

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación de la Calidad de Fruto de Tres Injertos de Tomate Saladette en Etapas Avanzadas de Producción

Por:

JUAN DOLORES PÉREZ LÓPEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación de la Calidad de Fruto de Tres Injertos de Tomate Saladette en Étapas
Avanzadas de Producción

Por:

JUAN DOLORES PÉREZ LÓPEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dr. Alberto Sandoval Rangel
Asesor Principal Interno

M.C. Felicito Ausencio Díaz Vázquez
Asesor Principal Externo

Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente
Coasesor

Dr. Antonio Flores Naveda
Coasesor

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Coordinador Interino de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2023

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Juan Dolores Pérez López

AGRADECIMIENTOS

A Dios, en primer lugar, por nuestra existencia en este breve pasaje en este mundo y permitirme llegar a este punto de mi existir.

A mi “Alma Mater” en su centenario por darme la oportunidad de estudiar una carrera universitaria y a ese gran hombre Don Antonio Narro Rodríguez nuestro benefactor.

A mis asesores, Dr. Alberto Sandoval Rangel y al M.C. Felicito Ausencio Díaz Vázquez por su incansable enseñanza, su paciencia y sobre todo el apoyo para realizar este proyecto de investigación.

A mi hermanita, Reyna Elisa Pérez López por estar aquí conmigo en la pobreza.

A mis sobrinos, Yanel Pérez López y a Eleazar Pérez López por estar al inicio y al final de esta etapa.

A mis amigos, Uriel Colín Hernández, Lizbeth González Monreal, Blanca Azucena Pérez Hernández y Fabián Bermúdez Tadeo por formar parte de mi vida y por su apoyo durante mi estancia en la universidad.

DEDICATORIAS

A mi madre, Norma López Álvarez por estar conmigo apoyándome en mi camino, por ser mi motivo de existir y demostrar su valentía, su fortaleza, el nunca rendirse a pesar de las dificultades de la vida, por sus regaños, sus consejos y todo el sacrificio que hizo por mí y por mis hermanos.

A mis hermanos, Antonia, María Elena, Bernardino, Reyna Elisa, Bieelca Inés, Gabriel y Ezequiel, por la gracia de ser mis hermanos y estar en mi vida en los buenos y malos momentos.

A mis tías, Angélica, Obdulia y Matilde que en la medida posible estuvieron apoyándome en el transcurso de este camino.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIAS	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo General	3
1.2 Objetivos Específicos	3
1.3 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Importancia del Cultivo	4
2.1.1 Importancia nacional	4
2.1.2 Importancia internacional	5
2.2 Agronomía del cultivo	5
2.2.1 Taxonomía del cultivo	5
2.2.2 Fisiología del cultivo	6
2.2.3 Fenología del cultivo	7
2.2.4 Requerimientos edafoclimatológicos	8
2.2.5 Requerimientos nutricionales	9
2.2.6 Manejo agronómico del cultivo	10
2.3 El injerto en hortalizas	13
2.3.1 Objetivos y consideraciones	13
2.3.2 Efectos del injerto sobre la productividad	14
2.4 La calidad del fruto en tomate injertado	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1 Ubicación del experimento	16
3.2 Material genético	16
3.3 Diseño experimental	16
3.4 Metodología experimental	16
3.5 Variables evaluadas	17
3.6 Análisis estadístico	18

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
V. CONCLUSIONES	27
VI. BIBLIOGRAFÍA	28

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1. Análisis de varianza ($P \leq 0.05$) de las variables de productividad y calidad del fruto de tomate por efecto del injerto.....	19
Tabla 2. Medias estadísticas (LSD Fisher, $P \leq 0.05$) obtenidas por efecto del portainjerto, en variables de productividad y calidad de fruto de tomate.....	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento dinámico de la variable Peso del Fruto en los racimos evaluados.....	20
Figura 2. Comportamiento dinámico de la variable Diámetro Polar como efecto del injerto, en cultivo de tomate	21
Figura 3. Comportamiento dinámico de la variable Diámetro Ecuatorial del fruto de tomate por efecto del injerto empleado.	22
Figura 4. Comportamiento dinámico de la variable Firmeza del Fruto durante el periodo de evaluación, como efecto de injerto diferenciado	23
Figura 5. Comportamiento dinámico de la variable Sólidos Solubles Totales en fruto de tomate, como efecto del portainjerto.....	24
Figura 6. Comportamiento dinámico de la variable Grosor de Pulpa de fruto de tomate, por efecto del portainjerto.....	25
Figura 7. Comportamiento dinámico de la variable Número de Lóculos en el cultivo de tomate, como efecto del injerto.	26

RESUMEN

La evaluación del estado físico y químico del fruto de tomate es de suma importancia para cumplir los estándares de calidad y poder llegar al consumidor en óptimas condiciones, ya que un fruto en excelente estado físico es más apetecible para el consumidor. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tres portainjertos de tomate sobre la calidad de fruta en etapas avanzadas de producción. Este trabajo se estableció en invernadero de baja tecnología, empleando plántulas con 45 días de edad las cuales fueron establecidas en suelo. Mediante un sistema de riego por goteo se suministró el riego y la nutrición mineral con una solución Steiner, con CE de 2.53 dS m^{-1} y un pH de 6.1. El experimento se estableció bajo un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones, los tratamientos consistieron en tres combinaciones de injertos de tomate de crecimiento indeterminado, como injerto se empleó El Cid F1 con plantas a doble tallo (Harris & Moran, CA, USA) y como portainjertos se emplearon HMC21013 (Harris & Moran, CA, USA), Maxifort (De Ruiters, Bayer, Leverkusen, Alemania) y Empower (Nunhems, Bayer, Leverkusen, Alemania). Los parámetros evaluados fueron Peso de Fruto (PF), Diámetro Polar (DP), Diámetro Ecuatorial (DE), Sólidos Solubles Totales (SST), Firmeza del Fruto (FF) y Número de Lóculos (NL) en etapa avanzada de producción, a partir del racimo 12 al racimo 21. Se aplicó un análisis de varianza ($P \leq 0.05$) bajo un modelo de bloques completos al azar y se realizó una prueba de comparación de medias de LSD de Fisher ($P \leq 0.05$). El ANOVA no encontró diferencia significativa en la mayoría de los parámetros con excepción del parámetro NL que fue significativo, destacando el injerto El Cid/Empower. Esto nos da como resultado que los injertos no impactan significativamente en la calidad de fruto cuando la planta se encuentra en etapas avanzadas de desarrollo, observándose un mayor efecto del manejo nutricional sobre los parámetros evaluados durante el periodo de evaluación.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate mexicano posiciona al país en primer lugar como proveedor de este producto con una participación en el mercado internacional de 25.11 % del valor total de las exportaciones. Aunque sufrió una reducción en la superficie sembrada en el año 2003 al 2016, aún con esta reducción presentó un crecimiento acumulado en la producción de frutos cosechados de 54.25% y por lo tanto las exportaciones incrementaron en un 77.87%, de esta manera el tomate se convirtió en el cultivo de mayor incremento en la productividad (SAGARPA, 2017).

En el año 2030, se espera un incremento de la demanda de aproximadamente 8.92 a 11.78 miles de millones de toneladas (Mmt), lo que representa un aumento acumulado del 32.10%. Con respecto a este incremento en la demanda, México tiene la capacidad de incrementar de 3.35 a 7.56 Mmt, esto representa un incremento acumulado del doble de la producción con un 125.80%. Con respecto a este panorama, se recomienda destinar 2.06 Mmt al mercado nacional y los 5.5 Mmt restante a la exportación (SAGARPA, 2017).

Un factor importante en la producción de tomate, es la nutrición, puesto que el cultivo presenta reducciones considerables cuando se aplica un manejo nutricional deficiente. Así por ejemplo, la aplicación de nitrógeno (N) superior a 150 kg ha⁻¹ mejora significativamente el rendimiento del fruto y peso medio del fruto, así como también homogeniza la firmeza y el tamaño de la fruta. La aplicación de N mayor a 100 kg ha⁻¹ reduce la quemadura de los frutos por el sol, esto probablemente es debido al aumento del dosel de la sombra que cubre los frutos. Así mismo se observó que un aumento de N de 250 kg ha⁻¹ reduce el contenido de materia seca, sólidos solubles, glucosa, fructosa, contenido de ácido ascórbico y el pH. Por consiguiente se menciona que aplicar 200 kg ha⁻¹ es suficiente para mejorar el rendimiento y mantener la calidad física y química del fruto (Parisi *et al.*, 2022). Mientras tanto otros autores mencionan que para obtener un óptimo contenido de sólidos solubles totales (SST) es recomendable un aporte de agua moderado (75%) y un alto nivel de fertilización N= 240 - P₂O₅= 120 - K₂O= 150 kg (Wang & Xing, 2017).

La aplicación quelatos de calcio a una concentración del 0.15% reduce la aparición de la pudrición apical del fruto de tomate y en consecuencia mejora la firmeza del fruto, aumentando la vida en el transporte del fruto (Cardona *et al.*, 2005).

Otro factor importante en la producción de tomate es la realización de injertos, los cuales mejora la tolerancia a patógenos como nematodos y enfermedades foliares pero también, unos de los principales objetivos de los injertos es mejorar la estructura de la planta, alargar el periodo de cosecha, aumentar el rendimiento del fruto y la calidad de la misma, aumentar la vida de anaquel, hacer más eficiente la absorción de nutrientes, aumentar la tolerancia a temperaturas adversas, tolerancia a la salinidad, a la sequias y encharcamientos (Colla *et al.*, 2017).

Las plantas injertadas producen un sistema radicular más vigoroso, con mayor densidad de pelos radiculares y esto se traduce en una mayor absorción de agua y nutrientes, por lo que se traduce en un aumento de la producción (Savvas *et al.*, 2010). Cuando se utiliza un porta injerto tolerante a la salinidad sobre una púa no tolerante, mejora el rendimiento, el tamaño de la fruta y algunas propiedades de la fruta en condiciones salinas (Coban *et al.*, 2020). El porta injerto *D. stramonium* por su alta compatibilidad con púas presenta características favorables como mejoras en la morfología, fisiología, bioquímica y mejorar la productividad. También expresó una mejor osmorregulación, potencial hídrico y una mejor fotosensibilidad, haciéndolo más tolerante a la salinidad (Tejada-Alvarado *et al.*, 2023). Lo anterior demuestra la importancia del manejo nutricional y el efecto del portainjerto sobre parámetros de calidad de fruto, aunque no existe evidencia de un efecto significativo de este último factor en etapas avanzadas de producción de tomate, por ello el objetivo de la investigación es:

1.1 Objetivo General

Evaluar el efecto diferencial del portainjerto sobre la expresión en términos de productividad de un injerto común, bajo un esquema similar de nutrición mineral, en el cultivo de tomate tipo roma de crecimiento indeterminado, bajo condiciones protegidas, en etapas avanzadas de producción.

