

Caracterización de 14 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica

Characterization of 14 tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) genotypes grown under greenhouse conditions in Costa Rica

José Eladio Monge-Pérez¹

Fecha de recepción: 21 de abril del 2014
Fecha de aprobación: 06 de julio del 2014

Monge-Pérez, J. Caracterización de 14 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 27, N° 4, Octubre-Diciembre. Pág 58-68.

¹ Ingeniero agrónomo, Estación Experimental Fabio Baudrit, Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Teléfonos: (506)2289-5969 y (506) 8819-3526. Apdo. 665-4050 Correo electrónico: melonescr@yahoo.com.mx.

Palabras clave

Lycopersicon esculentum; calidad; rendimiento; °Brix; invernadero.

Resumen

Se caracterizaron 14 genotipos de tomate producidos bajo invernadero, tanto a nivel cualitativo como cuantitativo. Los datos muestran una amplia variabilidad entre genotipos y brindan información útil a los productores en el proceso de selección del genotipo a utilizar en su sistema productivo, según el nicho de mercado de interés. Se destacan varios genotipos de tomate tipo "cherry" y "uva" por su alto contenido de sólidos solubles, que pueden ser opciones para los consumidores que demandan un producto de alta calidad.

Key words

Lycopersicon esculentum; quality; yield; °Brix; greenhouse.

Abstract

Fourteen tomato genotypes grown under greenhouse conditions were characterized, both at qualitative and quantitative levels. Data show a wide variability between genotypes, and this information is useful for growers to choose the best variety for their particular market purposes. Some 'cherry' and 'grape' tomato genotypes show high soluble solid contents; these varieties could be good choices for consumers that demand high quality tomatoes.

Introducción

En 2003, el 89% de los invernaderos de Costa Rica estaban ubicados en la Región Central, y el chile dulce y el tomate ocupaban el 28% y el 11% de dicha área, respectivamente (Marín, s. f.). Entre 2008 y 2009, el área total de cultivo de tomate y chile dulce bajo invernadero fue de 41 ha (Marín, 2010). Un aspecto clave en todo proyecto de producción hortícola es la selección del genotipo adecuado, el cual debe tener características sobresalientes, tales como alto rendimiento, resistencia a enfermedades, buena calidad del fruto, adaptabilidad a condiciones ambientales locales y larga vida de anaquel. La calidad final está definida por sus características físicas (color, firmeza, tamaño, forma) y químicas (contenido de sólidos solubles, pH, acidez titulable, relación azúcares/ácidos) y su calidad nutricional (contenido de vitaminas y minerales) (Castellanos, 2009).

Entre los componentes más importantes del tomate a nivel nutricional están los antioxidantes, que ayudan a prevenir el envejecimiento prematuro, algunos tipos de cáncer, enfermedades cardíacas, cataratas, Mal de Parkinson, arterioesclerosis y artritis (Lenucci, Cadinu, Taurino, Piro y Dalessandro, 2006). Entre los antioxidantes que contienen los tomates están las

vitaminas E y C, varios polifenoles y carotenoides como el licopeno, betacaroteno, alfacaroteno, luteína, fitoeno y fitoflueno (Castellanos, 2009; Causse, Buret, Robini y Verschave, 2003; Lenucci et al., 2006; Slimestad y Verheul, 2009). El contenido de licopeno del tomate varía mucho según el genotipo, siendo el tipo 'cherry' el que presenta los mayores contenidos (Kuti y Konuru, 2005).

Una de las principales quejas de los consumidores de tomate en todo el mundo es que se han perdido características de calidad como sabor y aroma, pues la selección de nuevos genotipos ha privilegiado otras como rendimiento, larga vida de anaquel, apariencia externa y tolerancia a enfermedades (Causse et al., 2003; Cebolla-Cornejo, Roselló, Valcárcel, Serrano, Beltrán y Nuez, 2011). En esta hortaliza, el sabor está determinado principalmente por la concentración de azúcares como fructosa y glucosa, y de ácidos orgánicos como ácido cítrico y ácido málico; en cuanto al aroma, se han identificado más de 400 compuestos volátiles que contribuyen a éste; la influencia del genotipo sobre estas características es muy importante (Alonso, García-Aliaga, García-Martínez, Ruiz y Carbonell-Barrachina, 2009; Causse et al., 2003; Cebolla-Cornejo et al., 2011; Fernández-Ruiz, Sánchez-Mata, Cámara,

Torija, Chaya, Galiana-Balaguer, Roselló y Nuez, 2004; Klein, Gkisakis, Krumbein, Livieratos y Köpke, 2010; Shirahige, Melo, Jacomino, Melo, Purqueiro y Roquejani, 2009). Los tomates tipo “uva” tienen la misma intensidad de sabor que otros tomates, pero son mucho más dulces (casi 10 °Brix), lo cual los hace un producto saludable y atractivo de mucho éxito en supermercados y restaurantes (Pillsbury, Maynard y Hayes, s. f.). Los consumidores están dispuestos a pagar un mayor precio por un tomate con mejor sabor y mayor valor nutricional; en muchos casos las variedades de tomates de diferentes colores, o los tomates “cherry” o “uva”, poseen frutos de calidad superior que pueden llenar dichas expectativas (Causse, Buret, Robini y Verschave, 2003; Klein, Gkisakis, Krumbein, Livieratos y Köpke, 2010).

