2 a 7.2 y 1.86 a 7.33, respectivamente) en 11 y 15 accesiones de jitomates silvestres tipo riñón. Sin embargo, Ramos-Pastor *et al.* (2010) reportó números de frutos por planta similares (60 a 72) en dos genotipos silvestres tipo riñón de Oaxaca, México. Estos resultados nos muestran que existe una gran variabilidad

en el número de frutos por racimo producidos entre genotipos de jitomate silvestre, ya que esta es una característica que está en función directa del grado de domesticación.

Al comparar entre genotipos (Cuadro 6), se encontró que la selección silvestre SS5 presentó el peso de fruto más alto (56.20 g^{-1}), significativamente mayor que los demás genotipos silvestres evaluados (25.63 a 30.26 g^{-1}). Estos resultados se encuentran dentro de los rangos reportados por Vázquez-Ortiz *et al.* (2010) y Carrillo-Rodríguez *et al.* (2013) (17.3 a 58.8 y 36.5 a 116.9 g^{-1} por fruto, respectivamente) en 11 y 15 genotipos de fruto tipo riñón; sin embargo, los pesos promedio por fruto encontrados son menores a los reportados por Estrada-Castellanos *et al.* (2011) en cuatro materiales silvestres tipo riñón (42.63 y 91.61 g^{-1}).

La selección silvestre SS4 mostró mayor luminosidad de fruto (46.90) que los demás genotipos silvestres (43.78 a 44.50) (Cuadro 6). Los niveles de luminosidad encontrados fueron mayores a los reportados por Vera-Guzmán *et al.* (2011) y Méndez *et al.* (2011) (35.5 a 40.6 y 36.5 a 40.7 , respectivamente) en frutos de jitomate de 13 colectas silvestres tipo riñón y 13 accesiones de jitomate nativo y silvestre. Los frutos de los cuatro genotipos silvestres evaluados en este estudio, presentaron frutos con luminosidades más altas que los niveles ideales (38.0 y 40.0) descritos por Preczenhak *et al.* (2014) para esta especie.

Para la variable croma (Cuadro 6), no se encontraron diferencias estadísticas entre las cuatro selecciones silvestres evaluadas (37.05 a 39.15). Los niveles de croma reportados se encuentran dentro del rango reportado por Vera-Guzmán *et al.* (2011) (33.0 a 45.5) en 13 muestras silvestres tipo riñón.

Al comparar entre genotipos (Cuadro 3) se observó que la selección silvestre SS3 tuvo el valor de ángulo hue más alto (45.16°); sin embargo, los niveles de hue encontrados en frutos de los genotipos SS4 y SS5 (38.89 y 40.79°) se encuentran dentro de los niveles (35 a 40°) reportados por Cantwell *et al.* (2006) en frutos de un buen color rojo en jitomate.

Cuadro 6. Componentes del rendimiento, calidad fisicoquímica y capacidad antioxidante de fruto en jitomate silvestre.

Genotipo	R (kg m ⁻²)	NFR	PPF (g)	L	C	H (° hue)	F (Nmm ⁻¹)
SS1	5.23 c	11.04 b	25.63 b	44.50 b	37.05 a	41.94 ba	0.73 a
SS3	8.65 b	15.96 a	29.60 b	43.78 b	38.93 a	45.16 a	0.92 a
SS4	5.92 c	10.51 b	30.26 b	46.90 a	37.21 a	38.89 b	0.81 a
SS5	11.25 a	10.77 b	56.20 a	44.17 b	39.15 a	40.79 b	0.78 a
DMSH	2.507	4.000	5.001	2.104	3.692	3.956	0.315

Genotipo	SST °Brix	AT (%a. cítrico)	VC (mg 100g ⁻¹)	FT (mg 100g ⁻¹)	CAT (mg 100g ⁻¹)	Li (mg 100g ⁻¹)
SS1	5.35 a	0.51 b	9.79 b	3.58 b	54.36 ba	17.11 c
SS3	5.86 a	0.52 b	13.23 a	4.10 a	64.21 a	21.92 bc
SS4	4.17 b	0.63 a	6.13 c	3.30 cb	50.23 b	24.81 ba
SS5	4.83 ba	0.52 b	4.13 c	3.08 c	48.70 b	28.81 a
DMSH	1.131	0.046	3.134	0.447	10.490	5.449

R: rendimiento, NFR: número de frutos por racimo, PPF: peso promedio de fruto, L: luminosidad, C: croma, H: ángulo hue, F: firmeza, SST: sólidos solubles totales, AT: acidez titulable, VC: vitamina, FT: fenoles totales, CAT: capacidad antioxidante total, Li: licopeno. DMSH: diferencia mínima significativa honesta. §Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey (p≤0.05).

