



Tolerancia a *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* en híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) injertados en patrones de solanáceas

Tolerance to *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* in tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.) hybrids grafted on solanaceous rootstocks

Henry Villón Leoro¹ (hvillon@uagraria.edu.ec) (<https://orcid.org/0009-0007-6808-2697>)

Miguel Ramirez Marin² (miguel.ramirez@agrocalidad.gob.ec) (<https://orcid.org/0000-0002-6157-6025>)

Pedro Andrade Alvarado³ (pandrade@uagraria.edu.ec) (<https://orcid.org/0000-0002-7082-236X>)

Leontes Zambrano Barcos⁴ (lzambrano@uagraria.edu.ec) (<https://orcid.org/0009-0003-2774-5635>)

Edgar Zambrano Quito⁵ (edgar.zambrano@abggalapagos.gob.ec) (<https://orcid.org/0009-0001-7894-2191>)

Resumen

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es de gran importancia en el agro ecuatoriano, siendo producido en clima templado y cálido. Entre las principales limitantes en cuanto a rendimiento y calidad en el cultivo de tomate se encuentran las enfermedades inducidas por hongos y bacterias.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la tolerancia a *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* en tres híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) injertados en patrones de solanáceas, evaluándose eficiencia de injertación, compatibilidad del injerto, incidencia y severidad de

¹ Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador

² Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador

³ Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador

⁴ Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador

⁵ Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador

Fusarium oxysporum f.sp. *Lycopersici*, altura de la planta, días a floración, masa de los frutos y rendimiento. La investigación se desarrolló en la provincia de Santa Elena, en la comuna Bajada de Chanduy. Se realizó la injertación de tres híbridos de tomate (Miramar, Candela y Vento F1 (testigos) en dos portainjertos (Espartano y *Lycopersicum* spp). El Diseño experimental fue de bloque completamente al azar, compuesto de nueve tratamientos y tres repeticiones. Se presentaron diferencias significativas ($p<0.05$) de T4 con respecto a los demás tratamientos; presentando mejor eficiencia de injertación y compatibilidad; sin incidencia y severidad de la enfermedad; con mayor masa de los frutos y rendimiento; siendo una alternativa a utilizar en patrones de solanáceas en la mencionada zona y de gran importancia para los productores.

Abstract

The tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is of great importance in Ecuadorian agriculture, being produced in a temperate and warm climate. Among the main limitations in terms of yield and quality in tomatoes are diseases induced by fungi and bacteria. The objective of this research was to evaluate tolerance to *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* in three tomato hybrids (*Solanum lycopersicum* Mill.) grafted on solanaceous rootstocks, evaluating grafting efficiency, graft compatibility, incidence and severity of *Fusarium oxysporum* f.sp. *Lycopersici*, plant height, days to flowering, fruit mass and yield. The research was carried out in the province of Santa Elena, in the Bajada de Chanduy commune. Three tomato hybrids (Miramar, Candela and Vento F1 (controls) were grafted onto two rootstocks (Espartano and *Lycopersicum* spp). The experimental design was a completely randomized block, composed of nine treatments and three repetitions. They were presented significant differences ($p<0.05$) of T4 with respect to the other treatments; presenting better grafting efficiency and compatibility; without incidence and severity of the

disease; with greater fruit mass and yield; being an alternative to use in solanaceous rootstocks, in the aforementioned area and of great importance for producers.

Palabras clave: Compatibilidad, eficiencia, incidencia, patrón, severidad.

Keywords: Compatibility, efficiency, incidence, rootstock, severity.

Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la segunda hortaliza más cultivada a nivel mundial, después de la papa según la División de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAOSTAT] (2022). El cultivo de tomate es de gran importancia en el agro ecuatoriano, el mismo es producido tanto en clima templado (bajo invernadero) como en clima cálido (cielo abierto). Entre las principales limitantes en cuanto a rendimiento y calidad en el cultivo de tomate se encuentran las enfermedades inducidas por hongos y bacterias. Se ha trabajado en la incorporación de resistencia genética a los cultivares, sin embargo, un punto importante es que, en la transferencia de genes resistentes a enfermedades, también se suele transferir características indeseables a los nuevos materiales.

