

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE PLÁNTULAS DE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN PRODUCCIÓN INTENSIVA EN INVERNADERO

AGRONOMIC BEHAVIOR OF NATIVE POPULATIONS OF TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.) UNDER INTENSIVE PRODUCTION IN A GREENHOUSE

E. Alejandro Berrospe-Ochoa*, Crescenciano Saucedo-Veloz, Porfirio Ramírez-Vallejo, M. Elva Ramírez- Guzmán

Fruticultura. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México. (beocedal@colpos.mx).

RESUMEN

En México existe diversidad de genotipos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) con características sobresalientes de desarrollo de la planta, resistencia a diferentes factores bióticos y abióticos, rendimiento y calidad de fruto, pero su producción y aprovechamiento es local. La producción comercial del jitomate se basa en híbridos patentados tipo saladette, bola y cherry, lo que limita la expresión del acervo genético en el país. No obstante, México es considerado uno de los centros de domesticación de este producto hortícola. El objetivo del estudio fue comparar características agronómicas relacionadas con el desarrollo de las plántulas de 13 poblaciones nativas de jitomate con dos híbridos comerciales e identificar aquellas con la calidad de plántula equivalente a la de los híbridos comerciales. Charolas germinadoras de poliestireno, de 200 cavidades, se usaron con mezcla comercial Sunshine®3 más Agrolite 3:1(v/v) como sustrato y riegos con solución Steiner a 50 %. Las poblaciones y los híbridos comerciales se colocaron en un invernadero por 31 d. Las variables fueron el porcentaje y tasa de germinación, exposición de hojas, altura de plántula, diámetro de tallo, número total de hojas, área foliar, longitud y volumen radical, contenido de materia seca y fresca de raíz y tallo. El diseño experimental fue completamente al azar con 15 tratamientos y cuatro repeticiones con 10 plántulas como unidad experimental. El desarrollo de las plántulas de las poblaciones 96 y 49 fue similar a la de los híbridos comerciales, y su germinación y morfología fueron superiores. Mediante componentes principales se identificaron como variables para caracterizar la calidad: la presencia de cotiledones, el diámetro de tallo, la altura, la longitud radical y el número de hojas. Cinco poblaciones nativas presentaron similitud en calidad de plántula con los híbridos comerciales.

ABSTRACT

In Mexico there is genotype diversity of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) with outstanding characteristics of plant development, resistance to different biotic and abiotic factors, fruit yield and quality, but its production and use is local. Commercial production of tomato is based on patented hybrids such as saladette, bola and cherry, which limits the expression of the genetic store in the country. However, Mexico is considered one of the domestication centers of this horticultural product. The objective of the present study was to compare agronomic characteristics related to seedling development from 13 native populations of tomato with two commercial hybrids and to identify those with seedling quality equivalent to that of the commercial hybrids. Styrofoam germination trays of 200 cavities were used with commercial mixture Sunshine®3 plus Agrolite 3:1 (v/v) as substrate and irrigations with Steiner solution at 50 %. The populations and commercial hybrids were placed in a greenhouse for 31 d. Variables registered were percentage and germination rate, leaf exposure, seedling height, stem diameter, total number of leaves, leaf area, root length and volume, dry and fresh matter content of root and stem. The experimental design was completely randomized with 15 treatments and four replicates with 10 seedlings as experimental unit. Seedling development of populations 96 and 49, respectively, was similar to that of the commercial hybrids, and their germination and morphology were superior. Using principal components, the following were identified as variables to characterize quality: the presence of cotyledons, stem diameter, height, root length and number of leaves. Five native populations presented similarity in seedling quality with the commercial hybrids.

Key words: *Solanum lycopersicum*, seedbed, germination, quality.

* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: abril, 2014. Aprobado: abril, 2015.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 49: 637-650. 2015.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, semillero, germinación, calidad.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Emmatty (2006), México y Perú son los centros de domesticación del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) de donde los españoles lo llevaron a Europa en 1523, y se extendió a Francia, Inglaterra e Italia; en EE.UU. se introdujo en el siglo XVII.

La producción de jitomate en México se basa en el uso de híbridos comerciales principalmente del tipo bola, saladette y cherry, provenientes de semilla mejorada con características de calidad alta de planta y de fruto (Macías, 2003). Sin embargo, en diversas regiones del país se identificaron poblaciones nativas con potencial alto para la adaptación, el desarrollo de planta, el rendimiento y la resistencia al ataque de algunas plagas y enfermedades; además, de la variación en tamaño, forma, color y composición química, así como en valor nutricional y nutraceutico (Álvarez-Hernández *et al.*, 2009; San Martín-Hernández *et al.*, 2012). El valor nutrimental y comercial de las poblaciones nativas es poco conocido debido, en parte, a que comparadas con los híbridos comerciales, se encuentran en sistemas agrícolas heterogéneos, donde normalmente se desarrollan en ambientes naturales y de cultivo frecuentemente limitantes, y con incidencia recurrente de factores relacionados con estrés biótico y abiótico. Así, Juárez-López *et al.* (2009) señalaron que la ocurrencia de estos factores, cuya intensidad, frecuencia y cantidad varía entre años, permitió un proceso intenso de selección que aumentó su rusticidad y adaptación en estas poblaciones. Por lo tanto, las poblaciones nativas además de producir frutos, aún en condiciones de ambientes limitados, tienen relevancia en la producción de alimentos debido a su tolerancia a plagas y enfermedades. Crisanto *et al.* (2010) señalaron que las variaciones en la forma, color, sabor, textura y aroma da a los frutos de estas poblaciones una demanda local o regional alta, incluso con precios superiores al de los híbridos comerciales.

En algunas regiones de México, el cultivo de hortalizas ha cambiado del sistema tradicional de producción al tecnificado, en el que la calidad de la plántula repercute en la productividad (San Martín-

INTRODUCTION

According to Emmatty (2006), Mexico and Peru are the domestication centers of tomato (*Solanum lycopersicum* L.), from where it was brought by the Spaniards to Europe in 1523, and was extended to France, England and Italy; it was introduced to the USA in the XVII century.

In Mexico, tomato production is based on the use of commercial hybrids, mainly bola, saladette and cherry, from improved seed with high plant and fruit quality characteristics (Macías, 2003). However, in various regions of the country native populations were identified that show high potential for adaptation, plant development, yield and resistance to the attack of some pests and diseases; along with variation in size, shape, color and chemical composition, as well as nutritional and nutraceutic value (Álvarez-Hernández *et al.*, 2009; San Martín-Hernández *et al.*, 2012). The nutrimental and commercial value of native populations is not well known. This is due in part to the fact that in contrast to the commercial hybrids, they are found in heterogeneous agricultural systems, where they normally develop in natural environments and frequently limiting cultivation, in which the recurrent incidence of factors relating to biotic and abiotic stress is common. Thus, Juárez-López *et al.* (2009) pointed out that the occurrence of these factors, whose intensity, frequency and amount vary between years, allowed an intense selection process which increased the rusticity and adaptation of these populations. Therefore, in addition to producing fruit even in limited environmental conditions, the native populations have relevance in food production due to their tolerance to pests and diseases. Crisanto *et al.* (2010) indicated that the variations in the shape, color, flavor, texture and aroma give the fruits of these populations high local and regional demand, even with prices higher than those of the commercial hybrids.

In some regions of Mexico, the cultivation of garden vegetables has changed from the traditional system to technicized production, in which seedling quality is reflected in productivity (San Martín-Hernández *et al.*, 2012). According to Noordegraaf (1994), quality is defined by the consumer and implies external and internal parameters of the product.

Hernández *et al.*, 2012). Según Noordegraaf (1994), la calidad es definida por el consumidor y conlleva parámetros externos e internos del producto.