En cuanto a la firmeza de fruto (Cuadro 6), se encontró que los cuatro materiales silvestres evaluados producen frutos con valores de firmeza muy bajos (0.73 a 0.92 N mm⁻¹), los cuales no superaron el nivel de firmeza mínimo sugerido por Batu (2004) para destino

comercial (1.40 N mm^{-1}). Esta es una de las características probablemente más restrictivas para el comercio en estos genotipos, ya que según Vázquez-Ortiz *et al.* (2010) después de ocho días de almacenamiento los frutos de estos genotipos silvestres pierden consistencia, siendo muy débiles o muy sensibles a cualquier daño mecánico, dificultando su manejo postcosecha.

Los frutos de las selecciones silvestres SS1 y SS3 presentaron significativamente las mayores acumulaciones de sólidos solubles totales (5.35 y 5.86 °Brix) (Cuadro 6). Contenidos superiores a reportados por Vera-Guzmán *et al.* (2011) en 13 muestras de jitomate tipo riñón de México (3.4 a 5.2 °Brix). Sin embargo, se encontraron dentro del rango descrito por Méndez *et al.* (2011) entre 13 muestras nativas y silvestres de México (4.38 a 8.01 °Brix).

En cuanto a la acidez titulable (Cuadro 6), la selección silvestre SS4 presentó un porcentaje de ácido cítrico significativamente superior (0.63 %) a los demás materiales silvestres (0.51 a 0.52 %). Estos niveles se encuentran dentro de los rangos reportados por Méndez *et al.* (2011) y Vera-Guzmán *et al.* (2011) (0.30 a 0.72 y 0.26 a 0.61 % de ácido cítrico, respectivamente) en 13 muestras de jitomate nativo y silvestre y 13 accesiones silvestres de jitomate tipo riñón.

Al comparar el contenido de vitamina C entre genotipos (Cuadro 6), se encontró que la selección silvestre SS3 presentó niveles estadísticamente más altos ($13.2 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) que los demás materiales silvestres (2.61 y $5.19 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$). Contenidos similares fueron reportados por Vera-Guzmán *et al.* (2011) (5.5 a $11.6 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) en 11 colectas de

jitomate tipo riñón de Oaxaca; sin embargo, Méndez *et al.* (2011) encontró niveles mayores en 13 muestras nativas y silvestres de México (12.4 a 22.9 mg 100 g⁻¹).

En cuanto a los fenoles totales (Cuadro 6), la selección silvestre SS3 presentó el mayor contenido (4.10 mg GAE 100 g⁻¹) comparado con los demás genotipos silvestres (3.08 a 3.58 mg GAE 100 g⁻¹). Niveles más altos de fenoles totales (53.8 a 96.4 mg GAE 100 g⁻¹) fueron reportados por Kavitha *et al.* (2014) en cuatro especies de jitomate silvestre. Para la capacidad antioxidante total (Cuadro 6), la selección silvestre SS3 mostró valores mayores (64.21 mg AEAC 100 g⁻¹) a los observados en los genotipos SS4 y SS5 (50.23 y 48.70 mg AEAC 100 g⁻¹, respectivamente). Niveles menores fueron descritos por Kavitha *et al.* (2014) (30.7 a 48.7 mg AEAC 100 g⁻¹) en cuatro especies de jitomate silvestre.

En lo que se refiere al contenido de licopeno (Cuadro 6), las selecciones silvestres SS4 y SS5, presentaron estadísticamente las mayores concentraciones (24.81 y 28.81 mg 100 g⁻¹). Estos niveles son mayores a los rangos reportados por Méndez *et al.* (2011) y Vera-Guzmán *et al.* (2011) (12.4 a 22.9 y 10.0 a 16.0 mg 100 g⁻¹, respectivamente) en 13 muestras de jitomate nativo y silvestre y 13 accesiones silvestres de jitomate tipo riñón.

CONCLUSIONES

Aumentar la concentración de la solución nutritiva en la producción de materiales de jitomate bola, generó variaciones significativas en el ángulo hue y acidez titulable. En las selecciones silvestres se presentaron disminuciones significativas en el peso promedio y luminosidad de fruto, mientras que el ángulo hue, sólidos solubles totales, acidez titulable, contenido de vitamina C, fenoles totales, capacidad antioxidante total y licopeno aumentaron significativamente. Esta mayor respuesta en los materiales silvestres

comparado con los genotipos tipo bola, pudo estar relacionado a su menor tamaño de fruto y a que no han tenido un proceso histórico de selección, mejoramiento genético y manejo agronómico con soluciones nutritivas, por lo que son más sensibles a las modificaciones de las concentraciones de sales dentro del manejo nutricional.

Las líneas experimentales de fruto tipo bola L-51H y L-76H presentaron rendimientos estadísticamente similares al testigo comercial ‘Susan’, valores dados por su buen tamaño de fruto, mientras que la línea H13-33, que presento un rendimiento similar, fue la que produjo mayor cantidad de frutos por racimo; por lo que potencialmente pueden ser utilizadas en la producción comercial. En lo que respecta al color de fruto, para luminosidad las líneas L-51H y L-52 tuvieron valores similares al testigo comercial, mientras que para ángulo hue las líneas L-28 y L-76H tuvieron los valores más bajos (45.62 y 44.51°) que indican una mayor coloración roja. Para firmeza de fruto, solamente la línea L-76H no alcanzó el valor requerido (1.4 N mm^{-1}) a nivel comercial. En cuanto al contenido químico y la capacidad antioxidante de fruto, la línea L-28 presentó los valores más altos, excepto para contenido de licopeno.

