

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación Agronómica y Fisiológico de Híbridos de Tomate
Saladette con y sin Injerto en Condiciones de Invernadero.

Por:

JESUS AMADO MAY DAMIAN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación Agronómica y Fisiológica de Híbridos de Tomate
Saladette con y sin Injerto en Condiciones de Invernadero

Por:

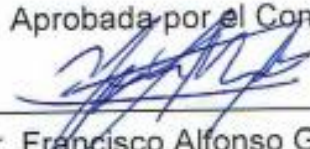
JESUS AMADO MAY DAMIAN


TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza
Asesor Principal


Dr. Fernando Borrego Escalante
Coasesor


Dr. Neymar Camposeco Montejo
Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Marzo 2024

Declaración de no plagio

El autor principal 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, graficas, 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



Jesus Amado May Damian

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme salud y fuerza en cada momento de mi vida, también por darme la oportunidad de vivir y compartir con personas que han formado parte importante en mi vida profesional.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por haberme formado profesionalmente, así como al Departamento de Fitomejoramiento por brindarme toda su sabiduría durante estos cuatro años.

Al **Dr. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza** mi asesor, por apoyarme siempre en todo, por ser un buen maestro, transfiriendo sus conocimientos, por brindarme su amistad y paciencia a lo largo de este trabajo de tesis. Sus enseñanzas, consejos, dedicación han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

Al **Dr. Fernando Borrego Escalante** por su apoyo y tiempo brindado en la aportación y revisión del presente trabajo.

A la **MC. Cristina Patricia Aguilar Aranda**, por su valiosa colaboración y guía para para la realización de los trabajos de laboratorio realizados en el presente trabajo.

Al **Dr. Neymar Camposeco Montejo** por su aportación en la revisión del presente trabajo y por su tiempo dedicado.

Al **Dr. Alvaro Garcia Leon** por su accesibilidad y apoyo brindado al realizar las evaluaciones en el parque agrícola.

A **mis amigos** de la universidad por brindarme su amistad, en especial Yam, Deas, Uc, Marco y Galindo por los momentos que pasamos juntos de alegrías, tristezas y por haber compartido casa.

DEDICATORIA

A mis padres Marciana Damian Kantun y Jesús Amado May Cahuich quienes confiaron en mí, al salir lejos de casa a estudiar, por brindarme todo su apoyo, sin su sacrificio no hubiera podido alcanzar este logro eternamente agradecido con ustedes.

A mis hermanos, Ivan, Roger, Celty, Ligia, Eyder, Luis quienes me brindaron su apoyo en todo momento.

A mis cuñadas, Natalia, Herminia, Yaraima, Ximena que en la medida posible estuvieron apoyándome en el transcurso de este camino.

A mis sobrinos, Yaritzi, Yael, Aime, Axel, Vianey por ser inspiración y motivación son el futuro de la familia y la generación que nos llenará de satisfacciones.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	v
RESUMEN.....	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 HIPÓTESIS.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Generalidades del cultivo de tomate	4
2.1.1 Cultivo de Tomate	4
2.1.2 Clasificación taxonómica.....	5
2.1.3 Hábitos de crecimiento.....	5
2.2 Producción mundial.....	6
2.3 Producción nacional.....	7
2.4 La agricultura protegida en México.....	8
2.5 Producción de Tomate en Invernadero.....	9
2.5.1 Requerimientos climáticos.....	10
2.5.2 Temperatura.....	10
2.5.3 Humedad	11
2.5.4 Luminosidad.....	11
2.5.5 Radiación.....	12
2.6 Elección del genotipo	12
2.7 El injerto en la producción de tomate	12
2.8 Índice de clorofila (SPAD)	14
2.9 Análisis de componentes principales (ACP)	15
III. MATERIALES Y METODOS	16
3.1 Ubicación y localización	16
3.2 Manejo de cultivo.....	16

3.3	Trasplante.....	16
3.4	Descripción de los tratamientos	16
3.5	Material genético	17
3.6	Características generales de los híbridos y portainjerto de tomate saladette.	17
3.6.1	Portainjerto Defensor.....	17
3.6.2	Híbrido 19T4027.....	18
3.6.3	Outlander F1/Defensor.....	19
3.6.4	CID F1/Defensor.....	20
3.6.5	Garnet F1/Defensor	20
3.6.6	Blindon F1/Defensor	21
3.6.7	Portos F1/Defensor.....	21
3.6.8	Prunaxx F1/Defensor.....	22
3.7	Variables agronómicas evaluadas.....	23
3.7.1	Distancia de entrenudo (DE, cm).....	23
3.7.2	Número de racimo (NR)	23
3.7.3	Diámetro de pulpa (DP, mm).....	23
3.7.4	Número de lóculos (NL)	23
3.7.5	Número de frutos por planta (NFPLTA).....	23
3.7.6	Rendimiento por planta (RENDPLTA)	23
3.7.7	Peso promedio de fruto (PPF).....	23
3.7.8	Rendimiento por hectárea (REND_HA, t ha ⁻¹).....	23
3.7.9	Índice de clorofila (SPAD).....	24
3.8	Clasificación de fruto.....	24
3.9	Diseño experimental y análisis estadístico.....	25
3.10	Análisis multivariado	26
3.10.1	Cálculo de los componentes principales	26
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1	Distancia de entrenudo.....	27
4.2	Número de racimos.....	27
4.3	Diámetro de pulpa.....	28
4.4	Número de lóculos.....	29
4.5	Número de frutos por planta.....	30

4.6 Rendimiento por planta.....	32
4.7 Peso promedio de fruto.....	33
4.8 Rendimiento por hectárea.....	34
4.9 Índice de clorofila.....	36
4.10 Clasificación de fruto.....	38
4.11 Análisis de componentes principales.....	41
V. CONCLUSIONES.....	43
VI. LITERATURA CITADA.....	44
APÉNDICE.....	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 4.1. Principales estados productores de tomate saladette en condiciones de invernadero en ciclo agrícola 2022.	7
Cuadro 4.2. Producción de tomate en condiciones de agricultura protegida.	9
Cuadro 5. 1. Descripción de los tratamientos híbridos comerciales y portainjerto de tomate saladette bajo condiciones de invernadero.	17
Cuadro 5. 2. Paquete de resistencias y tolerancia a enfermedades del portainjerto Defensor.	18
Cuadro 5. 3. Resistencia a enfermedades del híbrido 19T4027.	18
Cuadro 5. 4. Resistencia a enfermedades del híbrido Outlander/Defensor.	19
Cuadro 5. 5. Resistencia a enfermedades del híbrido CID F1/Defensor.	20
Cuadro 5. 6. Resistencia a enfermedades del híbrido Garnet F1/Defensor.	20
Cuadro 5. 7. Resistencia a enfermedades del híbrido Blindon F1/Defensor.	21
Cuadro 5. 8. Resistencia a enfermedades del híbrido Portos F1/Defensor.	22
Cuadro 5. 9. Resistencia a enfermedades del híbrido Prunaxx F1/Defensor.	22
Cuadro 5. 10. Clasificación de los frutos de tomate saladette en base a su peso.	24
Cuadro 6. 1. Análisis de varianza para cuatro variables en tomate tipo saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero.	30
Cuadro 6. 2. Análisis de varianza de las variables de rendimiento en fruto de tomate tipo saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero.	36
Cuadro 6. 3. Análisis de varianza de la variable índice de clorofila (SPAD) en hojas de tomate tipo saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero.	37
Cuadro 6. 4. Clasificación de frutos de tomate saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero.	39
Cuadro 6. 5 Total de la varianza explicada de siete híbridos de tomate para cada componente principal.	41
Cuadro 6. 6 Contribución relativa de las variables analizadas en cuatro componentes principales de siete híbridos de tomate saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero.	41
Cuadro A. 1. Comparación de medias para híbridos en cuatro componentes de calidad para tomate tipo saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero.	49
Cuadro A. 2. Comparación de medias para cortes en cuatro componentes de calidad para tomate tipo saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero.	49
Cuadro A. 3. Comparación de medias para híbridos en cuatro componentes de rendimiento para tomate tipo saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero.	50

Cuadro A. 4. Comparación de medias para cortes en cuatro componentes de rendimiento para tomate tipo saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero. 51

Cuadro A. 5. Valor de rendimiento por corte de cada híbrido..... 52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales países productores de tomate 2022.	6
Figura 2. Representación gráfica de la variable diámetro de pulpa (DP), de los siete híbridos de tomate saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero. Prueba de medias (Tukey $P \leq 0.05$).....	29
Figura 3. Representación gráfica de la variable número de frutos por planta (NFP), de los siete híbridos de tomate saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero. Prueba de medias (Tukey $P \leq 0.05$)	31
Figura 4. Representación gráfica de la variable rendimiento por planta (RENDPLTA), de los siete híbridos de tomate saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero. Prueba de medias (Tukey $P \leq 0.05$)	32
Figura 5. Representación gráfica de la variable peso promedio de fruto (PPF), de los siete híbridos de tomate saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero. Prueba de medias (Tukey $P \leq 0.05$).	33
Figura 6. Representación gráfica de la variable rendimiento por hectárea ($t\ ha^{-1}$), de los siete híbridos de tomate saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero. Prueba de medias (Tukey $P \leq 0.05$)	34
Figura 7. Representación gráfica del rendimiento por corte de cada híbrido de tomate saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero.....	35
Figura 8. Representación gráfica del Índice de Clorofila en Unidades SPAD en siete híbridos de tomate saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero. Prueba de medias (Tukey $P \leq 0.05$).....	37
Figura 9. Clasificación de tamaño de fruto en los siete híbridos de tomate saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero.	40

RESUMEN

El tomate se considera uno de los productos estratégicos para el desarrollo del sector agrícola, debido a su importancia económica. El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento y comportamiento fisiológico de siete híbridos de tomate tipo saladette en condiciones de invernadero. El experimento fue evaluado bajo un diseño completamente al azar y se realizó una prueba de comparación de medias Tukey ($P \leq 0.05$). Para la reducción de la dimensión de las variables se empleó la técnica multivariada de componentes principales, reduciendo a cuatro componentes principales el cual se relacionó con (Rendimiento, Grosor de Fruta, Índice de Clorofila y Peso de Fruta), que explican el 77.054% de la variación total. Los híbridos evaluados fueron 1). 19T4027 sin injertar y los seis híbridos injertados con Defensor, 2). Blindon, 3). CID, 4). Garnet, 5). Outlander, 6). Portos, 7). Prunaxx. Se evaluaron 10 tallos por híbrido con 3 repeticiones. Los parámetros evaluados fueron la Distancia de Entrenado (DE), Numero de Racimos (NR), Diámetro de Pulpa (DP, mm), Número de Lóculos (NL), Numero de Frutos por Planta (NFPLTA), Rendimiento por Planta (RENDPLTA, Kg), Peso Promedio del Fruto (PPF, g), Rendimiento (REND_HA, t ha⁻¹). El híbrido 19T4027 en las variables diámetro de pulpa (DP) y rendimiento por planta (RENDPLTA) fue superior a los demás, a pesar de no ser injertado presentó más rendimiento en toneladas por hectárea a comparación con el testigo comercial CID/Defensor con una diferencia de 4.5 toneladas por hectárea.

Palabras clave: Variedades, Agricultura protegida, *Solanum Lycopersicum*, Injerto, Clorofila.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la hortaliza de mayor importancia en el mundo, ya que es un producto de materia prima en la agro-industria (CATIE, 1990). Es originario de América del Sur, de la región andina, particularmente de Perú, Ecuador, Bolivia y Chile (Zamora *et al.*, 2020). Sin embargo, su domesticación fue llevada a cabo en México (SAGARPA, 2010). El tomate es uno de los cultivos más importantes de México, por su importancia económica como por ser fuentes de nutrientes, vitaminas y antioxidantes, las vitaminas que contiene son A, B1, B2, y C. (SAGARPA, 2022). Asimismo, es fuente de azúcares, ácidos orgánicos, aminoácidos, proteínas, grasas, fibras, terpenoides, y minerales (potasio, calcio, magnesio, hierro, sodio, fosfato) (Parmar *et al.*, 2021).

Actualmente, en México el tomate se considera uno de los productos estratégicos para el desarrollo del sector agrícola, debido a su importancia económica a nivel local, regional, estatal, nacional e internacional y por su amplia generación de empleos (FIRA, 2016). En México la superficie de producción de tomate saladette en condiciones de agricultura protegida ha aumentado en años recientes, en el año 2018 se cosecharon 11,969 hectáreas y en el año 2022 se cosecharon 12,069 hectáreas (SIAP, 2022).

La necesidad de incrementar la producción hortícola en un contexto de escasa superficie cultivable, climas adversos y agotamiento del recurso agua, ha llevado a considerar como opción tecnológica la producción intensiva en invernaderos (Sánchez, 2004). La producción de cultivos en invernaderos es de suma importancia ya que da una ventaja sobre la producción a cielo abierto porque se establece una barrera entre el ambiente externo y el cultivo, creando un microclima interno que permite proteger el cultivo de condiciones adversas (viento, granizo, plagas, etc.) y controlar factores como la temperatura, radiación, concentración de CO₂, humedad relativa, etc. (Juárez *et al.*, 2015).