Los campesinos se han especializado en la producción intensiva de plántulas para cultivo en invernadero o campo abierto. Esto llevó a buscar alternativas para obtener el material necesario para el trasplante, y, el uso de semilleros permite un control productivo mayor (Berrospe-Ochoa *et al.*, 2012). Para los productores de jitomate es importante tener plántulas con características para un desarrollo vegetativo adecuado para la producción. Así, el problema principal de las poblaciones nativas de jitomate es el desconocimiento, en la mayoría de los casos, del crecimiento vegetativo en condiciones de producción intensiva en semilleros y en densidad poblacional alta.

Mediante recorridos de campo realizados durante los años 2000 a 2010, en la zona mesoamericana mexicana, se recolectaron poblaciones con tipos diferentes de frutos de jitomate, catalogados como bola o saladette, pero también frutos con forma arriñonada e irregular, y diversidad de colores. Así, ahora existe una colección de 600 poblaciones con frutos con características diversas. De esta colección, 13 muestras presentaron crecimiento vegetativo indeterminado y calidades de frutos que pueden ser producidas en condiciones de agricultura protegida intensiva.

El objetivo de este estudio fue caracterizar el comportamiento agronómico de las plántulas de 13 poblaciones nativas de jitomate, mediante la evaluación de variables de crecimiento y desarrollo en producción intensiva en invernadero, e identificar las variantes con calidad de plántula similar a la de los híbridos comerciales actuales. La hipótesis fue que en condiciones adecuadas de crecimiento, las plántulas obtenidas de semillas de frutos de poblaciones nativas de jitomate pueden presentar periodos de emergencia y crecimiento vegetativo similares a los híbridos comerciales (testigos) en invernadero, y que las plántulas tienen calidad similar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Trece poblaciones de jitomate fueron seleccionadas de un total de 600 nativas, recolectadas en zonas productoras diversas de México. Ellas presentan características sobresalientes de adaptación para la producción en invernadero, como sanidad, morfología, arquitectura de la planta, rendimiento y calidad del fruto. Las poblaciones estudiadas de Puebla se identificaron como 16,

Farmers have specialized in intensive production of seedlings for cultivation in the greenhouse or open field. This led to searching new alternatives for obtaining the material necessary for transplant, and the use of nurseries allows greater productive control (Berrospe-Ochoa *et al.*, 2012). For tomato producers, it is important to have seedlings with characteristics for a vegetative development that is adequate for production. Thus, the main problem of the native tomato populations is lack of knowledge, in most cases, of vegetative growth under intensive production conditions in nurseries and high population density.

In field visits made in the Mexican Mesoamerican zone from 2000 to 2010, populations with different types of tomato fruits were collected, catalogued as bola or saladette, but also fruits with kidney or irregular shape, and diversity of colors. Thus, there is now a collection of 600 populations with fruits of diverse characteristics. Of this collection, 13 samples presented indeterminate vegetative growth and fruit qualities that can be produced under intensive nursery conditions.

The objective of this study was to characterize the agronomic behavior of the seedlings of 13 native populations of tomato, through the evaluation of variables of growth and development under intensive production in a greenhouse, and to identify the variants with seedling quality similar to that of current commercial hybrids. The hypothesis was that under adequate growth conditions, the seedlings obtained from seeds of fruits of native tomato populations can present periods of emergence and vegetative growth similar to the commercial hybrids (controls) in a greenhouse, and that the seedlings have similar quality.

MATERIALS AND METHODS

Thirteen tomato populations were selected from a total of 600 native ones, collected in diverse productive zones of Mexico. These populations present outstanding characteristics of adaptation for greenhouse production, such as health, morphology, plant architecture, yield and fruit quality. The populations studied from Puebla were identified as 16, 17A, 17R, 21B and 21 Original; those from Guerrero were 48 and 49; and those from Campeche, Yucatán and Estado de México were called 75, 83 and 96. These populations were compared with the commercial hybrids SUN7705[®] of Nunhems, of saladette fruit type, and Daniela[®] of Hazera Genetics, of bola fruit type.

17A, 17R, 21B y 21Original; las de Guerrero fueron 34, 35 y 38; las de Oaxaca fueron 48 y 49; y las de Campeche, Yucatán y Estado de México fueron 75, 83 y 96. Estas poblaciones fueron comparadas con los híbridos comerciales. SUN7705[®] de Nunhems, de fruto tipo saladette, y Daniela[®] de Hazera Genetics, de fruto tipo bola. Las poblaciones y los híbridos comerciales son de crecimiento indeterminado. Las semillas evaluadas se obtuvieron en el 2012.

El estudio se realizó en el 2013 en un invernadero tipo túnel con cubierta plástica, de color blanco lechoso, ubicado a 19° 27' 42.45" N, 98° 54' 32.58" O y 2241 msnm. Semilleros de poliestireno, con 200 cavidades, se llenaron con una mezcla de peat moss y agrolita (3:1 v/v) humedecida y compactada, dejando unos 0.5 cm entre la superficie del semillero y la superficie del sustrato. Una semilla (inundada con agua acidulada a pH 5.5 por 12 h) se colocó en cada cavidad, y las cavidades se llenaron con el mismo sustrato. Los semilleros se regaron manualmente una vez al día, se mantuvieron estribados en columnas y cubiertos con plástico hasta la emergencia de las plántulas; después el riego se aplicó dos veces por día. Cuando las primeras hojas verdaderas se expusieron y hasta el momento del trasplante, el agua de riego fue sustituida por una solución Steiner al 25 % (Steiner, 1984).

Las variables fueron: la masa promedio de 10 semillas evaluada con una balanza analítica (SCIENTECH, Modelo ZSA-120, USA con sensibilidad 0.0001g), el número de días para la emergencia de la primera plántula desde la siembra, el tiempo (d) para la emergencia total de las plántulas, periodo efectivo (d) en que ocurrió la emergencia de plántulas desde la aparición de la primera plántula hasta la última, total de plántulas emergidas, promedio de emergencia diario, porcentaje de germinación y tiempo (d) para la exposición de las primeras hojas verdaderas. A los 31 d después de la siembra se muestrearon tres plántulas tomadas al azar, de las poblaciones e híbridos, y se evaluó su altura (cm, de la base al ápice), diámetro de tallo (mm; con vernier digital Truper, modelo CALDI-6MP), presencia de cotiledones, número total de hojas, área foliar (cm²; con un integrador de área, modelo LI-300, LI-COR, Lincoln, NE), longitud de raíz (cm), volumen de raíz (cm³; mediante desplazamiento volumétrico), masa de materia fresca y seca del vástago y de la raíz (g).

El diseño experimental fue completamente al azar con 15 tratamientos, cuatro repeticiones y diez semillas por repetición. Las variables se analizaron mediante análisis univariado, de componentes principales, canónico y tipo cluster mediante el método Ward considerando distancias Euclidianas de los datos recopilados, para la caracterización de calidades de plántula, con SAS System[®] versión 9.0 de SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA.

The populations and commercial hybrids are of indeterminate growth. The seeds evaluated were obtained in 2012.

The study was carried out in 2013 in a tunnel type greenhouse with a milky white plastic cover, located at 19° 27' 42.45" N, 98° 54' 32.58" W and 2241 masl. Styrofoam seedbeds with 200 cavities were filled with a mixture of peat moss and agrolite (3:1 v/v), moistened and compacted, leaving 0.5 cm between the surface of the seedbed and that of the substrate. One seed (soaked with acidulated water at pH 5.5 during 12 h) was placed in each cavity, and then the cavities were filled with the same substrate. Manual irrigation was applied once a day, and they were maintained in columns and covered with plastic until the seedlings emerged, from which point the irrigation was applied twice a day. When the first true leaves appeared and up to the moment of transplant, the irrigation water was substituted with Steiner solution at 25 % (Steiner, 1984).

