



GENOTIPOS NATIVOS Y LÍNEAS AVANZADAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) COMO PORTAINJERTOS PARA INCREMENTAR PRODUCTIVIDAD

NATIVE GENOTYPES AND ADVANCED LINES OF TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.) AS ROOTSTOCKS TO INCREASE PRODUCTIVITY

Joaquín Arturo Díaz-Arellano¹, Ricardo Lobato-Ortiz^{1*}, J. Jesús García-Zavala¹
y Lourdes Ledesma-Ramírez²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Posgrado de Recursos Genéticos y Productividad-Genética, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, México.

*Autor de correspondencia (rlobato@colpos.mx)

RESUMEN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la hortaliza más producida en agricultura protegida, donde uno de los principales desafíos es mantener o disminuir los costos de operación e incrementar la producción. México es considerado centro de domesticación de la especie, por lo que es fuente de una amplia diversidad genética. El uso de portainjertos provenientes de genotipos nativos proporciona una alternativa sustentable para diversos factores, incluyendo el aumento en rendimiento del cultivo. El objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento de ocho portainjertos en tres variedades comerciales de tomate. El experimento se realizó en el ciclo PV-2024 bajo condiciones de invernadero e hidroponía, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones y cinco plantas por unidad experimental. Los tratamientos fueron constituidos por la combinación de cuatro colectas nativas y cuatro líneas avanzadas S_6 de tomate con tres híbridos comerciales de tipo saladette. Se registraron once variables, donde hubo significancia estadística entre los genotipos para la mayoría de ellas. Los genotipos Lor-100, Lor-77, 24679, 24678 y 24677 fueron sobresalientes con El Cid; Lor-100, 24677 y 24676 fueron sobresaliente con Blindon, y Lor-100, 24678 y 24677 fueron sobresalientes con Portos. Esas combinaciones indujeron un incremento promedio en el rendimiento de 15, 23 y 24 % respectivamente, en comparación con los híbridos sin injertar. Los portainjertos no tuvieron efectos negativos sobre las características de calidad de fruto evaluadas. Estos resultados indican que los genotipos utilizados tienen gran potencial para ser usados como portainjertos o como fuente de germoplasma para mejoramiento de portainjertos.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., métodos de injertos, portainjertos, rendimiento.

SUMMARY

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is the most widely produced vegetable under protected agriculture, where one of the main challenges is to maintain or decrease the operating costs and increase production. Mexico is considered a center of domestication of the species, therefore it is the source of a wide genetic diversity. The use of rootstocks from native genotypes provides a sustainable alternative for various factors, including increased crop yield. The objective of this study was to evaluate the performance of eight rootstocks with three commercial tomato varieties. The experiment was conducted during the Spring-Summer-2024 growing season under greenhouse and hydroponics conditions, under a randomized complete block experimental design with three replications and five plants per experimental unit. The

treatments consisted of a combination of four native accessions and four advanced S_6 tomato lines with three commercial Saladette-type hybrids. Eleven traits were recorded, and statistical significance was found for most of them among genotypes. The genotypes Lor-100, Lor-77, 24679, 24678 and 24677 were outstanding with El Cid; Lor-100, 24677 and 24676 were outstanding with Blindon, while Lor-100, 24678 and 24677 were outstanding with Portos. These combinations induced an average increase in yield of 15, 23 and 24%, respectively, compared to the ungrafted hybrids. The rootstocks had no negative effects on the evaluated fruit quality traits. Results indicate that the genotypes used have great potential to be used as rootstocks or as a germplasm source for rootstock improvement.

Index words: *Solanum lycopersicum* L., grafting methods, rootstock, yield.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las principales hortalizas consumidas por el ser humano, y más de 150 países lo producen; no obstante, la FAO (2023) reportó que el 54 % de la producción mundial fue generada por tres países: China, India y Turquía con el 36.5, 10.6 y 6.9 % respectivamente; por su parte, México ocupó el séptimo lugar en producción total, con más de 4 millones de toneladas producidas, que representó el 2.3 % de la producción mundial, y de estas se exportaron más de 3 millones de toneladas que generaron ingresos por más de 3 mil millones de dólares estadounidenses.

Uno de los principales desafíos que enfrentan los productores a nivel mundial y nacional es mantener o disminuir los costos de producción e incrementar el rendimiento (Godoy *et al.*, 2009; Velasco-Alvarado *et al.*, 2017). Un método para disminuir los costos de producción es cultivar en suelo directo en lugar de sustrato, pero las limitaciones bióticas y abióticas del ambiente para la agricultura provocan una reducción en la productividad del cultivo (Martínez *et al.*, 2015). Ante tal panorama, es necesaria la búsqueda de métodos de control alternativos,

entre ellos destaca el uso del injerto de variedades comerciales sobre genotipos resistentes a los patógenos del suelo y a condiciones edafoclimáticas adversas (Godoy *et al.*, 2009; Velasco-Alvarado *et al.*, 2017). La finalidad primordial e inicial del uso de portainjertos en tomate, y hortalizas en general, es proveer resistencia a patógenos del suelo; sin embargo, las bondades de los portainjertos se han diversificado (Lee y Oda, 2003), incluyendo que las plantas injertadas generalmente incrementan la capacidad de absorción de agua y minerales en comparación con las plantas no injertadas, a causa del vigoroso sistema radical que provee el portainjerto (Hashem *et al.*, 2024), lo que ocasiona un aumento en el rendimiento (Guan *et al.*, 2020) y mejora la vida de post-cosecha del fruto (Lee *et al.*, 2010). Ingram *et al.* (2022) reportaron un efecto positivo del injerto en tomate, donde la utilización de portainjertos aumentó el rendimiento respecto a las plantas no injertadas.

