

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



**Evaluación de diferentes portainjertos sobre algunas variables de
crecimiento en el cultivo de tomate**

Por:

Omar García Moreno

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el grado de

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Evaluación de diferentes portainjertos sobre algunas variables de crecimiento
en el cultivo de tomate

Por:

Omar García Moreno

TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobado por:



Dr. José Luis Reyes Carrillo
Presidente



Dr. Pedro Cano Ríos
Vocal



M.C. Alicia García Moreno
Vocal externo



M.C. Armando Nahle Martínez
Vocal suplente



M.C. Rafael Avila Cisneros
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2025

*Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Evaluación de diferentes portainjertos sobre algunas variables de crecimiento
en el cultivo de tomate

Por:

Omar García Moreno

TESIS

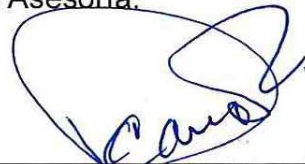
Presentado como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobado por el Comité de Asesoría:



Dr. José Luis Reyes Carrillo
Asesor Principal



Dr. Pedro Cano Ríos
Coasesor



M.C. Alicia García Moreno
Coasesor externo



M.C. Armando Nahle Martínez
Coasesor



M.C. Rafael Ávila Cisneros
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2025



AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Terra Mater: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Por darme la oportunidad de formar parte de su plantel y por todo el aprendizaje que me dio durante el periodo como estudiante.

A mi asesora: M. C. Alicia García Moreno por darme su tiempo, apoyo y guiarme con paciencia en este proyecto, gracias por su amor a la enseñanza.

DEDICATORIA

A mis padres: Agustín García León y Ofelia Moreno Mendoza, quienes son el motivo de mi vida, por todo su esfuerzo para que pudiera terminar la carrera, su apoyo y amor incondicional cada día.

Doy gracias a **Dios** por su amor y su guía constante en mi vida. Gracias por la fuerza y sabiduría que me ha dado para completar este proyecto. El señor es mi luz y mi salvación; ¿a quién temeré? El señor es la fortaleza de mi vida; ¿de quién me acobardaré?

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
INDICE DE CONTENIDO.....	iii
INDICE DE CUADROS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 El cultivo de tomate.....	4
2.1.2 Taxonomía	5
2.2 Tipos de crecimiento de las plantas de tomate	6
2.2.1 Tomates determinados	6
2.2.2 Tomates indeterminados	7
2.3 Características botánicas del tomate	7
2.3.1 Fruto	7
2.3.3 Tallo	8
2.3.4 Hojas	8
2.3.5 Flores	8
2.3.6 Raíz	8
2.4.1 Poda de brotes lateral	9
2.4.2 Poda de hojas	9
2.4.3 Tutorado	9
2.5 Polinización	9
2.5.1 ¿Cómo ocurre la polinización en Tomate?	10
2.6 Importancia del tomate a nivel mundial	10
2.7 Producción de tomate a nivel nacional.....	11
2.8 Injerto.....	12
2.8.1 Origen del injerto	13
2.9 Portainjertos de tomate más utilizados a nivel mundial.....	16
2.9.1 Principales tipos de injerto en hortalizas	16

2.9.2 Finalidad del injerto	17
2	18
3. MATERIALES Y METODOS	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
5. CONCLUSIÓN	26
6. LITERATURA CITADA	27

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Comparación de medias para las variables altura de planta, largo de hoja y grosor del tallo en el tomate Taurino sobre 3 portainjertos	22
---	----

RESUMEN

El tomate se considera uno de los cultivos hortícolas de mayor producción a nivel global, es un alimento fundamental de la dieta humana. En México el tomate es la hortaliza de mayor producción y uno de los productos más exportados, principalmente a Estados Unidos y Canadá. Es por ello que se utilizan técnicas que permitan incrementar el rendimiento y mantener la sanidad de las plantas. Una de ellas es el uso del injerto, el cual ofrece diversas ventajas, entre las que se destacan la resistencia a enfermedades causadas por fitopatógenos presentes en el suelo, la tolerancia frente a factores abióticos, un aumento en el vigor de la planta debido a una mayor eficiencia en la absorción de agua y nutrientes. El injerto se compone fundamentalmente de dos elementos: el vástago, que corresponde a una variedad con características fenotípicas superiores, y la planta portainjerto o patrón, el cual otorga el sistema radicular. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes portainjertos sobre las variables de crecimiento en el cultivo de tomate. El trabajo experimental se llevó a cabo en un invernadero del CENID-RASPA, ubicado en la Ciudad de Gómez Palacio, Durango. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos con tratamientos aleatorizados y cuatro repeticiones. Los datos de altura de la planta, grosor del tallo y largo de la hoja fueron sometidos a análisis de varianza. En este experimento, la variable altura de planta no mostró diferencias estadísticas significativas, la longitud de hoja no varió significativamente entre los portainjertos evaluados al igual el diámetro del tallo no mostró diferencias estadísticas, lo que indica que, bajo las condiciones de cultivo del presente estudio, los tres portainjertos, Tuareg, Aorta y Kardia tuvieron un efecto similar sobre el crecimiento vegetativo del tomate variedad Taurino.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, Injertos, Desarrollo, Compatibilidad

ABSTRACT

The tomato is considered one of the most widely produced horticultural crops globally and is a staple food in the human diet. In Mexico, the tomato is the most produced vegetable and one of the most exported products, primarily to the United States and Canada. Therefore, techniques are used to increase yield and maintain plant health. One such technique is grafting, which offers several advantages, including resistance to diseases caused by soilborne phytopathogens, tolerance to abiotic factors, and increased plant vigor due to greater efficiency in water and nutrient absorption. A graft consists primarily of two elements: the scion, which is a variety with superior phenotypic characteristics, and the rootstock, which provides the root system. The objective of this study was to evaluate the effect of different rootstocks on growth variables in tomato cultivation. The experimental work was carried out in a greenhouse at CENID-RASPA, located in Gómez Palacio, Durango. A randomized complete block design with four replicates was used. Plant height, stem thickness, and leaf length data were subjected to analysis of variance. In this experiment, plant height did not show statistically significant differences, leaf length did not vary significantly among the rootstocks evaluated, and stem diameter also showed no statistically significant differences. This indicates that, under the cultivation conditions of this study, the three rootstocks Tuareg, Aorta, and Kardia had a similar effect on the vegetative growth of the Taurino tomato variety.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, Grafts, Development, Compatibility

1. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas más producidas y comercialmente relevantes en el mundo. Según estadísticas recientes de la FAO, el tomate se mantiene entre los cultivos hortícolas con mayores volúmenes de producción, cerca de 190 a 192 millones de toneladas en 2023, lo que refleja su peso económico y alimentario a escala global. La magnitud de su producción y su uso tanto en fresco como en la industria (procesado) hacen del tomate un cultivo clave para políticas agrícolas, seguridad alimentaria y cadenas de valor locales y de exportación (FAO, 2024; FAO, 2025a).

En México, el cultivo de tomate representa una actividad agrícola estratégica tanto por su volumen como por su contribución al empleo rural y al abastecimiento alimentario. Los principales estados productores de tomate en México son Sinaloa, San Luis Potosí, Michoacán, Jalisco y Baja California Sur con el 53.3 % del volumen nacional en 2021, es decir, 1,772,966 toneladas. Sinaloa, en la primera posición, produjo 677,612 toneladas de tomate (20.4 %), volumen obtenido de 12,110 hectáreas cosechadas (25.3 %), por lo que el rendimiento promedio en la entidad fue de 56.0 toneladas por hectárea. Durante el ciclo otoño-invierno 2024 se reportaron más de 21 600 hectáreas sembradas de tomate en el país (SIAP, 2024). El rendimiento promedio nacional de tomate en México es de aproximadamente 48.6 toneladas por hectárea, aunque este valor varía significativamente según el tipo de manejo y la región (SIAP, 2024). Debido a esta relevancia económica y productiva, se han adoptado tecnologías que mejoren la eficiencia, estabilidad y sanidad del cultivo, entre ellas el injerto, técnica que consiste en unir un vástago de interés comercial con un portainjerto seleccionado por su vigor, resistencia a patógenos o tolerancia a estrés abiótico. El injerto permite mantener la calidad del cultivar utilizado la variedad seleccionada mientras el portainjerto confiere mayor capacidad radicular, resistencia a enfermedades del suelo o tolerancia a condiciones adversas, beneficios ampliamente documentados por estudios recientes (Sun *et al.*, 2021b; Khopade *et al.*, 2025).