El cultivo de tomate bajo invernadero en el año 2022 se sembró a nivel nacional 6,196.07 has de las cuales se cosecharon 6,195.59 has con una producción de 1,112,151.28 toneladas con un rendimiento promedio de 179 ton. /ha (SIAP, 2022). En 2022 el principal productor de tomate saladette bajo invernadero fue Puebla, con un total de 146,828.39 toneladas, lo que equivale a 9.67% del valor de la producción. A éste le siguió Oaxaca, con una producción de 113,408.93 toneladas equivalente a 9.07% del valor de la producción; Morelos con una producción de 107,990.60 toneladas, es decir, 8.30%; San Luis Potosí con 92,848.10 equivalente a 10.69% y Querétaro con 82,819.62, equivalente a 7.95% del valor de producción (SIAP, 2022). En la actualidad el cultivo de tomate se visualiza bajo diversos sistemas productivos, como, por ejemplo, bajo invernadero o bajo malla antiáfido, acompañado de gran variedad de portainjertos (Allende *et al.*, 2017).

La técnica de injerto en la producción de tomate se ha popularizado en varios países en años recientes, como una alternativa para el control de enfermedades del suelo y nematodos, además de inducir tolerancia a estreses debidos a factores abióticos (Velasco *et al.*, 2016).

Con el propósito de encontrar mejores materiales genéticos que se adapten y permitan incrementar los rendimientos, se presenta el siguiente trabajo de evaluación de siete híbridos de tomate saladette, de los cuales seis injertados y uno sin injertar en condiciones de invernadero. Esta información será útil para iniciar nuevos programas para producción de tomates o bien para el cambio de variedades en la región.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Evaluar el rendimiento y comportamiento fisiológico de siete híbridos comerciales de tomate saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero.

1.2.2 Objetivos específicos

Comparar el rendimiento de los siete híbridos comerciales de tomate saladette entre las plantas injertadas y no injertadas.

Analizar el comportamiento de la clorofila mediante un medidor portátil entre los híbridos injertados y no injertados.

1.3 HIPÓTESIS

- No hay diferencias significativas en el rendimiento y comportamiento fisiológico entre los siete híbridos comerciales de tomate saladette injertados y no injertados en condiciones de invernadero.
- Existen diferencias significativas en el rendimiento y comportamiento fisiológico entre al menos uno de los siete híbridos comerciales de tomate saladette injertados y no injertados en condiciones de invernadero.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo de tomate

2.1.1 Cultivo de Tomate

Respecto a la producción de tomate, se cultiva en zonas templadas y cálidas, a temperaturas de 20 a 24°C, de manera preferente en suelos profundos, mullidos, bien aireados y con buena proporción de materia orgánica, y con un pH ligeramente ácido; el cultivo se adapta a diversas condiciones ambientales, lo que hace que la fruta sea demandada y se consuma durante todo el año, ya sea en fresco o en diversas presentaciones a nivel comercial (SAGARPA, 2017).

El tomate es una planta herbácea, de tallo semileñoso, cuyo sistema radical está compuesto por una raíz principal de corta extensión, ramificada en numerosas raíces secundarias; el tallo es una continuación de la raíz, generalmente mide entre 2 y 4 centímetros en la base de la planta y es más delgado en la parte superior donde se están formando nuevas hojas y racimos florales (Escobar, 2009). Las hojas son imparapinadas, compuestas por folíolos alternos e impares que terminan en un folíolo individual en su parte apical, la flor es perfecta, con órganos femeninos y masculinos funcionales; en cada inflorescencia o racimo se forman varias flores y una sola planta de crecimiento indeterminado pueden producir 20 o más inflorescencias sucesivas durante un ciclo de cultivo, bajo condiciones de invernadero (Ríos y Santos, 2023). El fruto de tomate es una baya bilocular, subesférica globosa muy coloreada, típicamente de tonos que van del amarillento al rojo debido a la presencia de los pigmentos licopeno y caroteno, posee un sabor ligeramente ácido, es de forma generalmente redonda y achatada, excepto algunas variedades de fruto alargado, saladette, está constituido por un 94-95% de agua, el restante 5-6% es una mezcla compleja en la que predominan los constituyentes orgánicos, los cuales dan al fruto su sabor característico y textura (SIAP, 2022).

2.1.2 Clasificación taxonómica

De acuerdo al Sistema Integrado de Información Taxonómica (ITIS, 2014), la siguiente clasificación taxonómica del tomate, es la actualmente aceptada.

Dominio: Eukaria

Reino: Plantae

Subreino: Viridiaeplantae

División: Traqueophyta

Subdivisión: Spermatophytina

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanácea

Género: Solanum

Especie: *Solanum lycopersicum* L.

2.1.3 Hábitos de crecimiento

La planta de tomate inicia su crecimiento a partir de un tallo principal, formando entre 5 y 10 hojas antes de producir el primer racimo floral. Luego, comienza a diferenciarse dos hábitos de crecimiento de la planta: el crecimiento indeterminado y el crecimiento determinado (Escobar, 2010).

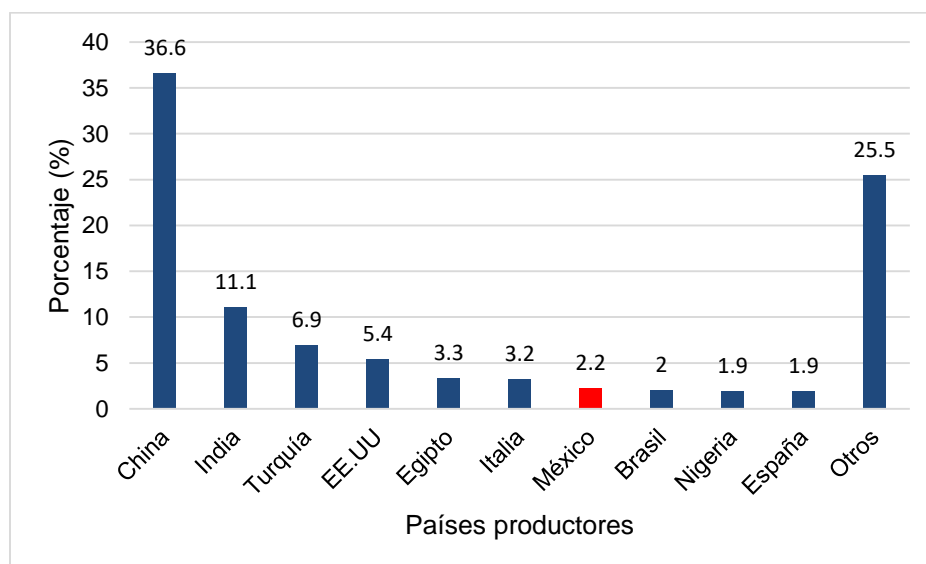
- **Crecimiento indeterminado.** Crece superando los dos metros de altura según el guiado y tutorado que se le aplique, el crecimiento vegetativo es continuo, unas seis semanas después del trasplante inicia su comportamiento generativo produciendo flores en forma continua, de acuerdo con la velocidad de su desarrollo. La inflorescencia no es apical sino lateral. Este tipo de tomates tiene tallos axilares de gran desarrollo. Según las técnicas culturales, se eliminan todos o se dejan algunos (Van Haeff, 2012).

- **Crecimiento determinado.** Tienen un crecimiento limitado se caracterizan por alcanzar una longitud máxima de dos metros, los segmentos sucesivos del eje principal, de forma progresiva, un número inferior de hojas y terminan en una inflorescencia, el sistema de ramificación lateral, como el sistema primario, experimenta un crecimiento limitado dando a la planta un aspecto arbustivo (Rios y Santos, 2023).

2.2 Producción mundial

De acuerdo a la FAO (2022) la producción mundial de tomate alcanzó 186 millones de toneladas, esto debido al incremento en la superficie cosechada y en la productividad promedio; el 63.3 % de la producción mundial se concentró en cinco países: China (36.6%), India (11.1%), Turquía (6.9%), EU (5.4%) y Egipto (3.3%). México ocupó el séptimo lugar con una participación de 2.2% (Figura 1).

Figura 1. Principales países productores de tomate 2022.



Fuente: Elaboración propia con datos de la Base de datos estadísticos sustantivos de la Organización (FAOSTAT), 2022.

EE.UU., es el principal importador de tomate y México es el principal exportador de esta hortaliza, destinado el 99.7% de sus exportaciones al mercado estadounidense (INTAGRI, 2018).

En 2017, el consumo estimado de los diez principales consumidores fue equivalente a tres cuartas partes de la producción mundial. La demanda de esta hortaliza creció a un ritmo mayor, principalmente en India con 7.6% promedio anual, pasando de 8.5 a 15.4 kg por persona por año y en China con 5.3%, incrementándose de 8.5 a 15.4 kg por persona por año. En Turquía, el crecimiento paso de 137.4 a 151.4 kg por persona por año y Egipto se redujo 108.4 a 74.6 kg por persona por año (FIRA, 2019).

2.3 Producción nacional.

El tomate es la hortaliza que más se produce en el país. México ocupa el 9° lugar en producción mundial de tomate con 3,461,766 toneladas en el año 2022. Sinaloa es el estado con mayor producción con 638,699 toneladas y un valor de producción de \$3,352,157.12, seguido San Luis Potosí 446,294 toneladas con un valor \$5,688,634 (Cuadro 4.1). (SIAP, 2022)

Cuadro 4.1. Principales estados productores de tomate saladette en condiciones de invernadero en ciclo agrícola 2022.

Entidad federativa	Superficie (hectáreas)	Producción (toneladas)	Valor (Miles de Pesos)
Sinaloa	11,541.19	638,699.19	3,352,157.12
San Luis Potosí	3,334.20	446,294.71	5,688,634.12
Michoacán	7,146.71	325,971.81	3,305,198.65
Jalisco	2,393.65	202,857.37	2,188,449.42
Zacatecas	2,630.73	179,583.22	1,144,528.77
Morelos	2,703.00	169,352.00	1,190,829.30

Puebla	1,164.90	154,082.88	1,022,776.57
México	1,550.13	133,968.62	1,114,770.20
Sonora	2,430.10	129,385.27	888,666.42
Oaxaca	866.28	118,730.91	954,309.62
Total Nacional	49,287.02	3,461,766.43	31,509,359.01

Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2022.

2.4 La agricultura protegida en México

Agricultura protegida es el término utilizado para describir una serie de técnicas de cultivo que controlan total o parcialmente el microclima que rodea al cuerpo de la planta de acuerdo con las necesidades de la especie durante su período de crecimiento. Las principales condiciones que controla son la naturaleza horizontal de la agricultura de suelo, el agua y la lluvia, la temperatura, las condiciones meteorológicas, climáticas y los patógenos. (Pratt y Ortega, 2019).

En el 2022 en México la superficie total en agricultura protegida fue de 77,417 hectáreas, esto se concentra en los principales estados de Sinaloa, Michoacán, Chihuahua, Jalisco, Estado de México y Baja California, en estas seis entidades se encuentra el 63.9% de la producción total de los cultivos protegidos. En general, los invernaderos constituyen el 28.1% y la malla sombra 27.9% de la superficie total. El tomate es la hortaliza más producida en agricultura protegida con una producción de 2,405,207 toneladas equivalente a 62.7% de la producción total (INEGI, 2022).

En los últimos 15 años la producción de tomate se ha incrementado en 95.8% debido a la producción que se está dando en agricultura protegida, la cual genera mejores rendimientos (Cuadro 4.2).

Cuadro 4.2. Producción de tomate en condiciones de agricultura protegida.

Año	Superficie cosechada (hectáreas)	Producción (toneladas)	Rendimiento (producción por hectárea)
2007	53, 224	1,958,111	36.8
2022	56,709	3,835,146	67.6
Agricultura a cielo abierto	35,981	1,429,939	39.7
Agricultura protegida	19,653	2,405,207	122.4

Fuente: INEGI (2022).

La producción de tomate en condiciones protegidas incrementa el rendimiento y la calidad de fruto (de la Cruz-Lázaro *et al.*, 2010). El sistema de producción de tomate bajo condiciones protegidas ha generado un impacto importante en los últimos años, por su incremento en área, productividad, rentabilidad y calidad del fruto (Jaramillo *et al.*, 2006).

2.5 Producción de Tomate en Invernadero

Un invernadero es esencialmente una estructura cerrada que atrapa la radiación solar de longitud de onda corta y almacena la radiación térmica de longitud de onda larga para crear un microclima favorable para una mayor productividad (Omer, 2009).

Flores (2007) menciona que la producción bajo invernadero tiene varias ventajas sobre la producción a campo abierto, de las cuales destaca las siguientes:

- Mayor eficiencia en el uso de agua, tierra y fertilizantes.
- Ampliación y ajuste de la temporada de siembra y cosecha, de acuerdo con la demanda del mercado.

- Mejor control de plagas y enfermedades.
- Mayor rendimiento y calidad de frutos, ya que estos son más uniformes.

En el país, los principales productos que se cultivan bajo invernadero son de acuerdo a su importancia: tomate, pimiento y pepino, sin embargo, el primero es el que domina por contar con un mercado más amplio, tanto nacional como de exportación (FIRA 2009).

2.5.1 Requerimientos climáticos

El manejo de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos los factores se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de éstos, incide sobre los demás (Castellanos, 2009).

2.5.2 Temperatura

La temperatura óptima de desarrollo para el cultivo del tomate oscila entre 20 y 30 °C durante el día y entre 14 y 17 °C durante la noche; temperaturas superiores a los 30-35 °C afectan la fructificación por mal desarrollo de óvulos, el desarrollo de la planta y el sistema radical también se afectan. La maduración del fruto está muy influenciada por la temperatura en lo que se refiere a precocidad y color, de manera que valores cercanos a los 10 °C, así como superiores a los 30 °C originan tonalidades amarillentas (Telles y Garza, 2012).

2.5.3 Humedad

La humedad relativa (HR) óptima para el cultivo de tomate oscila entre 60% y 80%, humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades fungosas en el follaje, agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores (Telles y Garza, 2012). La humedad relativa dentro del invernadero tiene una influencia directa sobre la velocidad de transpiración, la turgencia de las hojas y, sobre todo, es responsable de algunos desordenes fisiológicos, como el aborto de flores y/o frutos y las quemaduras apicales, así como también favorecer el desarrollo de enfermedades e infecciones (Bringas 2003).