México es considerado centro de domesticación del tomate (Rick y Holle, 1990); por lo tanto, posee una gran diversidad en cuanto a recursos fitogenéticos de la especie (específicamente germoplasma nativo y silvestre); debido a esto, dichos materiales han sido utilizados como fuente de variabilidad para introducir características hortícolas deseables y novedosas en los programas de mejoramiento existentes en México (Lobato *et al.*, 2012). El cultivo de tomate comercial ha experimentado extremos cuellos de botella genéticos, debido a que el gran espectro natural de características morfológicas y físicas de la especie se ha visto reducido a características deseables para el ser humano mediante la selección (Bonilla-Barrientos *et al.*, 2014), promoviendo la pérdida de variabilidad a través del proceso de mejoramiento genético moderno, por lo que la mayoría de híbridos comerciales poseen una variabilidad alélica reducida, lo que ha ocasionado una disminución severa de su base genética; por este hecho, es importante establecer estrategias para el uso de la variación genética natural existente (Marín-Montes *et al.*, 2019).

Hatni *et al.* (2024) mencionaron que aportar rasgos mediante injertos otorga algunas ventajas que simplifican el proceso de mejoramiento debido a la opción de cultivar portainjertos y púas con independencia entre sí; además, el portainjerto puede estar conformado con ADN de genotipos nativos o silvestres sin afectar las cualidades de los híbridos utilizados como injertos, tales como calidad, rendimiento y otras características hortícolas. Debido a estas ventajas, como resistencia a fitopatógenos en el portainjerto y rendimiento en el injerto, el mejorador puede emplear los atributos agrícolas de los genotipos emparejando portainjertos e injertos para cubrir requerimientos específicos ambientales y de mercado (Cohen *et al.*, 2007).

En México, debido al costo elevado de la semilla comercial de portainjertos y variedades de tomate producida por empresas extranjeras y a la insuficiencia de investigación pública en esta especie, es conveniente generar programas nacionales de mejoramiento genético y utilizar el potencial de los parientes silvestres y variedades nativas, para lo cual es necesario recolectar, conservar, caracterizar y evaluar dicho germoplasma (Salgado-Meraz *et al.*, 2018), tanto para reducir el costo de la semilla como para incrementar la rentabilidad del cultivo. Con base en esto, el objetivo de este estudio fue evaluar el desempeño agronómico de ocho portainjertos sobre tres variedades comerciales de tomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

El material genético evaluado consistió en cuatro genotipos nativos (Lor-77, Lor-84, Lor-95 y Lor-100) y cuatro líneas avanzadas derivadas también de germoplasma nativo (24676, 24677, 24678, 24679) de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) del programa de mejoramiento genético del Colegio de Postgraduados, todas de hábito de crecimiento indeterminado y seleccionadas por sus características de interés para portainjertos, tales como alta germinación, mayor diámetro de tallo, altura de planta y número de hojas, características que se utilizaron como indicadores de vigor en la planta (Velasco-Alvarado *et al.*, 2017; Vanlay *et al.*, 2022). Tanto el germoplasma nativo como las líneas avanzadas se usaron como portainjertos para colocar como púas los híbridos comerciales El Cid® (Semillas Harris Moran Mexicana S.A. de C.V.), Blindon® y Portos® (Grupo Sakata Seed de México, S.A. de C.V.) con hábito de crecimiento indeterminado y frutos tipo saladette.

Tratamientos y diseño experimental

Se establecieron 27 tratamientos, 24 obtenidos de la combinación de los ocho genotipos usados como portainjertos con tres híbridos comerciales como vástagos, más los tres híbridos sin injertar como testigos. Los materiales fueron evaluados en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones y cinco plantas por unidad experimental, en condiciones de invernadero e hidroponía en Montecillo, Texcoco, México (19° 27' 58" N, 98° 54' 56" O y 2236 msnm de altitud).

Establecimiento y conducción del experimento

La siembra de portainjertos e híbridos comerciales fue el 30 de abril de 2024 en charolas de poliestireno de 128 cavidades, usando como sustrato peat moss (Premier Tech

Horticulture). La nutrición de las plántulas fue mediante la solución nutritiva de Steiner (1984) al 25 %. El proceso de injertación se hizo usando el método de empalme (Lee y Oda, 2003) a los 30 días después de la siembra, en plántulas con cuatro hojas verdaderas totalmente expandidas. Las plántulas injertadas fueron colocadas durante 12 días en una cámara de prendimiento (4 m de largo, 4 m de ancho y 2.5 m de alto); en ese período de post-injertación, las condiciones ambientales promedio fueron 27 °C y 90 % de humedad relativa.

