

## CALIDAD DE FRUTO DE GENOTIPOS TETRAPLOIDES DE TOMATE DE CÁSCARA (*Physalis ixocarpa* Brot.)

### Fruit quality of tetraploid genotypes of husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot.)

E Jiménez-Santana, V Robledo-Torres ✉, A Benavides-Mendoza, F Ramírez-Godina, H Ramírez-Rodríguez, E de la Cruz-Lázaro

(EJS)(VRT)(ABM)(FRG)(ERR) Programa de Posgrado en Horticultura, UAAAN. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. CP. 25315. varoto@prodigy.net.mx

(ECL) División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa Tabasco, Mex

**Artículo recibido:** 12 de febrero de 2012, **aceptado:** 12 de julio de 2012

**RESUMEN.** Este trabajo se realizó con el objetivo de estudiar el efecto del nivel de ploidía en la calidad de fruto de tomate de cáscara. Como material genético se utilizaron los tetraploides ANT2, ANT3, ANT4, como testigo se utilizó el diploide Rendidora. Los datos se analizaron bajo un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas. En campo se distribuyeron los tratamientos (genotipos) en cinco repeticiones con acolchado plástico y riego por goteo, durante los meses de julio a noviembre del 2008. Las variables evaluadas en fruto fueron: diámetro polar de fruto (DPF), diámetro ecuatorial de fruto (DEF), firmeza de fruto (FF), densidad de fruto (DF), peso de fruto (PF), vitamina C (VC), sólidos solubles totales (SST), acidez del fruto (pH) y grosor de mesocarpio (GM). En las variables DPF, DEF y PF se encontraron diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) entre tratamientos, destacando en estas variables el genotipo diploide. En las variables FF y DF no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos. Los tetraploides superaron estadísticamente al diploide en contenido de vitamina C, en las poblaciones tetraploides se observó una alta variabilidad genética, entre genotipos en las variables de calidad de fruto estudiadas, lo que muestra la posibilidad de iniciar un proceso de selección en éstas poblaciones.

**Palabras clave:** *Physalis ixocarpa*, diploides, calidad, tetraploides.

**ABSTRACT.** This study was carried out to determine the effect of ploidy level on the fruit quality of the husk tomato. As genetic material, the tetraploids ANT2, ANT3 and ANT4 were used, and the Rendidora diploid was used as a control. Data were analysed with a random split plot design. The treatments (genotypes) were distributed in the field with five replicates, plastic mulch and drip irrigation, during the months of July to November 2008. The variables evaluated in the fruit were: polar diameter (DPF), equatorial diameter (DEF), firmness (FF), density (DF), weight (PF), vitamin C content (VC), total soluble solids (SST), acidity of the fruit (pH) and mesocarp thickness (GM). The variables DPF, DEF and PF presented highly significant differences ( $pp \leq 0.01$ ) among treatments, with the diploid genotype highlighted in these variables. The variables FF and DF presented no statistical differences among treatments. The content of vitamin C in the tetraploids was statistically greater than that in the diploid. The tetraploid populations presented a high genetic variability, among genotypes in the fruit quality variables under study, indicating it is possible to start a process of selection in these populations.

**Key words:** *Physalis ixocarpa*, diploid, quality, tetraploid.

## INTRODUCCIÓN

El tomate de cáscara, también llamado tomate verde, tomatillo o tomate de milpa, fue conocido desde tiempos remotos por los Aztecas y Mayas. Se han localizado vestigios de su uso como alimento en

excavaciones hechas en el valle de Tehuacán, Puebla que datan del año 200 al 900 a.c. La palabra tomate proviene del vocablo náhuatl "ayacachtomatli" cuyas etimologías corresponden a: ayacah (tli) = sonaja, cascabel y tomatl = tomate. Lo que hace suponer que es originaria de América y muy probablemente

de México. Aunque se tienen evidencias de que crece en forma silvestre desde California en los Estados Unidos hasta Guatemala y Nicaragua (Sánchez *et al.* 2006).

Se sabe que la especie *P. ixocarpa* es autoincompatible (Pandey 1957), por lo que la selección masal, familias de medios hermanos y combinada de medios hermanos, son los métodos genotécnicos de selección más apropiados para su mejoramiento (Peña-Lomelí & Márquez 1990). Sin embargo, la formación de híbridos mediante el uso de líneas dihaploides obtenidas por cultivo de anteras tiene un gran potencial de uso en la especie (Ortuño-Olea *et al.* 1998).