1.2 Objetivos Específicos

1. Determinar en términos de productividad el mejor portainjerto evaluado bajo las condiciones determinadas
2. Analizar de forma explicativa el efecto del portainjerto sobre la productividad en etapas avanzadas del cultivo
3. Evaluar la calidad del fruto obtenido en etapas avanzadas de producción
4. Determinar los efectos de la nutrición mineral mediante un análisis temporal de la evolución de las variables.

1.3 Hipótesis

H₁: Al menos un portainjerto evaluado genera una mejora en la productividad y calidad del fruto del injerto de tomate, en etapas avanzadas de desarrollo de la planta y ciclo productivo.

H₀: Ninguno de los injertos evaluados modifica el comportamiento productivo y calidad del fruto en etapas avanzadas de desarrollo del cultivo y ciclo productivo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia del Cultivo

El cultivo de tomate representa el 20.8% de participación en la producción nacional de hortalizas, mientras que su consumo anual *per cápita* promedia 12.4 kg. Presenta una producción estacional cercana al 23.2% del total anual en los meses de octubre y noviembre, mientras que la producción se reduce en los meses de marzo, junio y julio (SIAP, 2022).

El tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) es empleado en la dieta de la mayoría de la población mundial en ensaladas y en jugo fresco, sin embargo, una parte importante de la producción se destina también a la industria alimentaria, la cual procesa los frutos en innumerables formas, desde jugos, purés, enteros, enlatados y fritos, hasta una variedad de salsas picantes y dulces, mermeladas, ingredientes alimentarios para preparar sabores, aderezos y otros productos (SAGARPA, 2017).

2.1.1 Importancia nacional

La producción nacional es tal, que el 3% de la producción mundial se origina en México (SIAP, 2020). El jitomate es la hortaliza que más se produce en el país, ya que se cultiva para atender la demanda interna y la externa. Para el año 2022, la producción nacional alcanzó un promedio de 3 185 507 t, se observan reducciones considerables respecto a años anteriores, como resultado indirecto del precio de fertilizantes, la crisis por la guerra y problemas en el suministro de combustibles y el efecto residual de la pandemia por COVID-19 (SIAP, 2023)

En México se siembra esta hortaliza en las 31 entidades federativas con una superficie total sembrada en 2022 de 48 179 ha, de las cuales se cosecharon 3 185 507 t (SIAP, 2023). Esta producción se distribuye de la siguiente manera: Sinaloa ocupa el primer lugar nacional, seguido por San Luis Potosí, Michoacán y Baja California Sur con una aportación de 637 134 t, 374 791 t, 274 883 t y 177 049 t respectivamente (SIAP, 2023), Coahuila ocupa el quinceavo lugar en el ranking nacional con un total de 75 754 t (SIAP, 2023).

2.1.2 Importancia internacional

Entre las hortalizas que México comercializa al exterior, el tomate es de las más importantes por su beneficio económico. Tan solo en 2019 se exportó un volumen total de 1 690 000 t (SIAP, 2020), mientras que en 2021 se alcanzó un volumen de exportación de 1 729 505 t (SIAP, 2022).

En términos de exportación, el principal cliente es Estados Unidos de América, ya que en 2019 este intercambio comercial dejó una derrama económica con total de \$USD 1 740 000 890 (SIAP, 2020), mientras que en 2021 este intercambio comercial generó un ingreso de \$USD 1 956 130.157, adicionalmente, se realizan exportaciones a Canadá, Japón, Emiratos Árabes y Singapur (SIAP, 2022). En el esquema internacional México ocupa el noveno lugar en el ranking mundial en producción de tomate con total de 3 324 263 t (SIAP, 2022). Esta hortaliza ocupa cuarto lugar en productos exportados después de la cerveza, aguacate y berries (SIAP, 2020).

2.2 Agronomía del cultivo

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es un cultivo cuyos orígenes aunque discutidos, concuerdan en que pudieron ubicarse en Perú o México, o incluso en algunos casos se considera que pudo llevarse a cabo de forma simultánea en ambos territorios geográficos (Rick y Fobes, 1975)(Peralta y Spooner, 2007).

En la actualidad, existe una diversidad genética que permite la obtención de frutos con diversas propiedades y características, además, el manejo agronómico ha evolucionado en función de esta diversidad genética (Allende *et al.* 2017)(Mastretta-Yanes *et al.*, 2019).

2.2.1 Taxonomía del cultivo

En los últimos años, se ha generado controversias acerca de la clasificación taxonómica del cultivo, así, en 1881, Philip Millar clasificó al cultivo dentro del género *Lycopersicon* denominándolo *Lycopersicon esculentum*, sin embargo, existía un antecedente en 1753, cuando Carl von Linné (C. Linneo) al sentar las bases de la taxonomía moderna y de las especies conocidas, clasificó al cultivo en el género *Solanum*, por lo que el nombre científico reconocido es *Solanum lycopersicum* L. (Escobar y Lee, 2009).

Según (Vibrans, 2009) la taxonomía es la siguiente.

Reino.....Plantae
Subreino.....Traqueobionta
Superdivisión.....Spermatophyta
División.....Magnoliophyta
Clase..... Magnoliopsida
Subclase.....Asteridae
Orden Solanales
Familia..... Solaneceae
Genero..... *Solanum*
Especie..... *S. lycopersicum*

2.2.2 Fisiología del cultivo

La planta de tomate es de comportamiento herbáceo de porte arbustivo, aunque los genotipos de crecimiento indeterminado presentan una tendencia más generativa, por ende puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta, presentan tallo semileñoso y raíces principales cortas con abundante desarrollo de raíces secundarias (Escobar y Lee, 2009)(Baudoin, 2017), de forma específica, las partes que integran la planta se detallan como sigue:

Tallo: Es ligeramente angulado, con diámetro de 2-4 cm en la base, a lo largo del tallo se desarrolla el área foliar (hojas) e inflorescencias que posteriormente formarán frutos, se conforma por epidermis, pelos glandulares, corteza, cilindro vascular (xilema) y tejido medular (Escobar y Lee, 2009)(Baudoin, 2017).

Raíz: Originalmente, la morfología radicular presenta un sistema con raíz principal pivotante, sobre todo en estado de plántula, sin embargo, el trasplante puede dañar la raíz principal por lo que en etapas de desarrollo posteriores se puede observar mayor dominancia de raíces secundarias, formando mayor volumen en los primeros 30 cm, aunque se puede encontrar raíces del cultivo a 2 m de profundidad (Baudoin, 2017).

Hojas: Las hojas del tomate están compuestas de folíolos alternos e impares, son imparipinnadas, lo que significa que terminan en un folíolo individual en el ápice, el número de hojas está determinado por el tipo de crecimiento y temperatura ambiental. En plantas con crecimiento determinado se desarrollan 2.5 hojas por semana, siempre que la temperatura se mantenga en un promedio de 23 °C (Escobar y Lee, 2009)

Flor: Las flores se presentan en ramificaciones florales (inflorescencias), en algunos casos con bifurcaciones de hasta 16 flores o más. Cada flor está compuesta por 5 o más sépalos y una cantidad similar de pétalos de color amarillo dispuestos de forma helicoidal, una cantidad similar de estambres se presentan, con una unión de las anteras que los mantiene pegados al gineceo (estilo-estigma), lo que disminuye el porcentaje de polinización cruzada, el ovario de la flor es bi o plurilocular, mientras que las inflorescencias surgen a una distancia de 2-3 hojas (Baudoin, 2017). Se considera una flor perfecta, con órganos masculinos y femeninos completamente funcionales, en variedades de crecimiento indeterminado se pueden producir hasta 20 o más inflorescencias, formándose cada una con un intervalo de semana y media (Escobar y Lee, 2009).

Fruto: Es una baya plurilocular, con un peso máximo de 600 g, morfológicamente formado por el pericarpio, tejido placentario y semillas (Baudoin, 2017). Se compone de 94-95% de agua, mientras que el restante 5-6% corresponde a compuestos orgánicos y minerales, los primeros frutos requieren de 60-75 días para su cuaje y comienzo de formación, la formación del fruto tarda de 60 a 70 días desde el cuaje hasta su cosecha (Escobar & Lee, 2009).

Semilla: Se considera como semilla ortodoxa (tolerante a deshidratación), dicotiledónea, de germinación epigea (cotiledones y restos de semilla sobre el suelo). Presenta diversas formas desde ovaladas hasta redondas o achatadas. Constituida por embrión, endospermo y testa, recubierta de pelos. Las semillas maduras, formadas completamente, cuando el fruto está en etapa de madurez de cosecha, están inmersas en mucilago (Baudoin, 2017).

2.2.3 Fenología del cultivo

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tiene un ciclo biológico que dura aproximadamente 4 a 7 meses desde la siembra, hasta la producción de la nueva semilla (IPTA, 2018). Para la producción de esta hortaliza su ciclo fenológico está dividido en cinco etapas bien marcadas y estas son: Establecimiento de la plántula joven, crecimiento vegetativo, floración e inicio de cuaje de fruto, inicio del desarrollo del fruto y maduración de la fruta.

Establecimiento de la planta joven: Abarca el periodo inicial de formación de las partes aéreas de la planta, conocido como desarrollo de la plántula, este periodo demanda alrededor de 20-30 días (INTA, 2017).

Crecimiento vegetativo: Esta etapa abarca las primeras 40 o 45 días después de sembrar semillas, a partir de los cuales empieza un crecimiento continuo que son aproximadamente 4 semanas un desarrollo acelerado (INTA, 2017).

Floración e inicio de cuaje del fruto: Este tiempo va desde los 20 a 40 días después del trasplante hasta el final del ciclo de la cosecha.

El cuaje de fruto: Este proceso comienza desde la fecundación o polinización de las flores hasta el inicio de su transformación en fruto (INTA, 2017).

Inicio del desarrollo de la fruta: El inicio de esta etapa ocurre con la fecundación lo cual esta propiciada por el viento o insectos polinizadores, cuando inicia esta etapa, la fruta por lo general no está propensa a caer y tampoco presenta rastros de floración. El crecimiento del fruto y la acumulación de la materia seca presenta un ritmo relativamente estable, hasta alcanzar las tres etapas de maduración (INTA, 2017).