El trasplante se realizó 43 días después de la siembra (dds), el 12 de junio de 2024, en bolsas de polietileno de color negro de (40 × 40 cm) y arenilla de tezontle rojo como sustrato, con una granulometría aproximada de 4 mm, se colocó una planta por bolsa. Las plantas fueron conducidas a un tallo, con podas y tutores semanales, y a los 120 dds se despuntaron para detener su desarrollo.

Durante el desarrollo del experimento se realizaron aplicaciones preventivas de fungicidas y plaguicidas con base en el protocolo descrito por Balbuena-Mascada *et al.* (2023). Como parte del manejo del cultivo, cada tercer día durante la floración, las plantas se sacudieron suavemente para mejorar la polinización.

VARIABLES EVALUADAS

En cada planta se registraron las variables: a) días a floración del primer racimo (DF) contados desde el trasplante hasta el día en que la primera flor llegó a antesis, b) días desde el trasplante a la madurez (DM) al momento en que el primer fruto de cada planta llegó a maduración rompiente (Etapa 2), según la escala de colores para tomates frescos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 1992). En dos frutos rojos del tercer racimo de cada planta (10 frutos por unidad experimental) se obtuvieron registros de: c) diámetro polar (LF, mm) y d) diámetro ecuatorial (AF, mm) del fruto, medidos con un vernier digital milimétrico (Caldi-6MP, Truper®, México), e) peso promedio de fruto (PPF, g), registrado con una balanza digital (Ohaus®, SP2001, Pine Brook, New Jersey, EUA), f) firmeza de fruto (FIR, N) cuantificada con un texturómetro (Wagner Force Five® FDV-30, Greenwich, Connecticut, EUA) y punta cónica de 0.8 mm, y g) contenido de sólidos solubles totales del jugo de tomate (SST, °Brix) con un refractómetro digital (Atago®, PAL-1, Tokio, Japón). Se realizaron cuatro cosechas, una cada 20 días, a los 105, 125, 145 y 165 dds. En cada planta se registró h) el número de racimos producidos (NR), i) el número total de frutos (NTF) y j) el peso total de frutos (PTF, g), con una balanza digital (Torrey®, México).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se verificaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad de los datos mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Bartlett, respectivamente; el análisis fue el correspondiente para un diseño de bloques completos al azar. Se aplicó análisis de varianza con los factores de variación genotipos y repeticiones, y la comparación de medias fue mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$); utilizando el programa Statistical Analysis Systems (SAS) versión 9.0 (SAS Institute, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ANÁLISIS DE VARIANZA GENERAL

El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre los tratamientos (Cuadro 1) para la mayoría de variables, lo que indica que hubo efectos entre las plantas injertadas y no injertadas. En sólidos solubles totales (SST) se obtuvieron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) y en número de frutos por racimo (NFR) no hubo diferencias estadísticas significativas, lo que indica que para esta variable no hay efecto de los portainjertos respecto a los testigos sin injertar.

COMPARACIÓN DE MEDIAS GENERAL

El Cuadro 2 muestra las medias de tratamientos en comparación con los híbridos sin injertar donde, para rendimiento, el híbrido El Cid fue sobresaliente en cinco combinaciones: con 24679 (3624.8 g), 24677 (3563 g), 24678 (3562.8 g), Lor-100 (3521 g) y Lor-77 (3440.4 g), los cuales representan un aumento promedio de 15 % respecto al testigo sin injertar (3086.9 g). Para el híbrido Blindon tres combinaciones fueron superiores al testigo sin injertar (2476.8 g): 24677 (3430.3 g), 24676 (3402.3 g) y Lor100 (3376.7 g), que promediaron un incremento en el rendimiento de 24 %, posiblemente debido a una mayor absorción de agua y nutrientes otorgada por un sistema radicular vigoroso conferido por el portainjerto (Lee *et al.*, 2010) y la tolerancia a estrés biótico y abiótico (Tola *et al.*, 2024). Por último, para el híbrido Portos solo dos combinaciones resultaron notables: Lor-100 (3801.5 g) y 24678 (3288.3 g) arrojando un promedio mayor en la productividad de 27 % superior al testigo (2783.7 g), lo que afirma que el empleo de portainjertos incrementa el rendimiento sobre las plantas auto-enraizadas (Khopade *et al.*, 2025).

De acuerdo con los resultados, Lor-100 se mostró como el portainjerto nativo más consistente debido a que fue sobresaliente en combinación con los tres híbridos (El Cid, Blindon y Portos), con un rendimiento promedio de

3566.4 g, lo que representó un aumento del 24 % respecto al rendimiento promedio de los tres testigos sin injertar de 2872.5 g, estos resultados son comparables con los de Velasco-Alvarado *et al.* (2017) donde esa misma colecta (Lor-100) fue sobresaliente en combinación con los híbridos probados en dicho estudio.

Con relación a las líneas avanzadas, 24677 y 24676 tuvieron consistencia en su combinación con los tres híbridos, donde obtuvieron un rendimiento promedio de 3339.1 g y 3197.1 g respectivamente, que representó un incremento de 16 % y 11 % en la productividad en comparación con el rendimiento promedio de los testigos sin injertar (2872.5 g).