La hibridación representa algunos problemas, debido a la autoincompatibilidad, aunque es posible obtener híbridos sobresalientes mediante la cruce de progenitores derivados de las variedades Puebla y Rendidora, entre estas variedades se ha encontrado la mayor heterosis y se han obtenido híbridos planta a planta que superan al mejor progenitor (Peña-Lomelí *et al.* 1998; Santiaguillo-Hernández *et al.* 2004). El mejoramiento genético mediante la formación de tetraploides en especies como sandía y papa ha originado importantes avances. En tomate de cáscara el seleccionar tetraploides con base en calidad de fruto puede ser un camino prometedor para obtener nuevas variedades o híbridos de alto rendimiento y calidad. Al respecto, Cubero (2003) indica que los poliploides suelen presentar gigantismo y las células suelen ser mayores o de diferente forma, por lo que es promisorio su utilización en la agricultura.

A pesar de la gran importancia del cultivo, el rendimiento promedio nacional es de 15.58 t ha<sup>-1</sup> (SIAP-SAGARPA 2011), el cual es bajo en relación con el potencial productivo, ya que se reportan rendimientos de hasta 63.36 t ha<sup>-1</sup> (López-López *et al.* 2009). Dentro de los factores que contribuyen a los bajos rendimientos, se encuentran el uso de especies silvestres y genotipos con escaso proceso de mejoramiento genético, que dan como resultado bajos rendimientos y pobre calidad de fruto. Con base en lo anterior se planteó como objetivo estudiar el efecto del nivel de ploidía en la calidad de fruto de tomate de cáscara establecido bajo un sistema de

riego por goteo y acolchado plástico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Las variables se evaluaron en campo y en el Laboratorio de Fisiología y de Ciencias Básicas, durante los meses de octubre a noviembre del 2008.

El material genético utilizado fueron los genotipos tetraploides ANT2, ANT3 y ANT4, poblaciones autotetraploides de medios hermanos, seleccionadas de poblaciones previamente desarrolladas, mediante la utilización de colchicina (Robledo-Torres *et al.* 2011). La siembra se realizó en camas de cultivo de 1.8 m de ancho, a doble hilera por cama con separación de 45 cm entre hileras y 60 cm entre plantas. Diez días después del trasplante se realizó un aclareo dejando solamente una plántula por punto, para que la parcela útil fuera de tres plantas.

Las variables estudiadas en el fruto fueron: diámetro polar de fruto (DPF), diámetro ecuatorial de fruto (DEF), grosor del mesocarpio (GM), firmeza de fruto (FF), densidad de fruto (DF), peso de fruto (PF), vitamina C (VC), sólidos solubles totales (SST), acidez del fruto (pH). Para medir el DPF, DEF y GM se utilizó un vernier digital electrónico de precisión (AutoTEC™). Para la DF se utilizó una probeta con volumen conocido, en la cual al colocar el fruto se midió los ml de agua desplazada. Para estimar el PF, se utilizó una balanza de precisión modelo TS 1352Q37 marca SARTORIUS. Mientras que el contenido de sólidos solubles totales, se evaluó colocando unas gotas de jugo del fruto en la celdilla del refractómetro marca Atago N-1E®, que se expresó en °Brix. La firmeza del fruto se estimó con la ayuda del penetrómetro FT01 con fuerza de 500 gr con puntilla de 2.5 mm de diámetro. Para determinar el pH, se colocaron 10 g de fruto triturado en un vaso de precipitado en el que se introdujo el electrodo del potenciómetro digital, marca pHmeter modelo pH10, para después realizar la lectura. La estimación de vitamina C, se determinó de acuerdo con la metodología oficial de la AOAC (2000), para

**Tabla 1.** Cuadrados medios del análisis de varianza para características de fruto de tomate de cáscara. \*( $p \leq 0.05$ ), \*\*( $p \leq 0.01$ ); DPF = diámetro polar de fruto; DEP = diámetro ecuatorial de fruto; FF = firmeza de fruto; DF = densidad de fruto; P = peso de fruto; CV = coeficiente de variación.