Desde la fisiología, los portainjertos pueden modificar la arquitectura de raíces, la conductividad hidráulica, la absorción de nutrientes y el balance hormonal (citoquininas, auxinas), lo que a su vez puede afectar variables vegetativas y productivas del injerto (altura, diámetro de tallo, biomasa, rendimiento). Sin embargo, la respuesta final es altamente dependiente de la combinación portainjerto–vástago, del manejo y de las condiciones ambientales (Sun *et al.*, 2021b). En muchos estudios, el uso de portainjertos vigorosos incrementó biomasa, rendimiento y la captura de ciertos nutrimentos y en otros, las mejoras no fueron uniformes o dependieron de contexto. Aunque existen efectos detectables sobre biomasa y composición mineral del fruto, la clasificación simple de portainjertos en vegetativos vs generativos carece de evidencia consistentes (Gong *et al.*, 2022).

Estudios experimentales en sistemas protegidos han encontrado que algunas combinaciones de portainjerto–vástago aumentan diámetro de tallo y otras métricas vegetativas en sistemas sin suelo (fibra de coco), aunque no todas las combinaciones producen mejoras significativas, esto significa que la respuesta es específica de la combinación y del manejo del cultivo (Sun *et al.*, 2021a).

En condiciones de estrés (salinidad, déficit hídrico), múltiples estudios han mostrado que el injerto sobre portainjertos tolerantes puede mejorar el crecimiento, la fisiología (por ejemplo, conductancia estomática, potencial hídrico) y mantener rendimiento, mientras que en condiciones óptimas los efectos pueden ser menores o enmascarados (Alqardaeai *et al.*, 2024). Respecto a variables morfológicas concretas (altura, largo de hoja, diámetro/grosor del tallo), la evidencia es mixta: algunos trabajos reportan incrementos significativos atribuidos al portainjerto; otros no encuentran diferencias relevantes, especialmente cuando el manejo es homogéneo y el contraste de vigor entre portainjertos es pequeño (Sun *et al.*, 2021b; Gong *et al.*, 2022).

La literatura sobre injerto en tomate ha crecido rápidamente en la última década, concentrándose en la selección de portainjertos, efectos sobre rendimiento y calidad, tolerancia a estrés (salinidad, sequía) y mecanismos fisiológicos. No obstante, faltan estudios que integren variables morfológicas, fisiológicas y productivas de forma conjunta en múltiples contextos agroecológicos; faltan

asimismo evaluaciones locales (país/región) que validen la pertinencia de los portainjertos comerciales en condiciones específicas (Silva *et al.*, 2023). La eficacia del injerto no es uniforme: depende de la compatibilidad portainjerto–vástago, del manejo del cultivo y del entorno de producción. Esto plantea que la evaluación del injerto debe incluir múltiples variables, no solo productivas sino también de crecimiento vegetativo, para valorar realmente su aporte agronómico. Por tanto, el presente estudio se propone evaluar el efecto de diferentes portainjertos sobre variables de crecimiento vegetativo, altura de planta, largo de hoja y diámetro del tallo en tomate bajo condiciones de invernadero. Este enfoque permite determinar si, bajo el ambiente y manejo utilizados, la selección del portainjerto influye en el desarrollo vegetativo del cultivo, y así aportar información útil para la toma de decisiones de productores, técnicos e investigadores. Por lo tanto, los portainjertos tendrán una respuesta diferente en cada una de las variables evaluadas en este estudio.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El cultivo de tomate

Perteneciente a la familia Solanácea, es una planta herbácea que cuenta con un tallo largo, cubierto de pelos, sus hojas son lobuladas con bordes dentosos, el fruto es de color rojo intenso de forma ovalada (INCMNSZ, 2022).

El tomate es un cultivo de rápido crecimiento, con un período de crecimiento de 90 a 150 días. La temperatura media diaria óptima para su crecimiento es de 18 a 25 °C, con temperaturas nocturnas de entre 10 y 20 °C. Sin embargo, las diferencias de temperatura diurnas y nocturnas más pronunciadas afectan negativamente al rendimiento. Este cultivo es muy sensible a las heladas. Temperaturas superiores a 25 °C, acompañadas de alta humedad y viento fuerte, reducen el rendimiento. Temperaturas nocturnas superiores a 20 °C, acompañadas de alta humedad y baja insolación, provocan un crecimiento vegetativo excesivo y una baja producción de frutos. La alta humedad conlleva una mayor incidencia de plagas, enfermedades y pudrición del fruto. Por lo tanto, los climas secos son los preferidos para la producción de tomate (FAO, 2025b)

Las plantas de *Solanum lycopersicum* L. presentan un hábito de crecimiento predominantemente ramificado, con una extensión que oscila entre 60 y 180 cm, adoptando en fase de fructificación un porte semirrastrero, aunque se reconocen genotipos de porte compacto y erecto. Las hojas, de disposición pinnada compuesta, alcanzan hasta 45 cm de longitud, presentan pubescencia y emiten un aroma característico. Las inflorescencias están conformadas por flores actinomorfas, colgantes, de corola amarilla con cinco pétalos. El fruto corresponde a una baya cuyo diámetro varía entre 1.5 y más de 7.5 cm, con una amplia diversidad cromática (roja, escarlata, amarilla, verde o púrpura) y morfológica, desde formas esféricas hasta periformes. Cada fruto alberga al menos dos lóculos con semillas inmersas en una matriz de pulpa mucilaginosa. La maduración de las semillas ocurre entre 35 y 50 días posteriores a la polinización, mientras que el fruto alcanza su madurez fisiológica aproximadamente a los 60 días (Swamy, 2023).

El tomate es un alimento fundamental de la dieta humana, con un consumo generalizado tanto en su forma fresca como en productos derivados de la industria alimentaria. Este fruto representa una fuente relevante de vitaminas y minerales, además de asociarse con la prevención de diversas enfermedades crónicas, se estima que un tomate aporta aproximadamente el 38 % de la ingesta diaria recomendada de vitamina C, el 13 % de vitamina B6 y el 17 % de hierro. A nivel mundial se han identificado más de 20,000 variedades, y su demanda creciente ha favorecido de manera sostenida el incremento de su cultivo, producción y comercialización en los últimos años (ANOVE, 2021).

2.1.2 Taxonomía

El tomate se clasifica taxonómicamente de acuerdo con el Sistema Integrado de Información Taxonómica (2023), de la siguiente manera:

1. Reino: Plantae
2. Subreino: Viridiplantae
3. Superdivisión: Spermatophyta
4. División: Magnoliophyta
5. Clase: Magnoliopsida
6. Orden: Solanales
7. Familia: Solanaceae
8. Género: Solanum
9. Especie: *lycopersicum* (CENIDA, 2024).

A lo largo de la historia, el tomate ha recibido diversas denominaciones científicas, entre las que destacan *Lycopersicon esculentum* y *Solanum lycopersicum* y, producto de las modificaciones en la comprensión taxonómica de su parentesco con otras especies vegetales (Backgrounders, 2021).