En lo que respecta a las selecciones silvestres, estas tuvieron mejor calidad química (sólidos solubles totales y acidez titulable) y capacidad antioxidante (vitamina C, fenoles totales, licopeno y capacidad antioxidante total), comparadas con los materiales de fruto tipo bola, por lo que pueden ser una alternativa para el mejoramiento de la calidad química y capacidad antioxidante de fruto, principalmente cuando se utilizan genotipos como la selección silvestre SS5 que presenta niveles productivos y de calidad física de fruto similares a algunos cultivares comerciales.

LITERATURA CITADA

- Al-Yahyai, R., S. Al-Ismaily and S. A. Al-Rawahy. 2010. Growing tomatoes under saline field conditions and the role of fertilizers. A Monograph on Management Salt-Affected Soils and Water for Sustainable Agriculture. Sultan Qaboos University, pp: 83-88.
- Barankevicz, G. B., D. Novello, J. T. Resende, K. Schwarz and E. F. Santos. 2015. Physical and chemical characteristics of tomato hybrids pulp during frozen storage. *Horticultura Brasileira* 33(1): 7-11.
- Batu, A. 2004. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 61: 471-475.
- Bertoldi, F. C., E. S. Sant'Anna, J. L. Barcelos-Oliveira, and R. Simoni. 2008. Antioxidant properties of hydroponic cherry tomato cultivated in desalinized wastewater. *Acta Horticulturae* 843: 197-202.
- Boches, P., B. Peterschmidt, and J. R. Myers. 2011. Evaluation of a subset of the *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* core collection for horticultural quality and fruit phenolic content. *HortScience* 46(11): 1450-1455.
- Bonilla-Barrientos, O., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, S. Cruz-Izquierdo, D. Reyes-E. López, Hernández-Leal, y A. Hernández-Bautista. 2014. Diversidad agronómica y morfológica de jitomates arriñonados y tipo pimiento de uso local en Puebla y Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37(2): 129-139.
- Borghesi, E., M. L. González-Miret, M. L. Escudero-Gilete, F. Malorgio, F. J. Heredia, and A. J. Meléndez-Martínez, 2011. Effects of salinity stress on carotenoids, anthocyanins, and color of diverse tomato genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59(21):11676-11682.
- Campos, C. A. B., P. D. Fernandes, H. R. Gheyi, F. F. Blanco, C. B. Gonçalves, and S. A. F. Campos. 2006. Yield and fruit quality of industrial tomato under saline irrigation. *Scientia Agricola* 63(2):146-152.
- Cantwell, M., S. Stoddard, M. LeStrange, J. Mickler, R. Mullen and X. Nie. 2006. Report to the California tomato commission. Tomato variety trials: postharvest evaluations for 2005. UCCE Fresh Market Tomato Statewide Report 2005 Postharvest. UC Davis, Davis CA. USA. 14 p.

- Carrillo-Rodríguez, J. C., J. L. Chávez-Servia, G. Rodríguez-Ortiz, R. Enríquez-del Valle y Y. Villegas-Aparicio. 2013. Variación estacional de caracteres agromorfológicos en poblaciones nativas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6: 1081-1091.
- Carrillo-Rodríguez, J. C., H. López-Mendoza, J. L. Chávez-Servia, E. Rodríguez-Guzmán, P. Sánchez-Peña, and R. Lobato-Ortiz. 2012. Phenotypic divergence on growth and productivity of wild and semi-domesticated cherry tomato grown under greenhouse conditions. *Acta Horticulturae* 947: 375-380.
- Chattopadhyay, A., I. V. I. Chakraborty and W. Siddique. 2013. Characterization of determinate tomato hybrids: search for better processing qualities. *Journal of Food Processing and Technology* 4: 222.
- Chávez-Servia, J. L., A. M. Vera-Guzmán, J. C. Carrillo-Rodríguez, I. A. Pacheco-Triste y A. U. Crisanto-Juárez. 2011. Variación morfológica y de licopeno en frutos de jitomate semidomesticado y cultivado en Oaxaca, México. *Journal of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* 54: 151-153
- Cruz-Crespo, E. y M. Sandoval-Villa. 2012. Effect of the nutrient solution concentration and substrates mixture on the quality of tomato. *Acta Horticulturae* 947: 197-202.
- Csambalik, L., A. Divéky-Ertsey, Z. Pap, C. Orbán, M. M. Stégerne, A. Gere, E. Stefanovits-Bányai, and L. Sipos. 2014. Coherences of instrumental and sensory characteristics: case study on cherry tomatoes. *Journal of Food Science* 79(11): 2192-2202.
- Cuartero, J., and R. F Muñoz. 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae* 78: 83-125.
- Estrada-Castellanos, J. B., J. C. Carrillo-Rodríguez, M. P. Jerez-Salas, J. L. Chávez-Servia, and C. Perales-Segovia. 2011. Small farmer practices for production improvement of the kidney-type tomato landrace: a case study in Oaxaca. *African Journal of Agricultural Research* 6(13): 3176-3182.
- Flores-González, D. 2011. Conductividad eléctrica de la solución nutritiva en el rendimiento y calidad de jitomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) nativos cultivados en invernadero. Tesis de Maestra en Ciencias en Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Estado de México. pp: 51-72.