Una alternativa viable en el cultivo de tomate a fin de mitigar este problema, es el uso de portainjertos que posean un extenso complejo de resistencia a enfermedades del suelo. Suazo et al. (2023) indicaron que el injerto es un método de propagación, que consiste en la unión de dos plantas afines, una proporciona el sistema radical (pie o patrón) y la otra es la púa o copa con la variedad de interés comercial. Los pies de injerto presentan capacidad para aumentar la resistencia frente a patógenos del suelo: *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, *Pyrenochaeta lycopersici*, *Verticillium dahliae* y nematodos (*Meloidogyne* spp.). Para Pulido y García (2017) el injerto es una opción viable, en aras de propender por una agricultura ecológica, existiendo muchos beneficios en su uso.

La necesidad de encontrar soluciones amigables con el ambiente, que se ajusten a la realidad económica de los productores de tomate y que no influyan en la producción, lleva a investigar

acerca del uso de plantas silvestres de solanáceas como patrón de tomate comercial, con los beneficios que puede aportar la injertación en la producción del mencionado rubro.

En este sentido, Velasco et al. (2016) reflejaron que la injertación es una técnica secular en la producción de hortalizas, teniendo como fin el potenciar la tolerancia de las plantas hacia los patógenos, para esto es necesario llevar a cabo una rigurosa selección de los materiales a utilizar. Entre los materiales de tomate que se siembran en Ecuador, se encuentra el Híbrido Candela, Miramar, Vento F1, Híbrido Espartano y Tomate silvestre.

En Ecuador el cultivo de tomate es ampliamente consumido en los hogares y en la industria; sin embargo, a pesar de su importancia con respecto a la soberanía alimentaria, es poco lo que se ha investigado en cuanto al uso de la técnica de injertos en el país. Por esto es necesario trabajar en pro de conocer si los materiales silvestres de tomate de la región costa, así como híbridos comerciales, son capaces de resistir la tolerancia a patógenos fúngicos, y también si influyen en mejorar la altura de la planta, masa del fruto, rendimiento, entre otros; con la finalidad de reducir el uso de agroquímicos y de esta manera propender en aras de la preservación y evaluar la tolerancia a *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* en híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) injertados en patrones de solanáceas.

De acuerdo con lo anterior, es necesario determinar la eficiencia, compatibilidad y susceptibilidad de híbridos injertados en patrones de solanáceas, con respecto a la incidencia de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. El objetivo de esta investigación fue evaluar la tolerancia a *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* en tres híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) injertados en patrones de solanáceas.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en la provincia de Santa Elena, cantón Santa Elena, parroquia Chanduy, en la comuna Bajada de Chanduy. Coordenadas geográficas 2°24'09"S y 80°40'50"O. temperatura promedio anual de 25 °C y precipitación de 1.500 mm por año (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2020).

Resultados

Eficiencia de Injertación

En el cuadro 3 se aprecian las medias correspondientes a la variable eficiencia de injertación; existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos evaluados, siendo el tratamiento con mejor valoración T4, presentando una eficiencia de 96,67%, por otra parte, T5 fue el menos eficiente con 35,00% de eficiencia de injertación.

Cuadro 3. Eficiencia de injertación.

Table 3. Grafting efficiency.

Tratamientos	Eficiencia de injertación	
T5	35,00	A
T3	46,67	A
T1	46,67	A
T6	73,33	B
T2	85,00	B C
T4	96,67	C
CV	13,15%	

Los resultados coincidieron con Martínez *et al.* (2020), reportando que con la realización de la injertación, se presentó mayor capacidad para aumentar la resistencia frente a patógenos del suelo como *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, así como potencial para mantener, o incluso incrementar la productividad. Asimismo, Djidonou *et al.* (2017) indicaron en su investigación que al realizar la injertación se presentó mayor acumulación de biomasa y rendimientos.

Compatibilidad del injerto

Se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) de T4 con respecto a los demás tratamientos (cuadro 4) presentando 100% de compatibilidad. Por otra parte el tratamiento con resultados menos satisfactorios fue T5 con un 47% de compatibilidad del injerto.