El comportamiento de un genotipo bajo un ambiente protegido no necesariamente coincide con el que tiene a campo abierto, dado que las condiciones climáticas son muy diferentes. Por eso es aconsejable evaluar diferentes genotipos en cada invernadero, para escoger el que mejor se comporta en esas condiciones, según el mercado de destino (Castellanos, 2009). El objetivo de esta investigación fue realizar una caracterización de 14 genotipos de tomate cultivados bajo ambiente protegido en Alajuela, Costa Rica.

Materiales y métodos

A partir de los descriptores propuestos por IPGRI (1996) para el cultivo de tomate, se seleccionaron las siguientes variables para evaluar: presencia de hombros verdes, altura relativa de la planta (se evaluó a los 98 ddt), forma del fruto, color del fruto maduro, permanencia del cáliz luego de la cosecha, firmeza relativa del fruto (se evaluó ejerciendo presión con los dedos sobre los frutos maduros), cantidad relativa de semillas por fruto, grosor del pericarpio (se estimó visualmente al cortar los frutos en forma transversal), rendimiento por planta (se midió el peso de los frutos producidos por planta, hasta los 105 ddt), rendimiento por hectárea (se estimó a partir del rendimiento por planta), número de frutos por racimo (rango), número de ejes del racimo (rango), peso promedio del fruto (se midió el peso individual de 20 frutos por parcela y se obtuvo el promedio), porcentaje de sólidos solubles totales (° Brix) (se midió el porcentaje de sólidos

solubles de 20 frutos por parcela y se obtuvo el promedio), firmeza del fruto (Newtons) (se midió la firmeza de 20 frutos por parcela y se obtuvo el promedio), pH del jugo del fruto (se realizaron 10 mediciones del pH del jugo de los frutos de cada parcela y se obtuvo el promedio), índice de sabor propuesto ($[^{\circ}\text{Brix}]^2 \cdot [\text{pH}]^2$) (se obtuvo al multiplicar el °Brix promedio por el cuadrado del valor del pH promedio, para cada genotipo), edad al inicio de la cosecha (se obtuvo al registrar el inicio de la cosecha en cada genotipo, en días después de trasplante [ddt]), número de lóculos del fruto, y sabor (se determinó al degustar un fruto de cada genotipo). Además, con algunos genotipos se realizó una prueba de degustación, también llamada análisis sensorial (Moricz, s. f.; Pillsbury et al., s. f.) entre 31 personas, en la que se efectuó una evaluación cuantitativa de esta característica, para lo cual se empleó la siguiente escala “hedonística” de cinco puntos: 0 = pésimo, 1 = malo, 2 = regular, 3 = bueno, 4 = muy bueno, y para cada genotipo se obtuvo un promedio.

El peso de los frutos se obtuvo con una balanza electrónica marca Ocony, modelo TH-I-EK, de 5000 gramos de capacidad, con una incertidumbre de 0,1 gramos. El porcentaje de sólidos solubles se determinó con un refractómetro manual marca Atago, modelo N-I-a, con una escala de 0-32%. Para la evaluación de la firmeza del fruto, se utilizó un penetrómetro marca Chatillon, modelo DPP-100N, con una capacidad de 100 N, y una incertidumbre de 1 N. Para la evaluación del pH se utilizó un medidor electrónico marca Hanna Instruments, modelo HI 98129, con escala de 0 a 14 e incertidumbre de 0,01.

Se sembraron 14 genotipos de tomate indeterminado (cuadro 1) en condiciones hidropónicas en el invernadero de hortalizas de la Estación Experimental Fabio Baudrit, ubicada en Barrio San José de Alajuela, Costa Rica, a una altitud de 840 msnm. La siembra del almácigo se realizó el 4 de septiembre de 2012, y el trasplante se realizó el 9 de octubre (35 dds), excepto para el genotipo JMX-1272, que se trasplantó el 25 de septiembre (21 dds). El cultivo se realizó en sacos de fibra de coco, de 1 m de largo, 20 cm de ancho y 15 cm de altura. La distancia de siembra fue de 25 cm entre plantas y de 1,54 m entre hileras, para una densidad de 25,974 plantas/ha. Todas las plantas se manejaron a

un solo tallo, eliminando todos los tallos secundarios. La cosecha se inició el día 27 de noviembre de 2012 para el genotipo JMX-1272 y a partir del 11 de diciembre para los demás genotipos. La evaluación de los frutos se llevó a cabo hasta el 22 de enero de 2013. El cultivo se mantuvo en el invernadero hasta el 28 de febrero de 2013 (142 ddt). Se utilizó un diseño experimental irrestricto al azar, con cuatro repeticiones. La parcela consistió de ocho plantas (dos sacos), y la parcela útil consistió en las cuatro plantas centrales. Para las variables cuantitativas se realizó un análisis estadístico de variancia, utilizando la prueba LSD Fisher con una significancia de 5% para la separación de medias.