2.5.4 Luminosidad

Pérez (2003) menciona que a mayor luminosidad dentro del invernadero se debe aumentar la temperatura, la HR y el CO₂ (Dióxido de carbono), para que la fotosíntesis sea máxima; por lo contrario, si hay poca luz puede descender las necesidades de otros factores.

Para mejorar la luminosidad natural se usan los siguientes medios:

- Materiales de cubierta con buena transparencia
- Orientación adecuada del invernadero
- Materiales que reduzcan el mínimo las sombras interiores
- Aumento del ángulo de incidencia de las radiaciones sobre las cubiertas
- Acolchado del suelo con plástico blanco

2.5.5 Radiación

En tomate una baja radiación hace que se incremente el contenido del agua en el fruto, afectando su compacidad y bajando el contenido de azúcares, pero también con elevada radiación se afecta la calidad del fruto, en lo que respecta al crecimiento y desarrollo del fruto (Castro, *et al.*, 2014).

Para que el cultivo de tomate pueda producir con las mínimas restricciones fotosintéticas, debe existir una radiación del orden de 14 a 16 MJ/m² (INTAGRI, 2018).

2.6 Elección del genotipo

El tomate es una hortaliza que ha alcanzado una variedad de tipos muy extensa, hay variedades con distinto aspecto exterior (forma, tamaño, color) e interior, textura, sabor y dureza, variedades para consumo en fresco o procesado industrial. La producción de tomate a nivel nacional usa tres tipos cultivados Saladette, Bola y Cherry que predominan en el mercado, el 80% de la producción de tomate se destina al consumo nacional y principalmente los tomates son de tipo Saladette. (Maldonado, 2016).

2.7 El injerto en la producción de tomate

El injerto es un método de propagación, utilizado en cultivo de hortalizas, para mejorar la producción y que consiste en la unión de dos plantas afines. El injerto se realiza mediante cortes en el portainjerto para que este se una al vástago y entre ambos se produzca la unión de las células que están en contacto para formar un callo de cicatrización (Basto-Pool, 2021).

A finales de 2010 alrededor de la mitad de las plantas ya eran injertadas, además de prevenir problemas del suelo, se buscaba alargar el ciclo del cultivo y luchar contra los agentes abióticos, aprovechando el vigor de los portainjetos. Actualmente se utiliza el injerto en más de un 70% de las plantas de tomate cultivadas, buscándose en el injerto una mejora en la calidad del fruto, como su sabor, y aumente los rendimientos. El aprovechamiento eficiente de los fertilizantes y el agua son el futuro más inmediato de uso del injerto (Lambies, 2016).

- **Incremento del rendimiento.**

El incremento en el rendimiento se debe a que los portainjetos tienen vigorosos sistemas radicales y son capaces de absorber eficazmente agua y nutrientes. El rendimiento está correlacionado a un buen vigor de la planta y a la resistencia mostrada por el portainjerto a las enfermedades, así como también a la fortaleza de la nueva planta para tolerar ciclos más largos de producción (Villasana, 2001).

Coban *et al.*, (2020) observaron que el injerto realizado entre variedades de *S. lycopersicum*, sensibles y tolerantes a la salinidad, que cuando se emplean portainjetos tolerantes a estas condiciones, se reduce el margen de pérdida de productividad ocasionado por la salinidad.

- **Calibre del fruto**

El tamaño del fruto en hortalizas injertadas puede ser mayor que los frutos de plantas no injertadas; otras características del fruto también son afectadas, tales como el color del fruto, espesor de la corteza y concentración de los sólidos solubles (Villasana, 2001).

- **Tolerancia a enfermedades por fitopatógenos del suelo**

Las plantas injertadas aportan raíces vigorosas con tolerancia a enfermedades transmitidas por fitopatógenos del suelo: hongos (*Fusarium*, *Verticillum*, *Phytophthora*), bacterias (*Ralstonia*, *Pseudomonas*) y nematodos (*Meloidogyne* spp). La tolerancia a enfermedades se debe principalmente a la rusticidad de las raíces que otorga el portainjerto al ser un material nativo o silvestre (Basto-Pool 2021).

2.8 Índice de clorofila (SPAD)

Para determinar de una forma rápida el nitrógeno foliar, es mediante el medidor de clorofila SPAD-502 (*Soil Plant Analysis Development*) que mide el índice de verdor, el cual está directamente relacionado con el contenido de clorofila en las hojas de la planta. El medidor de clorofila SPAD-502 mide la concentración relativa de clorofila por medio de la luz transmitida a través de la hoja en 650 nm (longitud de onda fotosintéticamente activa) y 940 nm (Sainz y Echeverría, 1998; Caries *et al.*, 2005).

Existe una alta correlación entre las unidades SPAD (Análisis del Desarrollo de la Planta en el Suelo, por sus siglas del inglés *Soil Plant Analysis Development*) y la concentración de clorofila y nitrógeno total en las hojas de tomate (Rodríguez *et al.* 1998)

El medidor SPAD-502, permite determinar el contenido de clorofila en tejidos vegetales sin necesidad de destruir las muestras con resultados inmediatos (Hurtado *et al.*, 2017).

2.9 Análisis de componentes principales (ACP)

El ACP es una de las técnicas multivariantes en el análisis de datos. Sus principales objetivos son: extraer la información más importante de un conjunto de datos multivariantes, comprimir un conjunto de datos multivariantes manteniendo solo la información que se considere importante (reducir la dimensionalidad de los datos), simplificar la descripción de un conjunto de datos y analizar la estructura de las observaciones y de las variables (Gozá, 2020).

Usualmente, el ACP es aplicado cuando se desea conocer la relación entre los elementos de una población y se sospecha que en dicha relación influye de manera desconocida un conjunto de variables o propiedades de los elementos (Martínez, 2016).

La interpretación de las nuevas variables transformadas, denominadas componentes principales, constituye la parte más importante, debido a que cada componente es el resultado de una combinación lineal de las variables donde cada una posee una ponderación distinta, en proporción a las magnitudes de cada elemento que conforma el autovector respectivo. Por ende, el significado de cada CP dependerá de la magnitud de tales ponderaciones y del signo, asignándole sentido lógico y práctico desde un punto de vista técnico (Montenegro *et al.*, 2021).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación y localización

El presente trabajo se realizó en el Tecnoparque Hortícola Fidesur-Galeana ubicado en San Rafael, Galeana, Nuevo León, México. Su localización geográficamente se encuentra en las coordenadas 25°59'01" latitud Norte y 100°28'47" longitud Oeste, a una altura de 1912 msnm, con una temperatura promedio de 19 °C.

3.2 Manejo de cultivo

La siembra de los híbridos y portainjerto de tomate saladette se realizó el 30-enero 2023 por la empresa Plantanova ubicado en Tuxpan, Michoacán, en charolas de 128 cavidades con sustrato peat moss. El manejo de la nutrición, plagas y enfermedades fue realizado por el productor.

3.3 Trasplante

El trasplante de los materiales genéticos se realizó el 16 de marzo del 2023, con plantas de 45 días de edad, cada híbrido se trasplantó a doble hilera, con una densidad de plantación de 2.5 tallos por metro cuadrado.

3.4 Descripción de los tratamientos

Cada planta se llevó el manejo a dos tallos, se evaluaron 10 tallos por híbrido con 3 repeticiones, la temporada de cosecha inició a los 88 días después del trasplante, con un total de 20 cortes, los cortes se realizaron cada semana.

3.5 Material genético

Para el presente estudio se utilizaron híbridos comerciales de tomate saladette descritas en el siguiente (Cuadro 5.1).

Descripción de los tratamientos híbridos comerciales y portainjerto de tomate saladette bajo condiciones de invernadero.

Cuadro 5. 1. Descripción de los tratamientos híbridos comerciales y portainjerto de tomate saladette bajo condiciones de invernadero.

Híbrido	Injerto	Empresa
19T4027	Sin Defensor	Nongwoo Seed American. Inc.
Outlander F1	Defensor	HM. Clause, Inc
Prunaxx F1	Defensor	US Agriseeds
Garnet F1	Defensor	Seedway
Blindon F1	Defensor	Nunhems B.V.
Portos F1	Defensor	Sakata Seed
CID F1 (Testigo)	Defensor	HM. Clause, Inc

3.6 Características generales de los híbridos y portainjerto de tomate saladette.

3.6.1 Portainjerto Defensor

Tiene un sistema radical fuerte que permite mantener el tamaño de los frutos, posee alto vigor para una planta balanceada.

Cuadro 5. 2. Paquete de resistencias y tolerancia a enfermedades del portainjerto Defensor.

HR/IR	Nombre Común	Abreviación
HR	<i>Fusarium</i> del tomate	Fol:0,1,2(US1:2,3)
HR	<i>Fusarium</i> de la corona	For
IR	Acorchamiento de raíz	PI
HR	<i>Verticilliosis</i>	Va:0 (US:1)
HR	<i>Verticilliosis</i>	Vd:0 (US:1)
IR	<i>Meloidogyne arenaria</i>	Ma
IR	<i>Meloidogyne incognita</i>	Mi
IR	<i>Meloidogyne javanica</i>	Mj
HR	Mosaico del tomate	ToMV:0,1,2

Resistencias. (HR = Alta resistencia, IR = Resistencia intermedia) (HMCLAUSE)

3.6.2 Híbrido 19T4027

Tomate saladette indeterminada vigorosa, formato oval con maduración uniforme, tamaños J, XL, L a lo largo del ciclo productivo, madurez intermedia y color de fruto rojo intenso.

Cuadro 5. 3. Resistencia a enfermedades del híbrido 19T4027.

HR/IR	Nombre Común	Abreviación
HR	Mosaico del tomate	ToMV
HR	<i>Fusarium oxysporum</i>	Fol 1-3
HR	<i>Fusarium</i> de la corona	For
IR	Virus del rizado amarillo del tomate	TYLCV
	<i>Ralstonia solanacearum</i>	Rs
HR	<i>Meloidogyne arenaria</i>	Ma
HR	<i>Meloidogyne incognita</i>	Mi
HR	<i>Meloidogyne javanica</i>	Mj

Resistencias. (HR = Alta resistencia, IR = Resistencia intermedia) (Nongwoo Seed American. Inc.)

3.6.3 Outlander F1/Defensor

Tipo saladette indeterminado, planta compacta de entrenudos cortos con precocidad y buena carga, formato oval con maduración uniforme, tamaños XL-L a lo largo del ciclo productivo, madurez intermedia y color de fruto rojo intenso.

Cuadro 5. 4. Resistencia a enfermedades del híbrido Outlander/Defensor.

HR/IR	Nombre Común	Abreviación
HR	<i>Fusarium</i> del tomate	Fol: 0,1,2(US1,2,3)
HR	<i>Fusarium</i> de la corona	For
HR	Cladosporiosis	Pf: A,B,C,D,E
HR	Peca bacteriana	Pst
HR	Mosaico del tomate	ToMV:0,1,2
HR	<i>Verticilliosis</i>	Va:1(EUR:0)
HR	<i>Verticilliosis</i>	Vd:1(EUR:0)
IR	Virus Rugoso del Tomate	ToBRFV
IR	<i>Meloidogyne arenaria</i>	Ma
IR	<i>Meloidogyne incognita</i>	Mi
IR	<i>Meloidogyne javanica</i>	Mj
IR	Mancha gris de la hoja	Ss
IR	Marchitez manchada	TSWV:TO
IR	Virus del rizado amarillo del tomate	TYLCV

Resistencias. (HR = Alta resistencia, IR = Resistencia intermedia) (HM CLAUSE)

3.6.4 CID F1/Defensor

Tipo saladette indeterminado, madurez precoz, planta vigorosa, frutos uniformes de tamaño y forma, tamaño de fruto L-XL y color rojo intenso.

Cuadro 5. 5. Resistencia a enfermedades del híbrido CID F1/Defensor.

HR/IR	Nombre Común	Abreviación
HR	<i>Verticilliosis</i>	Va: 1(EUR:0)
HR	<i>Verticilliosis</i>	Vd:1(EUR:0)
HR	<i>Fusarium</i> del tomate	Fol:1,2(EU:0,1)
HR	Mosaico del Tomate	ToMV
IR	<i>Meloidogyne arenaria</i>	Ma
IR	<i>Meloidogyne incognita</i>	Mi
IR	<i>Meloidogyne javanica</i>	Mj

Resistencias. (HR = Alta resistencia, IR = Resistencia intermedia) (HMCLAUSE)

3.6.5 Garnet F1/Defensor

Tomate saladette indeterminado, tamaño de fruto XL de color rojo intenso de buena calidad, planta fácil de manejar.

Cuadro 5. 6. Resistencia a enfermedades del híbrido Garnet F1/Defensor.

HR/IR	Nombre Común	Abreviación
HR	<i>Verticilliosis</i>	Va: 1(EUR:0)
HR	<i>Verticilliosis</i>	Vd:1(EUR:0)
HR	<i>Fusarium</i> del tomate	Fol:1,2(EU:0,1)
HR	Mosaico del Tomate	ToMV
IR	<i>Meloidogyne incognita</i>	Mi

Resistencias. (HR = Alta resistencia, IR = Resistencia intermedia) (Seedway)

3.6.6 Blindon F1/Defensor

Tomate saladette indeterminado, planta muy vigorosa de porte cerrado, presenta amarres continuos de 6 a 7 frutos por racimo, debido a su excelente vigor y comportamiento de la planta, se caracteriza por su excelente sanidad de planta, frutos con paredes gruesas, maduración intermedia, peso promedio de 130-140 gramos.

