

# Formación y selección de genotipos sobresalientes de tomate en base a características de rendimiento y de calidad del fruto, en invernadero

Formation and selection of outstanding genotypes of tomato *Solanum lycopersicum* L. based on characteristics of yield and fruit quality, at greenhouse

Gabriela Ovando-Solís<sup>1</sup>, Fernando Borrego-Escalante<sup>1\*</sup>, Alfonso López-Benítez<sup>1</sup>, Adalberto Benavides-Mendoza<sup>2</sup> y María Margarita Murillo-Soto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Fitomejoramiento, <sup>2</sup>Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. Buenavista. CP 25315, Saltillo, Coah., México. E-mail: fernando.borrego@uaaan.mx [\*Autor responsable].

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue formar y seleccionar genotipos sobresalientes de tomate en cuanto a su rendimiento y contenido nutrimental, que se evaluaron en un ambiente de invernadero. Al inicio de la etapa de floración se realizó la formación de los materiales genéticos mediante cruza dirigidas, las cuales se llevaron a cabo durante los meses de febrero y marzo de 2013; la evaluación de las cruza y los progenitores se efectuó entre agosto de 2013 y enero de 2014, bajo un diseño de bloques completos al azar, el cual mostró diferencia ( $p \leq 0.01$ ) en la fuente de variación GEN (genotipos) y en las siguientes variables: número de cortes (NC), peso promedio de fruto (PPF) y rendimiento en toneladas por hectárea (RNDTHA); para las variables fenológicas hubo diferencia ( $p \leq 0.01$ ) en días a primer corte (DPC) y días en cosecha (DC); para contenido nutrimental, hubo diferencia ( $p \leq 0.01$ ) para las variables de frutos, potencial de iones hidrógeno (pH), grados brix (BRX), vitamina C (VITC) y licopeno (LICOP). Las diferencias que se presentaron en las variables evaluadas indican que existe variabilidad genética entre los genotipos.

**Palabras clave:** *Solanum lycopersicum* L., contenido nutricional, fenológica.

## ABSTRACT

The objective of the present work was to form and select outstanding tomato genotypes in terms of performance and nutrient content. The test environment was in the greenhouse, at the beginning of the flowering stage took place the formation of materials using directed crosses, which took place during the months of February to March 2013. The evaluation of the crosses and parents was conducted in the months of August 2013 to January 2014, under a randomized complete block design, which showed difference ( $p \leq 0.01$ ) in performance to the source of variation in genotype related source of variation cuts number (NC), fruit mean weight (PPF) and yield in ton ha<sup>-1</sup> (RNDTHA) variables; for phenological variables was difference ( $p \leq 0.01$ ) in variables days to first harvest (DPC) and days in harvest (DC); for nutrient content was difference ( $p \leq 0.01$ ) in genotypes for hydrogen ion potential (pH), brix degrees (BRX), vitamin C (VITC) and lycopene (LICOP) variables. The differences presented in the evaluated variables prove that there is genetical variability in genotypes.

**Key words:** *Solanum lycopersicum* L., nutritional content, phenological

## INTRODUCCIÓN

Uno de los insumos de mayor costo en la producción de jitomate es el de la semilla híbrida, debido a que se obtiene mediante cruces de dos líneas con alta homocigosis; si se siembra la semilla  $F_2$ , el rendimiento puede reducirse de 20% a 30% debido a la característica segregante que posee y la disminución del grado de dominancia. Una forma de reducir los costos de la semilla para la producción de tomate bajo invernadero, es mediante la identificación de híbridos de cruce doble que posean buenas características de rendimiento y calidad de fruto con resistencia a enfermedades (Mendoza-De Jesús *et al.*, 2010). El precio de la semilla mejorada limita que la utilicen pequeños y medianos agricultores.

En todo proceso de mejoramiento genético se deben conocer las características genéticas de las poblaciones, en términos de los caracteres métricos objeto del mejoramiento, sus variaciones por efectos ambientales, y por efectos génicos o genotípicos (Gaspar-Peralta *et al.*, 2012).

El productor de tomate que usa invernadero de baja tecnología carece de control de temperatura y de 30% a 40% de la producción, al no cumplir con los requisitos de calidad que requiere para su exportación; en estos casos, una alternativa es usar híbridos adaptados a esas condiciones de manejo y clima (Grijalva *et al.*, 2011).