- Flores-González, D., M. Sandoval-Villa, P. Sánchez-García, P. Ramírez-Vallejo and M. N. Rodríguez-García. 2012. Yield of native genotypes of tomato as affected by electrical conductivity of nutrient solution. *Acta Horticulturae* 947: 69-76.
- Gaspar-Peralta, G. Carrillo-Rodríguez, J. C. Chávez-Servia, J. L. Vera-Guzmán, A. M. y Pérez-León, I. 2012. Variación de caracteres agronómicos y licopeno en líneas avanzadas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Phyton (Buenos Aires)*, 81(1): 15-22.
- Gaspar-Peralta, P., J. C. Carrillo-Rodríguez, J. L. Chávez-Servia, A. M. Vera-Guzmán y I. Pérez-León. 2012. Variación de caracteres agronómicos y licopeno en líneas avanzadas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Phyton* 81(1): 15-22.
- Goykovic-Cortés, V. y G. Saavedra del Real. 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del jitomate y prácticas agronómicas de su manejo. *Idesia (Arica)* 25(3): 47-58.
- Grijalva Contreras, R. L., R. Macías Duarte y F. Robles Contreras. 2011. Comportamiento de híbridos de jitomate bola en invernadero bajo condiciones desérticas del noroeste de Sonora. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14(2): 675-682.
- Hernández, M., E. Rodríguez and C. Díaz. 2007. Free hydroxycinnamic acids, lycopene, and color parameters in tomato cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55(21): 8604-8615.
- Hernández-Leal, E., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, D. Reyes-López, A. Méndez-López, O. Bonilla-Barrientos y A. Hernández-Bautista. 2013. Comportamiento agronómico de poblaciones F2 de híbridos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 36(3): 209-215.
- Hernández-Sampieri, R., C. Fernández-Collado y P. Baptista-Lucio. 2006. Metodología de la Investigación. 4ª ed. McGraw-Hill, México. p: 453.
- Juárez-López, P., R. Medina-Torres, E. Cruz-Crespo, D. W. Reed, M. Kent, L. Cisneros-Zevallos, and P. Ramírez-Vallejo. 2013. Effect of electrical conductivity of the nutrient solution on fruit quality of three native tomato genotypes (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). *Acta Horticulturae* 1034: 505-508.
- Kavitha, P., K. S. Shivashankara, V. K. Rao, A. T. Sadashiva, K. V. Ravishankar, G. J. Sathish. 2014. Genotypic variability for antioxidant and quality parameters among

- tomato cultivars, hybrids, cherry tomatoes and wild species. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 94(5): 993-999.
- Kim, H.J., J.M. Fonseca, C. Kubota, M. Kroggel, and J.H. Choi. 2008. Quality of fresh-cut tomatoes as affected by salt content in irrigation water and post-processing ultraviolet-C treatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88: 1969-1974.
- Krauss, S., W. H. Schnitzler, J. Grassmann and M. Wöitke. 2006. The influence of different electrical conductivity values in a simplified recirculating soilless system on inner and outer fruit quality characteristics of tomato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(2): 441-448.
- Kubota, C., M. Kroggel, M. Torabi, K. A. Dietrich, H. J. Kim, J. Fonseca and C. A. Thomson. 2012. Changes in Selected Quality Attributes of Greenhouse Tomato Fruit as Affected by Pre-and Postharvest Environmental Conditions in Year-round Production. *HortScience* 47(12): 1698-1704.
- Leonardi, C., M. Martorana, F. Giuffrida, V. Fogliano, and R. Pernice. 2004. Tomato fruit quality in relation to the content of sodium chloride in the nutrient solution. *Acta Horticulturae* 659: 769–774.
- Magaña-Lira, N., A. Peña-Lomelí, F. Sánchez-del Castillo, J. E. Rodríguez-Pérez y E. D. C. Moreno-Pérez. 2013. Comportamiento productivo de híbridos F1 de jitomate y sus poblaciones F2. *Revista Fitotecnia Mexicana* 36(4): 371-379.
- Marschner, H. 2003. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 6th ed. Academic Press. Boston, USA. 889 p.
- Martínez-Solís, J., A. Peña-Lomelí, J. E. Rodríguez-Pérez, C. Villanueva-Verduzco, J. Sahagún-Castellanos, M. G. Peña-Ortega. 2005. Comportamiento productivo en híbridos de jitomate y sus respectivas poblaciones F2. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11(2): 299-307.
- Méndez I, I., A. M. Vera G, J. L. Chávez S, and J. C. Carrillo R. (2011). Quality of fruits in Mexican tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) landraces. *Vitae* 18(1): 26-32.
- Moreno Ramírez, Y. R. y P. Ramírez Vallejo. 2009. Aprovechamiento de poblaciones nativas de jitomate como estrategia de soberanía alimentaria. In: X Simposio Internacional y V Congreso Nacional de Agricultura Sostenible. Sociedad Mexicana