The variables were: average mass of 10 seeds, evaluated with an analytical scale (SCIENTECH, Model ZSA-120, USA, with sensitivity of 0.0001g), number of days to emergence of the first seedling after sowing, time (d) for total emergence of seedlings, effective period (d) in which emergence of seedlings occurred from the appearance of the first to the last seedling, total number of emerged seedlings, average daily emergence, percentage of germination and time (d) for the exposure of the first true leaves. At 31 d after planting, three seedlings were randomly taken from the populations and hybrids. Height (cm, from the base to the apex) was evaluated, along with stem diameter, (mm; with Truper digital vernier, model CALDI-6MP), presence of cotyledons, total number of leaves, leaf area (cm²; with an area integrator, LI-300, LI-COR, Lincoln, NE), root length (cm), root volume (cm³; by volumetric displacement), mass of fresh and dry matter of the shoot and the root (g).

The experimental design was completely randomized with 15 treatments, four replicates and ten seeds per replicate. The variables were analyzed using univariate analysis, of principal components, canonic and cluster using the Ward method; considering Euclidian distances of the compiled data, for the characterization of seedling quality, with SAS System version 9.0 of SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

RESULTS AND DISCUSSION

The fresh seed material of populations 48 and 96 was the highest (3.8 mg), and with the exception of populations 16 and 34, that of the rest was similar to the commercial controls (Figure 1). Ramos-Ortega *et al.* (2006) observed that tomato seeds with greater mass generate vigorous plants and higher

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La materia fresca de las semilla de las poblaciones 48 y 96 fue la mayor (3.8 mg) y con excepción de las poblaciones 16 y 34, la del resto fue similar a los testigos comerciales (Figura 1). Ramos-Ortega *et al.* (2006) observaron que las semillas de jitomate con masa mayor generaron plántulas vigorosas y rendimientos mayores. En contraste, en nuestro estudio las correlaciones no fueron significativas entre la masa de la semilla y el proceso germinativo y morfología final de plántula.

Torres *et al.* (2008) señalaron que en la producción de plántulas es conveniente que la germinación se realice en poco tiempo para reducir costos de producción. La germinación es el cambio fisiológico interno de la semilla que concluye con la emisión de la radícula a través de la cubierta seminal y emergencia posterior de la plántula por arriba del sustrato. Berrospe-Ochoa *et al.* (2012) reportaron promedios de emergencias de 7 a 8 d posteriores a la siembra, con un periodo efectivo de germinación de 10 a 18 d. Así, la población 96 y 16 se pueden considerarse las más precoces en germinación y emergencia de plántula.

Los testigos emergieron en un periodo efectivo de 8 a 10 d desde la primera emergencia. Según Berrospe-Ochoa *et al.* (2012), en poblaciones nativas no hubo diferencia estadística en el tiempo de la primera emergencia (4 d después de siembra), pero sí en el tiempo para la emergencia total. La población 38 requirió 21 d para completar la germinación total de las semillas, pero la población 96 requirió 10.5 d; el tiempo menor efectivo para que germinaran todas las

yield. In contrast, in our study the correlations were not significant between seed mass and the final germinative and morphological process of the seedling.

Torres *et al.* (2008) indicated that in seedling production it is convenient for germination to occur in a short time to reduce production costs. Germination is the internal physiological change of the seed that concludes with the emission of the radical through the seminal sheath and the subsequent emergence of the seedling above the substrate. Berrospe-Ochoa *et al.* (2012) reported averages of emergences between 7 and 8 d after planting with an effective germination period of 10 to 18 d. Thus, populations 96 and 16 can be considered the earliest in germination and seedling emergence.

The controls emerged in an effective period of 8 to 10 d, after the first emergence. Berrospe-Ochoa *et al.* (2012) observed in native populations that there was no statistical difference in the time the first emergence occurred (4 days after planting), but there was in the time for total emergence. Population 38 required 21 days to complete total seed germination, in contrast to population 96, which required 10.5 days. The shortest effective time for total seed germination corresponded to populations 96 and 83 (5.25 and 5.5 days), with half employed by the commercial controls (Figure 2).

The controls presented germination of 92.5 and 95 % (SUN7705 and Daniela) and were the first to expose the first leaves, between 13 and 14 d after planting. All of the plants presented foliage in a period of 5 d after exposure of the first leaves in

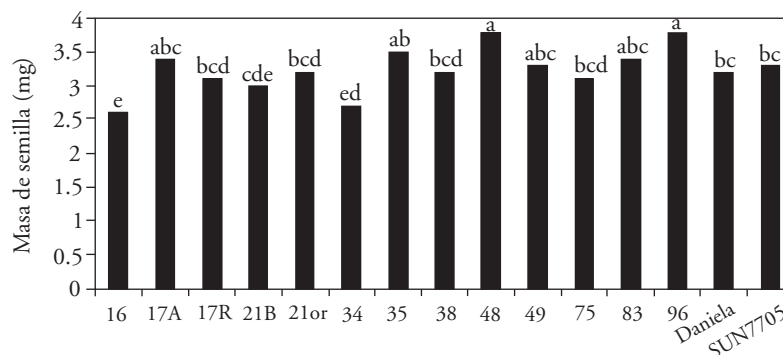


Figura 1. Masa promedio de semilla de poblaciones nativas y variedades comerciales de jitomate (*Solanum lycopersicum*). Valores con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$), DMS=0.46.

Figure 1. Average seed mass in native populations and commercial tomato varieties (*Solanum lycopersicum*). Values with different letter in a column are statistically different (Tukey, $p \leq 0.05$), DMS=0.46.

semillas fue en las poblaciones 96 y 83 (5.25 y 5.5 d), con la mitad empleada por los testigos comerciales (Figura 2).

Los testigos tuvieron germinación de 92.5 y 95 % (SUN7705 y Daniela) y fueron los primeros en exponer la primera hojas, entre 13 y 14 d después de la siembra, todas las plantas mostrando follaje 5 después de la exposición de las primeras hojas en el caso de Daniela y 4 d en SUN7705; del total de semillas de Daniela solo 87.5 % expusieron hojas, y en SUN7705 fue 67.5 %.

Las poblaciones nativas evaluadas no mostraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) con los testigos en porcentaje de germinación, días para la exposición de las primeras hojas, periodo efectivo de exposición de hojas o porcentaje de semillas que generan hojas visibles (Cuadro 1).

Leviatov *et al.* (1994) y Sinha (1999) señalaron que la exposición de las hojas es un evento fenológico importante porque el embrión en desarrollo

Daniela and 4 d in SUN7705; of the total of Daniela seeds only 87.5% exposed leaves, and in SUN7705, only 67.5%.

The native populations evaluated did not show statistical differences ($p > 0.05$) with the controls, for percentage of germination, days for exposure of first leaves, effective period of exposure of leaves or percentage of seeds that generate visible leaves (Table 1).