El estudio sistemático y la evaluación del germoplasma son de gran importancia para el presente y futuro agronómico y mejoramiento genético del cultivo. Además, si en un programa de mejoramiento se está realizando la evaluación del germoplasma, es imprescindible comprender la base y el valor genético del germoplasma disponible (Reddy *et al.*, 2013).

El aporte nutricional es un atributo muy valorado por los consumidores, por lo que es importante incluirlo en el mejoramiento genético. El contenido de antioxidantes en el tomate, como el licopeno y las vitaminas A y C, ha sido objeto de muchos estudios para comprobar su eficacia contra la oxidación celular y en la prevención de algunas enfermedades como el cáncer; está reportado que la inclusión del licopeno en la dieta diaria –fresco o procesado– puede reducir la oxidación celular que ocasionan los radicales libres (Bermejo y Hidalgo-Correas, 2008; Choi *et al.*, 2014).

El objetivo de este trabajo fue formar y seleccionar genotipos sobresalientes de híbridos experimentales, cultivados bajo condiciones de invernadero, a partir de su comportamiento agronómico y de sus características de calidad en fruto.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en dos etapas: en la primera se llevó a cabo la formación de híbridos experimentales mediante cruces dirigidas, en el invernadero de Fisiotecnia de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) (25° 21' 19.29" LN; 101° 01' 49.07" LW, 1777 msnm), durante los meses de febrero y marzo de 2013; luego, en el invernadero, de agosto de 2013 a enero de 2014 se procedió a evaluar los materiales genéticos.

Para llevar a cabo este trabajo se utilizaron 44 genotipos, con 14 líneas progenitoras y 30 genotipos en  $F_1$ .

Las variables agronómicas evaluadas fueron: días a primer corte (DPC), días en corte (DC), días a último corte (DUC), número de cortes (NC), peso promedio de frutos (PPF) rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ), (RNDTHA) sólidos solubles en grados Brix (BRIX), licopeno ( $mg/100g$ ) (LICOP) y vitamina C ( $mg/100g$ ) (VITC).

### Pruebas de rendimiento

El rendimiento de cada genotipo se calculó al finalizar el último corte: se sumó el peso de cada corte y el total resultante se dividió entre el número de frutos totales, para obtener así el peso promedio de los frutos de cada genotipo. Para obtener el rendimiento en toneladas por hectárea, se multiplicó el rendimiento por planta por la densidad de la población, que fue de 37,537 plantas por hectárea.

### Pruebas de contenido nutrimental

En el tercer corte se seleccionaron tres frutos de cada tratamiento. Se registraron uno por uno los tres frutos con genotipo, repetición y número. Cada uno de los frutos de cada genotipo se colocó en un vaso de precipitado y se le asignó un número; cada genotipo tenía tres vasos y cada uno de ellos representó una repetición, por lo que se tenían tres repeticiones por material. Posteriormente, cada uno de los tomates se picó y molió en su vaso respectivo, y los resultados que se obtuvieron se registraron en el libro de campo.

**Determinación de índice refractométrico.** Los sólidos solubles se determinaron con un refractómetro marca Atago modelo 1018.

**Determinación de vitamina C.** El contenido de vitamina C se determinó de acuerdo con lo propuesto por Chechetkin *et al.* (1984), los resultados se expresaron en  $mg/100\ g$ .

**Determinación de licopeno.** El licopeno se determinó de acuerdo con lo propuesto por Davis *et al.*

(2003), mediante un espectrofotómetro (Spectronic 21) con lectura de 502 nm. Los resultados se expresaron en mg/100 g.

### Material experimental

El material experimental estuvo conformado por 44 genotipos, de los cuales 14 fueron líneas progenitoras y 30 híbridos F<sub>1</sub>.

### Análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones; la unidad experimental estuvo conformada de cinco plantas por genotipo, con una parcela útil de una planta con competencia completa. El análisis de los datos se llevó a cabo mediante el modelo estadístico (Steel & Torrie, 1980).

Modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y<sub>ij</sub> = Observación del *i*-ésimo genotipo en su *j*-ésima repetición.

μ = Efecto de la media general.

ε<sub>ij</sub> = Efecto de la variabilidad no controlada, o error experimental.