**Table 1.** Mean squares of the variance analysis for characteristics of husk tomato fruit. \*( $p \leq 0.05$ ), \*\*( $p \leq 0.01$ ); DPF = polar diameter of the fruit; DEP = equatorial diameter of the fruit; FF = firmness of the fruit; DF = density of the fruit; P = weight of the fruit; CV = variation coefficient.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios				
		DPF	DEF	FF	DF	PF
Repeticiones	4	0.1462	0.1253	3703.50	0.0047	213.30
Cortes (C)	2	0.3261	0.8988*	1688.70	0.0122	116.83
Error A	8	0.1014	0.1463	2703.40	0.0021	24.95
Genotipos (G)	3	3.0186**	1.0189**	7626.30*	0.0048	591.81**
C x G	6	0.0602	0.2333	1047	0.0005	41.83
Error B	36	0.0891	0.1071	2651	0.0021	107.38
CV (%)		8.45	6.64	17.31	4.55	21.90

lo cual se utilizaron 10 g de fruto que se trituraron en 10 ml de ácido clorhídrico, la mezcla obtenida se filtró en un matraz Erlenmeyer y se aforó a 100 ml con agua destilada, tomando 10 ml de la solución se tituló con reactivo de Thielman hasta obtener un tono rosado, registrando la cantidad de reactivo gastado, para conocer la cantidad de vitamina C. Para todas las variables se utilizaron nueve frutos provenientes de tres plantas tomadas al azar de cada población y por repetición, en tres cortes con intervalos de 8 d.

#### Área de estudio

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con cinco repeticiones. El arreglo de tratamientos fue de parcelas divididas, donde el factor A fueron tres cortes y el factor B fueron el genotipo diploide rendidora y los tres genotipos tetraploides. La significancia de las diferentes variables fue considerada en función del nivel de plodía, lo que se realizó mediante análisis de varianza simple. Los valores promedios se compararon mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) (Zar 2010).

## RESULTADOS

El análisis de varianza muestra diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre cortes para la variable DEF, lo cual indica que de un corte a otro se modifica el diámetro ecuatorial del fruto. Mientras que las variables DPF, DEF y PF tuvieron diferencias

estadísticas altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ), en tanto que la FF mostró diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), entre genotipos (Tabla 1). Dado que se encontraron diferencias estadísticas significativas entre cortes y entre genotipos se realizó la comparación de medias, que detectó que los frutos del tercer corte fueron estadísticamente iguales a los del segundo corte, pero diferentes a los del primer corte. Mientras que las variables DPF, FF, DF y PF no modifican su comportamiento en los tres primeros cortes, por lo tanto se mantiene la calidad entre cortes. El testigo (genotipo diploide) presentó valores de DPF, DEF y PF diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ ) a los obtenidos por los genotipos tetraploides. Para firmeza de fruto, el genotipo tetraploide ANT4 fue el que tuvo el mayor valor y fue estadísticamente diferente ( $p \leq 0.05$ ) a los otros dos tetraploides y al testigo (Tabla 2).

No se detectó interacción entre cortes y genotipos, lo que indica estabilidad de todos los genotipos en los tres cortes realizados. Así mismo, los valores del coeficiente de variación y la desviación estándar observada indican confiabilidad en la información analizada.

Los cuadrados medios del análisis de varianza realizado en la variable VC, pH y GM muestran diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0.01$ ) entre cortes, indicando que al pasar de un corte a otro se modificó significativamente cada una de las variables antes señaladas (Tabla 3). No se observaron diferencias significativas en la concentración de SST

**Tabla 2.** Medias de características de fruto estimadas en tetraploides de tomate de cáscara. DPF = diámetro polar de fruto; DEP = diámetro ecuatorial de fruto; FF = firmeza de fruto; DF = densidad de fruto; P = peso de fruto. Tukey = 0.05.

**Table 2.** Means of fruit characteristics estimated in tetraploids of husk tomato. DPF = polar diameter of the fruit; DEP = equatorial diameter of the fruit; FF = firmness of the fruit; DF = density of the fruit; P = weight of the fruit. Tukey = 0.05.