Leviatov *et al.* (1994) and Sinha (1999) pointed out that leaf exposure is an important phenological event, given that the developing embryo generates vegetative structures that can carry out physiological processes, such as photosynthesis, giving it the capacity to form biochemical compounds which are essential for their survival and at the same time reduce their dependence on the nutrimental reserves, which can reach as much as 15 % of the seminal volume, contained in the cotyledons and the endosperm. The native populations had the same leaf development

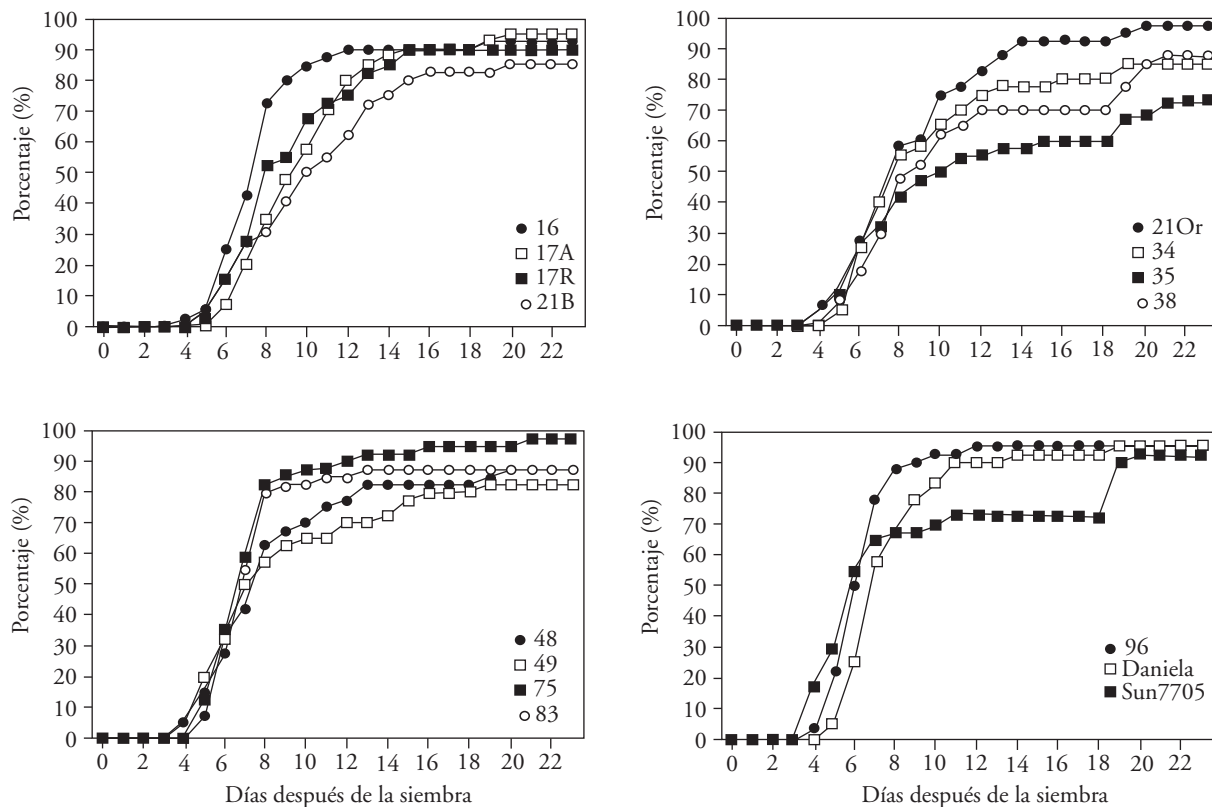


Figura 2. Porcentaje de germinación y emergencia acumulada de plántulas de variedades comerciales y poblaciones nativas de jitomate (*Solanum lycopersicum*).

Figure 2. Percentage of germination and accumulated emergence of seedlings of commercial varieties and native populations of tomato (*Solanum lycopersicum*).

Cuadro 1. Emergencia y exposición de hojas en plántulas de poblaciones nativas de jitomate (*Solanum lycopersicum*) y testigos comerciales.
Table 1. Emergence and exposure of leaves in seedlings of native tomato populations (*Solanum lycopersicum*) and commercial controls.

Población o variedad	DPE [‡] (d)	DTPE (d)	PEDE (d)	EPD	PG (%)	DPAPF (d)	PTAPF (d)	PSCHV (%)
16	6.75a [‡]	14.00ab	8.25ab	1.48a	97.5a	13.3a	6.3a	80.0a
17A	8.00a	18.00ab	11.00ab	0.93a	95.0a	14.3a	5.8a	87.5a
17R	7.50a	14.00ab	7.50ab	1.20a	90.0a	13.0a	7.0a	82.5a
21B	8.75a	16.25ab	8.50ab	1.18a	85.0a	12.8a	7.8a	77.5a
21or	6.75a	15.25ab	9.50ab	1.18a	100.0a	13.0a	5.8a	90.0a
34	7.25a	16.00ab	9.75ab	0.95a	85.0a	13.3a	3.5a	90.0a
35	6.50a	19.25ab	13.75ab	0.58a	72.5a	14.0a	5.3a	80.0a
38	7.00a	21.00a	15.00a	0.58a	87.5a	12.8a	7.0a	95.0a
48	7.00a	14.75ab	8.75ab	1.13a	87.5a	13.0a	6.0a	80.0a
49	6.50a	16.75ab	11.50ab	0.73a	82.5a	12.5a	5.8a	82.5a
75	6.75a	15.50ab	9.75ab	1.30a	97.5a	13.8a	7.0a	95.0a
83	7.00a	11.50ab	5.50b	2.05a	87.5a	13.8a	4.8a	75.0a
96	6.25a	10.50b	5.25b	2.13a	95.0a	12.8a	8.0a	77.5a
DANIELA	7.25a	13.00ab	6.75ab	1.75a	95.0a	13.5a	5.3a	87.5a
SUN7705	6.50a	13.00ab	7.50ab	1.60a	92.5a	13.8a	3.8a	67.5a
DMS [†]	4.16	10.47	9.28	1.68	28.03	3.83	6.02	49.61

[†]DMS: diferencia mínima significativa. [‡]DPE: días para la primer emergencia; DTPE: días totales para la emergencia total de las plántulas; PEDE: periodo efectivo de emergencia; EPD: emergencia promedio diaria; PG: porcentaje de germinación; DPAPF: días para la primer exposición de hojas; PTAPF: periodo efectivo en que el total de las plántulas expusieron hojas; PSCHV: porcentaje de semillas que llegan a tener hojas visibles. Valores con diferente letra en una columna son estadísticamente significativos (Tukey, $p \leq 0.05$) ♦ DMS: minimum significant difference. DPE: days to first emergence; DTPE: total days for total emergence of seedlings; PEDE: effective emergence period; EPD: average daily emergence; PG: percentage of germination; DPAPF: days to first exposure of leaves; PTAPF: effective period in which the total of seedlings exposed leaves; PSCHV: percentage of seeds that have visible leaves, Values with different letter in a column are statistically significant (Tukey, $p \leq 0.05$).

genera estructuras vegetativas que pueden realizar procesos fisiológicos, como la fotosíntesis, dándole la capacidad de formar compuestos bioquímicos esenciales para su sobrevivencia y a la vez disminuir su dependencia a las reservas nutrimentales, que pueden alcanzar hasta el 15 % del volumen seminal, contenidas en los cotiledones y el endospermo. Las poblaciones nativas tuvieron la misma capacidad de desarrollo de hojas que los testigos, usados comercialmente para la producción de plántula.

Los testigos Daniela y SUN7705, al finalizar la etapa de evaluación de 31 d, conservaron los dos cotiledones. Las poblaciones nativas 75 y 83 fueron estadísticamente ($p \leq 0.05$) diferentes porque perdieron los cotiledones antes de finalizar el periodo de evaluación; las otras poblaciones conservaron sus cotiledones hasta el término del estudio (Cuadro 2).

capacity as the controls used commercially for seedling production.

The controls Daniela and SUN7705, at the end of the evaluation stage of 31 d, conserved both cotyledons. The native populations 75 and 83 were statistically different ($p \leq 0.05$) because they lost the cotyledons before the end of the evaluation period; the other populations conserved their cotyledons until the end of the study (Table 2).