Maduración de la fruta: Por lo regular esta etapa inicia a los 80 días después del trasplante de la plántula, influyendo en ella la variedad, nutrición y los estados climatológicos.

Otra forma de clasificar la fenología del cultivo es en dos etapas generales, caracterizadas por el proceso principal llevado a cabo en cada etapa, así, (Baudoin, 2017) describe la fenología del cultivo en: Etapa vegetativa y etapa reproductiva.

La etapa vegetativa comprende el periodo de la siembra hasta la aparición del primer racimo floral. Esta etapa puede dividirse en dos fases, la primera comprendida desde la siembra en semillero hasta el trasplante, mientras que la segunda se considera desde el trasplante hasta la aparición de la primera inflorescencia.

La etapa reproductiva comprende la formación del primer racimo floral (30-35 días después del trasplante) hasta la cosecha. De igual manera puede dividirse en tres fases: Floración y cuaje (20-40 días después del trasplante), desarrollo de fruto y madurez fisiológica y de cosecha.

2.2.4 Requerimientos edafoclimatológicos

En términos generales según ICAMEX (2023). Las condiciones para un óptimo desarrollo y producción del tomate son: Temperatura de 22 °C durante el día, 15 a 17 °C por la noche, la máxima es de 30 °C y la mínima de 8 °C, humedad relativa de 60%, máxima 70 y mínima 50%, 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad, humedad del suelo por debajo de capacidad de campo.

Otros autores mencionan lo siguiente:

Temperatura: La temperatura es el parámetro que más influye en crecimiento y desarrollo del cultivo. La temperatura máxima diurna es de 30 °C, óptima de 25 a

27 °C, máxima nocturna de 27 °C, óptima de 15 a 20 °C (IPTA, 2018). Otros autores reportan una óptima diurna de 21-28 °C y óptima nocturna de 17-18 °C (Zamora, 2016). A temperatura de 8-12 °C se reduce la actividad metabólica y absorción y transporte de nutrientes, siendo más observable para fósforo con pigmentación violeta en hoja, si la temperatura se prolonga puede reducirse el flujo de calcio. Temperaturas por encima de 32-36 °C afectan la polinización, ocurre oxidación, déficit de calcio y abortos (Baudoin, 2017)

Humedad relativa: El adecuado manejo de la humedad dentro del invernadero es un factor importante para un óptimo desarrollo de las plantas. En términos generales, se recomienda una humedad relativa del 65-75% durante el día y del 80-90% durante la noche. Los valores extremos contribuyen a la reducción del área foliar y al aumento del aborto de las flores y frutos. Un buen manejo de la ventilación nos ayuda a eliminar los excesos de la humedad, que normalmente se ven reducidos por la noche (Mendoza-Pérez *et al.*, 2018).

Luminosidad: La luz juega un papel dominante en el óptimo desarrollo de las plantas y es esencial para llevar a cabo fotosíntesis. La luz natural es una fuente disponible, pero en ocasiones no es suficiente para la horticultura. Como resultado de esta insuficiencia, se usa la iluminación artificial para mejorar el rendimiento y la calidad, esto se ha vuelto más frecuente en la agricultura. Cada cultivo presenta diferente sensibilidad a la luz de colores y la intensidad de la misma. Con respecto a las fuentes de energía ligera para los cultivos, una respuesta positiva es importante para obtener resultados óptimos para la producción en las plantas. Solo el 50% de la luz natural llega a la planta a través del plástico de invernadero. Los parámetros característicos o indicadores de la luz están determinados por su calidad, cantidad y duración (IPTA, 2018).

Se debe manejar suficiente espaciamiento entre plantas para reducir el sombreado. El exceso de sombreado reduce el balance entre la luz roja cercana (660 nm) y la luz roja lejana (730 nm), generando crecimiento acelerado. Es importante manejar el tipo de cubierta y la limpieza de las mismas para disminuir el opacamiento de las películas de invernadero (Baudoin, 2017)

Exigencia del suelo: Prefiere suelos profundos, mullidos, bien aireados, con buena proporción de materia orgánica, con un pH ligeramente ácido (SAGARPA, 2017). Otros autores mencionan que la planta prefiere suelos ligeros, profundos con buen drenaje y un pH que varía muy poco entre 6 y 7 (ICAMEX, 2023).

2.2.5 Requerimientos nutricionales

El tomate, al igual que otros cultivos, requieren de elementos esenciales que son indispensables para el correcto funcionamiento fisiológico y para un desarrollo

completo de su ciclo (Allende *et al.*, 2017). La finalidad de un programa de nutrición en el cultivo de tomate, es la de proveer a la planta de los compuestos minerales o iónicos en la dosis, forma, lugar y momento oportuno para optimizar su absorción (Allende *et al.*, 2017).

El aporte esperado de los 17 elementos esenciales por medio de una fertilización, surge de la suma de las necesidades de la planta y cuando el aporte del suelo es insuficiente para determinados elementos. Esta deficiencia de nutrientes se hace presente cuando los nutrientes son pocos móviles y no llegan al sitio de demanda en la planta como hojas, flores o frutos cuajados. En caso de déficit de nutrientes este será suministrado por vía suelo o foliar dependiendo el caso (Allende *et al.*, 2017). El requerimiento en kg de los iones o nutrientes en el cultivo de tomate por tonelada de fruta producida pueden ser como sigue: N: 2.6, P: 0.5, K: 3.9, Ca: 1.6 y Mg: 0.4 (Allende *et al.*, 2017).

Para una producción aproximada en invernadero de 240 t ha⁻¹, con genotipos de crecimiento indeterminado, el requerimiento del cultivo asciende a 608 kg de N, 158 kg de P, 1065 kg de K, 491 kg de Ca y 152 kg de Mg (Baudoin, 2017). Otros autores presentan la demanda mineral del cultivo en kg t⁻¹ de fruto, los cuales ascienden a 2.6 kg de N, 0.5 kg de P, 3.9 kg de K, 1.6 kg de Ca y 0.4 kg de Mg (Allende *et al.*, 2017).

En esquemas de fertirriego, el aporte nutricional debe considerar el balance iónico de la solución nutritiva, una solución para tomate establecido en suelo de acuerdo con Escobar y Lee (2009) se compone de los siguientes macroelementos (mmol L⁻¹): NH₄⁺: 0.5, NO₃⁻: 9.4, H₂PO₄⁻: 1, K⁺: 5, Ca²⁺: 2, Mg²⁺: 1.5, SO₄²⁻: 1.05, mientras que también requiere de los siguientes microelementos (mg L⁻¹): Fe⁺³: 3.9, Mn⁺²: 1.4, Cu: 0.08, Zn: 0.26, B: 0.3, Mo: 0.05.

2.2.6 Manejo agronómico del cultivo

Siembra: La siembra generalmente se lleva a cabo en charolas plásticas, rellenas con sustrato orgánico, como Peat Moss, combinado con algunos sustratos inorgánicos como Perlita o Vermiculita, las cuales proporcionan mayor porosidad al sustrato. Es de vital importancia asegurar la humedad y temperatura de las charolas. En promedio, la temperatura de germinación debe estar en 25 °C. Al momento de visualizar las primeras semillas germinadas, se retira el plástico y se distribuyen las charolas en el lugar delimitado (Jasso *et al.*, 2012)

Trasplante: Esta etapa es cuando la planta será transferida del semillero al suelo o sustrato. El tiempo adecuado del trasplante definitivo de la plántula será cuando la planta presente 3 a 4 hojas reales (4-5 semanas después de la siembra) la densidad será de acuerdo al sistema de producción elegido (FAO, 2013).

Poda: Es una práctica cultural de suma importancia ya que permite tener plantas equilibradas y vigorosas y por lo tanto buscar que los frutos no se oculten entre el follaje, que esto permite tenerlos aireados, así evitando condensaciones en el área del fruto (Jasso *et al.*, 2012)

La poda es la eliminación de cualquier tipo de estructura vegetal. El principal objetivo de la poda es equilibrar el crecimiento reproductivo y vegetativo para que los fotoasimilados se dirijan a la fruta, pero también tienen otras ventajas, principalmente fitosanitarias. Hay básicamente cuatro tipos de poda: Poda de formación, poda de yemas o chupones, poda de flores y frutos y poda de hojas bajas (Escobar y Lee, 2009).

Tutoreo: Es una práctica cultural obligatoria en el cultivo de tomate, siempre y cuando el cultivo se desarrolle en condiciones protegidas (invernadero) y sea una variedad de crecimiento indeterminado. Para esta práctica, se deben contar con la infraestructura necesaria como estructuras metálicas, alambre galvanizado calibre 10, ganchos, anillos guía y rafia. La altura de las guías será de aproximadamente 2.5 metros sobre el suelo y se construirá con tubería de acero galvanizada de 2 pulgadas de diámetro; un cable de calibre 10 se adjunta a la parte superior de la tubería a la que se unirán los ganchos utilizados para conducir la planta. Se utiliza anillos de plástico y rafia para conducir el cuerpo de la planta (Jasso *et al.*, 2012).

Nutrición: La nutrición es la aplicación de elementos minerales que son necesarios e incluye el proceso de absorción de los mismos para el óptimo desarrollo y metabolismo de la planta; los nutrientes se refieren a los compuestos químicos que necesita un organismo (Mengel y Kirkby, 2000). En esquemas de producción en invernadero, generalmente la nutrición es aplicada mediante sistemas de fertirriego. Al respecto Steiner (1961) propuso una solución nutritiva balanceada, que permite cumplir con los requerimientos del cultivo. Estas soluciones pueden ser adecuadas a la etapa fenológica, al interés del productor y consideran en su elaboración el aporte del suelo y agua (Santos y Ríos, 2016).

La fertilización de diferente tipo da resultados significativos el peso seco. En lo particular con la fertilización inorgánica se presenta una mayor producción de biomasa con respecto a la fertilización orgánica y sin fertilización (Bilalis *et al.*, 2018).