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se presentan las características de planta y racimo evaluadas. La mayoría de los genotipos presentaron plantas catalogadas como altas o muy altas. La mitad de los genotipos presentaron racimos de un solo eje, mientras que la otra mitad presentó racimos con más de un eje. El número de frutos por racimo varió mucho entre los genotipos, siendo mayor en aquellos de frutos de tamaño

pequeño (tomates “uva” y “cherry”). En general, los racimos con mayor número de ejes presentaron también un mayor número de frutos.

En el cuadro 2 se presentan las características cualitativas del fruto evaluadas. Ocho de los genotipos evaluados mostraron hombros verdes; esta es una característica que no necesariamente es negativa, aunque en algunos genotipos puede producirse una coloración dispereja del fruto al madurar; lo cual no ocurrió en este ensayo. La mayoría de los genotipos presentó frutos de color rojo, excepto el JMX-1073 que es amarillo- anaranjado. Una gran parte de los genotipos presentó frutos de forma redondeada. En el mercado costarricense lo más común es que los tomates gordos tengan frutos ligeramente achataados, y que los tomates “cherry” presenten frutos redondeados; sin embargo, este mercado también ha comenzado a aceptar tomates con otro tipo de formas, como cilíndrico y elipsoide (J. Monge, datos sin publicar). En la mayoría de los casos, los frutos retienen su cáliz luego de la cosecha; en el mercado costarricense los frutos se comercializan sin cáliz, por lo que puede ser deseable escoger genotipos en los que naturalmente el cáliz se desprende con facilidad del fruto; sin embargo la presencia de

Cuadro 1. Características de planta y racimo de los genotipos evaluados.

Genotipo	Código de campo	Procedencia	Altura relativa de planta	Número de ejes del racimo (rango)	Número de frutos por racimo (rango)
68-39-179	102	Estados Unidos	Mediana	1	2 – 7
68-39-177	103	Estados Unidos	Mediana	1	3 – 9
JMX-280	104	India	Alta	1	4 – 7
JMX-1072	116	Israel	Alta	1	12 – 18
JMX-1073	117	Israel	Muy alta	1	9 – 15
JMX-1075	119	Israel	Alta	1	10 – 11
JMX-1076	120	Israel	Muy alta	1 – 4	12 – 36
JMX-1077	121	Israel	Pequeña	1 – 2	12 – 30
JMX-1082	126	Israel	Mediana	1	9 – 11
JMX-1174	147	Estados Unidos	Alta	2	5 – 7
JMX-1176	149	Estados Unidos	Alta	1 – 2	13 – 27
JMX-1272	164	Estados Unidos	Alta	1 – 4	11 – 34
JMX-1273	165	Estados Unidos	Alta	1 – 4	12 – 36
JMX-1274	166	Estados Unidos	Alta	1 – 4	12 – 15

Cuadro 2. Características cualitativas de fruto de los genotipos evaluados.

Genotipo	Código de campo	Presencia de hombros verdes	Color del fruto	Forma del fruto	Permanencia del cáliz luego de la cosecha
68-39-179	102	No	Rojo	Ligeramente achatado	Sí
68-39-177	103	No	Rojo	Ligeramente achatado	Sí
JMX-280	104	No	Rojo	Redondo alargado	No
JMX-1072	116	No	Rojo	Redondeado	Sí
JMX-1073	117	No	Amarillo-anaranjado	Redondeado	Sí
JMX-1075	119	Sí	Rojo	Redondeado	Sí
JMX-1076	120	Sí	Rojo	Elipsoide	Sí
JMX-1077	121	Sí	Rojo	Elipsoide	Sí
JMX-1082	126	Sí	Rojo	Elipsoide	Sí
JMX-1174	147	No	Rojo	Redondeado	Sí
JMX-1176	149	Sí	Rojo	Redondeado	Sí
JMX-1272	164	Sí	Rojo	Elipsoide	No
JMX-1273	165	Sí	Rojo	Redondeado	Sí
JMX-1274	166	Sí	Rojo	Cilíndrico	No

cáliz en el fruto puede usarse para diferenciar el producto en ciertos nichos de mercado.