- de Agricultura Sostenible, A.C. y Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Pp: 41-45.
- Nuez, F., R. Morales, J. Prohens, P. Fernández de C., S. Soler, E. Valdivia, and V. Solorzano. 1999. Germplasm of *Solanaceae* horticultural crops in the South of Ecuador. Plant Genetic Resources Newsletter 120: 44-47.
- Pérez-Rivas, M. P., M. Albarracín, H. Moratinos y F. Z. Navas. 2012. Rendimiento y calidad de fruto en cuatro cultivares de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones protegidas. Revista de la Facultad de Agronomía 29: 395-412.
- Pratta, G., R. Zorzoli y L. A. Picardi. 2000. Interacciones genéticas entre germoplasma silvestre y cultivado de *Lycopersicon spp.*, con efectos sobre la calidad del fruto de jitomate. Plant Genetics Resources Newsletter 124: 7-12.
- Preczenhak, A. P., J. T. Resende, R. R. Chagas, P. R. Silva, K. Schwarz, y R. G. Morales. 2014. Caracterização agrônômica de genótipos de minitomate. Horticultura Brasileira 32(3): 348-356.
- Ramos-Pastor, M., J. C. Carrillo-Rodríguez, R. Enríquez-del Valle y V. Velasco-Velasco, 2009. Fertilizantes orgánicos en la producción de jitomate tipo riñón en Oaxaca, México. Naturaleza y Desarrollo 7(1): 39-44.
- Schnitzler, W. H. and S. Krauss. 2010. Quality and health promoting compounds tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under salinity. Acta Horticulturae 856: 21-30.
- Scott, J. W., E. A. Baldwin, H. J. Klee, J. K. Brecht, S. M. Olson, J. A. Bartz, C. A. Sims. 2008. Fla. 8153 hybrid tomato; Fla. 8059 and Fla. 7907 breeding lines. HortScience, 43(7): 2228-2230.
- Serio, F., L. De-Gara, S. Caretto, L. Leo and P. Santamaría. 2004. Influence of an increased NaCl concentration on yield and quality of cherry tomato grown in posidonia (*Posidonia oceanica* (L.) Delile). Journal of the Science of Food and Agriculture 84(14): 1885-1890.
- Statistical Analysis System (SAS). 2002. SAS/STAT users guide: Statics, Ver. 9.00. SAS Institute Inc. Cary, North Caroline, USA. 1503 p.
- Stamatakis, A., N. Papadantonakis, D. Savvas, N. Lydakis-Simantiris and P. Kefalas. 2003. Effects of silicon and salinity on fruit yield and quality of tomato grown hydroponically. Acta Horticulturae 609: 141-147.

- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. In: Proceedings 6th International Congress on Soils Culture. Wageningen, Netherlands. pp: 633-650.
- Stewart, A. J., S. Bozzonet, W. Mullen, G. I. Jenkins, M. E. J. Lean, and A. Croizer. 2000. Occurrence of flavonols in tomatoes and tomato-based products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 2663-2669.
- Toor, R.K., G.P. Savage and C.E. Lister. 2005. Antioxidant activities of New Zealand grown tomatoes. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 56(8): 597-605.
- Turhan, A. and V. Seniz. 2009. Estimation of certain chemical constituents of fruits of selected tomato genotypes grown in Turkey. *African Journal of Agricultural Research* 4(10): 1086-1092.
- United Fresh Fruit and Vegetable Association (UFFVA). 1975. Color classification requirements in US standards for grades of fresh tomatoes. United Fresh Fruit and Vegetable Association U.S.D.A. Agricultural Marketing Service Fruit and Vegetable. USA.
- Urrieta V., J. A., M. N. Rodríguez M., P. Ramírez V., J. A. Santizo R. y L. M. Ruíz P. 2008. Calidad del fruto de jitomate de costilla en postcosecha. In: Memoria del XXII Congreso Nacional y II Internacional de Fitogenética. SOMEFI. Chapingo, Estado de México. México. pp: 228.
- Urrieta-Velázquez, J. A., M. D. L. N. Rodríguez-Mendoza, P. Ramírez-Vallejo, G. A. Baca-Castillo, L. D. M. Ruiz-Posada y J. A. Cueto-Wong. 2012. Variables de producción y calidad de tres selecciones de jitomate de costilla (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18(3): 371-381.
- Valenzuela-López, M., L. Partida-Ruvalcaba, T. Díaz-Valdés, T. D. J. Velázquez-Alcaraz, G. Bojórquez-Bojórquez y T. Enciso-Osuna. 2014. Respuesta del jitomate cultivado en hidroponía con soluciones nutritivas en sustrato humus de lombriz-fibra de coco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(5): 807-818.
- Vásquez-Ortiz, R., J. C. Carrillo-Rodríguez y P. Ramírez-Vallejo. 2010. Evaluación morfo-agronómica de una muestra del jitomate nativo del centro y sureste de México. *Naturaleza y Desarrollo* 8(2): 49-64.