En las variables en que se encontró diferencia estadística, se determinaron los mejores promedios con base en una prueba de diferencia de medias de Tukey (p ≤ 0.05).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se observa diferencia (p ≤ 0.01) en la fuente de variación genotipo, para las variables DPC y DC, lo cual indica que hay genotipos precoces y materiales que tuvieron diferencia en fructificación; para DUC no se encontró diferencia estadística; los materiales más precoces, de acuerdo con la prueba de medias fueron, con 95 días a primer corte: F3x(45x47), K3x(Y4xR1), Q3xL1, R1x(45x47), (45x47)xR1, PobTom5, PobTom7, PobTom8, y Y41x(Y4xR1) y el más tardío fue K3x(Q3xR1) con 121 días; para DC los genotipos con más días en fructificación fueron: F3x(45x47), K3x(Y4xR1), Q3xL1, R1x(45x47), (45x47)xR1, y PobTom5; en DUC todos los genotipos presentaron 159 días. Grijalva *et al.* (2011) reportan 94 días a primer corte, y un periodo de producción de 159 días, en invernadero de baja tecnología, en la región noroeste de Sonora.

En este experimento, los genotipos precoces fueron para plantas con hábito de crecimiento semi-indeterminado y determinado. De acuerdo con Bell *et al.* (2014), el hábito de crecimiento también es un aspecto importante en el tiempo de la primera cosecha, ya que las variedades de hábito de crecimiento determinado se pueden cosechar de forma más temprana que las de indeterminado; estos autores también afirman que las temperaturas nocturnas más bajas retrasan el crecimiento de las plantas y la maduración de los frutos. Con base en lo anterior, las bajas temperaturas que prevalecieron en el invernadero afectaron el tiempo de maduración de algunos genotipos, ya que este proceso está condicionado por una serie de reacciones bioquímicas controladas por enzimas, las cuales requieren temperaturas cálidas para poder actuar.

**Cuadro 1.** Análisis de varianza (cuadrados medios) para tres variables fenológicas de 44 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en Buenavista, Saltillo, Coahuila, 2014.

FV	GL	DPC	DC	DUC
REP	2	3.280	8.053	1.848
GEN	43	228.644**	220.825**	5.019
ERROR	86	10.567	16.068	5.569
CV (%)		2.938	8.361	1.488
MEDIA		110.621	47.939	158.5606
MAX		121.333	64.000	159.000
MIN		95.000	37.667	153.000

\*\*Nivel de probabilidad de 0.01, \*Nivel de probabilidad de 0.05, DPC [Días a primer corte], DC [días en cosecha], DUC [días al último corte], GL [grados de libertad], FV [fuente de variación], REP [repeticiones], GEN [genotipos], CV [coeficiente de variación], MAX [valor máximo], MIN [valor mínimo].

En el Cuadro 2 se presentan los cuadrados medios para las variables de rendimiento, y se observan diferencias (p ≤ 0.01) para la fuente de variación genotipo en las variables NC, PPF y RNDTHA, lo cual indica amplia variabilidad entre los genotipos. En NC, los genotipos de valor más alto fueron PobTom5, PobTom8 y (45x47)xR1, con una media de

6.0 cortes; los más bajos fueron Q3, Y533, (45x47) x(S1xL1) y CBxTq, con una media de 4.33 cortes. En PPF, el genotipo K3x(Q3xR1) obtuvo la media más alta con 149.06 g, y con la media más baja Y4xQ3 con 50.01 g. La línea F<sub>3</sub> obtuvo mayor rendimiento, con una media de 122.82 t ha<sup>-1</sup>, mientras que el más bajo fue Y533, con 44.87 t ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 2.** Análisis de varianza [cuadrados medios] para cuatro variables de rendimiento de 44 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en Buenavista, Saltillo, Coahuila. 2014.

FV	GL	NC	PPF	RNDTHA
REP	2	0.007	94.017	221.911
GEN	43	0.588**	1887.523**	801.870**
ERROR	86	0.193	240.679	372.213
CV (%)		8.773	17.169	24.372
MEDIA		5.015	90.358	79.157
MAX		6.000	149.06	122.82
MIN		4.333	50.01	44.87

\*\*Nivel de probabilidad de 0.01, \*Nivel de probabilidad de 0.05, NC (número de cortes), PPF (peso promedio de frutos), RNDTHA (rendimiento en toneladas por hectárea, GL (grados de libertad), FV (fuente de variación), Rep [Repeticiones], GEN [genotipos], CV [coeficiente de variación], MAX (valor máximo), MIN (valor mínimo).