The dry matter of the endosperm constitutes up to 75 % of the total of the seed (Burg *et al.*, 1994; Leviatov *et al.*, 1994); however, its volume is less than 15 % of the seed and the nutrimental reserves stored in the endosperm are insufficient for the development of the new individual during the first 15 d. The lipid reserves stored (principally linoleic, oleic, palmitic and stearic acids) in the glyoxysomes

Cuadro 2. Caracterización de plántulas de 31 días de desarrollo de poblaciones nativas de jitomate (*Solanum lycopersicum*) y testigos comerciales.**Table 2. Characterization of seedlings of 31 days of development in native tomato (*Solanum lycopersicum*) populations and commercial varieties.**

Cultivares	C [†]	AP (cm)	D (mm)	LR (cm)	VR (cm ³)	PFFA (g)	PSPA (mg)	PFR (g)	PSR (mg)
16	1.6a ^o	5.9cde	2.07abcd	10.16a	0.239a	0.538bdc	43.76abc	0.260a	23.86ab
17A	1.8a	6.1cde	2.03abcd	9.44a	0.304a	0.648bc	45.42abc	0.299a	21.73b
17R	1.8a	7.1abc	2.34ab	10.88a	0.320a	0.677abc	49.08abc	0.301a	23.62ab
21B	1.9a	4.8e	1.54ef	8.23a	0.192a	0.416cde	31.98bcd	0.208a	16.93b
21or	2a	7.8ab	2.42a	11.22a	0.294a	0.805ab	56.73a	0.338a	25.97ab
34	1.9a	5.6cde	1.90bcdef	10.84a	0.279a	0.589bc	46.76abc	0.318a	24.65ab
35	2a	6.2cde	1.93bcdef	9.62a	0.293a	0.611bc	44.98abc	0.325a	27.88ab
38	1.9a	6.2bcde	2.15abcd	11.80a	0.241a	0.659abc	51.86ab	0.279a	26.94ab
48	1.9a	5.9cde	1.91bcdef	8.53a	0.339a	0.640bc	52.31ab	0.332a	20.41b
49	1.6a	6.4bcd	1.89bcdef	10.60a	0.396a	0.596bc	48.11abc	0.454a	30.68ab
75	0b	5.1de	1.53f	11.40a	0.209a	0.139e	19.21d	0.244a	20.29b
83	0.5b	6.4bcd	1.83cdef	10.03a	0.192a	0.270ed	28.95cd	0.215a	21.85b
96	1.9a	8.1a	2.32abc	11.36a	0.423a	0.946a	65.23a	0.476a	41.26a
DANIELA	1.9a	6.5abcd	2.16abcd	12.10a	0.273a	0.733ab	57.35a	0.312a	28.66ab
SUN7705	2a	6.5abcd	1.78edf	8.78a	0.302a	0.652abc	48.03abc	0.333a	30.38ab
DMS [†]	0.6	1.6	0.49	4.40	0.287	0.295	22.25	0.275	18.24

[†]DMSM: diferencia mínima significativa. ^oC: cotiledones; AP: altura de planta; D: diámetro de tallo; LR: longitud radical; VR: volumen radical; PFFA: masa fresca del vástago; PSPA: masa seca del vástago; PFR: masa fresca de raíz; PSR: masa seca de raíz. Valores con diferente letra en una columna son estadísticamente significativos (Tukey, $p \leq 0.05$) ♦ DMS= minimum significant difference. C= cotyledons; AP = plant height; LR = root length; VR = root volume; PFFA = fresh mass of stem; PSPA = dry mass of stem; PFR = fresh mass of root; PSR = dry mass of root. Values with different letter in a column are statistically significant (Tukey, $p \leq 0.05$).

La materia seca del endospermo constituye hasta 75 % del total de la semilla (Burg *et al.*, 1994; Levitov *et al.*, 1994), pero su volumen es menor a 15 % de la semilla y las reservas nutritivas almacenadas en el endospermo son insuficientes para el desarrollo del nuevo individuo durante los primeros 15 d. Las reservas lipídicas almacenadas (ácidos linoleico, oleico, palmítico y esteárico, principalmente) en los glioxisomas y cuerpos oleos en los cotiledones toman importancia, acetyl CoA deriva de la β -oxidación y se produce succinato que se usa para generar sacarosa por gluconeogénesis, y así apoyar el desarrollo de la plántula (Nieri *et al.*, 1997; Giannelos *et al.*, 2005; Graham, 2008; Baud y Lepiniec, 2010).

El hecho de que una plántula pierda los cotiledones antes del periodo de producción intensiva (entre 30 y 35 d) pone en desventaja al material vegetativo por disponibilidad menor de reservas, y la plántula dependerá de los fotosintatos de hojas inmaduras; este es el caso de las poblaciones 75 y 83.

Los testigos comerciales tuvieron en promedio cuatro hojas y la población 96 tuvo el número mayor

and oleic bodies in the cotyledons become important, acetyl CoA is obtained from the β -oxidation and succinate is produced, which is used to generate saccharose through gluconeogenesis, and thus serves as support in seedling development (Nieri *et al.*, 1997; Giannelos *et al.*, 2005; Graham, 2008; Baud and Lepiniec, 2010).

The fact that a seedling loses the cotyledons before the intensive production period (between 30 and 35 d) places the vegetative material in disadvantage due to the reduced availability of reserves, and the seedling will depend on the photosynthates of immature leaves, which is the case of populations 75 and 83.

The commercial controls had an average of four leaves and population 96 had the highest number of leaves and more leaf area (Table 1). The tomato seedlings with 31 to 35 d of age have on the average between three and eight leaves (Larqué-Saavedra *et al.*, 2010; Parra-Terraza *et al.*, 2010; Berrosp-Ochoa *et al.*, 2012), and in our study had a leaf area of 1 to 24 cm² (Figure 3).

de hojas y más área foliar (Cuadro 1). Las plántulas de jitomate con 31 a 35 d de edad tienen en promedio entre tres y ocho hojas (Larqué-Saavedra *et al.*, 2010; Parra-Terraza *et al.*, 2010; Berrospe-Ochoa *et al.*, 2012) y en nuestro estudio tuvieron área foliar de 1 a 24 cm² (Figura 3).

La cantidad de hojas y área foliar influyen significativamente en la captura de luz y CO₂, esto afecta el rendimiento fotosintético y la síntesis de compuestos esenciales para el desarrollo de la plántula (Walter *et al.*, 2009; Xiao-Xue *et al.*, 2013). La población 96 mostró la mayor calidad foliar en nuestro estudio.

La población 96 fue la más alta sin diferencias estadísticas con respecto a poblaciones 17R, 21or y los testigos comerciales. La población 21B tuvo la altura menor. Según Vavrina (1998), plántulas muy altas tienden a generar producción temprana, pero con problemas frecuentes de plagas y enfermedades; de ser así, los testigos comerciales y las poblaciones 17R, 21or y 96 serían proclives a problemas fitosanitarios después del trasplante, lo cual se debe comprobar.

Las plántulas de Daniela tuvieron diámetro de tallo bajo, aunque dentro del intervalo reportado en la literatura (Herrera *et al.*, 2008; Terefe *et al.*, 2009; Larqué-Saavedra *et al.*, 2010; Parra-Terraza *et al.*, 2010; Berrospe-Ochoa *et al.*, 2012; Luna *et al.*, 2013) pero fue uno de los más altos de este estudio (Cuadro 2). La variedad SUN7705 y la población 21B tuvieron los diámetros menores y las poblaciones 16, 17A, 17R, 21or, 38 y 96 tuvieron diámetros de tallo similares a la variedad Daniela. Vavrina (1998) indicó que los tallos delgados, en contraste con los

The amount of leaves and leaf area significantly influences the capture of light and CO₂, which affects photosynthetic yield and the synthesis of essential components for plant development (Walter *et al.*, 2009; Xiao-Xue *et al.*, 2013). Population 96 showed the best leaf quality in our study.