Para los componentes de rendimiento (NR, NFR, PPF, LF, AF y NTF) hubo efectos positivos de los tratamientos para la mayoría de variables, aunque dichos efectos no fueron significativos en todos los casos en comparación con el grupo de testigos. Bahadur *et al.*,(2024) y Nimbalkar *et al.* (2025) reportaron que los genotipos injertados de tomate aumentaron el rendimiento y sus componentes con respecto a los testigos sin injertar. Para las variables de

calidad de fruto, sólidos solubles totales tuvo un impacto entre los tratamientos solamente, ya que con relación a los testigos no hubo diferencias; la combinación con mayor concentración de azúcares fue Cid/24676 con 4.6 °Brix, mientras que Portos/24679 obtuvo 3.7 °Brix; respecto al contenido de azúcares totales. El estudio de Hashem *et al.* (2024) sí presentó diferencias en los genotipos injertados con los no injertados, estos resultados inhiben un consenso en cuanto al efecto de los injertos en esa variable; por otro lado, para firmeza de fruto se obtuvieron diferencias solo entre tratamientos, donde la variable va fue de 3.5 N (Blindon/24676) a 1.5 N (Cid/100); Jenkins *et al.* (2022) y Velasco-Alvarado *et al.* (2017) reportaron resultados contrastantes donde no encontraron efectos de los portainjertos; no obstante, dichas observaciones se interpretan de forma positiva debido a que en ambos estudios se mantuvo la calidad de los híbridos con respecto a los testigos. Finalmente, en las variables DF y DM hubo un impacto en la precocidad con base en los híbridos utilizados como púas, estas observaciones son atípicas en relación con las observadas por Godoy *et al.* (2009) y Velasco-Alvarado *et al.* (2017), donde la precocidad en plantas de tomate injertadas es perjudicada por el tiempo

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza de 11 caracteres de híbridos comerciales injertados sobre colectas nativas y líneas avanzadas usadas como portainjertos, e híbridos sin injertar usados como testigos.

Variables	FV			
	Rep	Trat	Error	CV (%)
GL	2	26	70	
PTF	165,849.76	732,900.98**	242,005.63	16.57
NTF	12.77	86.46**	23.81	16.58
PPF	38.58	522.73**	132.82	9.57
LF	9.31	25.67**	7.32	3.98
AF	0.25	22.96**	5.37	4.04
NR	0.64	1.64**	0.65	10.61
NFR	1.09	1.81 ^{ns}	1.17	14.37
SST	0.06	0.15*	0.08	6.66
FIR	0.04	0.58**	0.27	21.79
DF	4.21*	17.71**	1.25	2.77
DM	25.67	94.51**	25.6	5.59

FV: fuente de variación, Rep: repeticiones, Trat: tratamientos, CV: coeficiente de variación, GL: grados de libertad, PTF: peso total de frutos por planta, NTF: número total de frutos por planta, PPF: peso promedio de fruto, LF: largo de fruto, AF: ancho de fruto, NR: número de racimos, NFR: número de frutos por racimo, SST: sólidos solubles totales, FIR: firmeza de fruto, DF: días a floración, DM: días a madurez del fruto; *: diferencias significativas (P ≤ 0.05), **: diferencias altamente significativas (P ≤ 0.01), ns: no significativo.

Cuadro 2. Comparación de medias de 11 variables de híbridos comerciales injertados sobre colectas nativas y líneas avanzadas usadas como portainjertos, e híbridos sin injertar usados como testigos.