Cuadro 5. 7. Resistencia a enfermedades del híbrido Blindon F1/Defensor.

HR/IR	Nombre Común	Abreviación
HR	<i>Fusarium</i> del tomate	Fol 1,2
HR	Virus del rizado amarillo del tomate	TYLCV
HR	<i>Verticillium alboatrum</i>	Va
IR	<i>Meloidogyne incognita</i>	Mi
IR	<i>Stemphylium solani</i>	Ss
IR	Virus de la marchitez del tomate	ToMarV
IR	Virus de la necrosis apical del tomate	ToANV
IR	Virus del Mosaico	ToMV (0,1,2)
IR	Virus del rugoso	ToBRFV

Resistencias. (HR = Alta resistencia, IR = Resistencia intermedia). (Nunhems B.V.)

3.6.7 Portos F1/Defensor

Tomate tipo saladette indeterminado, para ciclos intermedios a largos, planta de excelente vigor. El color de los frutos es rojo intenso con forma oval, tamaños grandes a extra grandes, presenta racimos de 7 a 8 frutas, manteniendo tamaños y maduración homogénea durante el ciclo.

Cuadro 5. 8. Resistencia a enfermedades del híbrido Portos F1/Defensor

R/IR	Nombre Común	Abreviación
R	Cáncer del Tallo por <i>Alternaria</i>	Aal
	<i>Fusarium</i>	Fol 1-3
	Virus del mosaico del tomate	ToMV 0-2
	Marchitez por <i>Verticilium</i>	Vd 1
IR	Cenicilla	Lt
	Virus del bronceado del tomate	TSWV

Resistencias. (R = Resistencia, IR = Resistencia intermedia) (SAKATA)

3.6.8 Prunaxx F1/Defensor

Tomate tipo saladette indeterminado, planta vigorosa. El color del fruto es rojo en forma de ciruela.

Cuadro 5. 9. Resistencia a enfermedades del híbrido Prunaxx F1/Defensor

HR/IR	Nombre Común	Abreviación
HR	Mosaico del tomate	TOMV 0,1,2
HR	Cladosporiosis	pf AE (exFf)
HR	<i>Fusarium</i>	Fol (1,2)
HR	<i>Verticiliosis</i>	Va 1
HR	Agallas radiculares por nematodos	Vd 1
IR	Marchitez manchada	TSWV

Resistencias. (HR = Alta resistencia, IR = Resistencia intermedia) (US AGRISEEDS).

3.7 Variables agronómicas y fisiológicas evaluadas

La cosecha se realizó una vez por semana iniciado el 12 junio del 2023 y terminando el 10 noviembre del 2023 dando un total de 20 cortes evaluados; en cada corte se evaluó las siguientes variables:

3.7.1 Distancia de entrenudo (DE, cm). Se determinó con una cinta métrica, midiendo la distancia de cada racimo floral, se tomó cinco lecturas por cada repetición.

3.7.2 Número de racimo (NR). Se contabilizó el número de racimos por planta tomado en cuenta el número de racimos cuajados en cinco plantas por repetición.

3.7.3 Diámetro de pulpa (DP, mm). Una vez cosechado los frutos se tomó una muestra representativa, con un vernier digital se midió el grosor de la pulpa de cinco frutos por tratamiento y repetición.

3.7.4 Número de lóculos (NL). Se obtuvo al realizar un corte transversal en el fruto se contabilizó el número de lóculos de cinco frutos evaluados.

3.7.5 Número de frutos por planta (NFPLTA). Se contabilizó el número de frutos totales durante la cosecha de 20 cortes.

3.7.6 Rendimiento por planta (RENDPLTA). Los frutos que fueron cosechados en cada corte de cada planta, se pesaron, sacando ahí su peso total por planta.

3.7.7 Peso promedio de fruto (PPF). Se determinó el peso de cada fruto en la etapa de madurez fisiológica, se utilizó una báscula digital. Esta variable se obtuvo tras dividir el rendimiento de cada planta entre el número total de frutos cosechados de cada planta obtenidos en cada corte.

3.7.8 Rendimiento por hectárea (REND_HA, t ha⁻¹). Esta variable se obtuvo calculando el promedio de kilogramos por planta para cada tratamiento,

posteriormente, se multiplicó por la densidad de plantas por hectárea obteniendo así el resultado del rendimiento calculado.

3.7.9 Índice de clorofila (SPAD). Se determinó con el equipo KONICA MINOLTA (SPAD-502) medidor de clorofila. Las lecturas se tomaron a partir del quinto al sexto foliolo, se realizó entre las 10:00 y 12:00 horas asegurando que la hoja este expandida y seca, evitando el rocío de la mañana, la lectura se realizó en la parte distal del lado adaxial de la hoja.

3.8 Clasificación de fruto

La clasificación se realizó de acuerdo con el peso de cada fruta (Cuadro 5.10).

Cuadro 5. 10. Clasificación de los frutos de tomate saladette en base a su peso.

Tamaño (g)	Mínimo	Máximo
Rezaga		<60
Pequeño (S)	60	80
Mediano (M)	81	100
Grande (L)	101	120
Extra grande (XL)	121	160
Jumbo (J)	161	180
Extra		>180

(FUENTE: NMX-FF-031-1997-SCFI)

3.9 Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento fue evaluado bajo un diseño completamente al azar con siete tratamientos y tres repeticiones cada uno, cada repetición con 10 tallos. Se realizó un análisis de varianza utilizando el software estadístico Minitab V19, para la comprobación de medias se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del $P \leq 0.05$

$$\gamma_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

γ_{ij} = Observación en la unidad experimental j (repetición) a la que se le ha aplicado el tratamiento i .

μ = Efecto de la media general

α_i = Efecto del tratamiento i .

β_j = Efecto del corte j

$(\alpha\beta)_{ij}$ = interacción i tratamiento con j corte

ε_{ij} = Efecto de error experimental

3.10 Análisis multivariado

3.10.1 Cálculo de los componentes principales

Se considera una serie de variables (x_1, x_2, \dots, x_p) sobre un grupo de objetos o individuos y se trata de calcular, a partir de ellas, un nuevo conjunto de variables y_1, y_2, \dots, y_p , no correlacionadas entre sí, cuyas varianzas vayan decreciendo progresivamente.

Cada y_j (donde $j = 1, \dots, p$) es una combinación lineal de las x_1, x_2, \dots, x_p variables originales, es decir:

$$Y_j = a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 + \dots + a_{jp}x_p = a_j x$$

Siendo $a_j = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{pj})$ un vector de constante, y

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_p \end{bmatrix}$$

Si lo que se desea es maximizar la varianza, una forma simple podría ser aumentar los coeficientes a_{j1} . Por ello, para mantener la ortogonalidad de la transformación se impone que el modulo del vector $a_j = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{pj})$ sea

$$a_j a_j = \sum_{k=1}^p a_{kj}^2 = 1$$

El primer componente se calcula eligiendo a_1 de modo que y_1 tenga la mayor varianza posible, sujeta a la restricción de que $a_1 a_1 = 1$. El segundo componente principal se calcula obteniendo a_2 , de modo que la variable obtenida y_2 no este correlacionada no esté correlacionada con y_1 .

Del mismo modo se eligen y_1, y_2, \dots, y_p , no correlacionados entre sí, de manera que las variables aleatorias obtenidas vayan teniendo cada vez menor varianza.

Para la comparación de medias se empleó la prueba Tukey ($P \leq 0.01$ y 0.05), (Steel y Torrie 1980)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Distancia de entrenudo.

El análisis de varianza (Cuadro 6.1) realizado para esta variable mostró diferencias estadísticas significativas entre los híbridos, cortes y la interacción híbridos por corte, el coeficiente de variación fue de 2.70% indicando una alta confiabilidad de los resultados obtenidos. En la comparación de medias Tukey ($P \leq 0.05$), el híbrido con mayor distancia de entrenudo fue Blindon/Defensor con 33.7 cm y el que presentó menor distancia fue el híbrido Prunaxx/Defensor con 26.7 cm, el testigo comercial CID/Defensor tiene 27.89, el híbrido 19T4027 tiene 28.71 cm a pesar de no está injertando mantiene la distancia del entrenudo de acuerdo con lo reportado por Coba (2018), donde menciona que la distancia del entrenudo del tomate va de un rango de 23.0 cm hasta 32.0 cm. La distancia del entrenudo está determinada por el genotipo en función de la etapa de crecimiento y con condiciones para su desarrollo (Barrios *et al.*, 2015).

4.2 Número de racimos.

En los datos obtenidos del cuadro de análisis de varianza se observó que hubo diferencias estadísticas significativas entre híbridos, cortes y la interacción híbridos por corte, el coeficiente de variación fue de 7.90% fue bajo indicando confiabilidad en los resultados obtenidos (Cuadro 6.1), el híbrido que presentó mayor número de racimos fue Outlander/Defensor, 7.9 racimos florales en comparación con el testigo CID/Defensor que obtuvo 5.31 racimos florales obteniendo una diferencia entre ellos de 2.69 racimos florales. El número de racimos por planta es un reflejo directo de la productividad y calidad de la cosecha, ya que determina la cantidad de frutos que una planta puede generar y, por ende, un mayor rendimiento (Carmona, 2023).

4.3 Diámetro de pulpa.

De acuerdo a los datos obtenidos en esta variable y al realizar el análisis de varianza, cuyos resultados se presentan en el (Cuadro 6.1), se obtuvieron diferencias estadísticas significativas entre los híbridos y en la interacción híbridos por corte, para los cortes no se presentó diferencias y se estimó un coeficiente de variación de 5.12%, la prueba de medias (Tukey $P \leq 0.05$) realizado para esta variable muestra que el híbrido 19T4027 presentó mayor diámetro de pulpa con 10.33 mm esto a pesar de ser el híbrido que no fue injertado, mientras que Outlander/Defensor y CID/Defensor mostraron un valor 10.26 mm y 8.11 mm respectivamente y siendo el testigo comercial CID/Defensor mostrando el valor más bajo de ellos (Figura 2).

Quinet *et al.*, (2019) mencionan que un grosor de pulpa mayor (mesocarpio) aumenta el peso y la parte comestible, mejorando la calidad de la fruta, lo cual coincidió con el híbrido 19T4027 el cual presentó un alto grosor de pulpa mostrando un peso de fruto alto. Esta situación pudiera traer beneficios, dado que a un mayor grosor del pericarpio permite que los frutos aumenten la vida postcosecha, factor indispensable en la comercialización (Gan *et al.*, 2022).

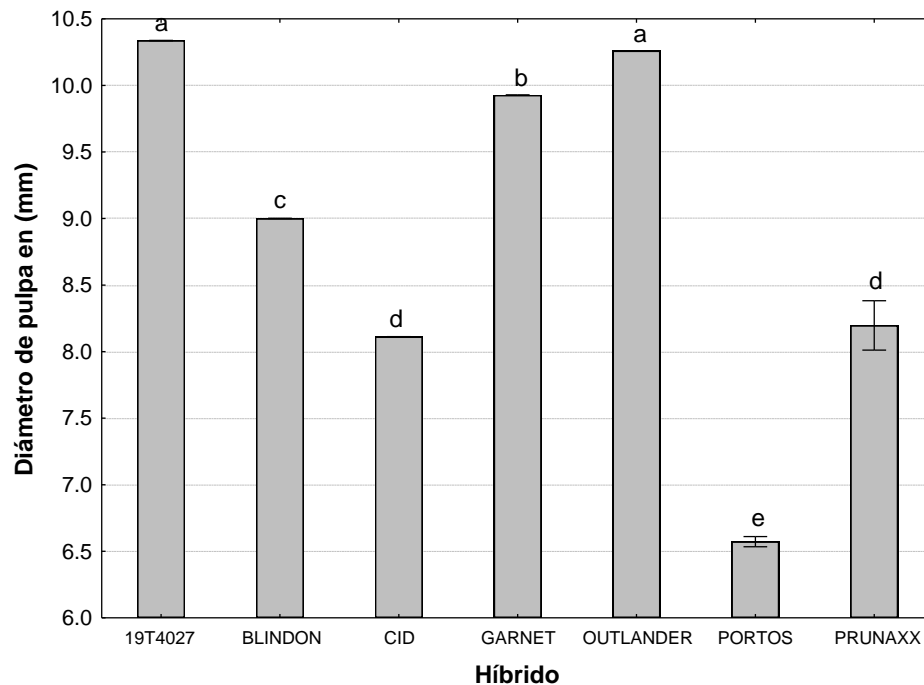


Figura 2. Representación gráfica de la variable diámetro de pulpa (DP), de los siete híbridos de tomate saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero. Prueba de medias (Tukey $P \leq 0.05$).

4.4 Número de lóculos.

Al realizar el análisis de varianza para la variable número de lóculos (Cuadro 6.1) los resultados obtenidos manifestaron diferencias significativas entre híbridos, cortes y la interacción híbridos por corte, el coeficiente de variación fue de 9.91%.

De acuerdo con las medias obtenidas (Tukey $P \leq 0.05$) mostró el híbrido Blindon/Defensor con mayor número de lóculos 3.0, a comparación con el testigo comercial CID/Defensor mostró 2.46 lóculos. Castilla y Castiblanco (1998) manifiestan que el tamaño y la forma de los frutos están determinados por el número de lóculos, esta afirmación coincide con los resultados obtenidos en este trabajo ya que el híbrido Blindon/Defensor presentó mayor número de lóculos y

también mostro mayor peso promedio en fruto, Cruz (2012) obtuvieron valores de: 2.4, 2.33 y 4 lóculos, valores similares a lo reportado en este trabajo.

Cuadro 6. 1. Análisis de varianza para cuatro variables en tomate tipo saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero.