Population 96 was the tallest without statistical differences with respect to populations 17R, 21or and the commercial controls. Population 21B had the lowest height. According to Vavrina (1998), very tall seedlings tend to generate early production, but frequently with problems of pests and diseases; if this is so, the commercial controls and populations 17R, 21or and 96 would be inclined to have phytosanitary problems after transplant, which should be confirmed.

The Daniela seedlings had small stem diameter, but within interval reported in the literature (Herrera *et al.*, 2008; Terefe *et al.*, 2009; Larqué-Saavedra *et al.*, 2010; Parra-Terraza *et al.*, 2010; Berrospe-Ochoa *et al.*, 2012; Luna *et al.*, 2013), however, it was one of the highest in this study (Table 2). Variety SUN7705 and population 21B had the smallest diameters and populations 16, 17A, 17R, 21or, 38 and 96 had stem diameters that were similar to the Daniela variety. Vavrina (1998) indicated that the thin stems, in contrast to the thick ones, can be easily damaged during transplant, due to breakage of cell walls, or the entrance of pathogens. Thus, seedlings of the variety SUN7705 and populations 21B, 34, 35, 48, 49, 75 and 83 may present this problem at the moment of transplant.

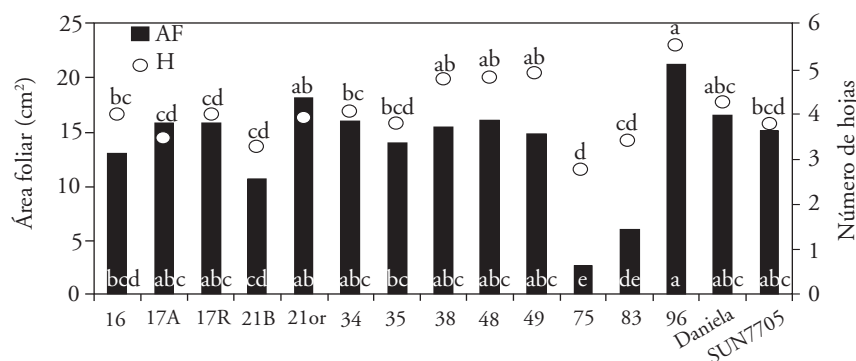


Figura 3. Relación entre número de hojas (H) y área foliar (AF) de plántulas de poblaciones nativas de jitomate (*Solanum lycopersicum*) y testigos comerciales. Columnas con diferente letra son estadísticamente significativas (Tukey, $p \leq 0.05$).

Figure 3. Relationship between number of leaves (H) and leaf area (AF) of seedlings of native tomato (*Solanum lycopersicum*) populations and commercial controls. Columns with different letter are statistically significant (Tukey, $p \leq 0.05$).

gruesos, pueden dañarse fácilmente durante el trasplante, debido al rompimiento de paredes celulares o ingreso de patógenos. Así, las plántulas de la variedad SUN7705 y las poblaciones 21B, 34, 35, 48, 49, 75 y 83 podrían presentar este problema al trasplante.

Por longitud de raíz ambos testigos comerciales están en la parte baja del intervalo registrado, pero el volumen de éstas fue mayor al reportado por Berrospe-Ochoa *et al.* (2012), Larqué-Saavedra *et al.* (2010) y Luna *et al.* (2013). Las poblaciones nativas de jitomate no mostraron diferencias en longitud y volumen radical con los testigos comerciales. La configuración espacial del sistema radical determina la capacidad de exploración en suelo y en sustrato; la longitud y volumen radical determinan el potencial de transporte de agua y nutrientes al interior de la planta. Por lo tanto, no hay evidencia estadística que sustente diferencias morfológicas entre las poblaciones nativas y los testigos comerciales, y tendrían el mismo potencial de absorción de agua y nutrimentos.

La masa fresca del vástago en las plántulas, 31 d después de la siembra, es similar a la de las plántulas con el mismo tiempo de desarrollo evaluadas por Berrospe-Ochoa *et al.* (2012), Larqué-Saavedra *et al.* (2010) y Luna *et al.* (2013). Pero los testigos comerciales y las poblaciones 17R, 21or, 38 y 96 presentaron contenido mayor de masa en el vástago; asimismo, el contenido de materia seca del vástago de Daniela y SUN7705 fue menor en comparación con otros híbridos comerciales de jitomate, pero estadísticamente ($p \leq 0.05$) mayor que en los materiales en estudio. El contenido de masa seca fue 7 a 10 % de la masa total del vástago, lo cual sugiere que el desarrollo celular entre los testigos comerciales y poblaciones nativas de jitomate fue similar.

La masa fresca en las raíces de los testigos fue inferior al intervalo reportado en otros híbridos de jitomate (Larqué-Saavedra *et al.*, 2010; Berrospe-Ochoa *et al.*, 2012; Luna *et al.*, 2013). Las diferencias entre la materia de las raíces de los testigos comerciales y poblaciones nativas no fueron significativas. Daniela y SUN7705 acumularon menos materia seca que la reportada en la literatura (Larqué-Saavedra *et al.*, 2010; Berrospe-Ochoa *et al.*, 2012; Luna *et al.*, 2013). Las poblaciones 48 y 49 tuvieron 6 % de materia seca respecto al contenido de masa total en raíz.

La correlación canónica fue altamente significativa ($p \leq 0.001$) entre el número de cotiledones, altura

For root length both commercial controls are in the lower part of the registered interval, but their volume was higher than that reported by Berrospe-Ochoa *et al.* (2012), Larqué-Saavedra *et al.* (2010) and Luna *et al.* (2013). The native tomato populations did not show differences in root length and volume with the commercial controls. The spatial configuration of the root system determines the exploration capacity both in soil and in substrate; the root length and volume determine the transport potential of water and nutrients to the interior of the plant. Therefore, there is no statistical evidence that sustains morphological differences among native populations and the commercial controls, and they would have the same absorption potential of water and nutrients.

The fresh mass of the stem in the seedlings, 31 d after planting, is similar to that of seedlings with the same time of development evaluated by Berrospe-Ochoa *et al.* (2012), Larqué-Saavedra *et al.* (2010) and Luna *et al.* (2013). However, the commercial controls and populations 17R, 21or, 38 and 96 presented a higher content of mass in the stem. In addition, the dry matter content of the stem of Daniela and SUN7705 was lower with respect to other commercial tomato hybrids, but statistically ($p \leq 0.05$) higher than in the materials under study. The dry mass content represented between 7 and 10 % of the total mass of the stem, which suggests that the cell development among the commercial controls and native tomato populations was similar.

Fresh mass in roots of the controls was lower than the interval reported in other tomato hybrids (Larqué-Saavedra *et al.*, 2010; Berrospe-Ochoa *et al.*, 2012; Luna *et al.*, 2013). The differences between the root material of the commercial controls and native populations were not significant. Daniela and SUN7705 accumulated less dry matter than that reported in the literature (Larqué-Saavedra *et al.*, 2010; Berrospe-Ochoa *et al.*, 2012; Luna *et al.*, 2013). Populations 48 and 49 had 6 % of dry matter with respect to the total mass content in root.

The canonic correlation was highly significant ($p \leq 0.001$) among the number of cotyledons, seedling height and stem diameter with canonic variables 1 and 2 (Figure 4).

Canonic variable 1 related the proportion of cotyledons and stem diameter of the seedling and canonic variable 2 related seedling height.

de la plántula y diámetro de tallo, con las variables canónicas 1 y 2 (Figura 4).