En el cuadro 3 se presentan las características cualitativas de calidad del fruto evaluadas. La mayoría de los genotipos presentó frutos con una firmeza relativa aceptable (firme o muy firme). Por otra parte, más de la mitad de los genotipos presentó un pericarpio relativamente grueso o muy grueso. Se observa que no hay necesariamente una relación directa entre una firmeza relativa aceptable y un pericarpio grueso, como se podría esperar. La mayoría de los genotipos presenta frutos con solo 2 lóculos; se concluye que tampoco esta característica está relacionada directamente con la firmeza del fruto, donde se podría esperar que a mayor cantidad de lóculos (y tabiques entre ellos), mayor firmeza. La mayoría de los frutos apenas tiene varias semillas. Los genotipos de mayor tamaño son los que presentan muchas semillas; por otra parte, el genotipo de fruto más pequeño es el que tiene la menor cantidad de semillas. Alrededor de la mitad de los genotipos presenta frutos con poco sabor; sin

embargo, esta es una característica cualitativa muy subjetiva pues cada persona tiene una percepción particular con respecto a ella.

En el cuadro 4 se presentan los datos de las variables de edad al inicio de la cosecha y el peso promedio del fruto para los diferentes híbridos evaluados.

En general, los genotipos más tardíos son aquellos que presentan frutos de mayor tamaño y los más precoces tienen frutos más pequeños. Se presentan amplias diferencias en el peso promedio de los frutos, desde 9,8 hasta 103,9 gramos; la mayoría de los genotipos tiene frutos cuyo peso es menor a 30 gramos, es decir, que califican como tipo "cherry" o "uva" según la forma del fruto (redondeado o elipsoide, respectivamente). También se observa que los genotipos que presentan racimos con 30 o más frutos son los que tienen frutos con menor peso promedio; esto es lógico debido a la partición de fotoasimilados entre un mayor número de frutos por racimo, lo que a su vez repercute en un mayor número de frutos por planta (Pérez, Maynard y Hayes, 2012; Santiago, Mendoza y Borrego, 1998).

Cuadro 3. Características cualitativas de calidad del fruto de los genotipos evaluados.

Genotipo	Código de campo	Firmeza relativa	Grosor relativo del pericarpio	Número de lóculos por fruto	Cantidad relativa de semillas	Sabor
68-39-179	102	Poco firme	Grueso	3	Muchas	Poco sabor
68-39-177	103	Firme	Algo delgado	Muchos	Muchas	Sin sabor
JMX-280	104	Firme	Grueso	3	Muchas	Bueno
JMX-1072	116	Regular	Delgado	2	Varias	Poco sabor
JMX-1073	117	Muy firme	Muy grueso	2	Varias	Ácido
JMX-1075	119	Firme	Grueso	2	Varias	Dulce
JMX-1076	120	Firme	Delgado	2	Algunas	Bueno, dulce
JMX-1077	121	Firme	Delgado	2	Muy pocas	Poco sabor
JMX-1082	126	Regular	Grueso	2	Varias	Poco sabor
JMX-1174	147	Firme	Grueso	3	Muchas	Algo ácido
JMX-1176	149	Firme	Grueso	2	Varias	Bueno
JMX-1272	164	Firme	Algo delgado	2	Varias	Excelente, dulce
JMX-1273	165	Firme	Grueso	2	Varias	Poco sabor
JMX-1274	166	Poco firme	Grueso	2	Algunas	Poco sabor

Cuadro 4. Edad al inicio de la cosecha y peso promedio del fruto de los genotipos evaluados.

Genotipo	Código de campo	Edad al inicio de la cosecha (ddt)	Peso promedio del fruto (g)
JMX-1076	120	63	9,8 a
JMX-1272	164	63	10,0 a
JMX-1077	121	66	12,6 a
JMX-1072	116	63	13,2 a
JMX-1176	149	66	14,6 a
JMX-1273	165	69	14,9 a
JMX-1274	166	66	16,1 ab
JMX-1075	119	66	16,3 ab
JMX-1082	126	66	23,7 bc
JMX-1073	117	66	27,6 c
JMX-280	104	66	66,3 d
JMX-1174	147	76	69,5 d
68-39-179	102	76	96,1 e
68-39-177	103	83	103,9 e

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

En el cuadro 5 se presentan los datos de rendimiento por planta y por hectárea. El rendimiento por planta oscila entre 803 y 3.224 gramos, y el rendimiento por hectárea varía entre 20,85 y 83,73 ton/ha. Estas diferencias son muy importantes desde el punto de vista económico, pues se trata de cuatro veces más producción en un caso con respecto al otro. El menor rendimiento se obtuvo con el híbrido JMX-1077, un tomate tipo “uva” con frutos de 12,6 gramos de peso; y el mayor rendimiento se logró con el híbrido JMX-1174, un tomate redondeado mediano con frutos de 69,5 gramos de peso. Sin embargo, también en términos económicos, se debe tomar en cuenta que normalmente en Costa Rica el precio al consumidor de los tomates tipo “cherry” es de alrededor de 3,000 colones/kg, mientras que el de los tomates medianos y gordos se ubica generalmente entre 400 y 1,000 colones/kg (J. Monge, datos sin publicar).