Cuadro 4. Compatibilidad del injerto.

Table 4. Graft compatibility.

Tratamientos	Compatibilidad del injerto	
T5	47,00	A
T6	60,00	A B
T3	67,00	A B
T1	73,00	B
T2	80,00	B C
T4	100,00	C
CV	17,18%	

En este sentido, Velasco *et al.* (2016) señalaron que la injertación tuvo el fin de potenciar la tolerancia de las plantas hacia los patógenos, siendo necesario llevar a cabo una rigurosa selección de los materiales a utilizar.

De acuerdo con lo reflejado, se presentó eficiencia de injertación y compatibilidad del T4, siendo una alternativa a utilizar en patrones de solanáceas.

Incidencia de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*

En el cuadro 5 se aprecian las medias correspondientes a la variable incidencia. Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$); el T4 presentó 0% de incidencia, mientras el tratamiento menos valorado fue T9 con un 80% de incidencia de la enfermedad.

Cuadro 5. Incidencia de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*.

Table 5. Incidence of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*.

Tratamientos	Incidencia de Fusarium	
T4	0,00	A
T2	20,00	B
T6	30,00	B C
T3	30,00	B C
T8	35,00	B C
T1	40,00	C D
T5	55,00	D E
T7	60,00	E
T9	80,00	F
CV	26,66%	

Botero *et al.* (2018) reportaron que los síntomas externos de la planta no siempre son detectables y esta puede permanecer asintomática durante todo el ciclo de desarrollo y actuar como reservorio del patógeno, y que la expresión de síntomas varía de acuerdo con el tipo de resistencia que posee la planta. Para Vásquez y Castaño (2017) la sintomatología principal de las plantas es el amarillamiento, que comienza por las hojas bajas y que por lo general termina en la muerte de la planta.

El T4 también demostró ser el mejor tratamiento, no presentando incidencia de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. Presentó resistencia, ya que no se observaron plantas con presencia de síntomas de la enfermedad. Demostrándose que se podría cultivar una planta susceptible, con el sistema radicular de otra planta resistente a la enfermedad en la comuna Bajada de Chanduy, parroquia Chanduy, Ecuador.

Severidad de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*

Se identificó la existencia de diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos evaluados. En el cuadro 6 se ordenan las medias correspondientes a esta variable. El tratamiento que presentó menor porcentaje de severidad fue T4, reportándose una severidad de 0%. Mientras que el tratamiento con mayor porcentaje de severidad fue T9, con un 60%. Los 3 híbridos injertados en el patrón espartano presentaron una severidad de un 20%, los injertados en el patrón silvestre presentaron 33,52%, mientras los testigos se ubicaron en último lugar con una severidad promedio de 45,55%, presentándose como una alternativa de manejo y de gran importancia para los productores para mejorar la producción, cuidando el ambiente.

Cuadro 6. Severidad de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*.

Table 6. Severity of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*.

Tratamientos	Severidad de Fusarium	
T4	0,00	A
T3	17,31	B
T2	23,33	B C
T8	30,00	B C D
T6	36,67	C D

T1	40,00	C D
T5	43,33	D
T7	46,67	D E
T9	60,00	E
CV	27,19%	

El injerto es una opción viable, en aras de propender por una agricultura ecológica, con muchos beneficios en su uso. El uso de plantas injertadas de tomate, en la búsqueda de producir con alternativas amigables con el ambiente.

En este sentido, García *et al.* (2022) reportaron en su investigación que la marchitez por *Fusarium* es una enfermedad destructiva en el cultivo de tomate, y se puede reducir hasta cierto punto con el uso de cultivares. El uso del portainjertos representa una opción viable para el manejo de dicha enfermedad. El T4, no presentó este patógeno, no se identificó presencia de sintomatología del mismo.

Altura de la planta

El análisis de varianza reflejó la existencia de diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos evaluados (Cuadro 7). El tratamiento que alcanzó una mayor altura a floración fue T8; luego T4. Asimismo, se determinó que el tratamiento con menor desarrollo de la planta a floración fue T5.

Cuadro 7. Altura de planta, días a floración, masa de los frutos y rendimiento.

Table 7. Plant height, days to flowering, fruit mass and yield.