La variable canónica 1 relacionó la proporción de cotiledones y el diámetro del tallo de la plántula y la variable canónica 2 relacionó la altura de la plántula. Al considerar en conjunto las variables canónicas se observaron cuatro grupos: el primero estuvo integrado por los testigos comerciales y las poblaciones 16, 17A, 38 y 49, que se caracterizaron por plántulas con tamaño medio de tallo y altura, y cotiledones presentes; el segundo lo formaron las poblaciones 21B, 48 y 34, con plántulas de menor altura y presencia de cotiledones; en el tercero estaban las poblaciones 17R, 21or y 96, y su característica morfológica fue la presencia de cotiledones, tallo grueso y plantas altas; el cuarto lo formaron las poblaciones 75 y 83, individuos sin cotiledones, con tallo delgado y ligeramente más altos que los testigos comerciales.

El análisis cluster permitió confirmar tres (a una distancia de 30 unidades) o cuatro grupos (a una distancia de 15 unidades), de los cuales dos poblaciones comparten grupo con la variedad Daniela, ocho poblaciones comparten grupo con la variedad SUN7705 y tres poblaciones nativas integran otro grupo (Figura 5).

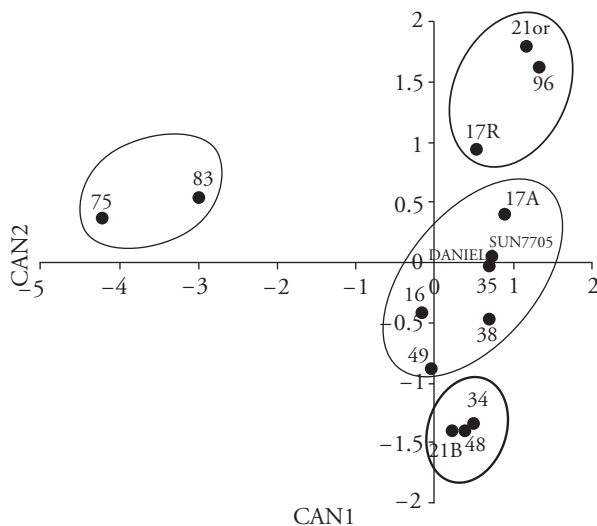


Figura 4. Correlación canónica de las poblaciones nativas de jitomate (*Solanum lycopersicum*). CAN1: número de cotiledones y diámetro de tallo; CAN2: altura de plántula.

Figure 4. Canonic correlation of the native tomato populations (*Solanum lycopersicum*). CAN1: number of cotyledons and stem diameter; CAN2: seedling height.

Considering together the canonic variables, four groups were observed: the first was integrated by the commercial controls and populations 16, 17A, 38 and 49, which were characterized by seedlings with medium size stem and height, and cotyledons present; the second was formed by populations 21B, 48 and 34, with seedlings of lower height and presence of cotyledons; populations 17R, 21or and 96 formed a third group whose morphological characteristic was the presence of cotyledons, thick stem and tall plants; populations 75 and 83 comprised the fourth group with individuals without cotyledons, thin stem and slightly taller than the commercial controls.

The cluster analysis made it possible to confirm three (at a distance of 30 units) or four groups (at a distance of 15 units), of which two populations share group with the Daniela variety, eight populations share group with SUN7705 and three native populations integrate another group (Figure 5).

The analysis of principal components allowed to identify four significant indicators that explained 98.8 % of the variability of the data: principal component one (PC1, 55 %) was an indicator of the leaf quality and the amount of matter presented by the plant, and high values are recommended; PC2 (21.2 %) was an indicator of the quality of plant material during emergence and the formation of true leaves, and high values correspond to seeds with excellent emergence and exposure of true leaves; PC3 (16.2 %) was an indicator of emergence and leaf formation, lower values are better given that they indicate a higher percentage of emergence in less time and exposure of true leaves; PC4 (5 %) was an indicator of the amount of material in root, and high values are convenient (Figure 6).

CONCLUSIONS

In intensive greenhouse tomato seedling production the significant variables were the presence of cotyledons, stem diameter, height, number of leaves and root length of the seedling. We propose all of the above as agronomic characteristics for the characterization of seedling quality.

Populations 21original, 38, 48, 49 and 96, the commercial controls Daniela and SUN7705 presented the best seedling quality. Native populations 21original and 96 were identified as similar in seedling quality to Daniela; and that of

El análisis de componentes principales permitió identificar cuatro indicadores significativos que explicaron 98.8 % de la variabilidad de los datos: el componente principal uno (CP1, 55 %) fue un indicador de la calidad de la hoja y la cantidad de materia que presenta la plántula, y valores altos son recomendados; CP2 (21.2 %) fue indicador de la calidad del material vegetal durante la emergencia y la formación de hojas verdaderas, valores altos corresponden a las semillas con excelente emergencia y exposición de hojas verdaderas; CP3 (16.2 %) fue un indicador de la emergencia, tiempo de emergencia y formación de hojas, valores menores son mejores porque indican porcentaje mayor de emergencia en menos tiempo y exposición de hojas verdaderas; CP4 (5 %) fue indicador de la cantidad de materia de la raíz y los valores altos son convenientes (Figura 6).

CONCLUSIONES

En la producción intensiva de plántula de jitomate en invernadero las variables significativas fueron

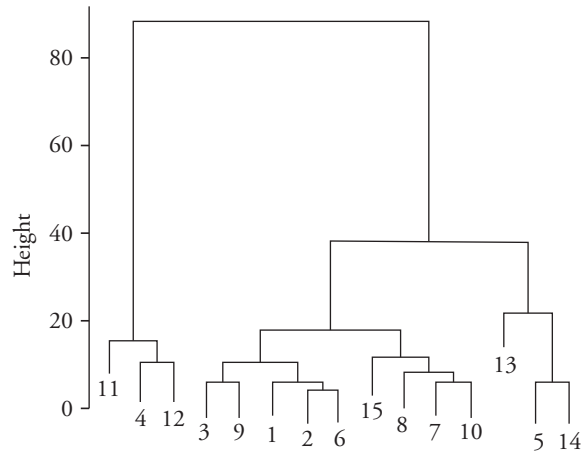


Figura 5. Dendrograma de testigos comerciales y poblaciones nativas de jitomate (*Solanum lycopersicum*). 1) 16; 2) 17A; 3) 17R; 4) 21B; 5) 21Original; 6) 34; 7) 35; 8) 38; 9) 48; 10) 49; 11) 75; 12) 83; 13) 96; 14) Daniela; y 15) Sun7705.

Figure 5. Dendrogram of commercial controls and native populations of tomato (*Solanum lycopersicum*). 1) 16; 2) 17A; 3) 17R; 4) 21B; 5) 21Original; 6) 34; 7) 35; 8) 38; 9) 48; 10) 49; 11) 75; 12) 83; 13) 96; 14) Daniela; and 15) SUN7705.