Para la fertilización puede emplearse cualquiera de las técnicas conocidas, desde fertilización edáfica mediante fertilizantes de lenta liberación (granulados), fertilización foliar y fertirrigación, para ello debe considerarse el contenido mineral de suelo y agua, además de contar con un manejo y conocimiento sobre el requerimiento del cultivo (Baudoin, 2017)

Manejo de plagas y enfermedades: El cultivo de tomate es atacado por diversas plagas y enfermedades en las diversas etapas de cultivo, dentro de las principales enfermedades del cultivo, se encuentran:

Mancha bacteriana (*Pseudomonas syringae*): Genera manchas y pecas tanto en fruto como en hojas, de coloración marrón y halos amarillos, exceso de humedad y temperaturas de 20 °C promueven su propagación, su control se basa en la aplicación de bactericidas y productos a base de cobre, además de la regulación de temperatura y humedad del ambiente (Baudoin, 2017)

Cáncer bacteriano (*Clavibacter michiganensis*): Genera marchitamiento y desecación de hojas, estrías y canchales en tallos, consistencia pastosa y amarillenta en la medula, condiciones de alta humedad relativa, temperaturas de 18-25 °C y el aporte alto de N fomentan su propagación, el control debe basarse en medidas de control de higiene, eliminación de plantas enfermas y uso de variedades resistentes (Escobar & Lee, 2009)

Tizón temprano (*Alternaria solani*): Generación de zonas necróticas en hojas viejas, lesiones circulares de color café a negro, se pueden observar las mismas lesiones en tallo y pedúnculos, la humedad relativa alta y temperaturas de 18-15 °C, así como periodos de alta humedad seguidos de periodos secos permiten acelerar la esporulación, el control consiste en la aplicación de Azoxystrobin, Clorotalonil, Iprodione, Mancozeb, Fluopiram/Tebuconazole (Escobar y Lee, 2009) (Allende *et al.*, 2017).

Tizón tardío (*Phytophthora infestans*): Produce manchas necróticas en hojas y frutos, las manchas necróticas se rodean de halos de moho blanco, en frutos se forman manchas grasosas, oscuras y oliváceas, pudiendo invadir el fruto completo, condiciones de humedad relativa alta, mayor a 75% y temperaturas cercanas a 20 °C favorecen su propagación, el control se basa en la aplicación de fungicidas sistémicos (Escobar y Lee, 2009).

Mosca blanca (*Bemisia tabaci*): Daño en área foliar por extracción de savia, así como la aparición de fumagina en área foliar debido a la excreción de azúcares en la superficie de la hoja, temperaturas altas generan un crecimiento acelerado de la población, el control biológico se da por el insecto entomófago *Encarsia formosa*, existe control con hongos entomopatógenos como *Verticillium lecanii*, mientras que el control químico se basa en la aplicación de Abamectina, Tiametoxam, Acetamiprid, Imidacloprid (Baudoin, 2017).

Minador de la hoja (*Liriomyza huidobrensis* (Blanchard)): El daño lo ocasiona en su fase de larva, cuando esta genera galerías angostas dentro de la lámina foliar, producto de la ingesta de la larva, esto reduce la capacidad fotosintética de la planta, temperatura de 20-27 °C favorecen su rápido crecimiento poblacional, el control se basa en control biológico con depredadores como *Diglyphus isaea* y *D. begini*. Sin embargo el control de larvas es difícil por este método debido a la ubicación de las mismas, por lo que se recomienda control químico translaminar con ingredientes activos

como Abamectina, Ciromazina o Pirazofos (Escobar & Lee, 2009) (Allende *et al.*, 2017).

2.3 El injerto en hortalizas

Históricamente, el uso de injertos se ha empleado con la finalidad de que la planta presente tolerancia a patógenos del suelo, una de las primeras hortalizas injertadas fue la sandía (*Citrullus lanatus*) empleando portainjerto de calabaza (*Cucurbita moschata*) enfocado a la tolerancia de *Fusarium spp.* En la actualidad el uso de injertos en hortalizas, además del objetivo ya mencionado, se emplea para generar plantas tolerantes a sequía, condiciones abióticas adversas como salinidad, alcalinidad o acidez del suelo, mejorar la absorción de nutrientes y en consecuencia reducir las pérdidas ocasionadas por estas condiciones del medio (Basto-Pool *et al.*, 2017).

En muchos casos, el uso de variedades o genotipos silvestres emparentados con el cultivo de interés ha generado efectos positivos sobre variables de crecimiento, rendimiento, contenido mineral y la reducción de parámetros de actividad enzimática relacionadas al estrés oxidativo, como por ejemplo en pepino (*Cucumis sativus*) sobre injertos de calabaza silvestre (*Cucurbita máxima* x *Cucurbita moschata*) (Cabrera -de la Fuente *et al.*, 2023)

Sin embargo, existen resultados no tan alentadores respecto al uso de injertos en *C. lanatus* sobre portainjertos *Cucurbita máxima* x *Cucurbita moschata*, respecto a la calidad de semilla y plántula, ya que no se observa un beneficio adicional del injerto sobre estas características (Peña-Lomelí *et al.*, 2021) por lo que en cultivos de interés como *S. lycopersicum* debe observarse el impacto en diversas características del cultivo (Peña-Lomelí *et al.*, 2021).

2.3.1 Objetivos y consideraciones

El injerto se basa en la unión de dos partes de una planta (un patrón y una pua), dicha unión se obtiene mediante la regeneración de tejidos vasculares obteniéndose una sola planta. Los objetivos del empleo de injertos son la generación de resistencia a patógenos, incremento en vigor de la planta, periodo productivo, rendimiento, calidad de frutos, vida de anaquel, mejorar la absorción de nutrientes y tolerancia a condiciones abióticas adversas (Colla *et al.*, 2017)

Cada injerto y portainjerto se comporta de manera diferenciada en diferentes regiones (interacción genotipo por ambiente), por ello, una serie de pasos conforman el proceso de selección del portainjerto y del injerto o pua,

generalmente el injerto se selecciona con base en su productividad, pureza genética, calidad del fruto y mercados potenciales, en tanto que el portainjerto se selecciona en función de su estabilidad genética, resistencia a enfermedades y condiciones abióticas adversas, compatibilidad con el injerto como por su adaptabilidad al suelo y ambiente del área donde se pretende establecer (Colla *et al.*, 2017).

Aunque los mecanismos de interacción que permiten los resultados positivos del injerto no han sido explicados completamente, se atribuye a la actividad hormonal de las auxinas la cicatrización y regeneración vascular en la zona de unión, además, vías de señalización de proteínas, con señales transmisibles de larga distancia, ARN_m y ARN, se cree, participan en estos procesos (Goldschmidt, 2014), algunos estudios, adicionalmente sugieren efectos diferenciados de algunas otras hormonas como las auxinas, ácido abscísico, giberelinas, citoquininas, brasinoesteroides, etileno, ácido jasmónico y estrigolactonas (Nanda y Melnyk, 2018).

2.3.2 Efectos del injerto sobre la productividad

Se ha reportado que en injertos de solanáceas silvestres como *Datura stramonium* empleado como portainjerto y *S. lycopersicum* como pua o injerto, se ha mejorado la eficiencia en el uso del agua en las diferentes etapas fenológicas del cultivo bajo condiciones de estrés hídrico, además de que generó rendimientos altos de 8.14 kg planta⁻¹ (Tejada-Alvarado *et al.*, 2023).

El injerto realizado entre variedades de *S. lycopersicum*, sensibles y tolerantes a la salinidad, ha permitido observar, que cuando se emplean portainjertos tolerantes a esta condiciones, se reduce el margen de pérdida de productividad ocasionado por la salinidad, de 44% al 3% (Coban *et al.*, 2020).

2.4 La calidad del fruto en tomate injertado

En injertos de tomate tipo cherry sobre portainjertos de variedades autóctonas y algunas variedades de berenjena, establecidas en ambientes con presencia de patógenos como *Ralstonia solanacearum*, permitieron obtener mejoras en la calidad del fruto, aumentando el contenido de ácido ascórbico, licopeno y sólidos solubles totales (Naik *et al.*, 2021).

Por otro lado, otros estudios han demostrado un efecto positivo del uso de injerto en tomate, sobre parámetros como contenido de licopeno, ácido ascórbico, sólidos solubles totales, carbohidratos y materia seca del fruto, ya sea mediante el injerto

entre variedades de *S. lycopersicum* (Sora *et al.*, 2019) o con algunas especies de Solanáceas como *Datura stramonium* (Tejada-Alvarado *et al.*, 2023).

Por el contrario, el injerto de *S. lycopersicum* sobre portainjertos o patrones con tallo leñoso como *Lycium chinense* reduce significativamente el tamaño y número de frutos en condiciones salinas y no salinas, sin embargo, incrementó la fibra del fruto y sólidos solubles (Xiaohui *et al.*, 2019).

Por todo lo anterior, es necesario realizar investigación relacionada con el efecto de los portainjertos en la productividad del cultivo de tomate, más aún, es de vital importancia analizar el efecto de los mismos, en etapas avanzadas de producción, etapa en la cual, el aparato fotosintético y radicular de la planta pudiera presentar disminuciones en su eficiencia.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del experimento

El experimento se estableció en un invernadero del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, México. El cultivo se estableció en suelo, el agua y nutrientes fueron aportados mediante fertirriego. El suelo es de tipo calcáreo, con textura franca, densidad aparente de 1.13 g cm^{-3} , pH de 8.07, CE de 6.93 dS m^{-1} , saturación de bases de 70.6% ($18.5 \text{ mEq } 100 \text{ g}^{-1}$) Ca^{2+} , 13.9% ($3.64 \text{ mEq } 100 \text{ g}^{-1}$) Mg^{2+} , 4.12% ($1.08 \text{ mEq } 100 \text{ g}^{-1}$) K^{+} y 11.3% ($2.95 \text{ mEq } 100 \text{ g}^{-1}$) Na^{+} .

3.2 Material genético

Se emplearon plantas de tomate roma indeterminado, a doble tallo, formadas por el injerto El Cid F1 (Harris & Moran, CA, USA) y los portainjertos HMC21013 (Harris & Moran, CA, USA), Maxifort (De Ruitter, Bayer, Leverkusen, Alemania) y Empower (Nunhems, Bayer, Leverkusen, Alemania). En total, tres diferentes combinaciones de patrón-pua se establecieron en el área de estudio.

3.3 Diseño experimental

Los tratamientos consistieron en tres combinaciones de injertos de tomate de crecimiento indeterminado a doble tallo, los cuales fueron establecidos en suelo, bajo un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones.

3.4 Metodología experimental

El trasplante se realizó el 20 de marzo de 2021, con plantas de 45 días de edad, en camas de 16 m de largo y 1.25 m de separación, a doble hilera con distancia de 0.7 m entre plantas y 0.6 m entre hileras y una densidad de plantación de tres plantas por metro cuadrado.

Cada cama de siembra contaba con dos cintas de riego por goteo con emisores a 0.2 m mediante las cuales se les aplicó el riego y nutrición mineral mediante solución nutritiva. La inyección de la nutrición se realizó mediante bomba presurizadora. La solución nutritiva se preparó a concentración normal, cada que

fuera necesario, manteniéndose almacenada para su inyección en un tinaco de 2500 L.