- Vera-Guzmán, A. M., J. L. Chávez-Servia y J. C. Carrillo-Rodríguez. 2011. Variación en calidad de frutos de poblaciones de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo riñón. Journal of the Interamerican Society for Tropical Horticulture 55: 82-85.
- Wu, M., and C. Kubota. 2008. Effects of high electrical conductivity of nutrient solution and its application timing on lycopene, chlorophyll and sugar concentrations of hydroponic tomatoes during ripening. Scientia Horticulturae 116(2): 122-129.

V. CONCLUSIONES GENERALES

Incrementar la conductividad de la solución nutritiva de Steiner (2.0, 2.5 y 3.0 dS m⁻¹) en la producción de jitomate saladette disminuyó significativamente el contenido de fenoles totales, aumentando los valores de ángulo hue y el contenido de acidez titulable, mientras que en los genotipos bola aumentó la variable ángulo hue y la acidez titulable, no existiendo respuesta significativa en el resto de las variables evaluadas.

En los genotipos tipo cherry elevar la concentración de la solución generó incrementos significativos en la firmeza de fruto, sólidos solubles totales, acidez titulable, contenido de vitamina C, capacidad antioxidante total y contenido de licopeno; mientras que en las selecciones silvestres disminuyó significativamente la luminosidad y el peso promedio de fruto; sin embargo, aumentó el ángulo hue, el contenido de sólidos solubles totales, la acidez titulable, el contenido de vitamina C, la capacidad antioxidante total y el contenido de licopeno

La menor respuesta observada en los parámetros de rendimiento, calidad fisicoquímica y capacidad antioxidante en los genotipos saladette y bola como respuesta al incremento de la conductividad de la solución nutritiva, comparada con la observada para los genotipos cherry y silvestre, pudo deberse en gran medida a su mayor tamaño de fruto y a que los

niveles de salinidad utilizados en el presente estudio fueron menores a los empleados en otros trabajos de investigación.

Al comparar entre tipos de fruto encontramos que los materiales tipo saladette y bola tuvieron mejores características agronómicas y de calidad física de fruto, mientras que los tipo cherry y las selecciones silvestres presentaron mayores niveles de sólidos solubles totales, contenido de vitamina C, luminosidad de fruto, acidez titulable, contenido de fenoles totales, capacidad antioxidante total y contenido de licopeno. Estas mejores características de calidad son una buena alternativa genética para el mejoramiento de la calidad química y capacidad antioxidante de fruto, principalmente aquellos genotipos que presentan bajos niveles de arrastre de genes desfavorables.

En cuanto al contenido de licopeno las líneas experimentales tipo saladette L- 92D y L- 47 (27.3 y 27.7 mg 100 g⁻¹) y las selecciones silvestres SS4 y SS5 (28.81 y 24.81 mg 100 g⁻¹), presentaron estadísticamente mayores concentraciones comparadas con los híbridos saladette (17.95 a 22.9 mg 100 g⁻¹) y bola (19.65 mg 100 g⁻¹) evaluados.

Coefficientes de correlación (r) positivos se obtuvieron respectivamente entre los fenoles totales y la capacidad antioxidante total entre los cuatro tipos de frutos de jitomate evaluados (saladette, bola, cherry y silvestre), lo que nos muestra que el contenido de fenoles totales en frutos de jitomate tiene gran influencia en la variación de la capacidad antioxidante total.