En el siglo XVIII, el botánico Carl Linnaeus lo clasificó dentro del género *Solanum*, fundamentando su decisión en las características morfológicas observables. No obstante, a mediados de ese mismo siglo, Philip Miller cuestionó dicha clasificación y propuso su inclusión en el género *Lycopersicum*, al considerarlo independiente de

las especies solanáceas de carácter tóxico. Con el desarrollo de las técnicas de análisis genético, los taxónomos contemporáneos reubicaron al tomate en el género *Solanum*, decisión sustentada en la evidencia obtenida a partir de estudios moleculares. Este proceso histórico evidencia que el conocimiento científico es dinámico y se transforma constantemente en función de los nuevos aportes derivados de la investigación (Backgrounders, 2021).

El tomate se ubica en la sección *Lycopersicum* dentro del género *Solanum*, perteneciente a la familia Solanaceae, la cual está conformada por 13 especies originarias de la región occidental de Sudamérica. No obstante, existen especies emparentadas en otras secciones, como *Lycopersicoides* y *Juglandifolia*. Entre ellas, *S. pimpinellifolium* es reconocido como el pariente silvestre más cercano al tomate cultivado (*S. lycopersicum*). En ciertos textos de botánica, el tomate es denominado como una “sombra de noche”, traducción del término inglés *nightshade*, empleado debido a que varios miembros de la familia Solanaceae prosperan en ambientes sombríos, mientras que algunos presentan su floración durante la noche (APS, 2024).

2.2 Tipos de crecimiento de las plantas de tomate

2.2.1 Tomates determinados

Los tomates determinados son de tipo arbustivo, compactos y detienen su crecimiento cuando han llegado a su límite de crecimiento (edad adulta). Un factor importante a tener en cuenta es que darán los frutos todos a la vez, con lo cual se debe realizar toda la cosecha en una o dos semanas. Pueden requerir algún tipo de tutor o guía, pero no requieren de poda, ni de eliminación de brotes laterales. Este tipo de tomates se cultiva en campo abierto (Rosique 2014).

2.2.2 Tomates indeterminados

Este tipo de tomate son los que se cultivan mayoritariamente, su crecimiento nunca se detiene, por lo que es necesario controlarlo mediante la poda de brotes laterales y cortando el tallo apical cuando éste haya alcanzado una altura considerable. Requieren tutores para sostenerse y producen tomates de manera escalonada durante toda la temporada. Es decir, tienen la fase de crecimiento, floración y fruto a la vez en diferentes partes de las plantas. Este tipo de tomates son cultivados bajo condiciones protegidas (Rosique 2014).

2.3 Características botánicas del tomate

2.3.1 Fruto

son carnosos, presentan diferente tamaño, forma, color, consistencia, y composición. Están constituidos por la cáscara o piel, la pulpa, y las semillas. Los frutos maduros pueden ser rojos, rosados o amarillos (Ávila-Cubillos, 2015).

Componentes del fruto

- Fuente de nutrientes
- Proteínas, carotenoides y vitamina C.
- Valoración nutricional: el tomate está compuesto principalmente por agua y su macronutriente mayoritario son los hidratos de carbono.
- Vitamina A en forma de carotenoides provitamina A y vitamina C.

Una ración de tomate cubre el carotenoide no provitamina A están los licopenos cuya cantidad depende de la variedad cultivada

- El tomate triturado o cocinado y su combinación con aceite, mejora la absorción del licopeno en nuestro organismo (FEN, 2025).

2.3.3 Tallo

El tallo principal tiene dos a cuatro centímetros de diámetro en la base y sobre él se desarrollan las hojas, los tallos secundarios y las inflorescencias (Ávila-Cubillos, 2015). El tallo es bastante delicado, dañándose con facilidad cuando se roza contra un objeto duro o partiéndose si se dobla demasiado (Aguilar, 2018).

2.3.4 Hojas

Son compuestas, generalmente poseen bordes dentados y están recubiertas de pequeños pelos; se encuentran distribuidas a lado y lado sobre el tallo (Ávila-Cubillos, 2015).

La hoja del tomate es pinnada y compuesta, con entre siete y nueve folíolos peciolados, lobulados, con borde dentado, alternos y opuestos. Al igual que el tallo, las hojas se encuentran cubiertas de pelos glandulares (tricomas) y tienen un color verde oscuro (Aguilar, 2018).

2.3.5 Flores

Las flores se agrupan en racimos simples y ramificados que se desarrollan en el tallo y en las ramas del lado opuesto a las hojas; un racimo puede reunir de 4 a 20 flores, son amarillas y normalmente pequeñas (Ávila-Cubillos, 2015).

Las flores son de color amarillo, con cinco o más sépalos, cinco pétalos y cinco o seis estambres. Se agrupan en inflorescencias de tipo racimo que suelen aparecer en el tallo, cada dos o tres hojas.

2.3.6 Raíz

El tipo de raíz depende del sistema de siembra. Si se realiza de forma directa tiene un sistema radicular profundo y poco ramificado; cuando las plantas son trasplantadas de un semillero tiene raíces superficiales y muy ramificadas (Ávila-Cubillos, 2015).

El sistema radicular del tomate está formado por una raíz principal, raíces secundarias y adventicias. Suele extenderse hasta 1.5 metros alrededor de la planta y profundizar 50 cm como máximo, aunque la mayor parte de las raíces se distribuyen en los primeros 20 cm de suelo (Aguilar, 2018b).

2.4 Manejo del cultivo

2.4.1 Poda de brotes lateral

Este tipo de podas consiste en la eliminación de brotes laterales que emergen inmediatamente arriba de cada hoja a lo largo del tallo, es decir son tallos secundarios que deben eliminarse para conducir la planta a un solo tallo (Mondragón-Sosa, 2013).

2.4.2 Poda de hojas

Consiste en eliminar las hojas viejas, dado que un sistema de producción intensa de jitomate se hacen uso de altas densidades de plantas, de no hacerse la poda se genera un micro ambiente de alta humedad relativa en la parte inferior de la planta (Mondragón-Sosa, 2013).

2.4.3 Tutorado

Consiste en amarrar la planta a un soporte para dirigir su crecimiento vertical de los invernaderos, con el fin de apoyar en ellas los tallos de las plantas mediante ataduras hechas con diversos materiales.

Con el entutorado se obtienen las ventajas siguientes: se adelanta la recolección de los frutos ya que al incidir los rayos solares casi perpendicularmente sobre las plantas reciben más calor. Los tratamientos fitosanitarios son más uniformes y efectivos, además la floración y fecundación o cuaje es mejor, ya que las plantas están mejor ventiladas e iluminadas (Serrano - Cermeivo, 2017).

Polinización

- Abejas
- Polinización mecánica
- Viento

2.5.1 ¿Cómo ocurre la polinización en Tomate?

El tomate desarrolla flores hermafroditas, de color amarillo y estructura simple, que poseen órganos masculinos (estambres) y femeninos (pistilos). En esta especie, la polinización ocurre principalmente por autopolinización, es decir, el polen se transfiere desde el estambre hacia el pistilo dentro de la misma flor. La polinización consiste en el movimiento del polen desde las anteras hasta el estigma del pistilo, un proceso que puede verse favorecido por factores naturales como el viento o la actividad de insectos. El tamaño y peso finales del fruto dependen en gran medida del número de semillas formadas, lo cual está directamente relacionado con la eficacia de la polinización y la fertilización (Intagri, 2022).

2.6 Importancia del tomate a nivel mundial

El tomate se considera uno de los cultivos hortícolas de mayor producción a nivel global y, junto con el maíz, el trigo y el frijol, constituye un alimento fundamental en diversas culturas y sociedades (CENIDA, 2024).