Tratamientos	Altura	Días a	Floración	Masa	Rendimiento
--------------	--------	--------	-----------	------	-------------

	(cm)	(cm)	(g)	(kg)
T1	49,00	43	150,93	15.093,33
T2	48,00	41	162,47	16.240,00
T3	50,00	42	176,40	17.640,00
T4	51,40	39	189,73	18.673,33
T5	44,93	41	151,60	15.160,00
T6	47,00	40	167,67	16.766,67
T7	50,27	39	153,47	15.346,67
T8	53,07	36	182,00	18.200,00
T9	48,47	34	170,27	17.026,67
CV %	1,73	1,76	1,65	2,10

Días a floración

En el cuadro 7 se aprecian las medias correspondientes a la variable días a floración. Al efectuar el análisis de varianza se detectó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos evaluados. El tratamiento que presentó la floración más prematura fue T9 con 34 días. Mientras que el tratamiento con floración tardía fue T1 con 43 días.

Masa de los frutos

Se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) de T4 con respecto a los demás tratamientos. El tratamiento con mayor masa de fruto fue T4, presentando un valor de 189,73 g, demostrándose que el uso de injertos tuvo influencia, con un mayor desarrollo de los frutos (Cuadro 7). Coincidiendo con Suazo y Bayron (2023) con frutos con masa superior, siendo

significativamente superior en las plantas injertadas, con incrementos del 45% en promedio, respecto a plantas sin injertar. Las plantas injertadas produjeron frutos con mayor masa, alcanzando un valor promedio de 205 g, en contraposición a los 160 g registrados en plantas sin injertar.

Rendimiento

En el cuadro 7 se observan las medias correspondientes a la variable rendimiento en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Una vez aplicado el análisis de varianza se identificó significancia estadística entre los tratamientos evaluados, con un coeficiente de variación de 2.10%. El tratamiento con mayor rendimiento, extrapolado a hectáreas fue T4 con $18.673,33 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, mientras que el tratamiento con menor rendimiento fue T1 con $15.093,33 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Los resultados coincidieron con Suazo y Bayron (2023), indicando que el rendimiento total fue significativamente superior en plantas injertadas, con incrementos de entre 32 a 34% respecto a las plantas sin injertar.

Hoza *et al.* (2018) reportaron plantas de un híbrido injertado con un mayor número de frutos, que en las plantas sin injertar, obteniendo aumentos en el rendimiento y número de frutos por planta y por unidad de superficie. Pulido y García (2017) señalaron en su investigación que la injertación influye en el aumento del rendimiento.

Incluye el enfoque teórico que se asume. Se describe la propuesta y se presentan los resultados de la investigación.

Las imágenes que se utilicen deben ser legibles, sus títulos deben aparecer encima y enumeradas de forma consecutiva (sin utilizar negritas ni cursivas). Ejemplo: Figura 1. Título.

Las tablas que se utilicen deben tener títulos y enumeradas de forma consecutiva, en la parte superior (sin utilizar negritas ni cursivas). Ejemplo: Tabla 1. Título.

El uso de imágenes y/o tablas deberá ser enunciado en el texto del trabajo.

Las citas y/o parafraseos que se empleen en el texto deben cumplir con la norma APA 7ma edición.

Discusión

Los resultados coincidieron con Martínez et al. (2020), reportando que con la realización de la injertación, se presentó mayor capacidad para aumentar la resistencia frente a patógenos del suelo como *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, así como potencial para mantener, o incluso incrementar la productividad. Asimismo, Djidonou et al. (2017) indicaron en su investigación que al realizar la injertación se presentó mayor acumulación de biomasa y rendimientos.

Conclusiones

El uso de injertos de tomate Vento F1 + patrón Silvestre, incidió en la tolerancia del cultivo hacia *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*., con mayor eficiencia de injertación, compatibilidad y susceptibilidad de híbridos injertados en patrones de solanáceas.

El T4 no presentó incidencia y severidad de la enfermedad mencionada; demostrándose que el uso de plantas injertadas de tomate, puede disminuir la incidencia y severidad de dicho hongo. Asimismo, T4 igualmente presentó mayor masa de los frutos y rendimiento. Representando su uso una opción viable para el manejo de la mencionada enfermedad y de gran importancia para los productores para mejorar la producción, cuidando el ambiente.