Con base en la solución nutritiva de Steiner (Steiner, 1961) se diseñó y aplicó una solución nutritiva para el cultivo de tomate, la cual se compuso de los macroelementos en mEq L⁻¹: NO₃⁻ (15), H₂PO₄⁻ (2), SO₄²⁻ (5), K⁺ (9), Ca²⁺ (10), Mg²⁺ (3) y de los microelementos en mg L⁻¹: Fe (1.5), Mn (0.6), Zn (0.2), B (0.5), Cu (0.15) y Mo (0.05), con un pH de 6.1 y CE de 2.53 dS m⁻¹.

A partir del racimo 17 se incrementó la solución mineral a un 125%.

3.5 Variables evaluadas

Las mediciones de las variables consideradas en el experimento se realizaron a partir de 01 de septiembre de 2021 hasta el 25 de diciembre 2021, se realizó el primer corte a partir del racimo 12 hasta el racimo 21, los cortes se realizaron aproximadamente cada 6 días.

Las variables consideradas para la evaluación de los parámetros de calidad del fruto son las que se detallan a continuación:

Peso del fruto (PF): Empleando una báscula gramera H-8109 (OHAUS Compass, Nanikon, Zwitzerland) se pesaron 10 frutos por tratamiento y repetición y se promedió el peso, expresándose el resultado en g.

Diámetro polar (DP): Con un vernier digital CD-8 (Mitutoyo Corp., Kanagawa, Japón) se midió el diámetro polar de 10 frutos por tratamiento y repetición, el resultado se expresó en cm.

Diámetro ecuatorial (DE): Con un vernier digital CD-8 (Mitutoyo Corp., Kanagawa, Japón) se midió el diámetro ecuatorial de 10 frutos por tratamiento y repetición, el resultado se expresó en cm.

Firmeza del fruto (FF): Se evaluaron cinco frutos por tratamiento y por racimo. Empleando un penetrómetro con una punta de calibre 8 mm (Qa Supplies, VA, USA), expresando los resultados en kg cm⁻².

Sólidos solubles totales (SST): Empleando un refractómetro portátil Bx-1 (Vee Gee, IL, USA) se extrajo el jugo de cinco frutos por tratamiento y repetición, se midió el contenido de sólidos solubles en jugo, obteniéndose los valores en grados Brix (%).

Grosor de pulpa (GP): Con un vernier digital CD-8 (Mitutoyo Corp., Kanagawa, Japón) se midió el grosor de la pulpa de fruto de cinco frutos por tratamiento y repetición, el resultado se expresó en cm.

Número de lóculos (NL): Se seccionaron cinco frutos por tratamiento y repetición y se contabilizó el número de lóculos del fruto (n).

Todas las variables se evaluaron en cada racimo de fruto considerado en el experimento, en total 10 racimos fueron evaluados.

3.6 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza ($P \leq 0.05$) bajo un modelo de bloques completos al azar y una prueba de comparación de medias de LSD de Fisher ($P \leq 0.05$) para los valores promedio de las variables medidas durante el periodo de muestreo. Un análisis de varianza ($P \leq 0.05$) bajo un modelo completamente al azar y una prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) se aplicaron a los valores medios obtenidos para cada racimo evaluado, considerando los tres injertos en conjunto. Para ello se empleó el paquete estadístico Infostat V.2020 (Di Rienzo *et al.*, 2020).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (ANOVA, $P \leq 0.05$) permitió observar la presencia de diferencia significativa únicamente en la variable NL, no hubo diferencia significativa entre bloques y demás variables y los coeficientes de variación fueron bajos, lo que demuestra la presencia de error mínimo en los datos analizados (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de varianza ($P \leq 0.05$) de las variables de productividad y calidad del fruto de tomate por efecto del injerto.

F.F.	G.L.	PF	DP	DE	FF	SS	GP	NL
Tratamiento	2	3.34 NS	0.55 NS	1.25 NS	0.1 NS	0.11 NS	0.02 NS	0.06 *
Bloque	2	0.5 NS	0.43 NS	0.68 NS	0.2 NS	0.06 NS	0.04 NS	0.00071 NS
Error	4	30.43	1.87	2.43	0.2	0.05	0.01	0.0035
Total	8							
C.V. (%)		6.6	3	2.28	8.53	4.12	1.49	2.54

F.F.: Fuentes de variación; G.L.: Grados de libertad; PF: Peso de fruto; DP: Diámetro polar; DE: Diámetro ecuatorial; FF: Firmeza del fruto; SS: Sólidos solubles; GP: Grosor de pulpa; NL: Número de lóculos; C.V.: Coeficiente de variación; NS: Sin diferencia estadística significativa; *: Diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$).

La prueba de comparación de medias de LSD de Fisher ($P \leq 0.05$) permitió corroborar lo antes expuesto por el análisis de varianza, ya que únicamente en NL se observó la presencia de dos grupos estadísticos (Tabla 2). Los resultados para cada variable se detallan y discuten en seguida.

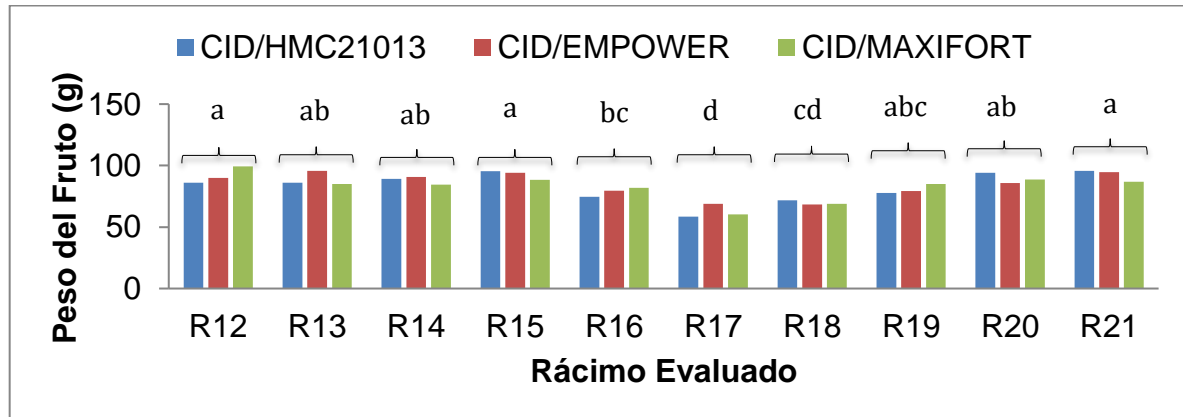
Tabla 2. Medias estadísticas (LSD Fisher, $P \leq 0.05$) obtenidas por efecto del portainjerto, en variables de productividad y calidad de fruto de tomate.

INJERTO	PF (g)	DP (mm)	DE (mm)	FF (kg cm ⁻²)	SS (% °Brix)	GP (mm)	NL (n)
CID/HMC	82.96±3.85	45.83±1.35	68.32±0.41	1.76±0.13	5.34±0.01	7.67±0.01	2.32±0.05 b
CID/EMPOWER	84.74±5.91	45.87±1.34	67.82±1.63	1.71±0.02	5.2±0.22	7.82±0.23	2.48±0.05 a
CID/MAXI	82.88±3.42	45.11±0.75	69.10±1.65	1.8±0.23	5.57±0.31	7.81±0.11	2.21±0.05 b

PF: Peso de fruto; DP: Diámetro polar; DE: Diámetro ecuatorial; FF: Firmeza del fruto; SS: Sólidos solubles; GP: Grosor de pulpa; NL: Número de lóculos; C.V.: Coeficiente de variación; Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de LSD de Fisher ($P \leq 0.05$).

Peso del fruto: El resultado del análisis de varianza muestra que no existe diferencia significativa entre los tres injertos evaluados respecto a la variable PF, en la Figura 1 se muestra las tendencias para esta variable en los racimos evaluados.

Figura 1. Comportamiento dinámico de la variable Peso del Fruto en los racimos evaluados.

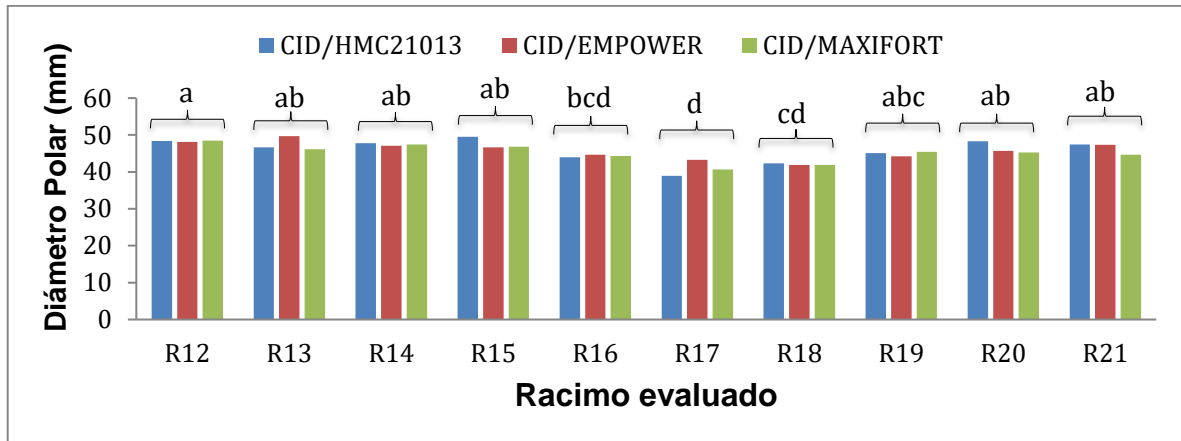


El injerto CID/EMPOWER generó en promedio, un mayor peso con respecto a los injertos CID/HMC21013 Y CID/MAXIFORT. Estos dos últimos injertos tuvieron una media similar, destacando entre ellos el injerto CID/HMC21013. Algunos trabajos de investigación reportan que en plantas injertadas a dos tallos, el peso promedio del fruto fue de 210.5 g, sin embargo en plantas no injertadas se obtuvieron reducciones en el peso promedio con 140.3 g (Soare *et al.*, 2018).