Genotipos	DPF cm	DEF cm	FF kg cm <sup>-2</sup>	DF gr cm <sup>-3</sup>	PF gr
Rendidora	4.18 <sup>a</sup>	5.290 <sup>a</sup>	2.825 <sup>b</sup>	0.972 <sup>a</sup>	58.670 <sup>a</sup>
ANT2	3.47 <sup>b</sup>	4.930 <sup>b</sup>	2.740 <sup>b</sup>	1.011 <sup>a</sup>	44.330 <sup>b</sup>
ANT3	3.25 <sup>b</sup>	4.670 <sup>b</sup>	3.125 <sup>b</sup>	1.023 <sup>a</sup>	44.720 <sup>b</sup>
ANT4	3.22 <sup>b</sup>	4.830 <sup>b</sup>	3.205 <sup>a</sup>	1.008 <sup>a</sup>	41.560 <sup>b</sup>
Media	3.53	4.930	2.974	1.003	47.320
Desv. Estándar	0.447	0.262	0.225	0.022	7.696

**Tabla 3.** Cuadrados medios del análisis de varianza para características calidad de fruto de tomate de cáscara. \*(p ≤ 0.05), \*\*(p ≤ 0.01); VC = vitamina C; pH = acidez del fruto GM = Grosor del mesocarpio; SST = sólidos solubles totales.

**Table 3.** Mean squares of the variance analysis for characteristics of fruit quality in husk tomato. \*(p ≤ 0.05), \*\*(p ≤ 0.01); VC = vitamin C; pH = fruit acidity; GM = Thickness of mesocarp; SST = total soluble solids.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios			
		VC	pH	GM	SST
Repeticiones	4	0.142	0.068	0.002	0.507
Cortes (C)	2	176.478**	2.413**	0.293**	1.761
Error A	8	2.860	0.074	0.013	1.624
Genotipos (G)	3	44.602**	0.034	0.015	2.721**
C x G	6	14.528*	0.125*	0.018*	1.150*
Error B	36	5.285	0.039	0.005	0.479
CV (%)		27.980	5.200	15.230	11.210

entre cortes. Pero se observan diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ) entre genotipos en VC y SST, no en pH y GM. Se observan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en la interacción de cortes por genotipos, para VC, pH, GM y SST, lo cual muestra que los valores de las variables antes señaladas se modifican de forma diferente al pasar de un corte a otro. Al realizar la comparación de medias mediante la prueba Tukey, se encontró que el genotipo ANT2 presentó en promedio un 58% mayor contenido de VC que el testigo y los otros dos tetraploides. Es importante señalar que el genotipo diploide, ANT3 y ANT4 presentaron los mayores niveles de VC en el corte tres, sin embargo el genotipo ANT2 lo tuvo en el segundo corte.

Respecto al pH, se encontró que el testigo no mostró diferencias significativas con respecto a los tetraploides; sin embargo, en los tetraploides los valores de acidez observados en el primer corte fueron

estadísticamente diferentes de los valores observados en el segundo y tercer corte (Tabla 5).

En las Tablas 4 y 5 se observa que no hay diferencias significativas en el GM de los cuatro genotipos estudiados. Sin embargo, se encontró una interacción significativa ( $p \leq 0.05$ ) de C x G, lo que indica que el GM de por lo menos un genotipo es diferente en uno de los cortes, la comparación de medias presentada en la Tabla 5 muestra que el GM del tetraploide ANT2 y segundo corte, fue significativamente ( $p \leq 0.05$ ) mayor al GM del genotipo rendidora.

Se encontró que el testigo tuvo un comportamiento similar en GM en los tres cortes con un rango de 0.42 a 0.56 cm, pero los tetraploides tuvieron un GM de 0.34 cm en el primer corte a 0.61 en el tercer corte, encontrando diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre el primer y tercer corte (Tabla 6). También se observa (Tabla 4) que

**Tabla 4.** Medias de características de calidad de fruto estimadas en tetraploides de tomate de cáscara. VC = vitamina C; AF = acidez del fruto GM = Grosor del mesocarpio; SST = sólidos solubles totales.

**Table 4.** Means of fruit quality characteristics estimated in tetraploids of husk tomato. VC = vitamin C; AF = fruit acidity; GM = Thickness of mesocarp; SST = total soluble solids.