En el 2017 a nivel mundial se cultivaron 4.8 millones de hectáreas, con un rendimiento de 37.6 toneladas. El 57.4 por ciento de la superficie cosechada de tomate en 2017 se concentró en cinco países: China (21.2 %), India (16.4 %), Nigeria (12.2 %), Turquía (3.9 %) y Egipto (3.8 %). México ocupó la undécima posición mundial, con una participación de 1.9 por ciento (FIRA, 2019).

La producción mundial de tomate supera los 186.800 millones de kilos, el mundo produjo 186.821 millones de kilos de tomates en 5.051.983 hectáreas, logrando un rendimiento promedio por metro cuadrado de 3.71 kilos. China es el mayor productor mundial de tomate, con 64.768,16 millones de kilos, lo que representa el 34.67 % de la producción mundial. En 2020, China dedicó 1.107.485 hectáreas a la producción de tomate, con un rendimiento por metro cuadrado de 5.85 kg/m². A China le siguió India, que en 2020 produjo 20.573 millones de kilos de tomates en 812.000 hectáreas y tuvo un rendimiento medio de 2.53 kg/m². Turquía ocupó el tercer lugar con 13.204,01 millones de kilos cultivados en 181.879 hectáreas y un rendimiento de 7.26 kg/m². Estados Unidos ocupó el cuarto lugar con 12.227,4

millones de kilos, 110.439 hectáreas y un rendimiento de 11.07 kg/m². Egipto ocupó el quinto lugar con 6.731,22 millones de kilos de tomates cultivados en 170.862 hectáreas y un rendimiento promedio de 3.94 kg/m². España ocupa el octavo puesto con una producción total de 4.312,9 millones de kilos de tomates cultivados en 55,470 hectáreas y un rendimiento medio de 7.78 kg/m². Cabe destacar que la producción, el número de hectáreas y el rendimiento en España fueron inferiores a los del año anterior (Horti-Daily, 2021).

En 2023, las exportaciones mundiales de tomates alcanzaron un total de 11.600 millones de dólares. Esto representa un aumento del 23.5 % en los últimos cinco años, frente a los 9.400 millones de dólares de 2019. En términos anuales, las exportaciones aumentaron un 7.6 % desde los 10.800 millones de dólares registrados en 2022. Una vez más, los cinco principales exportadores de tomate en 2023 fueron México, Países Bajos, España, Marruecos y Francia. En conjunto, estos países representaron un 69.9 % de los ingresos totales por exportación de tomate. Esto pone de relieve un mercado altamente concentrado, especialmente porque México por sí solo contribuyó con el 26.3 % del valor total de las exportaciones mundiales de tomate, lo que lo convierte en el principal exportador por un margen significativo. Por continente, los países europeos lideraron el mercado, generando 5.100 millones de dólares, equivalentes al 44 % del valor total de las exportaciones mundiales de tomate. Le siguieron América del Norte, con una participación del 33.6 %. África contribuyó con el 11.2 %, mientras que los exportadores asiáticos representaron el 10.6 % del total (Tendata, 2025).

2.7 Producción de tomate a nivel nacional

En la actualidad, México se ubica entre los diez principales productores mundiales de tomate, destacando los estados de Sinaloa, Michoacán, Baja California, Hidalgo y Sonora por su elevada producción por hectárea cultivada (CENIDA, 2024).

México es un centro de diversificación de *Solanum* (Murillo-Pérez y Rodríguez, 2021)

En México, el tomate representa una de las hortalizas de mayor relevancia, debido tanto a la generación de empleos directos e indirectos vinculados a su producción

como a los ingresos por divisas que se obtienen de su comercialización. Esta especie hortícola se cultiva ampliamente, tanto en condiciones de campo abierto como bajo sistemas de invernadero (ICAMEX, 2024).

Según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), México ha mantenido durante los últimos quince años una producción anual de tomate que oscila entre dos y tres millones de toneladas (CENIDA, 2017).

En el ámbito comercial, se cultivan principalmente tomates tipo bola, saladette, cereza y los denominados “arriñonados”. En particular, esta última variedad representa una importante reserva genética en las regiones del centro y sur del país. Actualmente, se llevan a cabo programas de mejoramiento genético con el objetivo de aprovechar esta diversidad, optimizar la producción y ofrecer nuevas alternativas dentro del tomate convencional (CENIDA, 2017).

En general, la productividad del tomate rojo por unidad de superficie continúa creciendo. Los rendimientos varían en función de las tecnologías empleadas, tanto en el cultivo en campo abierto como en la producción en invernaderos altamente tecnificados con sistemas automatizados de riego, nutrición y control fitosanitario.

2.8 Injerto

La práctica del injerto representa uno de los métodos más destacados de manejo agrícola sostenible. Esta técnica resulta muy efectiva para enfrentar plagas, enfermedades y diversos factores abióticos (como la salinidad, la sequía, la falta de oxígeno en las raíces o las temperaturas extremas) mediante el uso de patrones o portainjertos que presentan tolerancia o resistencia. Además, se considera un procedimiento respetuoso con el medio ambiente (Cajamar, 2018).

El injerto se compone fundamentalmente de dos elementos: la yema, que corresponde a un brote vegetativo obtenido de una planta con características fenotípicas superiores, y la planta portainjerto o patrón. Una vez que la yema y el patrón se unen, darán origen al desarrollo de la parte aérea de una nueva planta. La función principal del patrón es suministrar el sistema radicular, encargado de proporcionar soporte, agua y nutrientes necesarios para el crecimiento de la parte aérea (Vidal *et al.*, 2022).

En otras palabras, un injerto se produce cuando se inserta una parte viva de una planta en otra, y ambas partes se unen vegetativamente. La planta base que recibe el injerto se conoce como patrón, mientras la parte vegetativa acoplada, esqueje, injerto o vástago (Bañuelos-Álvarez et al., 2010).

El injerto herbáceo es una práctica cultural que confiere a las plantas una mayor tolerancia frente a los factores abióticos (temperatura, salinidad, estrés hídrico, etc.) En la Universidad Nacional de Agricultura se ha venido investigando con esta técnica a cielo abierto con resultados aceptables sin desmejorar los rendimientos y calidad (Maradiaga, 2016).

2.8.1 Origen del injerto

Los primeros indicios históricos sobre la práctica de la injertación se remontan a la aparición de la escritura en Mesopotamia, región que actualmente comprende Irak y parte de Siria. En esta zona se han encontrado fragmentos de tablillas que mencionan técnicas de injerto, fechadas aproximadamente dos mil años antes de nuestra era. A lo largo de la historia, la injertación también ha sido documentada en diversas culturas y períodos, incluyendo registros bíblicos (1443 A.C.–58 D.C.), la antigua Grecia (1200 A.C.–146 D.C.), Roma (700 A.C.–500 D.C.), China (1000 A.C.), así como durante la Edad Media (siglo V–XVI D.C.), el Renacimiento (siglos XVII–XVIII D.C.), el siglo XIX y hasta tiempos contemporáneos (Castillo-Chuc, 2018).

Algunas de las evidencias más tempranas provienen de textos bíblicos, particularmente de la versión Reina-Valera de la Biblia cristiana. En el Antiguo Testamento, libros como Jeremías (2:21), Isaías (5:1-2) y Levíticos (19:19) presentan referencias que, aunque no mencionan de manera directa la injertación, sugieren que la técnica era conocida y aplicada en aquel entonces (1443–580 A.C.). Asimismo, en el Nuevo Testamento, el pasaje de Romanos (1:24) hace alusión a esta práctica (Castillo-Chuc, 2018).

A inicios del siglo XX, las pérdidas en la producción de hortalizas aumentaron significativamente debido a la acción de fitopatógenos presentes en el suelo. Frente a esta problemática, se exploraron diversas estrategias para reducir el impacto de

dichos patógenos y mejorar la productividad de los distintos cultivares hortícolas. Entre las alternativas desarrolladas, destaca el injerto, técnica que surgió en la década de 1920 en Asia con el objetivo de evaluar y potenciar la tolerancia de las plantas frente a los fitopatógenos del suelo (Basto-Pool et al., 2017).