F.V.	G.L.	DE	NR	DP	NL
Híbrido	6	301.47**	81.44**	115.08**	3.69**
Corte	19	4.20**	0.38**	0.22	0.31**
Híbrido*Corte	114	5.61**	0.41**	1.70**	0.28**
Error	280	0.61	0.04	0.20	0.06
Total	419				
CV (%)		2.70	3.21	5.12	9.91
Valor máximo		33.76	7.90	10.34	3.00
Media		29.05	6.60	8.91	2.61
Valor mínimo		26.69	5.01	6.50	2.17

F.V.: Fuentes de variación; G.L.: Grados de libertad; DE: Distancia de entrenado; NR: Número de racimos; DP: Diámetro de pulpa; NL: Número de lóculos; **= Significativo al 0.01, CV = Coeficiente de variación

4.5 Número de frutos por planta.

El análisis de varianza para la variable número de frutos por planta se observaron diferencias estadísticas significativas para híbridos, cortes, e interacción híbridos por corte, el coeficiente de variación fue de 17% (Cuadro 6.2). Con el fin de identificar a los genotipos estadísticamente superiores se realizó una comparación de medias (Figura 3), la cual se identificó a los híbridos CID/Defensor con 148.30, Prunaxx/Defensor con 137.20, Outlander/Defensor y el 19T4027 con 136.70 como los híbridos con mayor número de frutos por planta.

En la (Figura 3), se muestra el comportamiento de los híbridos. Los híbridos que presentaron menos frutos fueron Blindon/Defensor y Garnet/Defensor.

El híbrido comercial CID/Defensor fue el que presentó mayor número de frutos 148.30, en relación con lo observado en este trabajo, Al-Harbi *et al.*, (2017) encontraron un incremento en la producción de plantas de tomate injertadas, asociado principalmente a un aumento en el número de frutos. Cabe mencionar que el híbrido 19T4027 sin ser injertado mostró un valor 136.70 superior a los otros híbridos injertados.

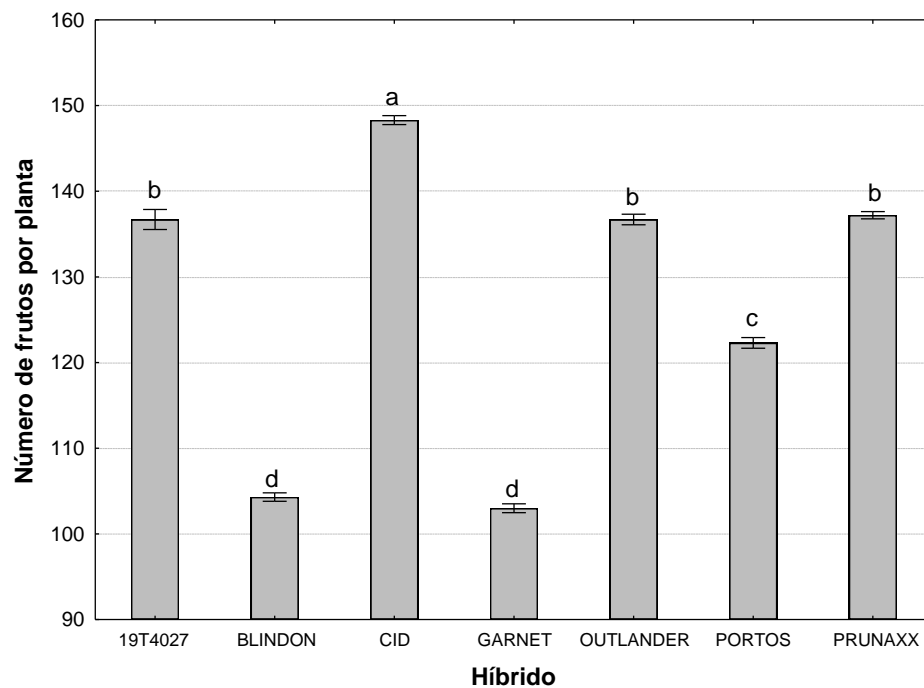


Figura 3. Representación gráfica de la variable número de frutos por planta (NFP), de los siete híbridos de tomate saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero. Prueba de medias (Tukey $P \leq 0.05$)

4.6 Rendimiento por planta.

De acuerdo con el análisis de varianza para la variable rendimiento por planta, nos indica que existe diferencias estadísticas significativas entre híbridos, cortes y la interacción híbridos por corte, el coeficiente de variación fue de 17.00% (Cuadro 6.2). En la (Figura 4), se presentan los promedios de rendimiento de los siete híbridos; cabe mencionar que el híbrido 19T4027 sin ser injertado con defensor presentó mayor rendimiento por planta 17.22 kg ya que este supera a los demás, seguido por los híbridos injertados CID/Defensor con rendimiento de 16.77 kg y el Outlander/Defensor con 16.63 kg. Por otra parte, el rendimiento más bajo lo tuvo el híbrido Garnet/Defensor también injertado con rendimiento de 12.53 kg por planta. Rangnamei *et al.*, (2017) mencionan que las variaciones en el rendimiento pueden deberse a diferencias genéticas entre los híbridos ya que se cultivaron a las mismas condiciones.

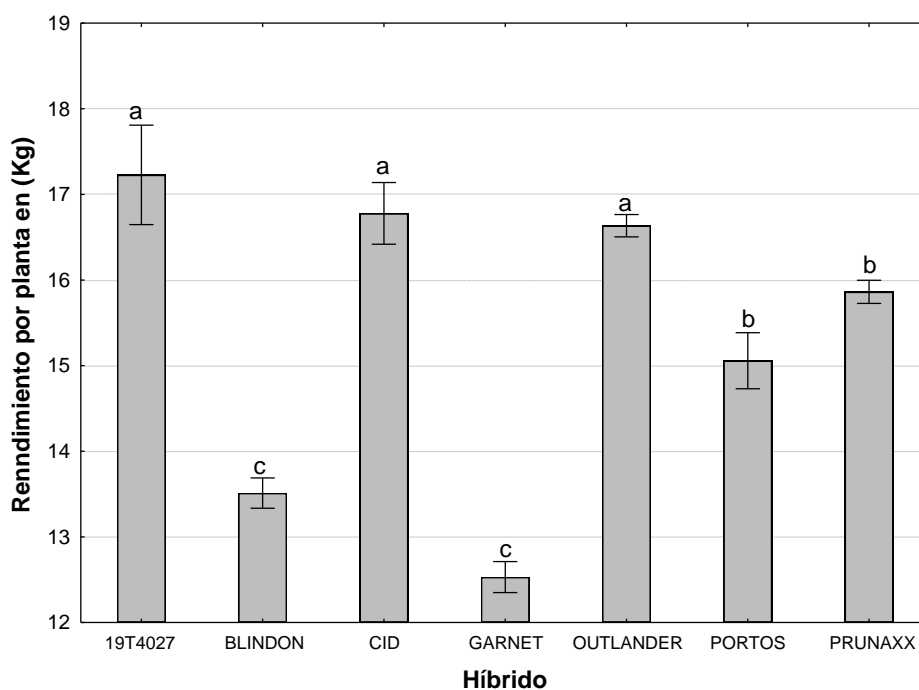


Figura 4. Representación gráfica de la variable rendimiento por planta (RENDPLTA), de los siete híbridos de tomate saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero. Prueba de medias (Tukey $P \leq 0.05$)

4.7 Peso promedio de fruto.

El análisis de varianza (Cuadro 6.2) para la variable peso promedio de fruto en tomate saladette, presentó diferencias significativas entre híbridos, cortes y en interacción híbridos por corte con un coeficiente de variación de 8.29%. La (Figura 6.2) muestra el comportamiento de los híbridos respecto al peso promedio de los frutos, los híbridos que presentaron mayor peso fueron Blindon/Defensor con 129.10 g, 19T4027 con 124.68 g, y Portos/Defensor con 122.33 g. El híbrido que presentó menos peso de fruto fue el testigo CID/Defensor con 112.73 g. El peso del fruto es el resultado de la relación entre la actividad de la fuente y la fuerza de la demanda durante el periodo de crecimiento, donde se involucran de manera importante las características del genotipo (Taiz *et al.*, 2015). Por otra parte, Maboko y Du Plooy (2018), menciona que las diferencias en peso de fruto entre los materiales se deben a la constitución genéticas propias de cada línea y a la influencia ejercida por el ambiente.

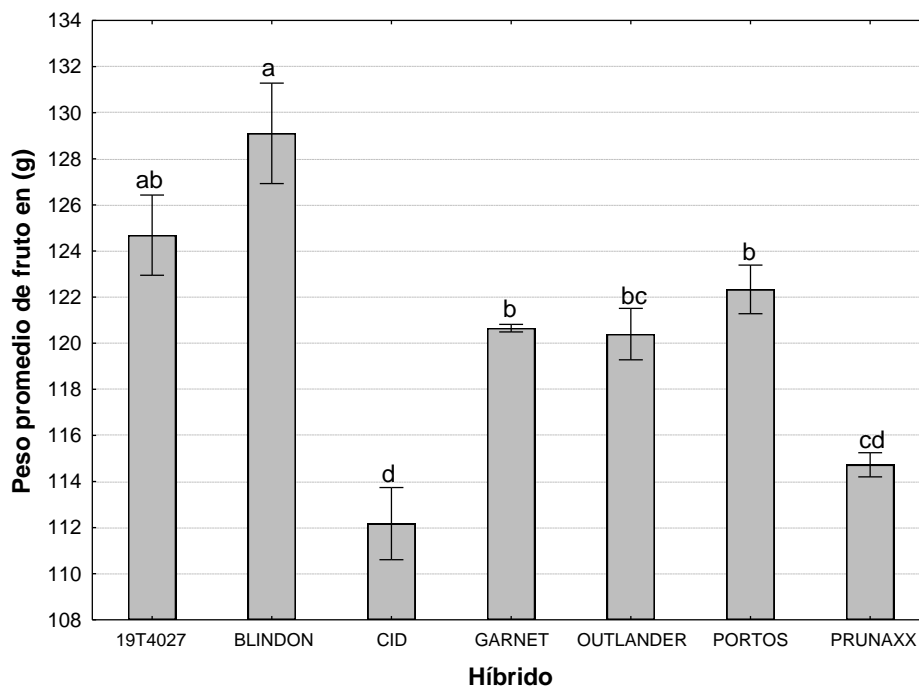


Figura 5. Representación gráfica de la variable peso promedio de fruto (PPF), de los siete híbridos de tomate saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero. Prueba de medias (Tukey $P \leq 0.05$).

4. 8 Rendimiento por hectárea.

De acuerdo con el análisis de varianza ($P \leq 0.01$) muestra que los híbridos presentaron diferencias significativas entre híbridos, cortes y la interacción híbridos por corte, se estimó un coeficiente de variación de 17.00% (Cuadro 6.2). De acuerdo a la (Figura 6) prueba de medias Tukey ($P \leq 0.05$) los rendimientos calculados ($t\ ha^{-1}$) de los siete híbridos, el 19T4027 fue el que presentó mayor rendimiento con $143.5\ t\ ha^{-1}$, esto a pesar de ser el híbrido sin ser injertado con Defensor a comparación con el testigo CID/Defensor con un rendimiento de $139.00\ t\ ha^{-1}$. Respecto a los resultados obtenidos en esta investigación contradicen lo dicho por Turhan *et al.*, (2011) en el cual mencionan que el injerto de tomate en portainjertos adecuados tiene efectos positivos en el rendimiento, en combinaciones injertadas, el rendimiento total de frutos por planta aumenta significativamente en comparación con el de las plantas no injertadas.

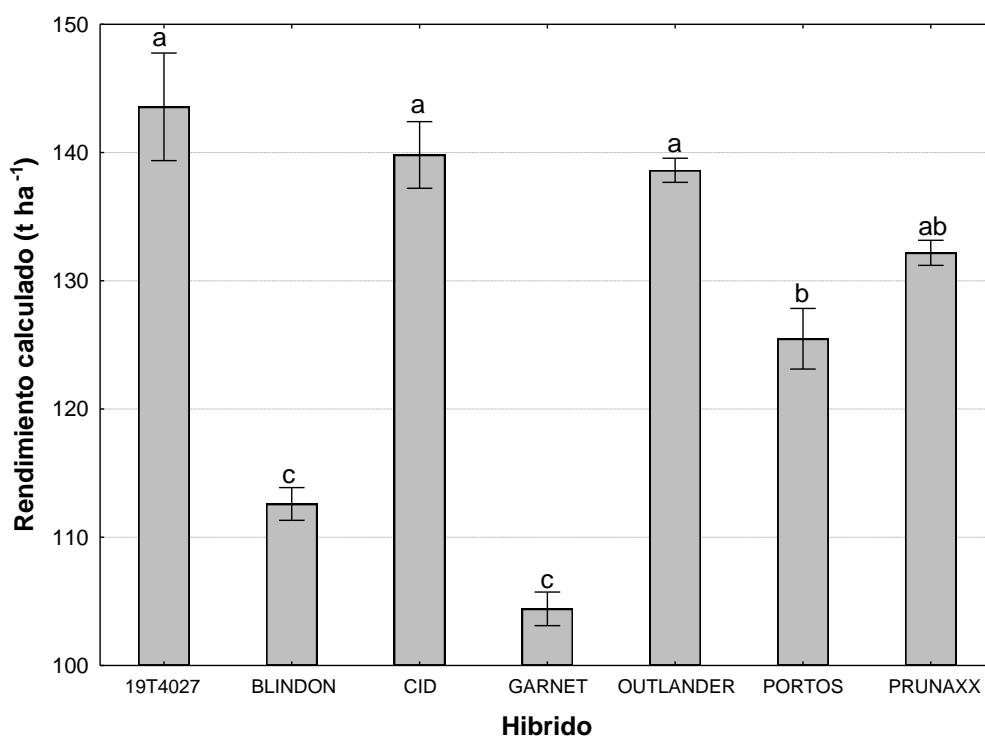


Figura 6. Representación gráfica de la variable rendimiento por hectárea ($t\ ha^{-1}$), de los siete híbridos de tomate saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero. Prueba de medias (Tukey $P \leq 0.05$)

En la (Figura 7) se presenta los rendimientos de cada híbrido por corte, el híbrido 19T4027 fue el que presentó mayor rendimiento en seis cortes los cuales fueron en el: 20, 16, 13, 6, 5, y 3, siendo mayor en el corte 5 con 12.162 toneladas, a comparación con el testigo comercial CID F1/ Defensor este presentó mayor rendimiento en los cortes 19, 14 y 4, siendo mayor en el corte 4 con 10.374 toneladas.