Referencias

Báez, E., Carrillo, J., Báez, M., García, R., Valdez, J. & Contreras, R. (2010). Uso de portainjertos resistentes para el control de la fusariosis (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* Snyder & Hansen raza 3) del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en

condiciones de malla-sombra. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 28, 11-123.
<http://org.mx/arttex/01853330920>.

Botero, V., Hoyos, L. & Marín, J. (2018). Detección de plantas asintomáticas de *Solanum lycopersicum* L. infectadas con *Fusarium oxysporum* usando espectroscopia de reflectancia VIS. *Ciencias Hortícolas*, 12(2), 436-446. <http://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.7293>

División de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAOSTAT]. (2018). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <https://www.faostat.fao.org/DetopDefault.asp291>

Djidonou, D., Zhao, X., Brecht, J. & Cordasco, K. 2017. Influence of interspecific hybrid rootstocks on tomato growth, nutrient accumulation, yield, and fruit composition under greenhouse conditions. *Hort Technology*, 27(6), 868-877.
<https://doi.org/10.21273/horttech0381017>.

García, D. (2022). Reacción y rendimiento de microinjertos de tomate (*Solanum* spp.) inoculados con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder & Hansen causante del marchitamiento vascular. *Rev. académico colombia científico exacto. fis. Nat*, 46(180), 714-729. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1688>.

Hoza, G., Dinu, R. Soare, A., Becherescu, I. & Apahidean, D. (2018). Influence of plant management systems on growth and fructification of tomato plants in protected culture. *Scientific Papers. Series B. Horticulture*, 62, 457-462.
<https://inta.gob.ar/sites/default/files/script>.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI]. (2018). Boletín agroclimático decadal, boletín informativo No. DEI-BAD-30-2018. Guayaquil: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

<https://www.serviciometereologico.gob.ec/meteorología/decadal/20ec/>.

InfoStat. (2017). InfoStat Software Estadístico. <https://www.infostat.com.ar/>

Martínez, C., Albacete, A. & Pérez, F. 2020. Rootstocks for increasing yield stability and sustainability in vegetable crops. *Acta Horticulturae*, 1273, 449-470.

<https://doi.org/10.17660/1273.58>.

Mendieta, A. (2017). Evaluación de la compatibilidad y eficiencia de injertos entre algunas especies silvestres y domesticadas de Chile (*Capsicum spp.*) y papa (*Solanum spp.*). Aguas Calientes - México : Universidad Autónoma de Aguas Calientes. 102 p.
<https://hdl.handle.net/11317/1394>.

Pulido, L. y García, R. (2017). El injerto herbáceo en tomate: alternativa fitotécnica para el control de nematodos. *Universidad y Ciencia UNICA*, 6(1), 15-26.

<http://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/433/1069>.

Reyes, A., Robledo, V., Valdez, L., Cabrera, M., Ramírez, F. & Sandoval, A. (2018). Rendimiento y calidad de tomate injertado y cultivado bajo malla sombra e invernadero. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 5(13), 89-95.

doi:<https://doi.org/10.19136/era.a5n13.1050>.

Suazo, B. (2023). Periodo de cosecha y producción de tomate (*solanum lycopersicum* L.) injerto y poda en más de un tallo, cultivado en condiciones de invernadero. *Chico j. agrícola animado ciencia*, 39(1), 23-34. <http://dx.doi.org/10.29393/chjaa39-3pcbm50003>.



Vásquez, L. y Castaño, J. (2017). Manejo integrado de la marchitez vascular del tomate (*Fusarium oxysporum* f. sp *lycopersici* (SACC) W.C. SNYDER y H.N. HANSEN]: ua revisión. *U.D.C.A.*, 20(2), 364-365.
<https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/394/336>

Velasco, M., Castro R., Castillo A., Avitia, E., Sahagún J. & Lobato, R. (2016). composición mineral, biomasa y rendimiento en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) injertado. *Interciencia*, 41(10), 703-719. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33947690009.pdf>.