Tratamiento	PTF (g)	NTF	PPF (g)	LF (mm)	AF (mm)	NR	NFR	SST (*Brix)	FIR (N)	DF (d)	DM (d)
El Cid/77	3440.4 a-c	35 a-c	115.7 bc	66.5 b-d	52 e	8 a	7.3 a	4.3 ab	2.4 a-c	37.7 f	86 bc
Blindon/77	2455.5 a-c	25 a-d	108.1 bc	65.1 cd	55.6 b-e	8 a	7 a	4.2 ab	2.3 a-c	42.7 a-d	89.3 a-c
Portos/77	2698.7 a-c	29 a-d	115.9 bc	65.2 b-d	56.6 b-e	8.3 a	7.3 a	4.1 ab	2.6 a-c	39.7 ef	93.3 a-c
El Cid/84	3128.3 a-c	34.7 a-c	116.5 bc	68.9 a-d	57.5 a-e	7.7 ab	7.7 a	4 ab	2.5 a-c	40.7 b-f	88.3 a-c
Blindon/84	2135.1 c	20.3 cd	112.9 bc	65.6 b-d	57.5 a-e	6.7 ab	6.3 a	4.1 ab	2.3 a-c	45.3 a	102.7 a
Portos/84	2286.6 bc	24.3 a-d	93.8 c	61.9 cd	52.9 de	7.7 ab	7.7 a	4 ab	2.3 a-c	40.3 c-f	100 ab
El Cid/95	2832.3 a-c	30.7 a-d	122.6 bc	69.4 a-d	59.3 a-d	7.7 ab	8 a	4.5 ab	2.4 a-c	40.3 c-f	93.3 a-c
Blindon/95	2143.9 bc	19.3 d	106.3 bc	61.4 d	54.9 b-e	7 ab	7 a	4 ab	2.6 a-c	45.7 a	99.3 ab
Portos/95	2488 a-c	24 b-c	108 bc	68.6 a-d	53.6 c-e	8 a	7 a	4.1 ab	2.2 a-c	40.7 b-f	93 a-c
El Cid/100	3521 a-c	34 a-d	138.5 ab	71.2 ab	60.4 a-c	9 a	7 a	4.3 ab	1.5 c	40.7 b-f	95 a-c
Blindon/100	3376.7 a-c	31.7 a-d	114.3 bc	66.4 b-d	56.1 b-e	7.3 ab	8.7 a	4 ab	2 a-c	45 a	93.3 a-c
Portos/100	3801.5 a	33.7 a-d	125 a-c	67.7 a-d	58.5 a-e	8 a	8.7 a	4.5 ab	2.5 a-c	38.7 ef	90.7 a-c
El Cid/24676	3252 a-c	36.3 ab	127.5 a-c	68.5 a-d	59.4 a-d	8.7 a	9 a	4.6 a	2.7 a-c	38.3 ef	81.3 c
Blindon/24676	3402.3 a-c	31 a-d	138.4 ab	71 ab	60.2 a-c	7.3 ab	7 a	4.2 ab	3.5 a	43 a-c	92.7 a-c
Portos/24676	2937 a-c	28.7 a-d	122.2 bc	68.9 a-d	59.3 a-d	7.3 ab	7.3 a	4.2 ab	1.9 a-c	38 f	90.3 a-c
El Cid/24677	3563 a-c	39 a	108.5 bc	69.1 a-d	54.3 b-e	8.7 a	8 a	4.1 ab	1.9 bc	38 f	86.7 bc
Blindon/24677	3430.3 a-c	33.3 a-d	115.3 bc	69.4 a-d	57.7 b-e	7.3 ab	7.3 a	4.5 ab	2.2 a-c	41 b-f	88.3 a-c
Portos/24677	3024 a-c	25.3 a-d	135.7 ab	70.8 ab	59.5 a-d	5.3 b	7.7 a	4.4 ab	2 a-c	40.7 b-f	100 ab
El Cid/24678	3562.8 a-c	36 ab	136.5 ab	70.5 ab	61 ab	8 a	7.7 a	4.3 ab	2 a-c	39.3 d-f	82.7 c
Blindon/24678	2579 a-c	24.3 a-d	122.9 bc	69.3 a-d	57.5 a-e	7.7 ab	6.3 a	4.4 ab	2.7 a-c	44 ab	91.3 a-c
Portos/24678	3288.3 a-c	29 a-d	159.8 a	75 a	64.1 a	8 a	7.3 a	4.4 ab	3.2 ab	40.7 b-f	94 a-c
El Cid/24679	3624.8 ab	36 ab	129.7 ab	70.7 ab	58.5 a-e	7.3 ab	7.3 a	4.2 ab	3.1 a-c	39 ef	89.7 a-c
Blindon/24679	2439.5 a-c	25 a-d	119.5 bc	66.6 b-d	57.3 a-e	7.3 ab	6.3 a	3.9 ab	3 a-c	41 b-f	91 a-c
Portos/24679	2716.2 a-c	28.3 a-d	115.9 bc	69.7 a-c	55.7 b-e	8.3 a	9.3 a	3.7 b	2.7 a-c	38 f	94 a-c
El Cid	3086.9 a-c	32.6 a-d	120 bc	67.1 a-d	58.6 a-e	7.4 ab	8 a	4.5 ab	2.2 a-c	39.3 d-f	86.3 bc
Blindon	2746.8 a-c	26.2 a-d	119.9 bc	66.3 b-d	58 a-e	7 ab	7.4 a	4.1 ab	2.5 a-c	41.6 b-e	87.7 a-c
Portos	2783.7 a-c	27 a-d	114.5 bc	67.7 a-d	55.4 b-e	7.7 ab	7.1 a	4.2 ab	2.2 a-c	38.7 ef	85.9 bc
DSH	1488.5	14.8	34.9	8.2	7	2.4	3.3	0.9	1.6	3.4	15.3

Medias con letras iguales en las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). Letras separadas por guion indican el intervalo de grupos de medias a los que pertenece el genotipo. Trat: tratamiento, PTF: peso total de frutos por planta, NTF: número total de frutos por planta, PPF: peso promedio de fruto, LF: largo de fruto, AF: ancho de fruto, NR: número de racimos, NFR: número de frutos por racimo, SST: sólidos solubles totales, FIR: firmeza de fruto, DF: días a floración, DM: días a madurez del fruto, DSH: diferencia significativa honesta ($P \leq 0.05$).

requerido para el restablecimiento vascular después del proceso de injertación y las condiciones ambientales en la fase post-injerto, principalmente por la temperatura y la luminosidad (Lee y Oda, 2003).

Análisis de varianza por grupo de portainjertos

El Cuadro 3 muestra diferencias altamente significativas para DF, DM, PPF, LF, AF y PTF; asimismo, SST, FIR y NFT mostraron diferencias significativas.