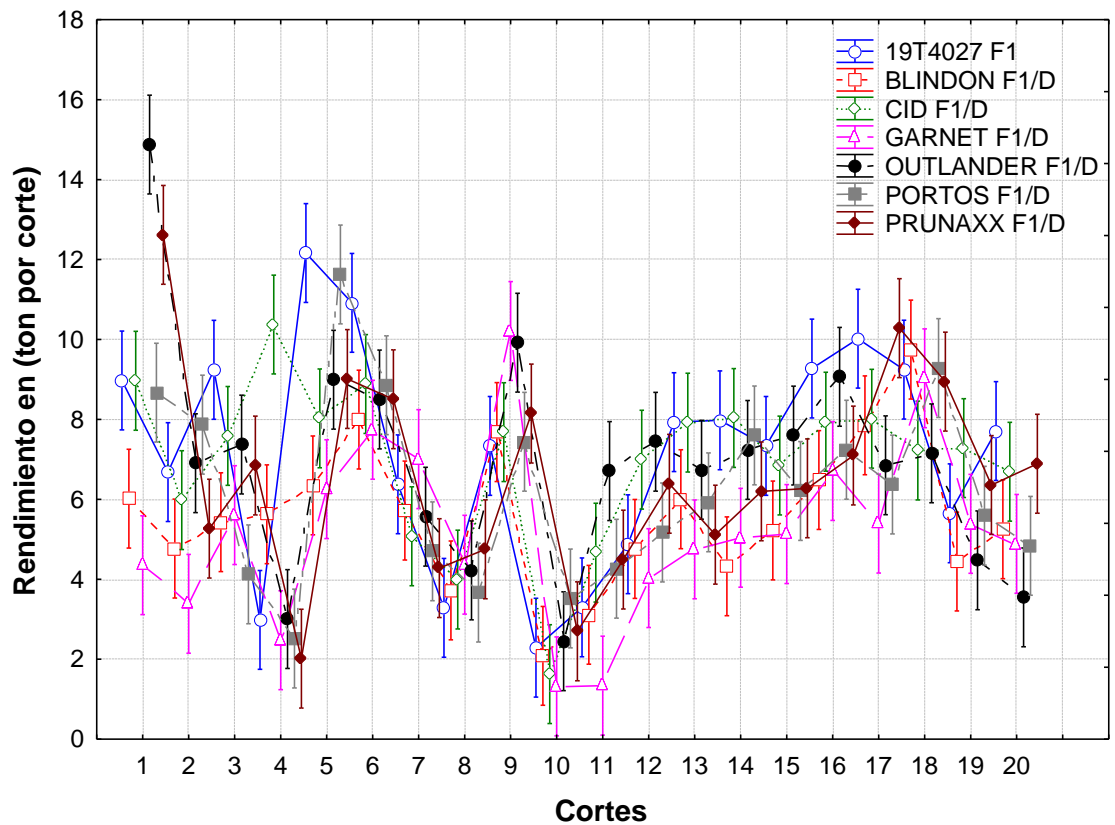


Figura 7. Representación gráfica del rendimiento por corte de cada híbrido de tomate saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero.

Cuadro 6. 2. Análisis de varianza de las variables de rendimiento en fruto de tomate tipo saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero.

F.V.	G.L.	NFPLTA	RENDPLTA	PPF	REND_HA
Híbridos	6	5.16**	0.05**	1975.90**	32.79**
Corte	19	7.18**	0.12**	2451.00**	76.18**
Híbridos*Corte	114	0.61**	0.01**	291.40**	6.87**
Error	280	0.10	0.00	113.60	1.18
Total	419				
CV (%)		14.99	17.00	8.29	17.00
Valor máximo		50.40	6.04	133.08	151.00
Media		42.30	4.12	120.58	128.09
Valor mínimo		33.30	4.07	109.41	101.84

F.V.: Fuentes de variación; G.L.: Grados de libertad; NFP: Número de frutos por planta; RENDPLTA: Rendimiento por planta; PPF: Peso promedio de fruto; REND_HA; Rendimiento por hectárea; **= Significativo al 0.01, CV = Coeficiente de variación

4.9 Índice de clorofila.

En el análisis de varianza (Cuadro 6.3) para la variable de índice de clorofila, los valores mostraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.01$) entre los híbridos durante el desarrollo del cultivo, el híbrido Outlander/Defensor presentó mayor valor con 56.84 unidades SPAD a comparación con el testigo CID/Defensor que presentó 52.18 unidades SPAD (Figura 7).

Granados *et al.*, (2013) han reportado buenos resultados al utilizar herramientas ópticas como el medidor de clorofila SPAD mejores para conocer rápidamente el estado nutricional de las plantas y adecuar la fertilización nitrogenada en el cultivo de tomate.

Cuadro 6. 3. Análisis de varianza de la variable índice de clorofila (SPAD) en hojas de tomate tipo saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero.

Fuente de variación	Grados de libertad	(IC) SPAD
Híbrido	6	42.72**
Error	56	13.60
Total	62	
CV (%)		6.90
Valor máximo		63.00
Media		53.40
Valor mínimo		43.90

IC: Índice de clorofila; **=Significativo al 0.01; CV = Coeficiente de variación

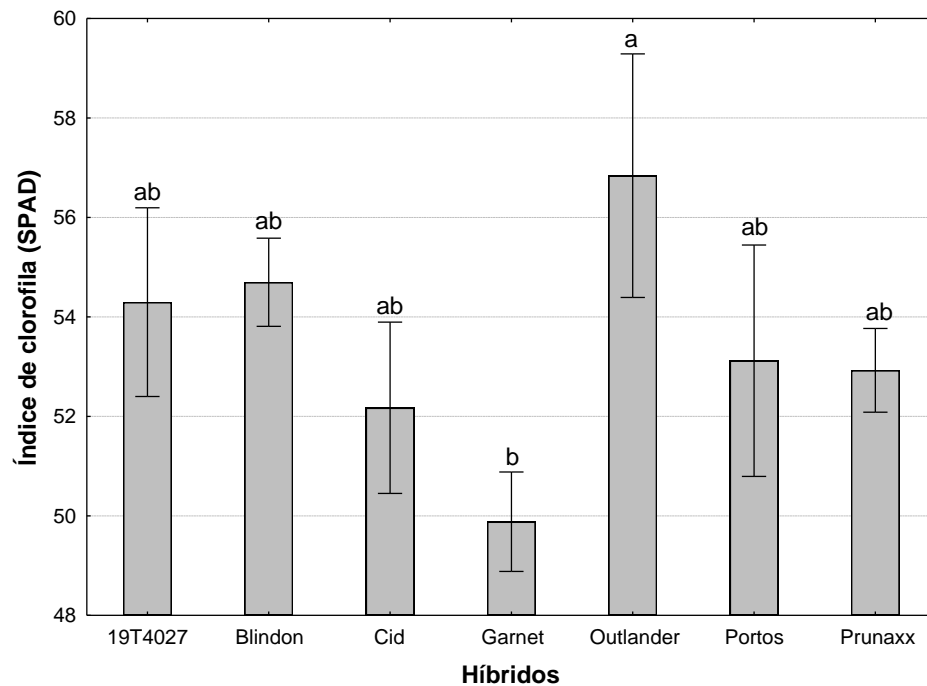


Figura 8. Representación gráfica del Índice de Clorofila en Unidades SPAD en siete híbridos de tomate saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero. Prueba de medias (Tukey $P \leq 0.05$).

4.10 Clasificación de fruto

En los resultados obtenidos nos muestran que los frutos de tomate quedaron clasificados de la siguiente manera (Cuadro 6.4), de los siete híbridos comerciales evaluados el 19T4027 fue el que presentó mayor porcentaje de tamaños del fruto jumbo (J) con el 45%, seguido por el híbrido Blindon/Defensor con el 41% y Portos/Defensor con un 37% a comparación del testigo comercial CID/Defensor presentó un 22% de frutos jumbo y 43% de extragrande (XL).

En tamaños extragrande (XL) el híbrido que presentó mayor porcentaje fue Garnet/Defensor y Prunaxx/Defensor con un 50%, seguido por Outlander/Defensor y Prunaxx/Defensor con un 46%. Los tomates grandes son utilizados principalmente en procesos de industrialización para fabricar salsas, jugos y otros productos, mientras que, los frutos medianos y pequeños en general tienen mayor preferencia a nivel del consumidor debido a su consumo en el momento (Mora, 2022). El tamaño del fruto sirve para distinguir las diferentes categorías siendo las mayores las más valoradas por el consumidor (Teruelo, 2021).

Cuadro 6. 4. Clasificación de frutos de tomate saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero.

Híbridos	Rezaga	S	M	L	XL	J	Total general
19T4027 F1	0.12	0.19	0.68	2.22	6.23	7.76	17.22
BLINDON F1	0.06	0.06	0.31	1.37	6.23	5.46	13.51
CID F1	0.21	0.50	1.65	3.49	7.15	3.75	16.77
GARNET F1	0.13	0.18	0.63	1.42	6.26	3.88	12.53
OUTLANDER F1	0.23	0.24	0.80	2.18	7.56	5.58	16.63
PORTOS F1	0.12	0.17	0.76	1.86	6.63	5.49	15.05
PRUNAXX F1	0.27	0.30	1.03	2.62	7.95	3.66	15.86
Total general	35.62	15.19	5.89	1.18	1.66	48.04	107.60

S = Pequeño; M: Mediano; L: Grande; XL: Extra grande; J: Jumbo

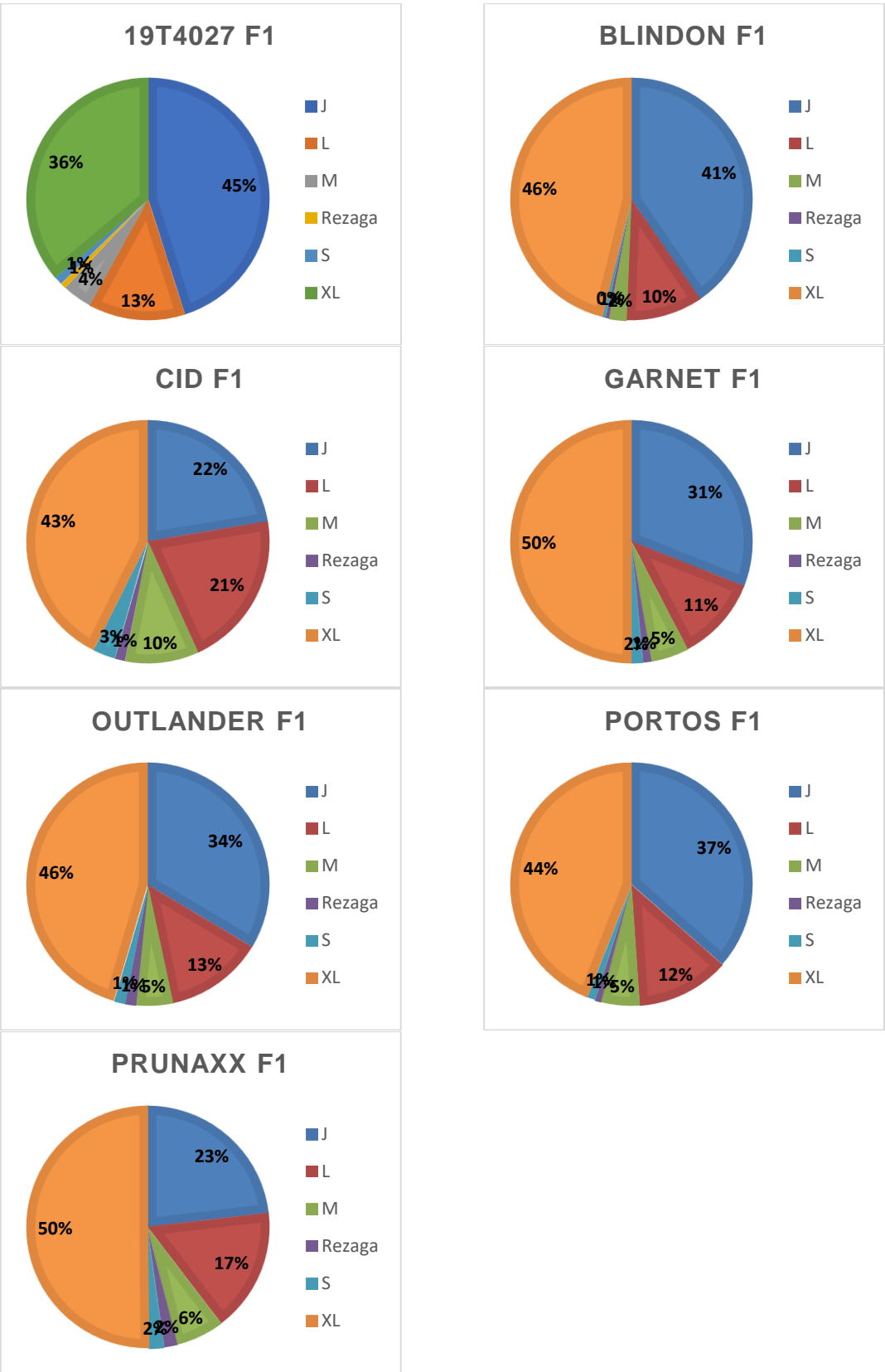


Figura 9. Clasificación de tamaño de fruto en los siete híbridos de tomate saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero.