Genotipos	VC mg/100g	AF pH	GM cm	SST °Brix
Rendidora	6.776 <sup>b</sup>	3.799 <sup>a</sup>	0.426 <sup>b</sup>	5.580 <sup>b</sup>
ANT2	10.721 <sup>a</sup>	3.781 <sup>a</sup>	0.287 <sup>a</sup>	6.380 <sup>a</sup>
ANT3	7.744 <sup>b</sup>	3.885 <sup>a</sup>	0.299 <sup>a</sup>	6.560 <sup>a</sup>
ANT4	7.627 <sup>b</sup>	3.793 <sup>a</sup>	0.328 <sup>a</sup>	6.180 <sup>ab</sup>
Media	8.217	3.814 <sup>a</sup>	0.335	6.175
Desv. Estándar	1.724	0.047	0.335	0.426

el testigo fue estadísticamente menor que los genotipos ANT2 y ANT3 en acumulación de sólidos solubles totales (Tabla 5), mientras que el diploide fue superado en un 17 % por el tetraploide ANT3, y se observó que los genotipos ANT2 y ANT3 tuvieron los mayores contenidos de sólidos solubles en el segundo y tercer corte.

## DISCUSIÓN

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas en las características DPF, FF, DF y PF a través de cortes, lo que puede ser consecuencia que éstas variables están determinadas por el genotipo, pero se ha encontrado que el aumento en el nivel de ploidia da origen a frutos de mayor diámetro ecuatorial que diámetro polar (Aleza *et al.* 2009), aunque la modificación de factores climáticos como la temperatura y luz influyen sobre la morfogénesis del fruto, así como la eficiencia en la polinización, ya que durante la fecundación y formación de semilla hay síntesis de giberelinas que modifican la forma del fruto, por lo tanto las diferencias estadísticas observadas en el DEF puede ser atribuido a lo antes señalado. Las diferencias estadísticas entre genotipos para las variables DPF, DEF, FF y PF son el resultado de la variabilidad generada al aumentar el nivel de ploidia de los tres genotipos tetraploides debido al aumento cromosómico, ya que al incrementar el número de cromosomas se incrementa la posibilidad de recombinación genética durante la meiosis, debido a que con dos alelos en un diploide se forman tres combinaciones, mientras que en un tetraploide

de se forman cinco combinaciones (Cubero 2003), lo antes indicado es consecuencia de la redundancia genética que permite la divergencia adaptativa de genes duplicados (Parizod *et al.* 2010). Al respecto Nakamura *et al.* (2007) indican que los tetraploides, comparados con los diploides, son plantas cortas con tallos gruesos y fuertes, hojas más redondas y grandes, baja fertilidad del polen, estomas grandes, flores y granos de polen grandes.

Las diferencias estadísticas significativas entre cortes para la variable contenido de vitamina C, muestran que fue menor en el primer corte; sin embargo, se incrementó en el segundo corte, mientras que el mayor valor se tuvo en el tercer corte. También se observó que el contenido de vitamina C se incrementó de manera importante en los genotipos tetraploides, lo cual resulta importante desde el punto de vista nutricional. El mayor contenido de VC en los genotipos tetraploides, puede ser el resultado de genes duplicados que inducen modificaciones metabólicas, en poliploides de *Aloe vera* se han logrado una mayor producción de metabolitos secundarios de defensa frente a agresiones del ambiente y herbívoros (Molero-Paredes & Matos 2008) que conducen a una mayor tolerancia ecológica (Parizod *et al.* 2010). Además al ser plantas de comportamiento más tardío, se puede tener mayor crecimiento radical e índice de área foliar, que les permite mayor capacidad de absorción y síntesis de metabolitos secundarios como las vitaminas, hay evidencias de que en los tetraploides se incrementa el metabolismo secundario, por lo tanto se incrementa la resistencia a plagas y enfermedades (Molero-Paredes & Matos

**Tabla 5.** Características de calidad de fruto, comparación entre genotipos dentro de cortes. Medias con la misma letra en la misma hilera no son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

**Table 5.** Fruit quality characteristics, comparison between genotypes within cuts. Means with the same letter in the same row are not significantly different (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