2.8.2 Injerto en hortalizas

En horticultura, el injerto se utiliza prácticamente en todas las plantaciones de sandía, principalmente para evitar enfermedades causadas por hongos del suelo, como *Fusarium*. Además, se están investigando nuevas aplicaciones, entre ellas la resistencia a nematodos, la mejora del vigor de la planta, la obtención de mayor precocidad y la optimización de la calidad del fruto. En cultivos como el tomate, esta técnica también ha demostrado ser muy valiosa, ya que permite producir con mayor seguridad variedades locales en las que la mejora genética no ha intervenido para incorporar resistencia frente a plagas y enfermedades (Cajamar, 2018).

La técnica de injerto en tomate constituye una estrategia sostenible que permite controlar enfermedades, potenciar el vigor vegetativo de la planta y favorecer tanto la calidad del fruto como su rendimiento (Velasco-Alvarado et al., 2017). En el cultivo de tomate, las plantas injertadas se caracterizan por presentar un mayor vigor y desarrollo, atribuible a su capacidad incrementada para absorber agua y nutrientes. El sistema radicular de estas plantas es más robusto, lo que favorece una mayor producción de citocininas, hormonas responsables del incremento en la tasa de crecimiento. La magnitud de esta respuesta varía según la interacción funcional establecida entre el cultivar empleado como portainjerto y el utilizado como injerto (Martinez et al., 2014a).

El injerto constituye una estrategia eficiente para obtener plantas que combinen características deseables de calidad de fruto con un sistema radicular vigoroso y resistente. Mediante esta técnica, es factible cultivar tomates de variedades locales o tradicionales que, de otro modo, serían altamente susceptibles a patógenos del suelo. Por otra parte, generar plantas con atributos similares mediante fitomejoramiento, que aseguren frutos de buena calidad y cierta resistencia o tolerancia a factores de estrés biótico y abiótico, no siempre resulta viable.

Asimismo, el fitomejoramiento depende en gran medida de la investigación vegetal y requiere inversiones significativas de tiempo y recursos, aspectos que no siempre pueden justificarse desde un enfoque económico (Fronk y Schmidt, 2023).

El uso de portainjertos apropiados en el cultivo de tomate permite atenuar los efectos negativos provocados por factores de estrés ambiental, como la escasez de agua. Especies silvestres emparentadas con el tomate, como *Solanum pennellii* y *Solanum peruvianum*, se emplean comúnmente como portainjertos debido a su resistencia tanto al déficit hídrico como a enfermedades de origen edáfico (Alves *et al.*, 2021).

El tomate es un cultivo de alto valor nutricional cultivado a nivel mundial, enfrentando diversos tipos de estrés tanto abiótico como biótico. En el caso de cultivos termófilos como el tomate, la producción resulta particularmente compleja en regiones donde las bajas temperaturas representan un factor ambiental limitante que condiciona la duración de la temporada de cultivo (Bristow *et al.*, 2021). Ciertos portainjertos comerciales presentan características que permiten mantener mayores tasas de conductancia estomática y niveles superiores de nitrógeno, factores que pueden favorecer un mejor establecimiento de las plantas y un incremento en el rendimiento bajo condiciones de temperatura subóptima del suelo (Bristow *et al.*, 2021).

En tomate, la mayor parte de los portainjertos son resistentes a los patógenos del suelo más frecuentes, es decir, a las razas de *Fusarium oxysporum* f sp *lycopersici*, a *F. oxysporum* f sp *radicis-lycopersici*, *Verticillium dahliae*, *Pyrenochaeta lycopersici*, Virus del mosaico del tomate (ToMV) y varios *Meloidogyne* (hay resistencia a *M. incognita*, *M. javanica* y *M. arenaria* y no la hay para *M. hapla* y *M. enterolobii*) (Namesny, 2015).

2.9 Portainjertos de tomate más utilizados a nivel mundial

1. Beaufort. De vigor moderado, recomendado para especialidades, cherries, ciclos medios-cortos.
2. Multifort. De vigor alto, es injertado en diferentes tipos de variedades, zonas, cultivos y es el patrón más estable en cuanto a resultados en campo.
3. Maxifort. Es un patrón de vigor superior con alto potencial productivo, responde en condiciones de estrés de cultivo. Maxifort es el patrón más vendido en todo el mundo. En cultivos de verano aporta área foliar necesaria para soportar las altas temperaturas sin tener disminución de producción (Bayer, 2016).

2.9.1 Principales tipos de injerto en hortalizas

- Injerto de empalme (*splice rafting*)

Muy utilizado en tomate y berenjena. Consiste en realizar un corte en bisel de 30–45° en el portainjerto y en el injerto, uniéndose con un clip plástico.

Ventajas: rapidez y alta eficiencia en viveros comerciales.

- Injerto de cuña (*cleft o wedge grafting*)

Se realiza una hendidura en el portainjerto donde se introduce el injerto en forma de cuña. Se aplica en cucurbitáceas y solanáceas cuando existe diferencia de diámetro entre tallos.

- Injerto en tubo (*tube grafting*)

Similar al empalme, pero se utiliza un pequeño tubo de silicón para sujetar la unión.

Predomina en tomate, melón y sandía.

- Injerto por aproximación (*approach grafting*)

Se unen dos plántulas vivas sin cortar inicialmente sus raíces. Una vez consolidada la unión, se elimina la parte no deseada. Recomendado en pimiento y pepino.

- Injerto de inserción (*hole insertion grafting*)

El portainjerto se corta y se perfora, colocando el injerto en el orificio. Es el método más usado en sandía y calabaza.

- Injerto apical o de corona (*head grafting*)

El portainjerto se decapita y se coloca el injerto directamente sobre él. Útil cuando los diámetros son similares.

- Microinjerto (*in vitro grafting*)

Empleado en condiciones de laboratorio, especialmente para eliminar virus y producir plántulas sanas (Singh, 2017).

Los métodos de injerto de púa y empalme, son los más recomendados ya que mostraron plantas vigorosas y producción de frutos de buena calidad, estos métodos son fáciles de realizar, y una persona con una capacitación sencilla puede llegar a realizarlos, en cuestión del montaje del laboratorio para llevar a cabo el proceso de injertación y a climatización no necesita grandes instalación y requiere poco espacio sin invertir grandes cantidades de dinero, la planta injertada no requiere muchos cuidados, y los beneficios del injerto se destacan en la producción y ganancias (Hernández *et al.*, 2016).

2.9.2 Finalidad del injerto

El principal propósito del injerto en tomate consiste en conferir resistencia frente a los patógenos presentes en el suelo. No obstante, debido a los beneficios asociados a esta técnica, los objetivos de su aplicación se han ampliado, incluyendo una mayor absorción de nutrientes y un incremento en el contenido mineral en la parte aérea de la planta, así como un aumento en el vigor vegetativo y en la vida útil postcosecha del fruto. La utilización de patrones vigorosos, generalmente híbridos interespecíficos, permite el cultivo de plantas con dos o más tallos, lo que contribuye a reducir la densidad de siembra y, en consecuencia, los costos de producción (Godoy-Hernández *et al.*, 2009).

El uso del injerto ofrece diversas ventajas, entre las que se destacan la resistencia a enfermedades causadas por fitopatógenos presentes en el suelo, la tolerancia frente a factores abióticos, un aumento en el vigor de la planta debido a una mayor eficiencia en la absorción de agua y nutrientes, así como la mejora en el rendimiento de los cultivos (Basto-Pool *et al.*, 2017).

El genotipo del portainjerto influye de manera significativa en la tasa de crecimiento vegetativo, en la precocidad y en el rendimiento de los distintos genotipos de vástago bajo condiciones de baja disponibilidad energética, sin que se detecten interacciones relevantes entre portainjerto y vástago (Venema *et al.*, 2008).