4.11 Análisis de componentes principales

Análisis de componentes principales para nueve variables de siete híbridos de tomate saladette. En el (Cuadro 6.5) se explican los eigenvalores o valores propios de cada componente principal (CP) y el % de la varianza total de cada CP. El porcentaje que explican la varianza de los cuatro componentes es 77.054% de la variación total.

Cuadro 6. 5 Total de la varianza explicada de siete híbridos de tomate para cada componente principal.

CP	Eigenvalor	% Varianza Total	Eigenvalue Acumulado	Acumulado %
1	3.256	36.180	3.256	36.180
2	1.454	16.161	4.710	52.341
3	1.197	13.301	5.907	65.643
4	1.027	11.411	6.934	77.054

CP: Componente principal.

Cuadro 6. 6 Contribución relativa de las variables analizadas en cuatro componentes principales de siete híbridos de tomate saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero.

Variable	Rendimiento CP1	Grosor de fruta CP2	Índice de clorofila CP3	Peso de fruta CP4
NFPLT	0.956	-0.056	-0.010	-0.143
RENDPLTA	0.990	-0.006	-0.036	0.074
REND_HA	0.990	-0.006	-0.036	0.074
PPF	0.200	0.111	-0.097	0.839
DE	-0.451	0.005	0.110	0.623

NR	0.110	0.078	0.788	-0.217
DP	-0.028	0.797	0.066	0.167
NL	0.050	-0.811	0.015	0.026
SPAD	-0.259	-0.037	0.724	0.193
EXPL.VAR	3.202	1.317	1.175	1.238
PRP.TOTL	0.355	0.146	0.130	0.137

CP: Componente principal; NFPLT: Número de frutos por planta; RENDPLTA: Rendimiento por planta; REND_HA: Rendimiento por hectárea; PPF: Peso promedio de fruto; DE: Distancia de entrenudo; NR: Número de racimos; DP: Diámetro de pulpa; NL: Numero de lóculos; SPAD: Índice de clorofila.

En el análisis de componentes principales (Cuadro 6.6) el CP1 Rendimiento tiene una alta contribución de las variables NFPLT, RENDPLTA y REND_HA, este componente explica 36.18% de la variación total (Cuadro 6.5), siendo las variables que más contribuyen RENDPLTA y REND_HA con los valores más altos 0.990 seguido por NFPLTA con 0.956, estos valores cuentan con un valor positivo y están relacionadas al rendimiento por ha⁻¹. El CP2 las variables DP (0.797) y NL (-0.811) con un valor negativo lo que está relacionada con el grosor de fruta, explicando un 16.16% de la variación total y el 52.34% de la variación acumulada. El CP3 constituido por las siguientes variables NR (0.788) y SPAD (0.724) con 13.30% de la variación total y 65.643 de la varianza acumulada estos valores cuentan con un valor positivo y están relacionados con el índice de clorofila (SPAD). El CP4 peso de fruta corresponde PPF (0.839) con 11.41% de la variación total y 77.05% de la varianza acumulada.

V. CONCLUSIONES

En este trabajo fue posible evaluar los híbridos de tomate tipo saladette mejor adaptados y que obtuvieron un buen rendimiento en condiciones de invernadero.

El híbrido 19T4027 fue el que presentó mayor diámetro de pulpa y también fue el que obtuvo mayor rendimiento por planta, en cuanto al número de frutos por planta éste no fue el que presentó mayor valor, pero superó a los híbridos Portos/Defensor, Blindon/Defensor y Garnet/Defensor, las variables antes mencionadas hizo destacar al híbrido 19T4027 al obtener un mayor rendimiento de toneladas por hectárea superando a los híbridos injertados. Como segundo lugar en cuanto a rendimiento por hectárea lo ocupó el testigo comercial CID/Defensor.

La cantidad de clorofila o unidades SPAD en las hojas se presentó un comportamiento variado entre los híbridos, la mayor cantidad de clorofila estuvo presente en el híbrido Outlander/Defensor.

En cuanto a la clasificación de fruto, los tamaños jumbo fueron observados mayormente en los híbridos 19T4027 y Blindon/Defensor, el tamaño extra grande fueron observados mayormente en los híbridos Blindon/Defensor, Garnet/Defensor y Outlander/Defensor, mientras que las clasificaciones de menor tamaño fueron observadas mayormente en los híbridos CID/Defensor y Prunaxx/Defensor.

VI. LITERATURA CITADA

- Allende, M., Salinas, L., & Torres, A. (2017). Manual de cultivo del tomate bajo invernadero.
- Al-Harbi, A., A. Hejazi, and A. Al-Omran. 2017. Respuestas del tomate injertado (*Solanum lycopersicon* L.) al estrés abiótico en Arabia Saudita. Revista Saudita de Ciencias Biológicas 24:1274-1280.
- Basto-Pool, C. I., De los ángeles Herrera-Parra, E., & Hernández-Pinto, C. D. (2021). Importancia del injerto en hortalizas. Bioagrociencias, 14(1).
- Bringas. (2003). Revista productores de hortalizas. (2003). Tiempos de invernadero.
- Barrios, D J.; Suárez, B. B.; Cruz, R. W.; Barrios, D. B.; Vázquez, H. G.; Ibáñez, M. A. & Moreno, V. D. (2015). Fertilización fosfatada en rendimiento y calidad de tomate en invernadero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 6(4): 897-904p.
- Caires NOS , Guedes de Carvalho J, Dias MFA, Pereira TR , Pinho PJ. (2005). Uso de SPAD 502 en la evaluación del contenido foliar de clorofila, nitrógeno, azufre, hierro y manganeso de plantas herbáceas de algodón. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000500014>
- Castellanos, Z. J. (ed). (2009). Manual de producción de tomate en invernadero. Intagri, S.C. Celaya, Gto., México. 458 pág.
- CATIE. 1990. (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate. Turrialba. Costa Rica. p.
- Coban, A., Akhoundnejad, Y., Dere, S. y Dasgan, HY (2020). Impacto del portainjerto tolerante a la sal en la mejora de las respuestas sensibles de las plantas de tomate a la salinidad. HortScience, 55(1), 35–39.<https://doi.org/10.21273/HORTSCI114476-19>
- Cruz, M. (2012). Comportamiento del tomate con distintos sustratos y frecuencias de riego bajo condiciones protegidas. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México.
- Coba, C., Curay, S. (2018). Evaluación de cinco híbridos de tomate hortícola (*lycopersicum esculentum*) bajo cubierta plástica en la parroquia Izamba.
- Castro, J. D., Gómez, J. G. y Rivera, J. G. G. M. (2014). Automatización de un invernadero de plántulas de tomate rojo. Ciencia e Ingeniería. 1-20.

- Carmona Camargo, J. D. C. (2023). Evaluación de la eficiencia de un extracto de pringamoza (*Cnidocolus urens*) como bioestimulante de crecimiento y desarrollo de plantas de tomate chonto (*Lycopersicon esculentum* Mill).
- Castilla Castro, C. D. C., & Castilblanco Dávila, C. (1998). Evaluación de cinco cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), en el Valle de Sébaco (Tesis. Doctoral. Universidad Nacional Agraria, UNA).
- de la Cruz-Lázaro, E., Osorio-Osorio, R., Martínez-Moreno, E., del Río, A. J. L., Gómez-Vázquez, A., & Sánchez-Hernández, R. (2010). Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Interciencia*, 35(5), 363-368.
- Escobar, H. (2009). Generalidades del cultivo. Manual de producción de tomate bajo invernadero, 13.
- Escobar, H. (2010). Manual de producción de tomate bajo invernadero. Editorial Tadeo Lozano.
- FIRA. (2016). Panorama agroalimentario tomate rojo. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200635/Panorama_Agroalimentario_Tomate_Rojo_2016.pdf.
- FIRA. (2009). Agricultura protegida para pequeños y medianos productores en Michoacán. México, D.F., México: FIRA.
- FIRA. (2019). Panorama Agroalimentario Tomate rojo 2019. <https://sursureste.org.mx/estudios/panorama-agroalimentario-2020-tomate-rojo-2019/>
- FAO. (2022). Base de datos estadística FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL> (12, febrero, 2024).
- Flores, J. (2007). Requerimientos de riego para tomate de invernadero. *Revista terra latinoamericana*, 25(2), 127-134.
- Gozá-León, O., Fernández-Águila, M., Rodríguez-Garcel, R. H., & Ojito-Magaz, E. (2020). Aplicación del Análisis de Componentes Principales en el proceso de purificación de un biofármaco. *Vaccimonitor*, 29(1), 5-13.
- Gan, L., Song, M., Wang, X., Yang, N., Li, H., Liu, X., & Li, Y. (2022). Las citoquininas participan en la regulación del grosor del pericarpio del tomate y el tamaño del fruto. *Investigación en horticultura*, 9, uhab041, <https://doi.org/10.1093/hr/uhab041>
- Granados. M.R., Thompson, R.B., Fernandez., M.D., Martinez-Gaitan, C., y Gallardo, M. (2013). Prescriptiv-corrective nitrogen and irrigation management of fertigated and drip-irrigated vegetable crops using modelling and monitoring approaches. *Agric. Water Mgt.* 119, 121-134.

- Hurtado, E., González-Vallejos, F., Roper, C., Bastías, E., & Mazuela, P. (2017). Propuesta para la determinación del contenido de clorofila en hojas de tomate. *Idesia (Arica)*, 35(4), 129-130.
- INTAGRI (2018). *El Cultivo de Tomate. Serie Hortalizas. Núm.14. Artículos Técnicos de INTAGRI.* México. 9p.
- ITIS, 2014 Sistema Integrado de Información Taxonómica. <https://www.itis.gov/> (7/octubre/2022).
- INEGI (2022). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Encuesta Nacional Agropecuaria 2022. www.inegi.org.mx
- Jaramillo Noreña, J., Rodríguez, V. P., Guzmán, M., & Zapata, M. (2006). El cultivo de tomate bajo invernadero.
- Juárez-Maldonado, Antonio, de Alba Romenus, Karim, Zermeño González, Alejandro, Ramírez, Homero, & Benavides Mendoza, Adalberto. (2015). Análisis de crecimiento del cultivo de tomate en invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(5), 943-954. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000500003&lng=es&tlng=es.
- Lambies Cuevas, F. J. (2016). Influencia del injerto y de dos soluciones nutritivas en parámetros de producción y calidad en tomate valenciano.
- Maldonado-Peralta, R. (2016). Riqueza agronómica en colectas mexicanas de tomates (*Solanum lycopersicum L.*) nativos. *Agro Productividad*, 9(12).
- Montenegro-Gracia, E. J., Pitti-Rodríguez, J. E., & Olivares-Campos, B. O. (2021). Identificación de los principales cultivos de subsistencia del Teribe: un estudio de caso basado en técnicas multivariadas. *Idesia (Arica)*, 39(3), 83-94. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292021000300083>
- Martínez, J. M. P. (2016). El papel del análisis por componentes principales en la evaluación de redes de control de la calidad del aire. *Comunicaciones en Estadística*, 9(2), 271-294. <https://doi.org/10.15332/s2027-3355.2016.0002.06>
- Maboko M, Du Plooy C. (2018). Response of Field-Grown Indeterminate Tomato to Plant Density and Stem Pruning on Yield. *International Journal of Vegetable Science*; [consultado el 11 de jun. de 2022]. 24(6):612–621. doi:10.1080/19315260.2018.1458265.
- Mora Mata, J. J. (2022). Efecto de tres abonos orgánicos y *Pseudomonas fluorescens* incorporados al suelo sobre variables agronómicas en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) en condiciones de invernadero en Barva, Heredia.

- Omer, AM (2009). Construcciones, aplicaciones y medio ambiente de invernaderos. *Revista Africana de Biotecnología*, 8(25).
- Parmar, M., Rajput, H. y Johri, S. (2021). *Solanum lycopersicum*, un depósito de antioxidantes. En *Terapias basadas en antioxidantes para la prevención y el tratamiento de enfermedades* (págs. 253-268).
- Pérez H. F. (2003). Evaluación de fertilizantes orgánicos aplicado foliarmente en tomate (*Lycopersicon esculentum*) bajo condiciones de invernadero. Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Pratt, L., Ortega, J. M., Nieto, E., & Braly-Cartillier, I. (2019). Agricultura protegida en México. Elaboración de la metodología para el primer bono verde agrícola certificado, 1-57.
- Quinet, M., Angosto, T., Yuste-Lisbona, F. J., Blanchard-Gros, R., Bigot, S., Martínez, J. P., & Lutts, S. (2019). Desarrollo y metabolismo del fruto del tomate. *Fronteras en la ciencia vegetal*, 10,1554. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01554>
- Ríos Mesa, D., & Santos Coello, B. (2023). Apuntes de horticultura olerícola.
- Rodríguez Mendoza, M. D. L. N., Alcántar González, G., Aguilar Santelises, A., Etchevers Barra, J. D., & Santizó Rincón, J. A. (1998). Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra Latinoamericana*, 16(2),135-141. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57316204>
- Rangnamei, L., Kumar, M., Mena, KL., y Rajkhowa, DJ. (2017). Evaluation of tomato varieties for increased productivity in the NEH Region of India, Nagaland, the India. *Indian Journal of Hill Farming*, 30(2): 0970- 6429.
- Sainz Rozas, H., & Echeverría, H. E. (1998). Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento en grano. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 103.
- Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. 1980. Principles and procedures of statistic. Mc. Graw-Hill, New York. p. 481.
- Sánchez, F. (2004). Descripción de paquetes tecnológicos de producción comercial de jitomate en hidroponía bajo invernadero. In Salazar R; Navas G; Rojano A. eds. III Curso Internacional de Invernaderos. Guadalajara, México. PUIMECI. 38 p.
- SAGARPA (2010). Excelente para el corazón, el jitomate
- SAGARPA (2017). Jitomate Mexicano. En *Planeación agrícola nacional 2017-2030*.