VI. LITERATURA CITADA GENERAL

- Bai, Y., and P. Lindhout. 2007. Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future? *Annals of Botany* 100: 1085-1094.
- Bonilla-Barrientos, O., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, S. Cruz-Izquierdo, D. Reyes-E. López, Hernández-Leal, y A. Hernández-Bautista. 2014. Diversidad agronómica y morfológica de jitomates arriñonados y tipo pimiento de uso local en Puebla y Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37(2): 129-139.
- Carrillo-Rodríguez, J. C. y J. L. Chávez-Servia. 2010. Caracterización agromorfológica de muestras de jitomate de Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(4): 1-6.
- Carrillo-Rodríguez, J. C., H. López-Mendoza, J. L. Chávez-Servia, E. Rodríguez-Guzmán, P. Sánchez-Peña, and R. Lobato-Ortiz. 2012. Phenotypic divergence on growth and productivity of wild and semi-domesticated cherry tomato grown under greenhouse conditions. *Acta Horticulturae* 947: 375-380.
- Crisanto-Juárez, A. U., A. M. Vera-Guzmán, J. L. Chávez-Servia, y J. C. Carrillo-Rodríguez. 2010. Calidad de frutos de jitomates silvestres (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* Dunal). *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(4): 7-13.
- Foolad, R. M. 2007. Genome mapping and molecular breeding of tomato. *International Journal of Plant Genomics* 1-52.
- Fridman, E., T. Pleban, and D. Zamir. 2000. A recombination hotspot delimits a wild-species quantitative trait locus for tomato sugar content to 484 bp within an invertase gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97: 4718-4723.
- Kaur, C., B. George, N. Deepa, B. Singh, and H. C. Kapoor. 2004. Antioxidant status of fresh and processed tomato - A review. *Journal of Food Science and Technology* 41: 479-486.
- Kaur, D., W. A. Abas, D. P. S. Oberoni, and D. S. Sogi. 2007. Effect of extraction conditions on lycopene extractions from tomato processing waste skin using response surface methodology. *Food Chemistry* 108(2): 711-718.
- Kavitha, P., K. S. Shivashankara, V. K. Rao, A. T. Sadashiva, K. V. Ravishankar, G. J. Sathish. 2014. Genotypic variability for antioxidant and quality parameters among tomato cultivars, hybrids, cherry tomatoes and wild species. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 94(5): 993-999.

- Krauss, S., W. H. Schnitzler, J. Grassmann and M. Voitke. 2006. The influence of different electrical conductivity values in a simplified recirculating soilless system on inner and outer fruit quality characteristics of tomato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(2): 441-448.
- Labate, J. A., S. Grandillo, T. Fulton, S. Muños, A. L. Caicedo, I. Peralta, Y. Ji, R. T. Chetelat, J. W. Scott, M. J. Gonzalo, D. Francis, W. Yang, E. Van Der Knaap, A. M. Baldo, B. Smith-White, L. A. Mueller, J. P. Prince, N. E. Blanchard, D. B. Storey, M. R. Stevens, M. D. Robbins, J. F. Wang, B. E. Liedl, M. A. O'connell, J. R. Stommel, K. Aoki, Y. Iijima, A. J. Slade, S. R. Hurst, D. Loeffler, M. N. Steine, D. Vafeados, C. McGuire, C. Freeman, A. Amen, J. Goodstal, D. Facciotti, J. V. Eck and M. Causse. 2007. Tomato. In: *Genome mapping and molecular breeding in plants*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 5: 1-125.
- Magán, J. J., M. Gallardo, R. B. Thompson and P. Lorenzo. 2008. Effects of salinity on fruit yield and quality of tomato grown in soil-less culture in greenhouses in Mediterranean climatic conditions. *Agricultural Water Management* 95(9): 1041-1055.
- Magaña-Lira, N., A. Peña-Lomelí, F. Sánchez-del Castillo, J. E. Rodríguez-Pérez y E. D. C. Moreno-Pérez. 2013. Comportamiento productivo de híbridos F₁ de jitomate y sus poblaciones F₂. *Revista Fitotecnia Mexicana* 36(4): 371-379.
- Méndez I, I., A. M. Vera G, J. L. Chávez S, and J. C. Carrillo R. (2011). Quality of fruits in Mexican tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) landraces. *Vitae* 18(1): 26-32.
- Miller, J. C., and S. D. Tanksley. 1990. RFLP analysis of phylogenetic relationships and genetic variation in genus *Lycopersicon*. *Theoretical and Applied Genetics* 80:437-448.
- Nuez, F. 2001. *El Cultivo del Jitomate*. Mundi-Prensa. Bilbao, España. pp:21-83.
- Nuez, F., R. Morales, J. Prohens, P. Fernández de C., S. Soler, E. Valdivia, and V. Solorzano. 1999. Germplasm of *Solanaceae* horticultural crops in the South of Ecuador. *Plant Genetic Resources Newsletter* 120: 44-47.
- Peralta, I. E., and D. M. Spooner. 2007. History, origin and early cultivation of tomato (*Solanaceae*). In: *Genetic Improvement of Solanaceous Crops*. Vol. 2. Razdan, M. K., A. K. Mattoo (Eds). Enfield, NH: Science Publishers. pp: 1-27.

- Ramos-Ortega, A., A. Carballo-Carballo, A. Hernández-Livera, T. Corona-Torres, M Sandoval-Villa. 2006. Caracterización de líneas de jitomate en hidroponía. Agricultura Técnica en México 32(2): 213-223.
- Rodríguez, E., D. Vargas, J. J. Sánchez, R. Lepiz, A. Rodríguez, J. A. Ruiz, P. Puente y R. Miranda. 2009. Etnobotánica de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* en el Occidente de México. Naturaleza y Desarrollo 7:46-59.
- Ruiz, J. J., A. Arancha, S. García-Martínez, M. Valero, P. Blasco, and F. Ruiz-Bevia. 2005. Quantitative analysis of flavour volatiles detects differences among closely related traditional cultivars of tomato. Journal of the Science of Food and Agriculture 85: 54-60.
- Schnitzler, W. H., and S. Krauss. 2010. Quality and health promoting compounds of tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under salinity. Acta Horticulturae 856: 21-30.
- Servicio Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2013. Estadística disponible: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350.
- Vera-Guzmán, A. M., J. L. Chávez-Servia y J. C. Carrillo-Rodríguez. 2011. Variación en calidad de frutos de poblaciones de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo riñón. Journal of the Interamerican Society for Tropical Horticulture 55: 82-85.
- Zorzoli, R., G. R. Pratta y L. A. Picardi. 2000. Variabilidad genética para la vida postcosecha y el peso de los frutos en jitomate para familias F3 de un híbrido interespecífico. Pesquisa Agropecuária Brasileira 35: 2423-2427.