El análisis temporal del efecto de la nutrición aplicada a los tres injertos generó diferencias significativas en la variable PF realizando una comparación entre racimos evaluados. Se observa en la fase intermedia (R17) de la evaluación la reducción en los valores de PF (d), después de lo cual, se observa un posterior incremento para esta variable a partir del R18, esta variación coincide con la modificación en la concentración de la solución nutritiva del 100% al 125%. Por lo tanto a este incremento se le puede atribuir al aumento de N en forma de NO_3^- de 15 mEq a 19 mEq, puesto que el N es un elemento que constituye importantes compuestos orgánicos como los aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos (Mengel y Kirkby, 2000)

Diámetro polar: Para la variable DP, el análisis de varianza no encontró diferencia estadística significativa, como efecto del injerto. La tendencia de la variable durante el periodo de evaluación se presenta en la gráfica siguiente (Figura 2).

Figura 2. Comportamiento dinámico de la variable Diámetro Polar como efecto del injerto, en cultivo de tomate

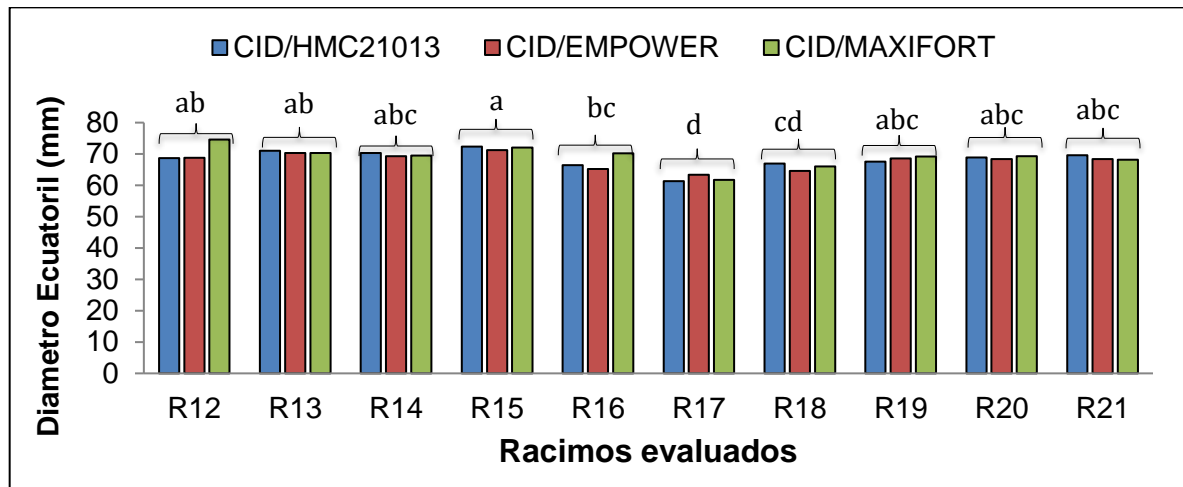


El injerto CID/EMPOWER con un valor promedio de 45.87 mm fue superior de forma numérica a los injertos CID/HMC21013 y CID/MAXIFORT con un valor de 45.83 y 45.11 mm respectivamente. El injerto de tomate con especies silvestres como *Datura stramonium* permite aumentar el diámetro ecuatorial alcanzando valores de 75.25 ± 1.11 mm bajo un suministro óptimo del requerimiento hídrico (100% ETc) (Tejada-Alvarado *et al.*, 2023).

En el análisis temporal del efecto de la nutrición aplicada en los tres injertos generó diferencias significativas en la variable DP realizando una comparación entre racimos evaluados. Se observa en la fase intermedia (R17) una reducción de los valores en la variable DP (d), después de lo cual, se observa un posterior incremento y estabilización para esta variable a partir del R18, este incremento coincide con el aumento de la solución nutritiva de 100% a 125%. También se le puede atribuir al contenido de NO_3^- en concentraciones ya antes mencionadas, se sabe que el N puede influir en el contenido proteico de los órganos vegetativos en los tejidos de almacenamiento (Mengel y Kirkby, 2000).

Diámetro ecuatorial: El ANOVA ($P \leq 0.05$) no detectó la existencia de diferencia significativa entre los tres injertos evaluados para DE. En la Figura 3 se muestra el comportamiento de DE en los racimos evaluados.

Figura 3. Comportamiento dinámico de la variable Diámetro Ecuatorial del fruto de tomate por efecto del injerto empleado.

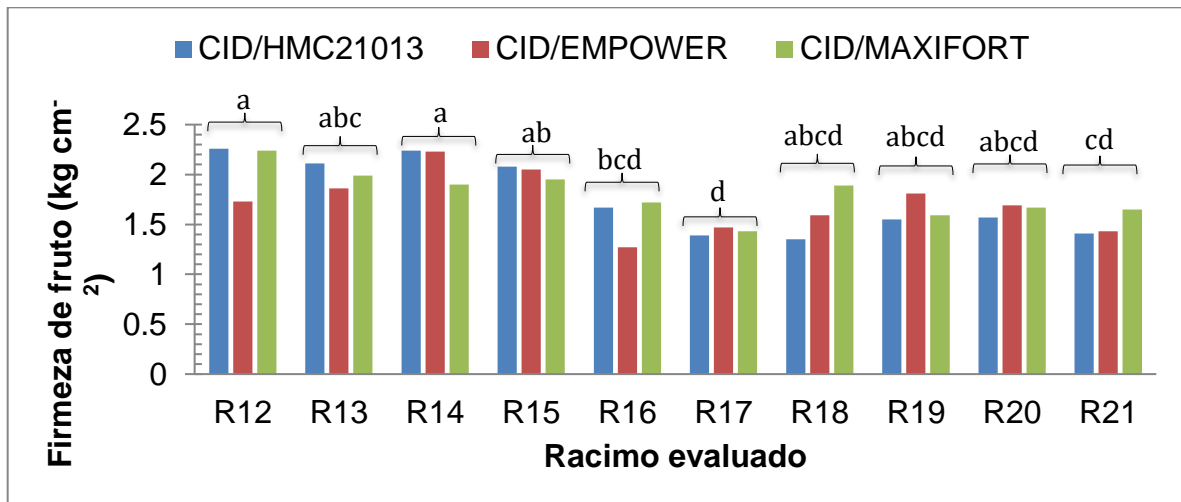


El injerto CID/MAXIFORT con un valor 69.10 fue superior numéricamente con respecto a los dos injertos restantes. Por su parte CID/HMC21013 y CID/EMPOWER obtuvieron valores de 68.32 y 67.82 respectivamente, siendo el injerto CID/EMPOWER el que obtuvo el valor más bajo. Sin embargo, en trabajos recientes, mencionan resultados similares con respecto al diámetro polar y ecuatorial. El injerto Anna F1 (Monsanto, Kenya) sobre el portainjerto BB (Takii Seed, Kyoto, Japón) presentaron un mayor tamaño en estado de madurez roja (longitud 78.2 ± 0.88 cm, ancho 63.62 ± 1.03 cm) (Walubengo *et al.*, 2022).

En el análisis temporal del efecto de la nutrición aplicada en los tres injertos generó diferencias significativas para el parámetro DE realizando una comparación entre racimos. Se observa en R17 (d) una ligera reducción de los valores de la variable, posteriormente un incremento y estabilización de DE en R18. Esto coincide con el incremento de la solución nutritiva aplicada del 100% al 125%. En este parámetro puede estar influenciado por un conjunto de elementos, uno de esos elementos es el potasio, el cual se incrementó de 10 mEq a 12.5 mEq L⁻¹, este elemento mineral está implicado en muchas funciones fisiológicas como son el transporte en el floema, turgencia en las células de los estomas, movimientos foliares (nastias) y sobre todo crecimiento celular y actúa como un factor o activador de muchas enzimas del metabolismo del carbohidratos y proteínas (Pérez, 2017).

Firmeza de fruta: El ANOVA ($P \leq 0.05$) no mostró diferencia estadística significativa entre los tres injertos evaluados. La prueba de medias confirmó este resultado, al no detectarse grupos estadísticos diferenciados. En la Figura 4 se muestra el comportamiento dinámico de la variable FF para los racimos evaluados.

Figura 4. Comportamiento dinámico de la variable Firmeza del Fruto durante el periodo de evaluación, como efecto de injerto diferenciado

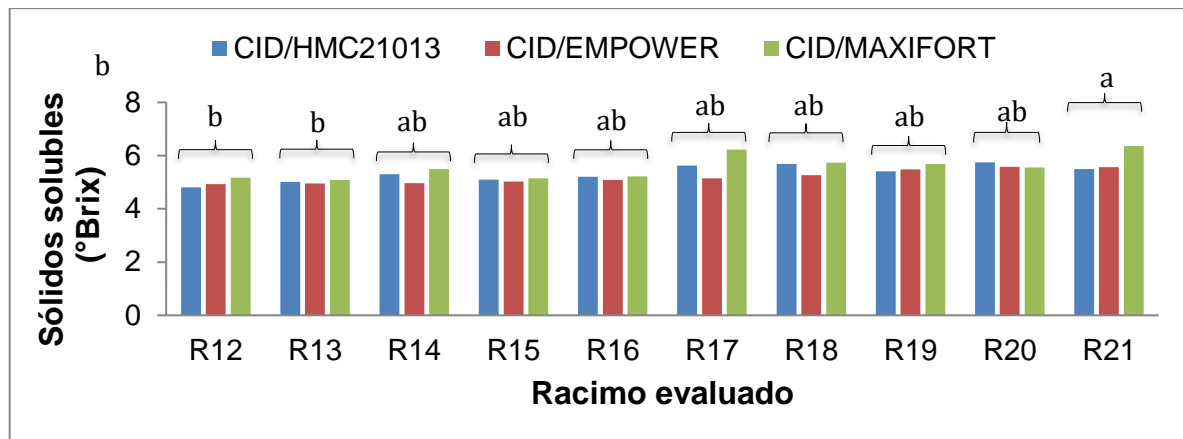


El injerto CID/MAXIFORT produjo mayor firmeza en el fruto de tomate con 1.8 kg cm⁻², respecto a los otros dos injertos CID/HMC21013 y CID/EMPOWER obtuvieron medias estadísticas de 1.76 y 1.71 kg cm⁻² respectivamente, siendo el injerto CID/EMPOWER el que generó el valor más bajo. Los injertos en tomate no intervienen en el aumento o disminución de la firmeza de la fruta (Soare *et al.*, 2018). La firmeza del fruto aumenta significativamente con una nutrición convencional o la combinación de nutrición convencional 50% y orgánica 50% en comparación de una nutrición orgánica al 100% (Terry-Alfonso y Carrillo-Sosa, 2018). Por otra parte, mencionan que la aplicación foliar de quelato de Ca²⁺ en el cultivo de tomate cv. Chonton Santacruz Kada, a una sola aplicación no incrementa significativamente la firmeza del fruto (2.83 kg*0.505 cm⁻²), mientras tanto en segunda aplicación de Ca²⁺ es notable el incremento a 3.92 kg*0.505 cm⁻², y con una tercera aplicación de Ca²⁺ a una concentración de 0.15% el incremento es notable con 3.97 kg*0.505 cm⁻² (Cardona *et al.*, 2005).