Comparación de medias por grupo de portainjertos

Los grupos de Lor-100, 24677, 24676 y 24678 fueron los de mayores rendimientos promedio, ya que obtuvieron incrementos de 24, 16, 11 y 9 % respectivamente en relación con el promedio de los testigos que fue de 2872.5 g. Estos resultados indicaron que hay efectos positivos en la productividad del cultivo mediante la técnica del injerto, estudios como el de Velasco-Alvarado *et al.* (2016; 2019) han corroborado que la técnica de injerto generalmente favorece aumento de la producción. Jenkins *et al.* (2022)

señalaron que los portainjertos elevaron el rendimiento, otorgado por el aumento en el tamaño de los frutos de tomate, manteniendo la calidad comercial requerida; ante esto, el incremento del rendimiento de las plantas injertadas se puede atribuir a una mayor absorción de nutrientes otorgada por desarrollos radicales mayores de los genotipos usados como portainjertos (Djidonou *et al.*, 2019).

Para DF y DM los grupos de portainjertos no afectaron la precocidad de los híbridos injertados El Cid y Blindon, con excepción de Portos que sí mostro diferencias con respecto a su testigo, lo cual es muy conveniente para el productor de tomate al no alargarse el ciclo del cultivo; sin embargo, existen algunos estudios que han reportado que la precocidad en plantas de tomate injertadas es mermada por el tiempo requerido para la cicatrización vascular después del proceso de injertación (Godoy *et al.*, 2009; Velasco-Alvarado *et al.*, 2017) y las condiciones ambientales en la fase post-injerto, principalmente por la temperatura y la luminosidad (Lee y Oda, 2003; Singathiya *et al.*, 2025) (Cuadro 4).

Cuadro 3. Cuadros medios del análisis de varianza de los genotipos en promedio de los tres híbridos, usados como portainjertos y los híbridos testigos sin injertar.

Variables	FV			
	Rep	GP+TES	Error	CV (%)
GL	2	10	86	
PTF	165,849.76	1,010,201.95**	301,090.70	18.48
NTF	12.77	79.01*	36.33	20.48
PPF	38.58	721.09**	182.29	11.21
LF	9.31	33.84**	9.78	4.61
AF	0.25	32.02**	7.59	4.80
NR	0.64	1.21 ^{ns}	0.89	12.38
NFR	1.09	1.12 ^{ns}	1.37	15.55
SST	0.06	0.20*	0.09	7.00
FIR	0.04	0.72*	0.31	23.32
DF	4.21	14.34**	4.71	5.36
DM	25.67	115.10**	36.03	6.63

FV: fuente de variación, REP: repeticiones, GP+TES: grupo de portainjertos contra testigos, CV: coeficiente de variación, GL: grados de libertad, PTF: peso total de frutos por planta, NTF: número total de frutos por planta, PPF: peso promedio de fruto, LF: largo de fruto, AF: ancho de fruto, NR: número de racimos, NFR: número de frutos por racimo, SST: sólidos solubles totales, FIR: firmeza de fruto, DF: días a floración, DM: días a madurez del fruto, *: diferencias significativas (P ≤ 0.05), **: diferencias altamente significativas (P ≤ 0.01), ^{ns}: no significativo.

Cuadro 4. Comparaciones de medias de los genotipos usados como portainjertos en promedio de los tres híbridos comerciales frente a los testigos.

GP+TES	PTF (g)	NTF (g)	PPF	LF (mm)	AF (mm)	NR	NFR	SST (°Brix)	FIR (N)	DF (d)	DM (d)
Lor-77	2864.9 ab	29.7 a	112.7 bc	65.6 b	54.8 c	8.1 a	7.2 a	4.2 ab	2.4 ab	39.7 ab	89.6 ab
Lor-84	2416.6 b	26.4 a	107.7 c	65.5 b	55.9 bc	7.3 a	7.2 a	4 ab	2.4 ab	42.1 a	97 a
Lor-95	2488.1 b	24.7 a	112.3 bc	66.5 b	55.9 bc	7.6 a	7.3 a	4.2 ab	2.4 ab	42.2 a	95.2 ab
Lor-100	3566.4 a	33.1 a	125.9 a-c	68.4 ab	58.4 a-c	8.1 a	8.1 a	4.3 ab	2 b	41.4 ab	93 ab
24676	3197.1 ab	32 a	129.4 ab	69.5 ab	59.7 ab	7.8 a	7.8 a	4.3 ab	2.7 ab	39.8 ab	88.1 ab
24677	3339.1 ab	32.6 a	119.9 a-c	69.7 ab	56.8 a-c	7.1 a	7.7 a	4.3 ab	2 b	39.9 ab	91.7 ab
24678	3143.4 ab	29.8 a	139.8 a	71.6 a	60.9 a	7.9 a	7.1 a	4.4 ab	2.6 ab	41.3 ab	89.3 ab
24679	2926.8 ab	29.8 a	121.7 a-c	69 ab	57.2 a-c	7.7 a	7.7 a	3.9 b	2.9 a	39.3 ab	91.6 ab
EL CID	3086.9 ab	32.6 a	120.9 a-c	67 ab	58.6 a-c	7.4 a	8 a	4.5 a	2.2 ab	39.3 ab	87.7 ab
BLINDON	2746.8 ab	26.2 a	119.9 a-c	66.3 b	58.1 a-c	7 a	7.4 a	4.2 ab	2.5 ab	41.6 ab	87.7 ab
PORTOS	2783.7 ab	27 a	114.5 bc	67.7 ab	55.4 bc	7.7 a	7.1	4.2 ab	2.2 ab	38.7 b	85.9 b
DSH	855.4	9.40	21.05	4.88	4.30	1.47	1.82	0.46	0.87	3.38	9.36