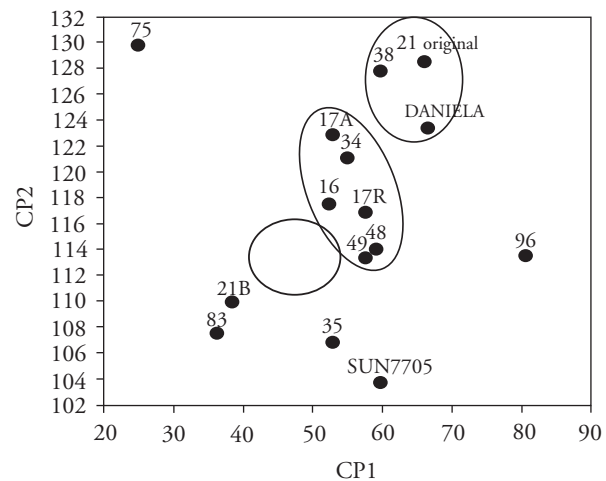
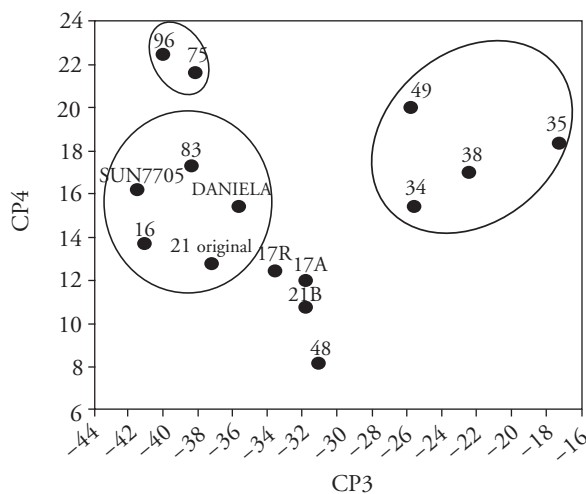


Figura 6. Calidad de plántula en función del análisis de sus componentes principales en dos testigos comerciales y 13 poblaciones nativas de jitomate (*Solanum lycopersicum*). CP1 (55 %) Calidad foliar y materia seca. CP2 (21.2 %) Emergencia y foliación. CP3 (16.2 %) Periodo de emergencia y foliación. CP4 (5 %) Materia radical.

Figure 6. Seedling quality as a function of the analysis of its principal components in two commercial controls and 13 native tomato populations (*Solanum lycopersicum*). CP1 (55%) Leaf quality and dry matter. CP2 (21.2%) Emergence and foliation. CP3 (16.2%) Period of emergence and foliation. CP4 (5%) Root matter.

la presencia de cotiledones, el diámetro de tallo, la altura, el número de hojas y la longitud radical de la plántula. Todas ellas las proponemos como características agronómicas para la caracterización de calidad de plántula.

Las poblaciones 21original, 38, 48, 49 y 96, los testigos comerciales Daniela y SUN7705 presentaron la calidad mayor de plántula. Las poblaciones nativas 21original y 96 se identificaron como similares en calidad de plántula a la variedad Daniela; y la de las poblaciones 38, 35 y 49 fue similar a la variedad SUN7705.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Hernández, J. C., H. Cortez-Madrigal, e I. García-Ruiz. 2009. Exploración y caracterización de poblaciones silvestres de tomate (*Solanaceae*) en tres regiones de Michoacán, México. *Polibotánica* 28: 139-159.
- Baud, S. and L. Lepiniec. 2010. Physiological and developmental regulation of seed oil production. *Prog. Lipid Res.* 49: 235-249.
- Berrospe-Ochoa, E. A., V. M. Ordaz-Chaparro, M. N. Rodríguez-Mendoza, y R. Quintero-Lisaola. 2012. Cachaza como sustrato para la producción de plántula de tomate. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 18:141-156.
- Burg, W. J., J. W. Aartse, R. A. Zwol, H. Jalink, and R. J. Bino. 1994. Predicting tomato seedling morphology by X-ray analysis of seeds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119:258-263.
- Crisanto-Juárez, A. U., A. M. Vera-Guzmán, J. L. Chavés-Servia, y J. C. Carrillo-Rodríguez. 2010. Calidad de frutos de tomates silvestres (*Lycopersicon esculentum* var. *Cerasiforme* Dunal) de Oaxaca, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 33:7-13.
- Emmatty, D. A. 2006. Mejoramiento genético de tomate: pasado, presente y futuro. *In: Saavedra G. R. y M. González Y. (ed). Seminario Internacional: Producción de Tomate para Procesamiento. Serie Actas Instituto de Investigaciones Agropecuarias No. 32., Chile. p 9-16.*
- Giannelos, P. N., S. Sxizas, E. Lois, F. Zannikos and Anastopoulos, G. 2005. Physical, chemical and fuel related properties of tomato seed oil for evaluating its direct use in diesel engines. *Ind. Crops Prod.* 22: 193-199.
- Graham, I. A. 2008. Seed storage oil mobilization. *Annu. Rev. Plant. Biol.* 59: 115-142.
- Herrera, F., J. E. Castillo, A. F. Chica and L. López B. 2008. Use of municipal solid waste compost (MSWC) as a growing medium in the nursery production of tomato plants. *Biores. Technol.* 99: 287-296.
- 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*). *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 15: 5-9.
- Larqué-Saavedra, A., R. Martín-Mex, Á. Nexticapan-Garcéz, S. Vergara-Yoisura y M. Gutiérrez-Rendón. 2010. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate populations 38, 35 and 49 was similar to the variety SUN7705.
- End of the English version—
- *—
- (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 16: 183-187.
- Leviatov, S., O. Shoseyov and S. Wolf. 1994. Roles of different seed components in controlling tomato seed germination at low temperatura. *Scientia Horticulturae* 56: 197-206.
- Luna M., L., R. A. Martínez P., M. Hernández I., S. M. Arvizu M. y J. R. Pacheco A. 2013. Caracterización de rizobacterias aisladas de tomate y su efecto en el crecimiento de tomate y pimiento. *Rev. Fitotec. Mex.* 36: 63-69.
- Macías, M. A., 2003. Enclaves agrícolas modernos: el caso del jitomate mexicano en los mercados internacionales. *Región y Sociedad.* 26: 103-151.
- Nieri, B., A. Ciurli, L. Pistelli, S. M. Smith, A. Alpi and L. De Bellis. 1997. Glyoxylate cycle enzymes in seedlings and mature plants of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Plant Sci.* 129: 39-47.
- Noordegraaf, C. V. 1994. Production and marketing of high quality plants. *Acta Horticulturae* 353: 134-148.
- Parra-Terraza, S., E. Salas-Núñez, M. Villareal-Romero, S. Hernández-Verdugo y P. Sánchez-Peña. 2010. Relaciones nitrato/ amonio/ urea y concentraciones de potasio en la producción de plántulas de tomate. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 16: 37-47.
- Ramos-Ortega, A., A. Carballo C., A. Hernández L., T. Corona T. y M. Sandoval V. 2006. Caracterización de líneas de jitomate en hidroponía. *Agric. Téc. Méx.* 32: 213-223.
- San Martín-Hernández, C.; V. M. Ordaz-Chaparro; P. Sánchez-García; M. T. B. Colinas-Leon; and L. Borges-Gómez. 2012. Calidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido en hidroponía con diferentes granulometrías de tezontle. *Agrociencia* 46: 243-254.
- Sinha, N. 1999. Leaf development in angiosperms. *Annu. Rev. Plant. Physiol.* 50: 419-446.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. Sixth International Congress on Soilless Culture. ISOSC. Proceedings. The Netherlands. pp: 633-649.
- Terefe, M., T. Tefera and P. K. Sakhuja. 2009. Effect of a formulation of *Bacillus firmus* on root-knot nematode *Meloidogyne incognita* infestation and the growth of tomato plants in the greenhouse and nursery. *J. Invertebr. Pathol.* 100:94-99.
- Torres, C., J. E. Díaz, y P. A. Cabal. 2008. Efectos de campos magnéticos en la germinación de semillas de arroz (*Oryza sativa* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Agron. Colom.* 26:177-185.
- Vavrina, C. S. 1998. Transplante age in vegetables crops. *Hort-Technology* 8: 1-7.

Walter, A., W. K. Silk and U. Schurr. 2009. Environmental effects on spatial and temporal patterns of leaf and root growth. *Annu. Rev. Plant. Biol.* 60: 279-304.

Xiao-Xue, F., X. Zhi-Gang, L. Xiao-Ying, T. Can-Ming, W. Li-Wen, and H. Xue-Lin. 2013. Effects of light intensity on the growth and leaf development of young tomato plants grown under a combination of red and blue light. *Scientia Horticulturae* 153: 50-55.