En el análisis temporal del efecto de la nutrición aplicada en los tres injertos se observaron diferencias significativas para el parámetro FF realizando una comparación entre racimos. Se observa en R17 (d) una reducción y posteriormente un incremento en el R18. Esto coincide con el incremento de la solución mineral aplicada del 100% al 125% y debido a este incremento de la solución, se incrementó el Ca²⁺ de 10 mEq L⁻¹ a 12.5 mEq L⁻¹. Por lo tanto, se le puede atribuir el incremento de la firmeza al aumento del Ca²⁺ en la solución nutritiva puesto que la función principal del Ca²⁺ es evitar daños en la membrana celular, también evitar la salida de sustancias intracelulares y sobre todo este elemento cumple la función estructural, manteniendo la integridad de cada membrana (Leal, 2017).

Sólidos solubles totales: De acuerdo con el análisis de varianza ($P \leq 0.05$), no se encontró diferencia significativa para la variable SS como efecto de los injertos evaluados en el presente experimento. La prueba de comparación de medias de LSD de Fisher confirmó el resultado del análisis de varianza, al no detectar grupos estadísticos diferentes en los tratamientos evaluados.

Figura 5. Comportamiento dinámico de la variable Sólidos Solubles Totales en fruto de tomate, como efecto del portainjerto.

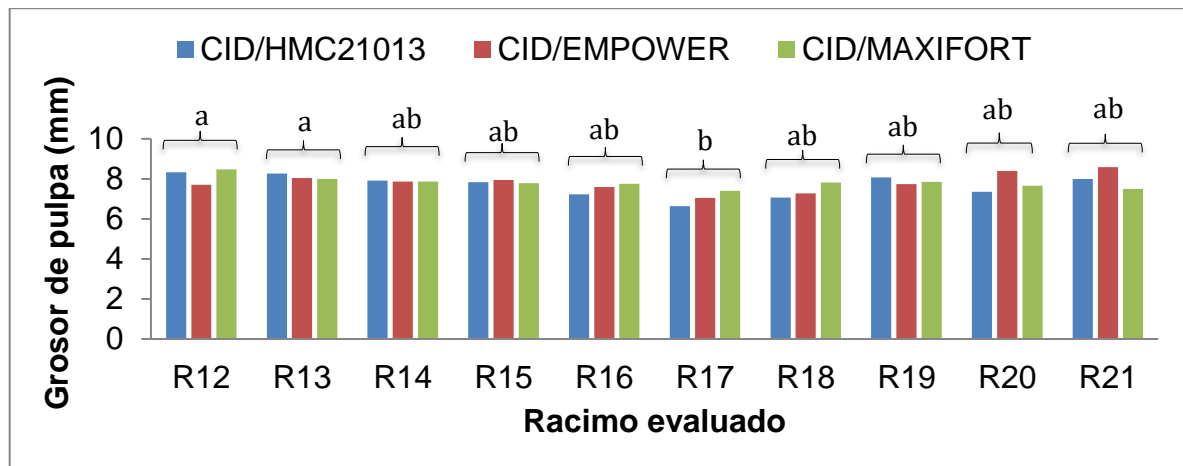


El injerto CID/MAXIFORT presentó mayor contenido de sólidos solubles, generando una media de 5.57, siendo superior a los otros dos injertos CID/HMC21013 y CID/EMPOWER con valores 5.34 y 5.2% (° Brix) respectivamente, el injerto CID/EMPOWER obtuvo el valor más bajo. Se ha reportado que los tomates injertados y sembrados en malla sombra y sin malla sombra presentan una cantidad menor de fructosa, glucosa y azúcar total en comparación con tomates no injertados (Soare *et al.*, 2018). Por lo tanto, podemos sugerir que los injertos de tomate al aumentar la capacidad de absorción de agua, diluye los contenidos de azúcares totales en el fruto.

En el análisis temporal del efecto de la nutrición aplicada en los tres injertos generó diferencias significativas para el parámetro SS realizando una comparación entre racimos. Se observa en la fase inicial R12 y R13 de los valores más bajos en esta variable, posteriormente se observa para esta misma variable un incremento en el R17. Esto coincide con el incremento de la solución mineral aplicada del 100% al 125%. A este incremento de SS se le atribuye al aumento de la concentración de 3 mEq a 4 mEq de Mg^{+2} puesto que, este elemento tiene un efecto positivo en la asimilación de CO_2 y también tiene efectos en la producción de azúcares y almidones (Mengel y Kirkby, 2000). Por otro lado, el incremento en la CE por mayor aporte de sales minerales en la solución nutritiva genera un incremento del potencial osmótico, lo que se traduce en una menor absorción de agua y menor dilución de compuestos de forma interna.

Grosor de pulpa: El ANOVA ($P \leq 0.05$) no mostró ninguna diferencia significativa con respecto a la variable GP para los tres injertos evaluados. La prueba de comparación de medias presentó resultados concordantes con el ANOVA, al no encontrar grupos estadísticos diferenciados. En la siguiente gráfica se presentan las tendencias mostradas por la variable en función de los racimos evaluados.

Figura 6. Comportamiento dinámico de la variable Grosor de Pulpa de fruto de tomate, por efecto del portainjerto.

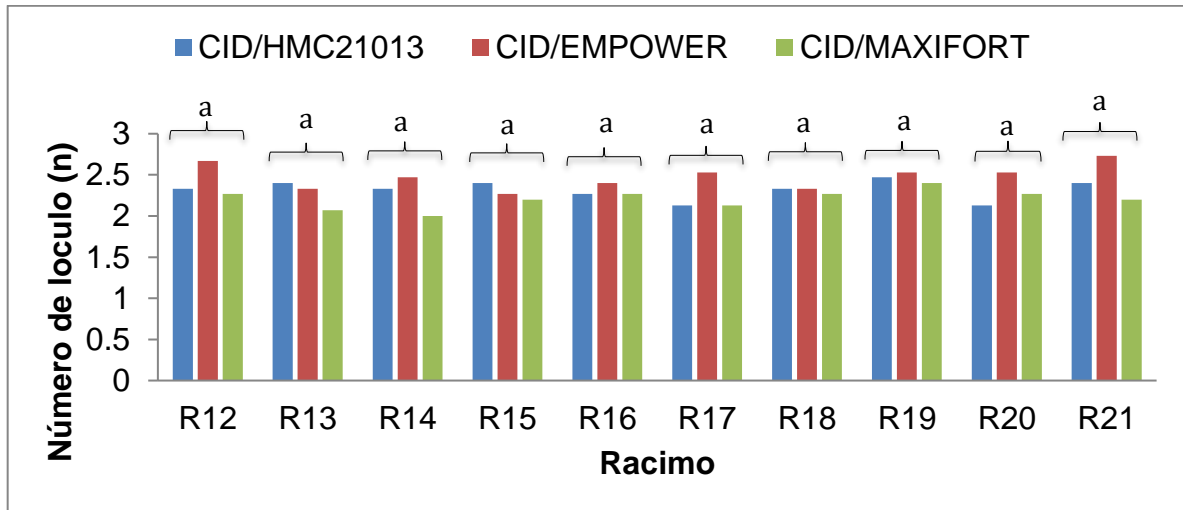


El injerto CID/EMPOWER se diferenció de los otros dos injertos con un valor 7.82 ± 0.23 mientras que CID/MAXIFORT CID/HMC21013 mostraron un valor 7.81 ± 0.11 , 7.67 ± 0.01 respectivamente y siendo el injerto CID/HMC21013 mostrando el valor más bajo de ellos. Los porta injertos influyen en parámetros como grosor de pulpa y firmeza, evaluaciones anteriores mencionan que el porta injerto Carabella produjo frutos con pulpas más gruesas y firmes de 8.00 mm, en comparación con otros porta injertos y en comparación con Maxifort que presentó un grosor de pulpa de 6.98 mm (Jukic-Špika *et al.*, 2021).

El análisis temporal del efecto de la nutrición aplicada a los tres injertos generó diferencias significativas en la variable GP realizando una comparación entre racimos evaluados. Se observa en la fase intermedia (R17) de la evaluación la disminución de los valores de GP (b), después de lo cual, se observa un posterior incremento para esta variable a partir del R18, esta variación coincide con la modificación de la solución mineral del 100% al 125%. A este incremento se le atribuye un efecto sinérgico de los elementos donde participa el fósforo, siendo un elemento que unas de sus principales funciones están en el metabolismo, formando enlaces trifosfato para la transferencia de energía, UTP síntesis de sacarosa, CTP síntesis de fosfolípidos, GTP formación de celulosa (Mengel y Kirkby, 2000).

Numero de lóculos: El análisis de varianza detectó diferencia significativa entre los tratamientos para esta variable. La dinámica del comportamiento de esta variable en los racimos evaluados se muestra en la figura 7.

Figura 7. Comportamiento dinámico de la variable Número de Lóculos en el cultivo de tomate, como efecto del injerto.



El injerto CID/EMPOWER con un valor de 2.48 superó estadísticamente los valores promedio de NL con respecto a los injertos CID/HMC21013 y CID/MAXIFORT los cuales coincidieron en un mismo grupo estadístico, con valores de 2.32 y 2.21 respectivamente. El número del lóculos pueden variar de dos a más de diez, afectando al fruto en tamaño y forma, pero la expresión de estos rasgos es genético y está controlado por varios loci de rasgos cuantitativos (QTLs) (Muños *et al.*, 2011).

El análisis temporal del efecto de la nutrición en los tres injertos no generó diferencia significativa para la variable NL realizando una comparación entre racimos evaluados. Esto nos indica que la variable NL no se ve afectada por la modificación de la solución de 100% al 125%.

V. CONCLUSIONES

La evaluación de los injertos en etapas avanzadas R12 al R21 no muestra diferencias significativas en las variables Peso del Fruto, Diámetro Polar, Diámetro Ecuatorial, Firmeza del Fruto, Sólidos Solubles Totales y Grosor de Pulpa. Para la variable Número de Lóculos si hubo diferencias significativas destacando el injerto CID/EMPOWER.