Medias con letras iguales en columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). Letras separadas por guion indican el intervalo de grupos de medias a los que pertenece el genotipo. GP+TES: Grupo de portainjertos mas testigos, PTF: peso total de frutos por planta, NTF: número total de frutos por planta, PPF: peso promedio de fruto, LF: largo de fruto, AF: ancho de fruto, NR: número de racimos, NFR: número de frutos por racimo, SST: sólidos solubles totales, FIR: firmeza de fruto, DF: días a floración, DM: días a madurez del fruto, DSH: diferencia significativa honesta ($P \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

Las plantas injertadas fueron superiores en rendimiento con respecto a las plantas sin injertar para los tres vástagos (El Cid, Blindon y Portos); sin embargo, no hubo diferencias con el grupo de testigos. Se identificaron materiales de tomate nativo mexicano con potencial para su empleo como portainjertos, incrementando el rendimiento y manteniendo la calidad de fruto. Los portainjertos Lor-100 y la línea 24677 fueron las más notables y consistentes, ya que fueron sobresalientes en combinación con las tres púas. La combinación más sobresaliente fue (Portos/100) que superó en 36 % en rendimiento a Portos sin injertar.

BIBLIOGRAFÍA

- Bahadur A., H. Krishna, R. Kumar, A. K. Singh, S. Yadav and T. K. Behera (2024) Brinjal (*Solanum melongena*) rootstocks improve photosynthetic rate, fruit yield and quality parameters in grafted tomato (*Solanum lycopersicum*) *The Indian Journal of Agricultural Sciences* 94:1075-1080, <https://doi.org/10.56093/ijas.v94i10.151449>
- Balbuena-Mascada S., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, S. Cruz-Izquierdo y E. Rodríguez-Guzmán (2023) Comportamiento de líneas de tomate Saladette con hábito de crecimiento determinado en invernadero. *Revista Fitotecnia Mexicana* 46:367-367, <https://doi.org/10.35196/rfm.2023.4.367>
- Bonilla-Barrientos O., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, S. Cruz-Izquierdo, D. Reyes-López, E. Hernández-Leal y A. Hernández-Bautista (2014) Diversidad agronómica y morfológica de tomates arriñonados y tipo pimiento de uso local en Puebla y Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37:129-139, <https://doi.org/10.35196/rfm.2014.2.129>
- Cohen R., Y. Burger, C. Horev, A. Koren and M. Edelstein (2007) Introducing grafted cucurbits to modern agriculture: the Israeli experience. *Plant Disease* 91:916-923, <https://doi.org/10.1094/PDIS-91-8-0916>
- Djidonou D., X. Zhao, K. E. Koch and L. Zotarelli (2019) Nitrogen accumulation and root distribution of grafted tomato plants as affected by nitrogen fertilization. *HortScience* 54:1907-1914, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14066-19>
- FAO, Organización de las Naciones para la Alimentación y la Agricultura (2023) Comercio: Cultivos y productos de ganadería-Tomates frescos. FAOSTAT. Organización de las Naciones para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. <https://www.fao.org/faostat/es/#data> (Junio 2025).
- Godoy H. H., J. Z. Castellanos R., G. Alcántar G., M. Sandoval V. y J. J. Muñoz R. (2009) Efecto del injerto y nutrición de tomate sobre rendimiento, materia seca y extracción de nutrimentos. *Terra Latinoamericana* 27:1-9.
- Guan W., D. Haseman and D. Nowaskie (2020) Rootstock evaluation for grafted cucumbers grown in high tunnels: yield and plant growth. *HortScience* 55:914-919, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14867-20>
- Hashem A., Y. Bayoumi, A. E. El-Zawily, M. Tester and M. Rakha (2024) Interspecific hybrid rootstocks improve productivity of tomato grown under high-temperature stress. *HortScience* 59:129-137, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI17482-23>
- Hatni H. S., J. M. Ganvit, A. V. Malviya, S. A. Purohit and A. I. Patel (2024) Rootstock breeding in vegetable crops. *Vigyan Varta* 5:201-204.