ANEXOS

Cuadro 1A. Concentración de macroelementos (meq l⁻¹) de las soluciones nutritivas empleadas.

Concentr ación	Aniones				Cationes				CE (dS m⁻¹)
	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^{2-}	Total	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Total	
%	60	5	35	100	35	45	20	100	
100 %	12.0	1.00	7.00	20	7.00	9.00	4.00	20	2
125 %	15.0	1.25	8.75	25	8.75	11.25	5.00	25	2.5
150 %	18.0	1.50	10.50	30	10.50	13.50	6.00	30	3

Cuadro 2A. Coeficientes de correlación entre pares de caracteres en frutos de 12 materiales de jitomate saladette.

	PPF	NFR	R	L	C	H	F	SST	AT	VC	FT	CAT	Li
PPF	1.00	-0.15	0.37**	0.02	0.06	0.08	-0.14	0.04	0.00	0.03	-0.11	-0.18	0.10
NFR		1.00	0.62**	0.16	-0.09	0.15	0.16	-0.13	0.09	0.03	-0.10	0.00	-0.12
R			1.00	0.12	-0.18	0.23*	0.00	0.02	0.05	0.18	-0.03	0.10	-0.08
L				1.00	0.29**	0.24**	0.16	-0.11	0.18*	-0.03	-0.14	-0.06	-0.11
C					1.00	0.30**	-0.10	0.21 *	0.02	0.12	-0.06	-0.08	0.10
H						1.00	0.19 *	0.13	0.20*	-0.04	-0.04	-0.06	-0.18 *
F							1.00	-0.10	0.29**	-0.23**	-0.05	0.09	-0.14
SST								1.00	0.00	0.16	0.03	0.08	0.10
AT									1.00	-0.08	-0.29 **	-0.08	-0.09
VC										1.00	0.18 *	0.16 *	0.05
FT											1.00	0.46 **	-0.08
CAT												1.00	-0.25 **
Li													1.00

R: rendimiento, NFR: número de frutos por racimo, PPF: peso promedio de fruto, L: luminosidad, C: croma, H: ángulo hue, F: firmeza, SST: sólidos solubles totales, AT: acidez titulable, VC: vitamina, FT: fenoles totales, CAT: capacidad antioxidante total, Li: licopeno. *P < 0.05; **P < 0.01. NS: No significativo.

Cuadro 3A. Coeficientes de correlación entre pares de caracteres en frutos de siete genotipos de jitomate cherry.

	PPF	NFR	R	L	C	H	F	SST	AT	VC	FT	CAT	Li
PPF	1.00	-0.52 **	0.76 **	-0.14	-0.11	-0.11	0.50 **	-0.60 **	-0.28 *	-0.53 **	-0.60 **	-0.65 **	0.50 **
NFR		1.00	0.10	0.01	0.16	-0.15	-0.48 **	0.39 **	0.42 **	0.37 **	0.37 **	0.47 **	-0.22
R			1.00	-0.13	0.02	-0.20	0.17	-0.37 **	-0.01	-0.29 *	-0.39 **	-0.39 **	0.47 **
L				1.00	0.62 **	0.62 **	-0.24 *	-0.27 *	0.38 **	0.06	0.24 *	0.16	-0.23 *
C					1.00	0.64 **	-0.46 **	-0.08	0.52 **	0.24 *	0.32 **	0.24 *	-0.38 **
H						1.00	-0.27 *	-0.22 *	0.48 **	0.20	0.37 **	0.19	-0.52 **
F							1.00	-0.34 **	-0.51 **	-0.42 **	-0.46 **	-0.42 **	0.40 **
SST								1.00	0.24 *	0.57 **	0.53 **	0.56 **	-0.25 *
AT									1.00	0.51 **	0.61 **	0.56 **	-0.42 **
VC										1.00	0.58 **	0.60 **	-0.38 **
FT											1.00	0.84 **	-0.50 **
CAT												1.00	-0.44 **
Li													1.00

R: rendimiento, NFR: número de frutos por racimo, PPF: peso promedio de fruto, L: luminosidad, C: croma, H: ángulo hue, F: firmeza, SST: sólidos solubles totales, AT: acidez titulable, VC: vitamina, FT: fenoles totales, CAT: capacidad antioxidante total, Li: licopeno. *P < 0.05; **P < 0.01. NS: No significativo.