El incremento de la solución Steiner de 100% al 125% muestra diferencias significativas entre los racimos. En la variable Peso del Fruto se observó un incremento a partir del R18. Para la variable Diámetro Polar, Diámetro Ecuatorial y Firmeza del Fruto se aprecia la misma tendencia a la alta a partir del racimo 18.

Para la variable Sólidos Solubles Totales se muestra un incremento a partir del racimo 17 esto afectado por el incremento de la conductividad eléctrica en suelo provocada por un aporte mayor de sales disueltas en la solución Steiner aplicada al suelo.

El incremento de la solución nutricional no afecto a la variable Número de Lóculos ya que esta característica está definida genéticamente por las variedades.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Allende, C. M., Salinas, P. L., Olivares, P. N., Riquelme, S. J., Antúnez, A., Martínez, C. J. P., Corradini, S. P., Abarca, R. P., Guzmán, L. A., y Felmer, E. S. (2017). *Manual de cultivo de tomate en invernadero*. En A. Torres (ed.) Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Basto-Pool, C., Herrera-Parra, E., y Hernandez-Pinto, C. (2017). Importancia del injerto en hortalizas. *Bioagrobiencias*, 14(1), 18–24.
- Baudoin, A. (2017). *Manual Técnico de Producción de tomate con enfoque de Buenas Prácticas Agrícolas*. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras.
- Bilalis, D., Krokida, M., Roussis, I., Papastylianou, P., Travlos, I., Cheimona, N., & Dede, A. (2018). Effects of organic and inorganic fertilization on yield and quality of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Folia Horticulturae*, 30(2), 321–332. <https://doi.org/10.2478/fhort-2018-0027>
- Cabrera-De La Fuente, M., Felix-Leyva, J. T., Delgado-Martinez, R., Medrano-Macías, J., & Peralta-Manjarrez, R. M. (2023). Grafting and soil with drought stress can increase the antioxidant status in cucumber. *Agronomy*, 13(994), 1–11. <https://doi.org/10.3390/agronomy13040994>
- Cardona, C., Arjona, H., & Araméndiz-Tatis, H. (2005). Influencia de la fertilización foliar con Ca sobre la pudrición apical en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Agronomía Colombiana*, 23(2), 223–229.
- Coban, A., Akhoundnejad, Y., Dere, S., & Dasgan, H. Y. (2020). Impact of salt-tolerant rootstock on the enhancement of sensitive tomato plant responses to salinity. *HortScience*, 55(1), 35–39. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14476-19>
- Colla, G., Pérez-Alfocea, F., y Schwarz, D. (2017). Vegetable grafting: Principles and practices. In *Vegetable Grafting: Principles and Practices*. CABI. <https://doi.org/10.1079/9781780648972.0000>
- Escobar, H., y Lee, R. (2009). *Manual de producción de tomate bajo invernadero* (H. Escobar y R. Lee (eds.)). Fundación Universidad de Bogotá. <https://doi.org/10.2307/j.ctv23dxc51.6>
- FAO. (2013). *El cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana*. <https://www.fao.org/3/i3359s/i3359s.pdf>
- Goldschmidt, E. E. (2014). Plant grafting: New mechanisms, evolutionary implications. *Frontiers in Plant Science*, 5(DEC), 1–9.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00727>

ICAMEX. (2023). *Cultivo de Jitomate*. <https://icamex.edomex.gob.mx/jitomate#:~:text=Debido a la superficie destinada,cielo abierto como en Invernadero>.

INTA. (2017). *Manual técnico del cultivo de tomate* <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf>

IPTA. (2018). *Manual básico de cultivos sin suelo para producción de tomate en invernadero*. <http://www.ipta.gov.py:8080/xmlui/handle/123456789/11>

Jasso, C., Martínez, M. Á., Chávez, J. R., Ramírez, J. A., y Garza, E. (2012). Guía para cultivar jitomate en condiciones de malla sombra en San Luis Potosí. INIFAP, México.

Jukic Špika, M., Dumicic, G., Brkic Bubola, K., Soldo, B., Goreta Ban, S., Vuletin Selak, G., Ljubenkovic, I., Mandušic, M., & Žanić, K. (2021). Modification of the sensory profile and volatile aroma compounds of tomato fruits by the scion x rootstock interactive effect. *Frontiers of Plant Science*, 11(January), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.616431>

Mastretta-Yanes, A., Bellon, M. R., Acevedo, F., Burgeff, C., Piñero, D., y Sarukhán, J. (2019). Un Programa Para México De Conservación Y Uso De La Diversidad Genética De Las Plantas Domesticadas Y Sus Parientes Silvestres. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42(4), 321–334. <https://doi.org/10.35196/rfm.2019.4.321-334>

Mendoza-Pérez, C., Ayala, R., A., Ruiz, M., J., Rubiños-Panta, E., Bustamante, W. O., y Flores-Velázquez, J. (2018). Influencia de las variables atmosféricas en la producción y calidad de jitomate indeterminado (Cid F1) en invernadero. IV Congreso Nacional COMEII. Aguascalientes, México.

Mengel, K. y Kirkby, E. A. (2000). *Principios de Nutrición Vegetal* (1st ed.). Instituto Internacional de la Potasa.

Muños, S., Ranc, N., Botton, E., Bérard, A., Rolland, S., Duffé, P., Carretero, Y., Le Paslier, M.-C., Delalande, C., Bouzayen, M., Brunel, D., & Causse, M. (2011). Increase in tomato locule number is controlled by two single-nucleotide polymorphisms located. *Plant Physiology*, 156(4), 2244–2254. <https://doi.org/10.1104/pp.111.173997>

Naik, S. A. T. S., Hongal, S., Harshvardhan, M., Chandan, K., Kumar, A. J. S., Ashok, Kyriacou, M. C., Roupael, Y., & Kumar, P. (2021). Productive characteristics and fruit quality traits of cherry tomato hybrids as modulated by grafting on different infested greenhouse soil. *Agronomy*, 11(1311), 2–21. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071311>

Nanda, A. K., y Melnyk, C. W. (2018). The role of plant hormones during grafting. *Journal of Plant Research*, 131(1), 49–58. <https://doi.org/10.1007/s10265-017-0994-5>

- Parisi, M., Burato, A., Pentangelo, A., & Ronga, D. (2022). Towards the optimal mineral fertilization for improving peeled tomato quality grown in southern Italy. *Horticulturae*, 2022, 8, 697. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8080697>
- Peña-Lomelí, A., Grimaldo-Juárez, O., Suárez-Hernández, Á. M., Ceceña-Durán, C., y González-Mendoza, D. (2021). Calidad de semilla y planta en hortalizas injertadas. *Idesia (Arica)*, 39(4), 79–84. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292021000400079>
- Peralta, I. E., & Spooner, D. M. (2007). History, origin and early cultivation of tomato (*Solanaceae*). In M. K. Razdan & A. K. Mattoo (Eds.), *Genetic Improvement of Solanaceous Crops Volume 2: Tomato* (Vol. 2, pp. 1–24). Science Publishers.
- Pérez, F. (2017). Fisiología vegetal. Universidad Nacional de Ucayali. <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3201/000026082L.pdf>
- Rick, C. M., & Fobes, J. F. (1975). Allozyme Variation in the Cultivated Tomato and Closely Related Species. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 102(6), 376–384. <https://doi.org/10.2307/2484764>
- SAGARPA. (2017). Jitomate Mexicano. En *Planeación agrícola nacional 2017-2030*.
- Santos, B., y Ríos, D. (2016). *Cálculo de soluciones nutritivas* (S. de A. y D. Rural (ed.); 1ra ed.). Graficas Sabater S.L.
- Savvas, D., Colla, G., Roupheal, Y., & Schwarz, D. (2010). Amelioration of heavy metal and nutrient stress in fruit vegetables by grafting. *Scientia Horticulturae*, 127(2), 156–161. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.011>
- SIAP. (2020). *PANORAMA AGROALIMENTARIO 2020* (Issue jitomate).
- SIAP. (2022). *Panorama Agroalimentario 2022 - Jitomate*.
- SIAP. (2023). *Producción nacional de tomate rojo- Avance de Siembras y Cosechas*.
- Soare, R., Dinu, M., & Babeanu, C. (2018). The effect of using grafted seedlings on the yield and quality of tomatoes grown in greenhouses. *Horticultural Science*, 45(2), 76–82. <https://doi.org/10.17221/214/2016-HORTSCI>
- Soare, R., Dinu, M., & Babeanu, C. (2018). Effect of shading and grafting on yield and quality of tomato. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(2), 623–633. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10057>
- Sora, D., Doltu, M., Drăghici, E. M., & Bogoescu, M. I. (2019). Effect of grafting on tomato fruit quality. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(4), 1246–1251. <https://doi.org/10.15835/nbha47411719>
- Steiner, A. A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil*, 15(2), 134–154.

<https://doi.org/10.1007/BF01347224>

- Tejada-Alvarado, J. J., Meléndez-Mori, J. B., Vilca-Valqui, N. C., Neri, J. C., Ayala-Tocto, R. Y., Huaman-Huaman, E., Gill, E. R. A., Oliva, M., & Goñas, M. (2023). Impact of wild solanaceae rootstocks on morphological and physiological response, yield, and fruit quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) grown under deficit irrigation conditions. *Heliyon*, 9(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12755>
- Terry-alfonso, E., & Carrillo-sosa, Y. (2018). Efecto de diferentes manejos nutricionales sobre el rendimiento y calidad de frutos de tomate. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2), 389–401. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.28889>
- Vibrans, H. (2009). *Lycopersicon esculentum* Mill. Conabio. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/lycopersicon-esculentum/fichas/ficha.htm#:~:text=Categorías taxonómicas superiores,%3AAsteridae%3B Orden%3A Solanales>.
- Walubengo, D., Orina, I., Kubo, Y., & Owino, W. (2022). Physico-chemical and postharvest quality characteristics of intra and interspecific grafted tomato fruits. *Journal of Agriculture and Food Research*, 7, 100261. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100261>
- Wang, X., & Xing, Y. (2017). Evaluation of the effects of irrigation and fertilization on tomato fruit yield and quality : a principal component analysis. *Scientific Reports, February*, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-00373-8>
- Xiaohui, F., Kai, G., Ce, Y., Jinsong, L., Huanyu, C., & Xiaojing, L. (2019). Growth and fruit production of tomato grafted onto wolfberry (*Lycium chinense*) rootstock in saline soil. *Scientia Horticulturae*, 255(May), 298–305. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.05.028>
- Zamora, E. (2016). El cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* L. Mill) bajo cubiertas plásticas. Universidad de Sonora.