- Ingram T. W., S. Sharpe, M. Trandel, P. Perkin-Veazie, F. J. Louws and I. Meadows (2022) Vigorous rootstocks improve yields and increase fruit sizes in grafted fresh market tomatoes. *Frontiers in Horticulture* 1:1091342, <https://doi.org/10.3389/fhort.2022.1091342>
- Jenkins T., J. Cowan, C. L. Rivard and E. D. Pliakoni (2022) Effect of rootstock on 'Tasti-Lee' tomato yield and fruit quality in a high tunnel production system. *HortScience* 57:1235-1241, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI116634-22>
- Khopade R. Y., G. L. Sawargaonkar, S. Rakesh, M. S. Davala, K. K. Kishore, Y. Siddam, ... and M. L. Jat (2025) Vegetable grafting: a scientific innovation to enhance productivity and profitability of tomato growers under climate change. *Frontiers in Agronomy* 7:1514673, <https://doi.org/10.3389/fagro.2025.1514673>
- Lee J. M. and M. Oda (2003) Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. *Horticultural Reviews* 28:61-124, <https://doi.org/10.1002/9780470650851.ch2>
- Lee J. M., C. Kubota, S. J. Tsao, Z. Bie, E. P. Hoyos E., L. Morra and M. Oda (2010) Current status of vegetable grafting: diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae* 127:93-105, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.003>
- Lobato O. R., E. Rodríguez G., J. C. Carrillo R., J. L. Chávez S., P. Sánchez P. y A. Aguilar M. (2012) Exploración, Colecta y Conservación de Recursos Genéticos de Jitomate: Avances en la Red de Jitomate. Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y Agricultura. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 54 p.
- Marín-Montes I. M., R. Lobato-Ortiz, G. Carrillo-Castañeda, J. E. Rodríguez-Pérez, J. J. García-Zavala y A. M. Velasco-García (2019) Riqueza alélica de poblaciones nativas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) para el mejoramiento genético. *Agrociencia*, 53:355-370.
- Martínez C. J. P., A. Antúnez B., L. Fuentes V., L. Salinas P. y A. Ayala R. (2015) Portainjertos en tomate para tolerancia a salinidad y patógenos del suelo. *Tierra Adentro* 103:31-36.
- Nimbalkar R. S., D. B. Kshirsagar and U. D. Pansare (2025) Response of tomato grafted on brinjal rootstock for growth and yield components. *Plant Archives* 25:864-867, <https://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2025.v25.supplement-1.116>
- Rick C. M. and M. Holle (1990) Andean *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*: genetic variation and its evolutionary significance. *Economic Botany* 44:69-78, <https://doi.org/10.1007/BF02860476>
- Salgado-Meraz L., R. Lobato-Ortiz, L. J. Pérez-Flores, S. Cruz-Izquierdo, C. Peña-Valdivia y J. J. García-Zavala (2018) Diversidad agronómica de poblaciones de jitomate tipo "Cherry" *S. lycopersicum* L. y *S. pimpinellifolium* L. con potencial en el mejoramiento genético. *Revista Fitotecnia Mexicana* 41:499-507, <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.4-A.499-507>
- SAS Institute (2002) User's Guide of SAS (Statistical Analysis System). SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 550 p.
- Singathiya P., P. Mahala, L. P. Yadav, K. Varotariya, G. Brahmani, A. S. R. Choudhary, ... and S. Kumar (2025) Advanced grafting techniques for mitigating biotic and abiotic stresses in vegetable crops: breeding and biotechnological approaches *Biotechnology for the Environment* 2:9, <https://doi.org/10.1186/s44314-025-00023-8>
- Steiner A. A. (1984) The universal nutrient solution. In: Proceedings of the 6th International Congress on Soilless Culture. International Society for Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands. pp:633-650.
- Tola E., K. A. Al-Gaadi, R. Madugundu, A. M. Zeyada, M. K. Edris, H. F. Edrees and O. Mahjoop (2024) Yield response of grafted and self-rooted tomato plants grown hydroponically under varying levels of water salinity. *Agronomy* 14:1240, <https://doi.org/10.3390/agronomy14061240>
- USDA, United States Department of Agriculture (1992) Color classification requirements in United States standards for grades of fresh tomatoes. United Fresh Fruit and Vegetable Association-USDA Agricultural Marketing Service. Lansing, Michigan, USA. 16 p.
- Vanlay M., S. Samnang, H. J. Jung, P. Choe, K. K. Kang and I. S. Nou (2022) Interspecific and intraspecific hybrid rootstocks to improve horticultural traits and soil-borne disease resistance in tomato. *Genes* 13:1468, <https://doi.org/10.3390/genes13081468>
- Velasco-Alvarado M. J., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, R. Castro-Brindis, S. Cruz-Izquierdo, T. Corona-Torres and M. K. Moedano-Mariano (2017) Mexican native tomatoes as rootstocks to increase fruit yield. *Chilean Journal of Agricultural Research* 77:187-193, <https://doi.org/10.4067/S0718-58392017000300187>
- Velasco-Alvarado M. J., R. Castro-Brindis, A. M. Castillo-González, E. Avitia-García, J. Sahagún-Castellanos y R. Lobato-Ortiz (2016) Composición mineral, biomasa y rendimiento en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) injertado. *Interciencia* 41:703-708.
- Velasco-Alvarado M. J., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, R. Castro-Brindis, S. Cruz-Izquierdo y T. Corona-Torres (2019) Injertos interespecíficos entre *Solanum lycopersicum* L. y *S. habrochaites* Knapp & Spooner como alternativa para incrementar el rendimiento de fruto. *Agrociencia* 53:1029-1042.