El rendimiento es una característica que presenta mucha variabilidad, según el genotipo, las condiciones ambientales, la presencia de plagas y enfermedades, la densidad de siembra y la poda. Los mayores rendimientos se obtienen con una

densidad más alta, con poda de la planta a dos o más tallos, y con genotipos de frutos de mayor peso, así como con períodos de cosecha largos. Al contrastar los resultados obtenidos con otras investigaciones sobre este tema, se concluye que en este ensayo se utilizó una densidad de siembra relativamente baja (25,974 plantas/ha), pues en otros estudios las densidades evaluadas oscilaron entre 18,900 y 53,000 plantas/ha. Asimismo, en este ensayo las plantas se podaron a un tallo, pero se ha encontrado que el rendimiento es mayor al dejar más de un tallo por planta. También el período de evaluación en este estudio fue muy corto (105 ddt), debido a la limitada disponibilidad de mano de obra, pues en otros estudios se evaluó hasta una edad de entre 125 y 214 ddt. Otro elemento es el peso promedio del fruto de las variedades utilizadas en dichos ensayos, que osciló entre 31,0 y 229,5 gramos, mientras que en este estudio el peso promedio de los frutos fue más bajo (entre 9,8 y 103,9 gramos), pues no se evaluaron genotipos con frutos de gran tamaño. En resumen, en todos esos ensayos el rendimiento varió entre 34,6 y 343,0 ton/ha, mientras que en este estudio el rendimiento

Cuadro 5. Rendimiento por planta y por hectárea de los genotipos evaluados.

Genotipo	Código de campo	Rendimiento hasta los 105 ddt (g/planta)	Rendimiento hasta los 105 ddt (ton/ha)
JMX-1077	121	803 a	20,85 a
JMX-1076	120	972 ab	25,24 ab
JMX-1272*	164	1.049 abc	27,24 abc
JMX-1082	126	1.068 abc	27,75 abc
JMX-280	104	1.371 bcd	35,61 bcd
JMX-1274	166	1.375 bcde	35,71 bcde
JMX-1273	165	1.388 bcde	36,06 bcde
JMX-1075	119	1.461 cde	37,94 cde
JMX-1072	116	1.527 de	39,66 de
68-39-179	102	1.695 def	44,01 def
JMX-1176	149	1.781 def	46,27 def
JMX-1073	117	1.801 ef	46,77 ef
68-39-177	103	1.976 f	51,32 f
JMX-1174	147	3.224 g	83,73 g

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

* En este genotipo, el rendimiento se evaluó hasta los 119 ddt.

varió entre 20,85 y 83,73 ton/ha (Ardila, Fischer y Balaguera-López, 2011; Campiño y Puerto, 2000; Carrillo, Jiménez, Ruiz, Díaz, Sánchez, Perales y Arellanes, 2003; Grijalva-Contreras, Macías-Duarte, Valenzuela-Ruiz y Robles-Contreras, 2004a; Grijalva-Contreras, Macías-Duarte, Valenzuela-Ruiz y Robles-Contreras, 2004b; Grijalva-Contreras, Macías-Duarte y Robles-Contreras, 2011; Hernández, 1987; Kumar, Mishra, Singh, Rai, Verma y Rai, 2006; Maboko, Du Plooy y Chiloane, 2011; Monge, 2012; Montenegro, 2012; Pérez, Albarracín, Moratinos y Zapata, 2012; Pires, Furlani, Ribeiro, Junior, Sakai, Lourenção y Neto, 2011; Santiago et al., 1998; Segura et al., 1999, citados por Ramírez y Nienhuis, 2012; Shirahige et al., 2009).

En el cuadro 6 se presentan los datos de firmeza del fruto de los genotipos evaluados.

La firmeza del fruto presenta variaciones importantes, con valores entre 20,8 y 47,4 N, es decir, una diferencia de más del doble. Según Castellanos (2009), los frutos maduros de tomate que tengan una firmeza igual o superior a 11 N se consideran muy firmes y como consecuencia tienen un periodo mayor de vida de anaquel, por lo que todos los genotipos evaluados cumplen con esto. En Francia se encontró que los tomates “cherry” presentaban una menor firmeza que los más grandes; además, entre los tomates de frutos pequeños, la firmeza mostró una correlación positiva con el peso del fruto, pero ésta fue negativa en el caso de los tomates con frutos grandes (Causse et al., 2003); sin embargo, en este ensayo ese comportamiento no se cumple siempre, sino que es el genotipo el que define la firmeza, antes que el tamaño del fruto; de hecho, el tomate más firme (JMX-1274) tiene frutos de solo 16,1 gramos. También se puede apreciar que no necesariamente la firmeza relativa corresponde con la firmeza en Newtons, pues el genotipo JMX-1274 mostró poca firmeza relativa, pero mostró la mayor firmeza (47,4 N). Por otra parte, sí se observa que el genotipo JMX-1072, que tuvo la menor firmeza (20,8 N), presentó una firmeza relativa regular y un pericarpio delgado.