Característica	Genotipos				
	Cortes	Rendidora	ANT2	ANT3	ANT4
Vitamina C mg/100g	1	4.576 <sup>a</sup>	5.192 <sup>a</sup>	5.192 <sup>a</sup>	4.928 <sup>a</sup>
	2	5.984 <sup>b</sup>	14.036 <sup>a</sup>	7.568 <sup>b</sup>	7.920 <sup>b</sup>
	3	9.768 <sup>a</sup>	12.936 <sup>a</sup>	10.472 <sup>a</sup>	10.032 <sup>a</sup>
	Media	6.776 <sup>B</sup>	10.721 <sup>A</sup>	7.744 <sup>B</sup>	7.627 <sup>B</sup>
Acidez del Fruto pH	1	4.018 <sup>b</sup>	4.220 <sup>ab</sup>	4.516 <sup>a</sup>	4.092 <sup>b</sup>
	2	3.742 <sup>a</sup>	3.640 <sup>a</sup>	3.594 <sup>a</sup>	3.686 <sup>a</sup>
	3	3.638 <sup>a</sup>	3.482 <sup>a</sup>	3.544 <sup>a</sup>	3.602 <sup>a</sup>
	Media	3.799 <sup>A</sup>	3.781 <sup>A</sup>	3.885 <sup>A</sup>	3.793 <sup>A</sup>
Grosor del Mesocarpio Mm	1	0.426 <sup>a</sup>	0.389 <sup>a</sup>	0.299 <sup>a</sup>	0.328 <sup>a</sup>
	2	0.430 <sup>b</sup>	0.620 <sup>a</sup>	0.520 <sup>ab</sup>	0.550 <sup>ab</sup>
	3	0.560 <sup>a</sup>	0.620 <sup>a</sup>	0.620 <sup>a</sup>	0.580 <sup>a</sup>
	Media	0.472 <sup>A</sup>	0.543 <sup>A</sup>	0.479 <sup>A</sup>	0.486 <sup>A</sup>
Sólidos Solubles Totales °Brix	1	6.120 <sup>a</sup>	6.400 <sup>a</sup>	5.960 <sup>a</sup>	5.880 <sup>a</sup>
	2	5.240 <sup>b</sup>	6.000 <sup>ab</sup>	6.720 <sup>a</sup>	5.760 <sup>ab</sup>
	3	5.380 <sup>b</sup>	6.740 <sup>a</sup>	7.000 <sup>a</sup>	6.900 <sup>a</sup>
	Media	5.580 <sup>B</sup>	6.380 <sup>A</sup>	6.560 <sup>A</sup>	6.180 <sup>AB</sup>

2008).

Las diferencias significativas entre cortes en vitamina C, indica que la poliploidización indujo cambios metabólicos promoviendo una mayor síntesis de vitamina C, ya que se ha observado que la duplicación cromosómica, permite incrementar la producción de metabolitos secundarios (Molero-Paredes & Matos, 2008), como es el caso de la vitamina C, que permite mejorar la calidad nutricional del fruto de tomate de cáscara. El pH ó acidez del fruto también es una característica importante de calidad del fruto (García-Sahagún *et al.* 2009) que puede ser modificada mediante la aplicación de tratamientos de oligosacáridos pécticos (García-Sahagún *et al.* 2008) modificando el sabor que es un atributos de calidad del fruto de tomate de cáscara. El GM fue mayor conforme avanzó el ciclo de cultivo, solo en los tetraploides, como consecuencia de que éstos son mas tardíos y continúan acumulando reservas, además de que su tamaño celular es

mayor (Parizod *et al.* 2010), lo anterior originó frutos con mayor grosor de mesocarpio, sin embargo los tetraploides presentaron una reducida fertilidad de polen (Ramsey & Schemske 2002), que se traduce en menor producción de semilla, lo que ocasiona frutos con llenado parcial, con un hueco entre el endocarpio y mesocarpio.

En cambio en los diploides como se tiene una meiosis regular hay una mayor producción de semilla, lo que ocasiona un llenado completo del fruto y un diámetro menor del mesocarpio. Esta característica es importante en los programas de mejoramiento, ya que está relacionada con la vida de anaquel del fruto y sobre todo con el peso del fruto y firmeza del mismo (Scott & Baldwin 1994), que son características de calidad (Macías-Rodríguez 1996). El contenido de SST, es una variable muy importante, que está estrechamente relacionada con el sabor del fruto y con la acumulación de azúcares por parte de la planta. Al respecto, se observa que los tetra-

**Tabla 6.** Características de calidad de fruto, comparación entre cortes dentro de genotipos. Medias con la misma letra en la misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

**Table 6.** Characteristics of fruit quality. Comparison between cuts within genotypes. Means with the same letter in the same column are not significantly different (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