La diferencia significativa presente en las fuentes de variación, repetición y genotipo es debida a los cambios de humedad y temperatura que se presentan dentro del invernadero y a la diferencia en la información genética que regula las actividades metabólicas de los genotipos.

Leyva *et al.* (2013) mencionan que el rendimiento se asocia con mayor productividad (número de frutos por planta) y tamaño del fruto. El número de cortes depende del manejo en el cultivo, condiciones climáticas durante su ciclo de cultivo, del hábito de crecimiento y sanidad en las plantas.

En el Cuadro 3 se presenta el análisis de varianza para las variables de contenido nutrimental. La fuente de variación genotipo presentó diferencias ( $p \leq 0.01$ ) para las cuatro variables. En pH, el valor más alto para el genotipo PobTom6 con 5.3, el más bajo fue para Q3x(45x47) con 2.433; en la variable BRIX, el genotipo Y4x(45xTq) obtuvo el mayor valor con una media de 5.206, y el L1 obtuvo el valor más bajo con 3.266; en la variable VITC, el genotipo con mayor contenido lo obtuvo (45x47) xF3, con 23.118 mg/100 g, y el de menor contenido fue para PobTom9, con 10.091 mg/100g. En la variable LICOP, el genotipo con mayor contenido fue Y4x(45xTq), con 5.979, y el Q3xL1 fue el de menor contenido, con 0.385.

Mazuela *et al.* (2010) encontraron que, en relación con la calidad de los frutos, al cultivar tomate cherry en un invernadero de baja tecnología aumen-

**Cuadro 3.** Análisis de varianza [cuadrados medios] para cuatro variables de nutricionales de 44 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en Buenavista, Saltillo, Coahuila. 2014.

FV	GL	pH	BRIX	VITC	LICOP
REP	2	0.0100	0.741	1.778	0.702
GEN	43	0.575**	0.649**	28.724**	6.128**
ERROR	86	0.026	0.107**	4.592	2.366
CV (%)		3.311	7.636	13.577	66.441
MEDIA		4.937	4.284	15.783	2.315
MAX		5.300	5.206	23.118	5.979
MIN		2.433	3.266	10.091	0.385

\*\*Nivel de probabilidad de 0.01, \*Nivel de probabilidad de 0.05, pH (potencial de iones de hidrógeno), BRIX (grados Brix), VITC (vitamina C), LICOP (licopeno), GL (grados de libertad), FV (fuente de variación), REP (repeticiones), GEN (genotipos), CV (coeficiente de variación), MAX (valor máximo), MIN (valor mínimo).

tan tanto los sólidos solubles como el porcentaje de materia seca, aunque sugieren susceptibilidad a las condiciones ambientales de este tipo de invernadero.

El contenido de licopeno presente en los frutos de tomate depende de las condiciones de crecimiento, época de cosecha, grado de madurez del fruto al momento del corte (Gaspar-Peralta *et al.*, 2012).

Los factores ambientales más importantes que influyen en el contenido nutricional del tomate son la luz y la temperatura. Leyva *et al.* (2013) mencionan que los fitonutrientes como la vitamina C, carotenoides y fenoles en el fruto de tomate son fuertemente afectados por la intensidad, duración y calidad de la luz.

### Selección de genotipos promisorios

La selección de genotipos se realizó de acuerdo con el análisis estadístico de medias.

### Precocidad

F3x(45x47), K3x(Y4xR1), Q3xL1, R1x(45x47), PobTom5, PobTom7, PobTom8, Y41x(Y4xR1), por ser estadísticamente diferente a los otros genotipos.

### Rendimiento

Con base en el análisis de medias, los materiales tuvieron un comportamiento estadísticamente igual; las líneas progenitoras y las cruzas presentan un rendimiento semejante.