Los injertos no solo constituyen una estrategia eficaz para mitigar el estrés biótico, provocado por nematodos, hongos y bacterias presentes en el suelo, sino que también contribuyen a reducir los impactos adversos del estrés abiótico, tales como la sequía, las temperaturas extremas, la salinidad y las carencias de nutrientes. No obstante, la aplicación efectiva de esta técnica depende, en gran medida, del desarrollo y la disponibilidad de métodos y equipos adecuados para la realización de los injertos (Aparecido-Gaion *et al.*, 2020).

2.10 Evaluación del crecimiento de plantas de tomate injertadas

El injerto incrementó el vigor de las plantas, reflejándose en un aumento del 6 % en la altura total, del 10 % en el área foliar, del 5 % en el área foliar específica y en una mayor producción de materia seca: 12 % en hojas, 11 % en tallos y 9 % en la biomasa aérea total. Además, las plantas injertadas alcanzaron una mayor longitud, registrando 511 cm frente a los 482 cm obtenidos en las plantas sin injertar (Godoy-Hernández *et al.*, 2008) .

En una evaluación de distintos portainjertos de tomate, Barraza (2004) registró un crecimiento máximo de 240.33 a los 120 días posteriores al trasplante. En el primer ensayo, las plantas injertadas mostraron un aumento estadísticamente significativo en el número de días necesarios para alcanzar la floración y fructificación del primer, tercer y quinto racimo. En cuanto a la altura y al rendimiento total y por categorías comerciales, no se observaron diferencias entre los tratamientos. El injerto del cv. Elpida sobre el portainjerto Efialto generó plantas más vigorosas, que pueden

manejarse con dos tallos, reduciendo así la cantidad de plantas requeridas y manteniendo un nivel de producción similar al del híbrido sin injertar.

El análisis de crecimiento mostró que el portainjerto Maxifort F1 favoreció el desarrollo de las plantas, especialmente en lo referente al área foliar y al peso fresco de las hojas. Las plantas injertadas registraron un 13 % más de superficie foliar y un 18 % más de peso seco en las hojas en comparación con las plantas que no fueron injertadas. Además, los rendimientos comerciales se incrementaron entre un 20 % y un 25 % en las plantas injertadas durante ambos años de evaluación (Martinez *et al.*, 2014b).

3. MATERIALES Y METODOS

Descripción del área de estudio. El trabajo experimental se llevó a cabo en un invernadero del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en relación Agua, Suelo, Planta y Atmosfera (CENID RASPA), ubicado en la Ciudad de Gómez Palacio Durango.

Localización geográfica y características del sitio experimental.

El invernadero experimental se localiza geográficamente en las coordenadas 25°35'23" LN, 103°27'10" LO. El experimento fue establecido en un invernadero tipo capilla con cubierta de polietileno blanco lechoso calibre 700 y 25 % sombra. Se utilizó el cultivar de tomate Taurino (Syngenta®) y los portainjertos Tuareg, Aorta y Kardia quedando los tratamientos como sigue:

Tratamientos:

- Tratamiento 1: Taurino + Tuareg
- Tratamiento 2: Taurino + Aorta
- Tratamiento 3: Taurino + Kardia

Tutorado:

El uso de hilo rafia para el tutorado es fundamental, ya que brinda soporte y protección a la planta durante su desarrollo, el cual puede alcanzar hasta cuatro metros de altura. La planta se sujeta alrededor del tallo y se fija al cable superior del invernadero mediante un gancho. También se colocan anillos sujetadores en la rafia, que se ajustan al tallo para impedir que la planta se deslice por el peso de las hojas y los frutos.

Desbrote

Consiste en eliminar los brotes laterales que aparecen en las axilas de las hojas a lo largo del tallo. Esta práctica evita el desperdicio de nutrientes, disminuye el exceso de follaje y favorece la producción de frutos más grandes y de mejor calidad.

Poda de hojas

Durante la cosecha se realizan podas que incluyen la eliminación de las hojas situadas por debajo del racimo ya cosechado, así como la poda de hojas hasta el siguiente racimo. Es importante conservar siempre dos hojas justo debajo de cada racimo.

Cosecha

Los primeros frutos pueden recolectarse entre 70 y 80 días después del trasplante, una vez que alcanzan su estado de madurez comercial.

Riego

En todos los tratamientos se empleó riego por goteo.

Variables evaluadas

- Altura de la planta (cm)
- Grosor del tallo (mm)
- Largo de la hoja (cm)

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos con tratamientos aleatorizados y cuatro repeticiones. Los datos de altura de la planta, grosor del tallo y largo de la hoja fueron sometidos a análisis de varianza (PROC ANOVA). Las comparaciones de medias de tratamientos se realizaron con la prueba de DMS ($P \leq 0.05$). El paquete estadístico utilizado fue SAS versión 9.0 (SAS 2002).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes portainjertos sobre las variables de crecimiento en el cultivo de tomate.

Variables de calidad evaluadas

En este experimento, la variable altura de planta no mostró diferencias estadísticas significativas entre los tres portainjertos evaluados (Tuareg; Aorta; Kardia). Esta falta de efecto detectable sugiere que, bajo las condiciones de cultivo empleadas, el portainjerto no ejerció un impacto relevante sobre la elongación del tallo de la variedad de tomate utilizada. En otras palabras, la altura final de la planta quedó más determinada por la genética del vástago y el ambiente de cultivo que por diferencias en vigor o características radiculares del portainjerto (Cuadro 1).

Cuadro 1 Comparación de medias para las variables altura de planta, largo de hoja y grosor del tallo en el tomate Taurino sobre 3 portainjertos .

Variables	Portainjertos		
	Tuareg	Aorta	Kardia
Altura de planta (cm)	163.0 NS	166.1 NS	169.7 NS
Largo de hoja (cm)	32.9 NS	32.5 NS	32.6 NS
Grosor del tallo (mm)	8.4 NS	8.9 NS	8.8 NS

NS: diferencia estadística no significativa ($p \leq .05$)

Altura de la planta

El anterior planteamiento encuentra respaldo en la literatura reciente, por ejemplo, Gong *et al.* (2022) evaluaron varios portainjertos con distintos niveles de vigor (vegetativo vs generativo) y observaron que, aunque se detectaron diferencias en biomasa y acumulación de minerales, los efectos sobre crecimiento vegetativo no fueron uniformemente pronunciados. De igual forma, Sun *et al.* (2021a) reportan

que, si bien algunos injertos mejoraron ciertos parámetros de crecimiento, no todos los portainjertos condujeron a incrementos significativos en altura en sistemas manejados en invernadero con fibra de coco. Por lo tanto, la ausencia de diferencias en altura, no es atípico: encaja con la tendencia que bajo condiciones no restrictivas, la ventaja de un portainjerto de mayor vigor puede ser nula.

Desde una perspectiva fisiológica, la altura de planta depende de múltiples factores: la capacidad del portainjerto para absorber y transportar agua y nutrientes, la compatibilidad con el vástago, la tasa de elongación del tallo y el equilibrio entre crecimiento vegetativo y reproductivo. Si el sistema radicular del portainjerto no impone limitaciones ni ofrece ventajas marcadas frente a otro, y el cultivo no está sometido a estrés, entonces el crecimiento en altura puede estar dominado por la genética del vástago o por la disponibilidad de recursos del entorno. En tu caso, la homogeneidad en las alturas medias sugiere que los tres portainjertos permitieron un desempeño suficientemente similar para que el factor portainjerto no fuera el que condicionó la variabilidad de altura.