Característica	Cortes	Genotipos				Media corte
		Rendidora	ANT2	ANT3	ANT4	
Vitamina C mg/100g	1	4.576 <sup>b</sup>	5.192 <sup>b</sup>	5.192 <sup>b</sup>	4.928 <sup>b</sup>	4.972 <sup>C</sup>
	2	5.984 <sup>b</sup>	14.036 <sup>a</sup>	7.568 <sup>ab</sup>	7.920 <sup>ab</sup>	8.877 <sup>B</sup>
	3	9.768 <sup>a</sup>	12.936 <sup>a</sup>	10.472 <sup>a</sup>	10.032 <sup>a</sup>	10.802 <sup>A</sup>
Acidez del fruto Ph	1	4.018 <sup>a</sup>	4.220 <sup>a</sup>	4.516 <sup>a</sup>	4.092 <sup>a</sup>	4.211 <sup>A</sup>
	2	3.742 <sup>a</sup>	3.640 <sup>b</sup>	3.594 <sup>b</sup>	3.686 <sup>b</sup>	3.665 <sup>B</sup>
	3	3.638 <sup>a</sup>	3.482 <sup>b</sup>	3.544 <sup>b</sup>	3.602 <sup>b</sup>	3.566 <sup>B</sup>
Grosor del Mesocarpio Mm	1	0.425 <sup>a</sup>	0.388 <sup>b</sup>	0.298 <sup>b</sup>	0.328 <sup>b</sup>	0.360 <sup>B</sup>
	2	0.430 <sup>a</sup>	0.620 <sup>a</sup>	0.520 <sup>a</sup>	0.550 <sup>a</sup>	0.530 <sup>A</sup>
	3	0.560 <sup>a</sup>	0.620 <sup>a</sup>	0.620 <sup>a</sup>	0.580 <sup>a</sup>	0.595 <sup>A</sup>
Sólidos solubles totales °Brix	1	6.120 <sup>a</sup>	6.400 <sup>a</sup>	5.960 <sup>a</sup>	5.880 <sup>a</sup>	6.090 <sup>A</sup>
	2	5.240 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.720 <sup>a</sup>	5.760 <sup>ab</sup>	5.930 <sup>A</sup>
	3	5.380 <sup>a</sup>	6.740 <sup>a</sup>	7.000 <sup>a</sup>	6.900 <sup>a</sup>	6.505 <sup>A</sup>

ploides tienen una mayor eficiencia, debido a que los genotipos ANT2 y ANT3 fueron estadísticamente superiores al testigo, aunque hubo más variabilidad en las poblaciones tetraploides que en las poblaciones diploides estudiadas, lo cual hace necesario realizar procesos de selección en las poblaciones tetraploides. Estos resultados coinciden con lo reportado por Gordillo-Moreno *et al.* (2006) quien al estudiar progenitores e híbridos de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) indujo variabilidad genética en las poblaciones estudiadas y se reflejó en diferencias significativas entre las mismas. Probablemente la mayor actividad fotosintética de los tetraploides, indujo mayores cantidades de sólidos solubles totales, como consecuencia de que éstos presentaron mayor área foliar logrando ramificaciones de hasta 1.8 m en comparación al diploide cuyas ramificaciones alcanzaron sólo 70 cm. Las diferencias obser-

vadas pueden deberse más al genotipo que al grado de madurez del fruto ya que Zambrano *et al.* (1995), indican que las diferencias son mínimas en el contenido de sólidos solubles totales entre frutos madurados en la planta. Los genotipos tetraploides de tomate de cáscara tuvieron mayor contenido de vitamina C y sólidos solubles totales, que el genotipo testigo diploide, lo cual resulta importante desde el punto de vista alimenticio. Además se puede indicar que las poblaciones tetraploides estudiadas requieren de selección, ya que se ha reportado que los autotetraploides recién formados son altamente variables y frecuentemente hay reducción en la fertilidad (Ramsey & Schemske 2002) por lo tanto resulta importante mejorar la estabilidad meiótica, a fin de incrementar la fertilidad del polen y lograr genotipos tetraploides con alto rendimiento y calidad de fruto.

## LITERATURA CITADA

- Aleza P, Juárez J, Ollitrault P, Navarro L (2009) Production of tetraploid plants of non apomictic citrus genotypes. *Plant Cell Reports* 28(12): 1837-1846.
- AOAC (2000) Official methods of analysis, 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD. 2 p
- Cubero JI (2003) Introducción a la mejora genética vegetal (2 ed.). Mundi-Prensa. España. 365 p.