### Contenido nutrimental

Todos los genotipos presentan un contenido de sólidos solubles dentro del rango aceptable para su consumo: se eligieron los materiales que están por arriba de la media que fue de 4.28, que son el 77.2% del total de genotipos; para contenido de vitamina C, los genotipos elegidos fueron: (45x47)xF3, PobTom6, Y4x(45xTq) y 45x47; para contenido de licopeno se eligieron 50% del total de genotipos, debido a que obtuvieron una concentración de licopeno por arriba de la media, que fue de 2.315 mg/100g

## CONCLUSIÓN

Con base en los resultados encontrados en este trabajo, se concluye que existen materiales promisorios con los cuales se pueden continuar trabajos de mejoramiento, además de que es importante realizar más estudios que complementen a los ya realizados con estos materiales, para que se evalúen en otros am-

bientes y poder liberar una variedad sintética para las regiones áridas de Coahuila. La selección de materiales desarrollados en condiciones ambientales extremas permitirá obtener progenitores y progenies con buen desempeño, aun sin contar con un alto presupuesto, para darles las condiciones semejantes a las que exigen los híbridos comerciales.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación se realizó gracias al apoyo financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), y al programa de Posgrado de Maestría en Ciencias en Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

## BIBLIOGRAFÍA

- BELL, N., Detweiler, A. J., Noordijk, H., & Bubl, C. 2014. Cultive sus propios tomates y tomatillos. Corvallis, Or.: Extension Service, Oregon State University (pp. 1-14).
- BERMEJO, V. T. & Hidalgo-Correas, E. J. 2008. Antioxidants as cancer therapies. In: Functional Foods and Nutraceutical in Cancer Prevention. R. R. Watson (ed.). Iowa State Press, a Blackwell Publishing Company. USA.
- CHOI, S. K., D. S. Kim, Kozukue, N., Kim, H-J., Nishitani, Y., Mizuno, M., Levin, C. E. & Friedman M. 2014. Protein, free amino acid, phenolic,  $\beta$ -carotene, and lycopene content and antioxidative and cancer cell inhibitory effects of 12 greenhouse-grown commercial cherry tomato varieties. *Journal of Food Composition and Analysis* 34(2), 115-127.
- CHECHETKIN, A. V., Vornianski, V. I., & Pokusy, G. G. 1984. Prácticas de bioquímica del ganado y aves de corral. (E. M. Moscú., Ed.) (p. 55).
- DAVIS, A. R., Fish, W. W., & Perkins-Veazie, P. 2003. A rapid spectrophotometric method for analyzing lycopene content in tomato and tomato products. *Postharvest Biology and Technology*, 28(3), 425-430. doi: 10.1016/S0925-5214(02)00203-X
- GASPAR-PERALTA, P., Carrillo-Rodríguez, J. C., Chávez-Servia, J. L., Vera-Guzmán, A. M., & Pérez-León, I. 2012. Variación de caracteres agronómicos y licopeno en líneas avanzadas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Phyton*, 81, 15-22.
- GRIJALVA CONTRERAS, R. L., Macías Duarte, R., & Robles Contreras, F. 2011. Comportamiento de híbridos de tomate bola en invernadero bajo condiciones desérticas

- cas del noroeste de Sonora. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14, 675-682.
- LEYVA, R., Constán-Aguilar, C., Blasco, B., Sánchez-Rodríguez, E., Romero, L., Soriano, T., & Ruíz, J. M. 2013. Effects of climatic control on tomato yield and nutritional quality in Mediterranean greenhouse. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, 63-70. doi: 10.1002/jsfa.6191
- MAZUELA, P., Acuña, L., Álvarez, M., & Fuentes, Á. 2010. Producción y calidad de un tomate cherry en dos tipos de invernadero en cultivo sin suelo. *IDESIA (Chile)*, 28(2), 97-100.
- MENDOZA-DE JESÚS, V., Sahagún-Castellanos, J., Rodríguez-Pérez, J. E., Legaria-Solano, J. P., Peña-Lomelí, A., & Pérez-Grajales, M. 2010. Heterosis intervarietal en jitomate de crecimiento indeterminado tipo saladete. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 16(1), 57-66.
- REDDY, B. R., Begum, H., Sunil, N., & Reddy, M. T. 2013. Genetic divergence studies in exotic collections of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *International Journal of Agricultural Sciences*, 9(2), 588-592.
- STEEL, R. G. D., & Torrie, J. H. (1980). *Principles and procedures of statistics*. McGraw-Hill Ed. (p. 481).