- SAGARPA (2022). El jitomate, hortaliza mexicana de importancia mundial.
- SIAP. (2022). Anuario estadístico de la producción agrícola.
- SIAP. (2023). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- Teruelo García, L. (2021). Uso de biofertilizantes como una herramienta para mejorar la productividad y la calidad de un cultivo intensivo de tomate.
- Télles, J. A., & Garza, E. (2012). Guía para cultivar jitomate en condiciones de malla sombra en San Luis Potosí.
- Turhan, A., Ozmen, N., Serbeci, M. S., & Seniz, V. (2011). Effects of grafting on different rootstocks on tomato fruit yield and quality. *Horticultural Science*, 38(4), 142-149.
- Taiz L., E. Zeiger, I.M. Moller y A. Murphy. (2015). *Plant Physiology and Development*. 6th Ed. Sinauer Associates Publishers. Sunderland, Massachusetts, USA
- Van Haeff. (2012). Manual de Educación Agropecuaria Tomates Área: Producción Vegetal México pp 10-40
- Velasco-Alvarado, M. D. J., Castro-Brindis, R., Castillo-González, A. M., Avitia-García, E., Sahagún-Castellanos, J., & Lobato-Ortiz, R. (2016). Composición mineral, biomasa y rendimiento en tomate (*Solanum lycopersicum L.*) injertado. *Interciencia*, 41(10), 703-708.
- Villasana Rojas, J. A. (2001). Efecto del injerto en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) bajo condiciones de invernadero en Nuevo León (Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Zamora-Oduardo, D., Rodríguez-Fernández, P., Ferrer-Dubois, A., Fung-Boix, Y., Isaac-Aleman, E., & Asanza-Kindelán, G. (2020). Producción de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) bajo riego con agua magnetizada en casa de cultivo protegido. *Ciencia en su PC*, 1,60-74.
- Zarate N.B.H. 2007. Producción de jitomate (*licopersicum esculentum mill*) hidropónico con sustratos, bajo invernadero. Santa cruz xoxocotlan, Oaxaca, México. <https://doi.org/10.32854/agrop.v12i9.1419>

APÉNDICE

Cuadro A. 1. Comparación de medias para híbridos en cuatro componentes de calidad para tomate tipo saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero.

Híbridos	Distancia de Entrenudo (cm)	Número de racimos	Diámetro de Pulpa (mm)	Número de Lóculos
19T4027	28.711C	6.086D	10.336A	2.242F
Blindon/Defensor	33.766A	7.320B	9.001C	3.004A
CID/Defensor	27.893D	5.31E	8.114D	2.467E
Garnet/Defensor	28.673C	6.739C	9.926B	2.739BC
Outlander/Defensor	29.483B	7.9A	10.262A	2.565DE
Portos/Defensor	28.211D	5.029F	6.572E	2.620CD
Prunaxx/Defensor	26.722E	7.833A	8.195D	2.821B

Cuadro A. 2. Comparación de medias para cortes en cuatro componentes de calidad para tomate tipo saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero.

Cortes	Distancia de Entrenudo (cm)	Número de racimos	Diámetro de Pulpa (mm)	Número de Lóculos
1	28.28EF	6.43EF	8.89AB	2.61BCD
2	28.91C-F	6.63B-E	8.88AB	2.56BCD
3	29.78AB	6.54CDE	9.10A	2.56BCD
4	29.31A-D	6.31F	8.87AB	2.47D
5	28.14F	6.46DEF	9.04AB	2.79AB
6	28.53DEF	6.61CDE	8.81AB	2.59BCD
7	29.01B-E	6.54CDE	8.93AB	2.58BCD
8	28.96BC-F	6.49DEF	8.93AB	2.55BCD

9	28.92C-F	6.55CDE	8.92AB	2.61BCD
10	28.88C-F	6.57CDE	8.92AB	2.47D
11	28.83C-F	6.54CDE	8.57B	2.57BCD
12	28.79C-F	6.61B-E	8.91AB	2.69A-D
13	29.35A-D	6.54C-F	8.91AB	2.63BCD
14	29.31A-D	6.60CDE	8.90AB	2.72A-D
15	29.27A-D	6.67A-D	8.90AB	2.54BCD
16	29.22A-D	6.64B-E	8.92AB	2.76ABC
17	29.18A-D	6.75ABC	8.95AB	2.78AB
18	29.14BCD	6.74ABC	9.00AB	2.48CD
19	29.39ABC	6.84AB	8.84AB	2.76ABC
20	30.024A	6.89A	9.00AB	2.93431A

Cuadro A. 3. Comparación de medias para híbridos en cuatro componentes de rendimiento para tomate tipo saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero.

Híbridos	Número de frutos por planta	Rendimiento por planta (kg)	Peso promedio de fruto (g)	Rendimiento toneladas por hectárea (ton)
19T4027	136.70B	17.228A	124.688AB	143.5A
Blindon/Defensor	104.30D	13.512C	129.104A	112.59C
CID/Defensor	148.30A	16.7779A	112.173D	139.00A
Garnet/Defensor	103.00D	12.5305C	120.653B	104.41C
Outlander/Defensor	136.70B	16.634A	120.391BC	138.60A
Portos/Defensor	122.30C	15.0578 B	122.333B	125.48B
Prunaxx/Defensor	137.20B	15.8622AB	114.726CD	132.18AB

Cuadro A. 4. Comparación de medias para cortes en cuatro componentes de rendimiento para tomate tipo saladette injertados y sin injertar en condiciones de invernadero.

Cortes	Número de frutos por planta	Rendimiento por planta (kg)	Peso promedio de fruto (g)	Rendimiento toneladas por hectárea (ton)
1	57.4ABC	7.7364A	135.75AB	19.34A
2	34.5EFG	4.9028E	142.93A	12.25E
3	44.2D	5.5445DE	126.02BCD	13.86DE
4	29.4G	3.4799F	114.85D-G	8.69F
5	64.4A	7.4906AB	116.75C-G	18.72AB
6	52C	7.3674ABC	141.69A	18.41ABC
7	41.7DE	4.6472E	110.98FGH	11.61E
8	31.1G	3.3607F	109.05GH	8.40F
9	62.9A	7.0105ABC	112.13E-H	17.52ABC
10	17.5H	1.9193G	109.98GH	4.79G
11	32.6FG	3.3459F	100.62H	8.36F
12	38.8DEF	4.7595E	122.56C-F	11.89E
13	44D	5.3264E	122.63CDE	13.31E
14	44.1D	5.5696DE	126.15BCD	13.92DE
15	42D	5.3543E	128.016BC	13.38E
16	53C	6.4573CD	122.09C-F	16.14CD
17	55.2BC	6.5746BC	118.39C-G	16.43BC
18	61.1AB	7.2749ABC	118.64C-G	18.18ABC
19	41.6DE	4.7027E	113.53EFG	11.75E
20	41DE	4.7779E	118.78C-G	11.94E

Cuadro A. 5. Valor de rendimiento por corte de cada híbrido.

HÍBRIDO	CORTE	RENDIMIENTO POR CORTE	ERROR ESTANDAR
PRUNAXX	1	12.61667	0.628116
PRUNAXX	2	5.26667	0.628116
PRUNAXX	3	6.84667	0.628116
PRUNAXX	4	2.01500	0.628116
PRUNAXX	5	9.01167	0.628116
PRUNAXX	6	8.50417	0.628116
PRUNAXX	7	4.28000	0.628116
PRUNAXX	8	4.75083	0.628116
PRUNAXX	9	8.14667	0.628116
PRUNAXX	10	2.69917	0.628116
PRUNAXX	11	4.49333	0.628116
PRUNAXX	12	6.38833	0.628116
PRUNAXX	13	5.11667	0.628116
PRUNAXX	14	6.20000	0.628116
PRUNAXX	15	6.27583	0.628116
PRUNAXX	16	7.09583	0.628116
PRUNAXX	17	10.28333	0.628116
PRUNAXX	18	8.94500	0.628116
PRUNAXX	19	6.35833	0.628116
PRUNAXX	20	6.89083	0.628116
PORTOS	1	8.66833	0.628116
PORTOS	2	7.86917	0.628116
PORTOS	3	4.12333	0.628116
PORTOS	4	2.51750	0.628116
PORTOS	5	11.62583	0.628116
PORTOS	6	8.85417	0.628116
PORTOS	7	4.70000	0.628116

PORTOS	8	3.66667	0.628116
PORTOS	9	7.44000	0.628116
PORTOS	10	3.52000	0.628116
PORTOS	11	4.26417	0.628116
PORTOS	12	5.17167	0.628116
PORTOS	13	5.92667	0.628116
PORTOS	14	7.60000	0.628116
PORTOS	15	6.21000	0.628116
PORTOS	16	7.24083	0.628116
PORTOS	17	6.37000	0.628116
PORTOS	18	9.28417	0.628116
PORTOS	19	5.59083	0.628116
PORTOS	20	4.83833	0.628116
OUTLANDER	1	14.87500	0.628116
OUTLANDER	2	6.90417	0.628116
OUTLANDER	3	7.37083	0.628116
OUTLANDER	4	3.00583	0.628116
OUTLANDER	5	8.99250	0.628116
OUTLANDER	6	8.49750	0.628116
OUTLANDER	7	5.56583	0.628116
OUTLANDER	8	4.22333	0.628116
OUTLANDER	9	9.91917	0.628116
OUTLANDER	10	2.45000	0.628116
OUTLANDER	11	6.70750	0.628116
OUTLANDER	12	7.44083	0.628116
OUTLANDER	13	6.74000	0.628116
OUTLANDER	14	7.23667	0.628116
OUTLANDER	15	7.59667	0.628116
OUTLANDER	16	9.06667	0.628116
OUTLANDER	17	6.85167	0.628116
OUTLANDER	18	7.15083	0.628116

OUTLANDER	19	4.47417	0.628116
OUTLANDER	20	3.54750	0.628116
GARNET	1	4.35250	0.628116
GARNET	2	3.38583	0.628116
GARNET	3	5.60583	0.628116
GARNET	4	2.47667	0.628116
GARNET	5	6.25417	0.628116
GARNET	6	7.74083	0.628116
GARNET	7	7.00667	0.628116
GARNET	8	4.36417	0.628116
GARNET	9	10.21250	0.628116
GARNET	10	1.32167	0.628116
GARNET	11	1.34000	0.628116
GARNET	12	4.03083	0.628116
GARNET	13	4.75000	0.628116
GARNET	14	5.03917	0.628116
GARNET	15	5.13167	0.628116
GARNET	16	6.70917	0.628116
GARNET	17	5.39417	0.628116
GARNET	18	9.03000	0.628116
GARNET	19	5.38750	0.628116
GARNET	20	4.88750	0.628116
CID	1	8.96667	0.628116
CID	2	5.98083	0.628116
CID	3	7.58750	0.628116
CID	4	10.37417	0.628116
CID	5	8.02583	0.628116
CID	6	8.88667	0.628116
CID	7	5.07667	0.628116
CID	8	3.99417	0.628116
CID	9	7.68250	0.628116

CID	10	1.62833	0.628116
CID	11	4.66667	0.628116
CID	12	6.99250	0.628116
CID	13	7.91917	0.628116
CID	14	8.03417	0.628116
CID	15	6.84583	0.628116
CID	16	7.94250	0.628116
CID	17	8.01667	0.628116
CID	18	7.22250	0.628116
CID	19	7.28250	0.628116
CID	20	6.69000	0.628116
BLINDON	1	6.01750	0.628116
BLINDON	2	4.76917	0.628116
BLINDON	3	5.42917	0.628116
BLINDON	4	5.62667	0.628116
BLINDON	5	6.34917	0.628116
BLINDON	6	7.99667	0.628116
BLINDON	7	5.72000	0.628116
BLINDON	8	3.72083	0.628116
BLINDON	9	7.68333	0.628116
BLINDON	10	2.08500	0.628116
BLINDON	11	3.11333	0.628116
BLINDON	12	4.76000	0.628116
BLINDON	13	6.00333	0.628116
BLINDON	14	4.32583	0.628116
BLINDON	15	5.22083	0.628116
BLINDON	16	6.48250	0.628116
BLINDON	17	7.85333	0.628116
BLINDON	18	9.74667	0.628116
BLINDON	19	4.44417	0.628116
BLINDON	20	5.25250	0.628116

19T4027	1	8.97333	0.628116
19T4027	2	6.68083	0.628116
19T4027	3	9.24083	0.628116
19T4027	4	2.98333	0.628116
19T4027	5	12.16250	0.628116
19T4027	6	10.91500	0.628116
19T4027	7	6.37750	0.628116
19T4027	8	3.28583	0.628116
19T4027	9	7.33667	0.628116
19T4027	10	2.29000	0.628116
19T4027	11	3.29750	0.628116
19T4027	12	4.87833	0.628116
19T4027	13	7.93083	0.628116
19T4027	14	7.97750	0.628116
19T4027	15	7.33833	0.628116
19T4027	16	9.27333	0.628116
19T4027	17	10.01917	0.628116
19T4027	18	9.24500	0.628116
19T4027	19	5.65167	0.628116
19T4027	20	7.70917	0.628116