Este hallazgo, aunque no se encontraron diferencias estadísticas, no se descarta que dichos portainjertos pudieran afectar otras variables (biomasa, rendimiento o respuesta a estrés), por lo que conviene considerar un enfoque más integral. Además, en condiciones de estrés (por ejemplo, déficit hídrico, salinidad, alta densidad) la ventaja de un portainjerto vigoroso podría manifestarse con mayor claridad, tal como reportan estudios en ambientes más restrictivos (Alqardaei *et al.*, 2024). Así, la presente investigación aporta evidencia de que, en condiciones estándar, la altura de planta puede no ser una variable sensible para distinguir efectos de portainjerto, y que sería valioso enfatizar otras métricas o condiciones de cultivo para evaluar ese efecto.

Largo de la hoja

En el presente estudio, la longitud de hoja no varió significativamente entre los portainjertos evaluados (32.9, 32.5 y 32.6 cm para Tuareg, Aorta y Kardia, respectivamente). Esto sugiere que, bajo las condiciones de cultivo empleadas y con la variedad de tomate utilizada, la selección de portainjerto no alteró de forma

detectable el tamaño de la hoja en términos de longitud. La homogeneidad en esta variable de crecimiento vegetativo refuerza la idea de que el portainjerto, en este caso, no condicionó la expansión foliar del vástago de manera relevante (Rajametov *et al.*, 2024).

En un trabajo sobre injerto de tomate bajo diferentes portainjertos y condiciones de invernadero, se observó que, aunque algunas variables vegetativas respondieron al portainjerto, el tamaño de la hoja fue menos sensible como indicador de efecto (Mohammed *et al.*, 2009; Latifah *et al.*, 2021). El hecho de que no se observaran diferencias en el largo de hoja implica que, para esta variable específicamente, la elección entre los portainjertos Tuareg, Aorta o Kardia no representa una ventaja diferencial en cuanto a la expansión foliar de la variedad utilizada. Sin embargo, es importante destacar que la ausencia de efecto en esta variable no implica ausencia de efecto en otras.

Grosor del tallo

En el presente estudio, el diámetro del tallo de las plantas de tomate no mostró diferencias estadísticas significativas entre los portainjertos evaluados (Tuareg = 8.4 mm; Aorta = 8.9 mm; Kardia = 8.8 mm). Aunque se observaron ligeras variaciones numéricas, estas no fueron suficientes para evidenciar un efecto diferencial del portainjerto sobre el desarrollo estructural del vástago. Este patrón indica que los tres portainjertos ofrecen niveles de vigor similares bajo las condiciones de cultivo empleadas.

La ausencia de diferencias coincide con lo reportado por diversas investigaciones en sistemas de producción de tomate injertado. Por ejemplo, (Gong *et al.*, 2022) realizaron una evaluación sistemática de combinaciones portainjerto–vástago y concluyeron que, aunque ciertos portainjertos pueden modificar parámetros como biomasa o distribución de nutrientes, su efecto sobre variables vegetativas como diámetro del tallo no siempre se manifiesta de manera consistente, especialmente bajo condiciones de cultivo óptimas. Esto apoya la idea de que cuando el ambiente no representa una limitante, las plantas pueden expresar su potencial de crecimiento independientemente del portainjerto utilizado.

De igual forma, en el estudio desarrollado por (Sun *et al.*, 2021a) en un sistema de invernadero con fibra de coco, varios portainjertos incrementaron el diámetro del tallo en comparación con plantas no injertadas. Sin embargo, los autores también señalaron que no todas las combinaciones mostraron incrementos significativos, resaltando que la respuesta depende fuertemente del contraste genético entre portainjertos, de la compatibilidad fisiológica y del ambiente. Esto concuerda con los resultados del presente estudio, donde los portainjertos evaluados son de vigor similar y la planta no enfrentó condiciones de estrés que pudieran amplificar diferencias estructurales.

Además, la fisiología del diámetro del tallo explica en gran medida la homogeneidad observada. Esta variable está determinada por la actividad del cambium vascular, el desarrollo del tejido xilemático y floemático, y la disponibilidad de fotoasimilados. Si los portainjertos proporcionan una absorción de agua y nutrientes equivalente, y el ambiente favorece un suministro adecuado de luz y carbohidratos, entonces la determinación del diámetro puede depender más de la genética del vástago que de la influencia del portainjerto. Esta relación fue demostrada por estudios como el de Latifah *et al.* (2021), quienes encontraron que las diferencias en diámetro de tallo son mayormente visibles cuando existe incompatibilidad injerto–portainjerto o cuando los portainjertos tienen contrastes marcados en vigor.

5. CONCLUSIÓN

En conjunto, las variables altura de planta, largo de hoja y diámetro del tallo no mostraron diferencias significativas en la planta de tomate variedad Taurino en los portainjertos evaluados -Tuareg, Aorta y Kardia-, lo que indica que, bajo las condiciones de cultivo del presente estudio, los tres materiales ejercieron un efecto similar sobre el crecimiento vegetativo del tomate. La uniformidad en estas variables sugiere que los portainjertos poseen niveles comparables de vigor y capacidad de absorción de recursos, o bien que el ambiente de producción proporcionó condiciones óptimas que permitieron al vástago expresar su potencial genético sin que el portainjerto influyera de manera diferenciada.

6. LITERATURA CITADA

- Aguilar, J. 2018. "Características de la planta de tomate." Mundohuerto
- Alqardaeai, T., A. Alharbi, M. Alenazi, A. Alomran, A. Elfeky, M. Osman, A. Obadi, A. Aldubai, N. R. Ortiz, V. Melino, M. Tester y Y. Pailles 2024. "Effect of tomato grafting onto novel and commercial rootstocks on improved salinity tolerance and enhanced growth, physiology, and yield in soilless culture." *Agronomy* 14: 1526.
- Alves, F. M., J. Madhumita, D. Djidonou, J. Vijay, C. N. Gomez y D. I. Leskovar 2021. "Respuestas fisiológicas y bioquímicas de plantas de tomate injertadas en *Solanum pennellii* y *Solanum peruvianum* en condiciones de déficit hídrico." *Frontiers in Plant Science* 10: 13P.
- ANOVE 2021. "Aportación social, económica y ambiental del sector obtentor al cultivo, distribución y consumo del tomate." Instituto Cerdá: 3-109.
- Aparecido-Gaion, L., A. D. Passo-Reis y D. G. Teixeira Machado 2020. "Beneficios de injertar en hortalizas." *Revista cultivas* Fecha de consulta agosto 2025 <https://revistacultivar-es.com/noticias/beneficios-del-injerto-en-hortalizas>.
- APS 2024. "La historia del tomate: exploración de la taxonomía, la biogeografía, la domesticación y el microbioma para una mayor resiliencia." 8: Fecha de consulta agosto 2025 <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PBIOMES-09-23-0091-MF>.
- Avila-Cubillos, E. P. 2015. "Tomate." Cámara de comercio Bogotá.
- Backgrounders 2021. "Taxonomía del tomate." Fecha de consulta agosto 2025: <https://letstalkscience.ca/educational-resources/backgrounders/tomato-taxonomy>.
- Barraza, F. 2004. "Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)." *Agronomía Colombiana*. 22: 81-90.
- Basto-Pool, C. I., E. Herrera-Parra y C. Hernández-Pinto 2017. "Importancia del injerto en hortalizas." *Bioagrocencias* 14: 18-24.