En el cuadro 7 se presentan los datos de porcentaje de sólidos solubles, pH e índice de sabor de los genotipos evaluados. El porcentaje de sólidos solubles también presenta variaciones importantes, con valores de entre 4,5 y 9,3 °Brix, es decir, una diferencia de más del doble. En general, en Costa

Rica la mayoría de las variedades comerciales de tomate presenta entre 4,0 y 5,0 °Brix (J. Monge, datos sin publicar); esto mismo fue encontrado en otros estudios (Pérez, Albarracín, Moratinos y Zapata 2012; Santiago, Mendoza, y Borrego, 1998; Shirahige et al., 2009).

En India, entre 14 genotipos de tomate esta característica varió entre 3,00 y 4,86 °Brix (Kumar et al., 2006). En un ensayo en Brasil el valor osciló entre 5,93 y 7,49 °Brix dependiendo de la frecuencia de riego, siendo mayor cuando la planta solo recibió un riego por día (Pires et al., 2011). Según Castellanos (2009), un valor superior a 4,5 °Brix corresponde a frutos de buen sabor, mientras que menos de 4,0 °Brix se relaciona con una calidad no aceptable. En Francia se encontró que los tomates “cherry” tenían un mayor contenido de sólidos solubles (7,2 °Brix), en comparación con tomates medianos y grandes (4,6-4,7 °Brix) (Causse et al., 2003). En un ensayo en España con 28 genotipos de tomate, se obtuvieron valores entre 3,97 y 13,07 °Brix (Fernández-Ruiz et al., 2004), mientras que en Estados Unidos estos

Cuadro 6. Firmeza del fruto de los genotipos evaluados.

Genotipo	Código de campo	Firmeza del fruto (N)
JMX-1072	116	20,8 a
JMX-1176	149	29,0 b
JMX-1273	165	29,0 b
JMX-1075	119	29,2 b
JMX-1076	120	29,5 b
JMX-1272	164	29,6 b
JMX-1073	117	33,6 bc
68-39-179	102	35,0 bc
JMX-1174	147	38,3 cd
68-39-177	103	38,7 cd
JMX-1077	121	38,9 cd
JMX-1082	126	38,9 cd
JMX-280	104	43,4 de
JMX-1274	166	47,4 e

Letras distintas indican diferencias significativas (p ≤ 0,05).

Cuadro 7. Porcentaje de sólidos solubles, pH e índice de sabor de los genotipos evaluados.

Genotipo	Código de campo	Porcentaje de sólidos solubles (°Brix)	pH del jugo del fruto	Índice de sabor [(°Brix)*(pH) ²]
68-39-179	102	4,5 a	4,22 f	80
68-39-177	103	4,9 ab	4,02 bc	78
JMX-280	104	5,1 b	4,17 def	88
JMX-1174	147	5,2 b	4,36 g	98
JMX-1082	126	6,1 c	3,94 ab	94
JMX-1073	117	6,7 d	3,92 ab	102
JMX-1077	121	6,8 d	4,19 ef	119
JMX-1273	165	6,8 d	4,18 def	118
JMX-1072	116	7,1 de	3,92 ab	109
JMX-1176	149	7,1 de	4,09 cde	118
JMX-1075	119	7,4 ef	3,87 a	110
JMX-1274	166	7,7 f	3,88 a	116
JMX-1272	164	8,6 g	4,18 def	150
JMX-1076	120	9,3 h	4,07 cd	157

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

valores estuvieron entre 6,08 y 6,32 °Brix para cuatro variedades de tomate tipo ‘uva’ (Pillsbury, Maynard, y Hayes, s. f.). En Austria, estos valores oscilaron entre 4,84 y 5,93 °Brix en un ensayo con seis variedades de tomate (Moricz, s. f.).

Según la evaluación de sabor, los genotipos JMX-1076 y JMX-1272, dos tomates tipo “uva”, presentaron un sabor dulce y también los mayores porcentajes de sólidos solubles (8,6 y 9,3 °Brix, respectivamente), los mayores valores en el índice de sabor (157 y 150, respectivamente) y los mayores valores en la prueba de degustación (2,71 y 2,55, respectivamente) (cuadro 8). Ya se sabe que los tomates “cherry” y “uva” tienen un mejor sabor en comparación con el resto de tomates, gracias a sus frutos ricos en azúcares y ácidos (Causse et al., 2003). De manera que probablemente para establecer el sabor lo más sencillo sea evaluar solo el °Brix. A partir de estos datos, se puede establecer que para garantizar que un tomate sea considerado de sabor dulce debe tener un porcentaje de sólidos solubles igual o mayor a 8,0 °Brix.