- García-Sahagún ML, Avendaño-López A, Padilla Sahagún MC, Izquierdo Oviedo H (2008) Evaluación de la acción de oligosacáridos en la calidad de tomate de cáscara. Avances en la investigación científica en el CUCBA. pp: 31-36
- García-Sahagún ML, Martínez-Juárez V, Avendaño-López AN, Padilla Sahagún MC, Izquierdo Oviedo H (2009) Acción de oligosacáridos en el rendimiento y calidad de tomate. Revista Fitotecnia Mexicana 32 (4): 295-301.
- Gordillo-Moreno E, Ramírez-Mezquitic JG, Hernández-Dávila J, Robledo-Torres V, Murillo-Soto MM (2006) Estudio de progenitores e híbridos de tomate de cáscara. Agrofaz 6(1): 163-169.
- López-López R, Arteaga-Ramírez R, Vázquez-Peña, López Cruz IL, Sánchez-Cohen I (2009) Producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot) basado en láminas de riego y acolchado plástico. Revista Chapingo Serie Horticultura 15(1): 83-89.
- Macías-Rodríguez FJ (1996) Propiedades físicas, estructurales y resistencia al daño mecánico del fruto de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en relación a variedades, cortes y periodos de almacenamiento. Revista Chapingo Serie Horticultura 2( 2): 147-151.
- Molero-Paredes T, Matos A (2008) Efectos de la inducción artificial de la poliploidía en plantas de *Aloe vera* (L.). Boletín Centro de Investigaciones Biológicas Venezuela 42(1): 111-133.
- Nakamura N, Masuo Y, Ooyabu E (2007) Development of tetraploid chinese lantern (*Physalis alkekengi* L. var. *franchetii* Makino) and its characteristics. Horticultural Reserch 6(3): 341-345.
- Ortuño-Olea L, Manzo-González A, Peña-Lomelí A (1998) Cultivo de anteras en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Revista Chapingo Serie Horticultura 4(1): 39-43.
- Pandey KK (1957) Genetics of self incompatibility in *Physalis ixocarpa* Brot: a new system. American Journal of Botany 44: 879-887.
- Parizod C, Holderegger R, Brochmann C (2010) Evolutionary consequences of autopolyploidy. New Phytologist 186: 5-17.
- Peña-Lomeli LA, Márquez SF (1990) Mejoramiento genético de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Revista Chapingo 15(71-72): 84-88.
- Peña-Lomeli A, Molina-Galán JD, Cervantes-Santana T, Márquez-Sánchez F, Sahagún-Castellanos J, Ortíz-Cerceres J (1998) Heterosis intervarietal en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Revista Chapingo Serie Horticultura 4(1): 31-37.
- Ramsey J, Schemske DW (2002) Neopolyploidy in flowering plants. Annual Review Ecology and Systematics 33: 589-639.
- Robledo-Torres V, Ramírez-GF, Foroughbakhck-Pournavab R, Benavides-Mendoza A, Hernández-Guzman G, Reyes-Valdés MH (2011) Development of tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.) autotetraploids and their chromosome and phenotypic characterization. Breeding Science 61: 288-293.
- Sánchez MJ, Padilla GJM, Bojorquez MBA, Arriaga RMC, Arellano RLJ, Sandoval IE, Sánchez ME (2006) Tomate de cáscara cultivado y silvestre del occidente de México. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Guadalajara, Jalisco, México. 176 p.
- Santiaguillo-Hernández JF, Cervantes-Santana T, Peña-Lomelí A (2004) Selección para rendimiento y calidad de fruto de cruza planta x planta entre variedades de tomate de cáscara. Revista Fitotecnia Mexicana 27(1): 85-91.

- Scott JW, Baldwin EA (1994) Effect of harvest stage on solids, acids, firmness and shelf-life of tomato. HortScience 29(5): 566.
- SIAP-SAGARPA (2011) Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. Página consultada el 17 de julio del 2012.
- Zambrano JJ, Moyeja L, Pacheco (1995) Efecto del estado de madurez en la composición y calidad de frutos de tomate. Agronomía Tropical 46(1): 61-72.
- Zar JH (2010) Biostatistical analysis. 6° Ed. Prentice-Hall. Inc. Upper Saddle River. New Jersey. 854 p.