- Bayer, V. b. 2016. "Portainjertos de tomates." Fecha de consulta septiembre del 2025 <https://www.vegetables.bayer.com/es/es-es/recursos/noticias/portainjertos-de-tomates.html>.
- Bristow, S., L. H. Hernández-Espinoza, M. Bonarota y F. H. Barrios-Masias 2021. "Tomato rootstocks mediate plant-water relations and leaf nutrient profiles of a common scion under suboptimal soil temperatures." *Frontiers Plant Science* 11: 1-15.
- Cajamar, 2018
- Castillo-Chuc, J. M. 2018. "Historia de los injertos en plantas." Sociedad científica de DNZA A.C. <https://www.socied.org/single-post/2018/10/04/breve-historia-de-los-injertos-en-plantas>.
- CENIDA 2017. "Tomate Mexicano, fuente de betacaroteno y licopeno ": Fecha de consulta agosto 2025 <https://www.ciad.mx/tomate-mexicano-fuente-de-betacaroteno-y-licopeno/>.
- CENIDA 2024. "Tomate. Manual de buenas prácticas agrícolas con enfoque de adaptación al cambio climático. Ecuador." 5-141.
- FAO 2024. "Agricultural production statistics 2010–2023." Fecha de consulta: Noviembre 2025 <https://www.fao.org/statistics/highlights-archive/highlights-detail/agricultural-production-statistics-2010-2023/en?utm>.
- FAO 2025a. "Tomato production 2023." Fecha de consulta: noviembre 2025. Disponible en: <https://ourworldindata.org/grapher/tomato-production?ut>.
- FAO 2025b. "Clima." Fecha de consulta septiembre 2025 <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/tomato/en/>.
- FEN 2025. "Tomate" Fundación Española de la Nutrición: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/tomate.pdf&ved=2ahUKEwiFsPznkseQAxUDJUQIHajoGKoQFnoECB0QAQ&usg=AOvVaw3OcFgRoXjh9cguk_9evHwv.

- FIRA 2019. "Tomate rojo." Panorama Agroalimentario: 25 p.
- Fronk, L. y C. Schmidt 2023. "Injertar o no injertar." PennStare Extension: 12 p.
- Godoy-Hernández, H., J. Z. Castellanos-Ramos, G. Alcántar-González, M. Sandoval-Villa y J. J. Muñoz_Ramos 2008. "Efecto del injerto y nutrición de tomate sobre rendimiento, materia seca y extracción de nutrimentos." Terra Latinoamericana 27: 1-11.
- Gong, T., J. K. Brecht, K. E. Koch, S. F. Hutton y X. Zhao 2022. "A systematic assessment of how rootstock growth characteristics impact grafted tomato plant biomass, resource partitioning, yield, and fruit mineral composition." Frontiers in Plant Science 13: 948656.
- Hernández, M. I., M. B. Hernández y H. V. Figueroa 2016. "Evaluación de métodos de injerto de *Lycopersicum esculentum* Mill sobre patrón de tomate criollo (*Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*)." Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan 4: 61-67.
- Horti-Daily 2021. "Produccion mundial del tomate " fecha de consulta octubre del 2025 <https://www.hortidaily.com/article/9387133/worldwide-tomato-production-exceeds-186-800-million-kilos/?utm>.
- ICAMEX 2024. "Cultivo de Jitomate." Fecha de consulta agosto 2025 <https://icamex.edomex.gob.mx/jitomate> .
- INCMNSZ 2022. "Jitomate salatte." Fecha de consulta agosto 2025 <https://www.incmnsz.mx/2022/Huerto/Hortalizasyfrutales/Jitomate-Saladette.pdf>
- Intagri 2022. "Cómo polinizar una Tomate." Fecha de consulta octubre del 2025 <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/tecnicas-de-polinizacion-en-tomate-bajo-invernadero> .
- Khopade, R. Y., G. L. Sawargaonkar, S. Rakesh, M. S. Davala, Kishore K. K., Y. Siddam, R. Singh y 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.
- Latifah, E., A. Krismawati, M. Saeri, Z. Arifin, B. Warsiati, D. Setyorini, P. Prahardini, H. Soebagyo, D. Sihombing, S. Antarlina, E. Widaryanto, Ariffin y M. Maghfoer 2021. "Analysis of plant growth and yield in varieties of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) grafted onto different eggplant rootstocks." *International Journal of Agronomy* 9: 1-11.
- Martinez, S., M. Garbi, M. C. Grimaldi y J. Somoza 2014a. "Evaluación de la respuesta agronómica de plantas de tomate injertadas en cultivo bajo invernadero." *Revista de la Facultad de Agronomía* 113: 218-223
- Martinez, S., M. Garbi, M. C. Grimaldi, J. Somoza, G. Morelli y C. Cerisola 2014b. "Evaluación de la respuesta agronómica de plantas de tomate injertadas en cultivo bajo invernadero." *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 113: 218-223.
- Mohammed, S. M. T., M. Huimdan, M. Boras y O. A. Abdalla 2009. "Effect of grafting tomato on different rootstocks on growth and productivity under glasshouse conditions." *Asian Journal of Agricultural Research* 3: 47-54.
- Mondragón-Sosa, L. 2013. "Producción de jitomate en invernadero." *ICAMEX*: 1-38.
- Murillo-Pérez, G. y A. Rodríguez 2021. "Claves dicotómicas para las especies de *Solanum* (*Solanaceae*) en México." *Botanical Sciences* 99: 34.
- Namesny, 2015
- Rajametov, S., H.-B. Jeong, E.-Y. Yang y M.-C. Cho 2024. "The effect of grafting on vegetative and reproductive traits of tomato." *Vegetable crops of Russia* 1: 12-20.
- Rosique , M. 2014. "Tomates determinados o indeterminados ¿Qué variedad de tomate escoger?" Fecha de consulta septiembre 2025 <https://www.planteaenverde.es/blog/tomates-determinados-o-indeterminados-que-variedad-de-tomate-escoger/>.

- Serrano - Cermeivo, Z. 2017. " Poda y entutorado del tomate." Ministerio de agricultura 73: 1-20.
- SIAP 2024. "Escenario mensual de productos agroalimentarios: Tomate rojo." Fecha de consulta: noviembre 2025. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/938464/Jitomate_Julio.pdf?utm.
- Silva, E., S. Mendonça y M. Moraes 2023. "Trends and gaps in tomato grafting literature: a systematic approach." Spanish Journal of Agricultural Research 21: e0904.
- Singh, H. 2017. "Tomato grafting: a global perspective." Scientia Horticulturae, 215.
- Sun, L., W. Zhao, M. Jiang, R. Yang, X. Sun, J. Wang y S. Wang 2021a. "Rootstock screening for greenhouse tomato production under a coconut coir cultivation system." Chilean journal of agricultural research 8: 202-209.
- Sun, L., W. Zhao, M. Jiang, R. Yang, X. Sun, J. Wang y S. Wang 2021b. "Rootstock screening for greenhouse tomato production under a coconut coir cultivation system." Chilean journal of agricultural research 81: 202-209.
- Swamy, K. R. M. 2023. "Origen, distribución, taxonomía, descripción botánica, diversidad genética y mejora del tomate (*Solanum lycopersicum* L.)." International Journal of Development Research 13: 62364-62387
- Tendata 2025. "Principales exportadores mundiales de tomate por país y empresa en 2024." Fecha de consulta octubre del 2025 <https://www.tendata.com/blogs/export/6586.html?utm>
- Velasco-Alvarado, M. J., R. Castro-Brindis y E. Avitia-García 2017. "Proceso de unión del injerto de empalme en jitomate (*Solanum lycopersicum* L.)." Revista Mexicana de ciencias agrícolas 8: 8 p.
- Venema, J. H., B. E. Dijk, J. M. M. Bax, P. R. Van Hasselt y J. T. M. Elzenga 2008. "Grafting tomato (*Solanum lycopersicum*) onto the rootstock of a high-altitude

accession of *Solanum habrochaites* improves suboptimal-temperature tolerance." *Environmental and Experimental Botany* 63: 359-367.

Vidal, J., O. Santiago-Trinidad y R. Reynoso Santos 2022. "Manual técnico de producción de injertos de cedro rojo (*Cedrela odorata* L.)." Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/755792/Manual_tcnico_de_produccion_de_injertos_de_cedro_rojo_DIGITAL_compressed__1_.pdf
Fecha de consulta agosto 2025.