El pH del jugo de los frutos no presenta grandes variaciones entre los genotipos, pues el rango se

presenta entre 3,87 y 4,36, aunque hay que recordar que esta es una relación logarítmica. En todo caso, probablemente no valga la pena realizar la evaluación de esta característica en ensayos futuros, dada la relativamente poca variabilidad encontrada. Según Castellanos (2009), durante la maduración de los frutos de tomate la acidez descende, por lo que normalmente el pH aumenta de 4,0 a 4,5. En seis investigaciones, se encontró que el valor de pH de diversos genotipos de tomate osciló entre 2,99 y 4,92 (Causse et al., 2003; Fernández-Ruiz et al., 2004; Moricz, s. f.; Pérez et al., 2012; Pillsbury et al., s. f.; Shirahige et al., 2009).

El índice de sabor propuesto en esta investigación se basa en el supuesto de que el mejor sabor se da en los frutos con alto °Brix y alto pH (baja acidez). En otros ensayos se ha determinado que, efectivamente, se obtiene una mayor aceptación del tomate por parte del consumidor cuando se presenta un mayor contenido de azúcares, lo que mejora la percepción de dulzura (Causse et al., 2003; Cebolla-Cornejo et al., 2011). Sin embargo, esto no se puede generalizar pues hay personas que prefieren el tomate con sabor ácido.

Cuadro 8. Resultados de la evaluación de degustación del sabor de algunos de los genotipos evaluados.

Genotipo	Código de campo	Evaluación de degustación de sabor (Escala: 0 a 4; n= 31)
JMX-1077	121	2,10
JMX-1073	117	2,31
JMX-1072	116	2,50
JMX-1272	164	2,55
JMX-1076	120	2,71

Es importante destacar que el rendimiento no es el único parámetro a tomar en cuenta para la selección de un genotipo de tomate, sino que se deben considerar muchos otros factores. En este ensayo se evaluaron mayoritariamente genotipos de tomates tipo “cherry” y “uva”, que tienen otro nicho de mercado y otro nivel de precios en comparación con los tomates grandes que predominan en el mercado de Costa Rica, por lo que el rendimiento debe considerarse junto con otras características de calidad, como forma y tamaño del fruto, contenido de sólidos solubles y color del fruto, entre otros.

Conclusiones y recomendaciones

Para la evaluación de genotipos de tomate se deben tomar en cuenta diversas características, tanto de planta como de racimo, fruto, calidad y rendimiento, y se deben priorizar aquellas que sean más importantes para el mercado meta. La realización de pruebas de degustación es esencial en el proceso de evaluación de las características de calidad de un genotipo de tomate, al igual que la evaluación del porcentaje de sólidos solubles.

Agradecimientos

El autor agradece el financiamiento recibido por parte de la Fundación para el Fomento y Promoción de la Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria de Costa Rica (FITTACORI), así como de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, para la realización de este trabajo.

Bibliografía

- Alonso, A., García-Aliaga, R., García-Martínez, S., Ruiz, J. J. & Carbonell-Barrachina, A. A. (2009). Characterization of spanish tomatoes using aroma composition and discriminant analysis. *Food Science and Technology International*, 15(1), 47-55.
- Ardila, G., Fischer, G. & Balaguera-López, H. E. (2011). Caracterización del crecimiento del fruto y producción de tres híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en tiempo fisiológico bajo invernadero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 5(1), 44-56.
- Campiño, V. M. & Puerto, J. E. (2000). *Evaluación de cinco materiales híbridos de tomate bajo condiciones de invernadero en el Municipio de Quipile, Cundinamarca*. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Santa Fe de Bogotá.
- Carrillo, J. C., Jiménez, F., Ruiz, J., Díaz, G., Sánchez, P., Perales, C. & Arellanes, A. (2003). Evaluación de densidades de siembra en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero. *Agronomía Mesoamericana*, 14(1), 85-88.
- Castellanos, J. Z. (ed.). (2009). *Manual de producción de tomate en invernadero*. Celaya, Guanajuato, México: Intagri, S. C.
- Causse, M., Buret, M., Robini, K., y Verschave, P. (2003). Inheritance of nutritional and sensory quality traits in fresh market tomato and relation to consumer preferences. *Journal of Food Science*, 68(7), 2342-2350.
- Cebolla-Cornejo, J., Roselló, S., Valcárcel, M., Serrano, E., Beltrán, J. & Nuez, F. (2011). Evaluation of genotype and environment effects on taste and aroma flavor components of spanish fresh tomato varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 2440-2450.
- Fernández-Ruiz, V., Sánchez-Mata, M. C., Cámara, M., Torija, M. E., Chaya, C., Galiana-Balaguer, L., Roselló, S. & Nuez, F. (2004). Internal quality characterization of fresh tomato fruits. *Hortscience*, 39(2), 339-345.
- Grijalva-Contreras, R. L., Macías-Duarte, R., Valenzuela-Ruiz, M. & Robles-Contreras, F. (2004a). Influence of plant density on

- yield and quality in tomatoes under greenhouse conditions in the Northwest on Mexico. *Hortscience*, 39(4), 801.
- Grijalva-Contreras, R. L., Macías-Duarte, R., Valenzuela-Ruiz, M. & Robles-Contreras, F. (2004b). Productivity and fruit quality in tomato varieties under greenhouse conditions in the Northwest of Mexico. *Hortscience*, 39(4), 804.
- Grijalva-Contreras, R. L., Macías-Duarte, R. & Robles-Contreras, F. (2011). Comportamiento de híbridos de tomate bola en invernadero bajo condiciones desérticas del noroeste de Sonora. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14, 675-682.
- Hernández, F. (1987). *Evaluación de la adaptabilidad de 5 cultivares de tomate (Lycopersicon esculentum Mill) en la zona de Guaduas, Cundinamarca*. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Santa Fe de Bogotá.
- IPGRI. (1996). *Descriptores para el tomate (Lycopersicon spp.)*. Roma: International Plant Genetic Resources Institute. Obtenido de http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNACH866.pdf
- Klein, D., Gkissakis, V., Krumbein, A., Livieratos, I. & Köpke, U. (2010). Old and endangered tomato cultivars under organic greenhouse production: effect of harvest time on flavour profile and consumer acceptance. *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 2250-2257.
- Kumar, R., Mishra, N. K., Singh, J., Rai, G. K., Verma, A. & Rai, M. (2006). Studies on yield and quality traits in tomato (*Solanum lycopersicon* (Mill.) Wettstd.). *Vegetable Science*, 33(2), 126-132.
- Kuti, J. O. & Konuru, H. B. (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.
- Lenucci, M. S., Cadinu, D., Taurino, M., Piro, G. & Dalessandro, G. (2006). Antioxidant composition in cherry and high-pigmented tomato cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 2606-2613.
- Maboko, M. M., Du Plooy, C. P. & Chiloane, S. (2011). Effect of plant population, fruit and stem pruning on yield and quality of hydroponically grown tomato. *African Journal of Agricultural Research*, 6(22), 5144-5148.
- Marín, F. (s. f.). *Situación general de la agricultura protegida en Costa Rica*. San José: Programa Nacional Sectorial de Producción Agrícola Bajo Ambientes Protegidos, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/pronap01-ambiente-prottegido.pdf>
- Marín, F. (2010). *Cuantificación y valoración de estructuras y procesos de producción agrícola bajo ambientes protegidos en Costa Rica*. Informe final Proyecto Fittacori F-02-08. San José: Programa Nacional Sectorial de Producción Agrícola Bajo Ambientes Protegidos, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00290.pdf>
- Monge, J. E. (octubre 2012). *Evaluación preliminar de genotipos de hortalizas para la producción en invernadero*. Ponencia presentada en el I Congreso de Seguridad Alimentaria y Nutricional; construyendo un abordaje integral. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Universidad de Costa Rica.
- Montenegro, V. H. (2012). *Evaluación de la aclimatación de veinte y dos cultivares de tomate (Lycopersicon esculentum Mill), bajo invernadero, en Chugllin, cantón Chambo, Provincia de Chimborazo*. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo, Escuela de Agronomía, Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Moricz, M. (s. f.). *Investigations to the fruit quality and consumer acceptance of Heirloom tomato varieties*. Obtenido de <http://labmath.eu>
- Pérez, M. B., Albarracín, M., Moratino, H. & Zapata, F. (2012). Rendimiento y calidad de fruto en cuatro cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones protegidas. *Revista Facultad Agronomía*, 29, 395-412.
- Pillsbury, L., Maynard, E. y Hayes, K. (s. f.). *Chemical, physical, and sensory properties of four grape tomato varieties*. Obtenido de https://www2.ag.purdue.edu/hla/fruitveg/Documents/pdf/reports/grapetomato_in_04.pdf
- Pires, R. C. M., Furlani, P. R., Ribeiro, R. V., Junior, D. B., Sakai, E., Lourenção, A. L. & Neto, A. T. (2011). Irrigation frequency and substrate volume effects in the growth and yield of tomato plants under greenhouse conditions. *Scientia Agricola*, 68(4), 400-405.
- Ramírez, C. & Nienhuis, J. (2012). Cultivo protegido de hortalizas en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 25(2), 10-20.
- Santiago, J., Mendoza, M. & Borrego, F. (1998). Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana*, 9(1), 59-65.
- Shirahige, F. H., Melo, P. C. T., Jacomino, A. P., Melo, A. M. T., Purqueiro, L. F.V. & Roquejani, M. S. (2009). Yield and qualitative characterization of fresh market tomato hybrids of Italian and Santa Cruz types. *Acta Horticulturae* (ISHS) 821, 81-88.
- Slimestad, R. & Verheul, M. (2009). Review of flavonoids and other phenolics from fruits of different tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89, 1255-1270.