

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Comportamiento Agronómico de Tomate (*Solanum lycopersicum*) Porte
Determinado con Diferentes Tipos de Fertilización en Invernadero

Por:

ROSA HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Abril, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Comportamiento Agronómico de Tomate (*Solanum lycopersicum*) Porte
Determinado con Diferentes Tipos de Fertilización en Invernadero.

Por:

ROSA HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Antonio Flores Naveda

Asesor Principal


Dr. Neymar Camposeco Montejo

Coasesor


Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel

Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Abril de 2025

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 el texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados datos o la tesis para presentarla como copia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamiento 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 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



Rosa Hernández Sánchez

DEDICATORIA

CON AMOR A MIS PADRES. Sr. Andrés Hernández Hernández. Sra. Manuela Sánchez Díaz Quienes se preocupan y me bendicen para que mi vida sea próspera, por su confianza, por su paciencia, por ser tan buenos y comprensivos conmigo. Quiero expresarles que Dios me regaló, a los mejores padres, realmente gracias por todos los sabios consejos que me han brindado y por el incomparable apoyo emocional como económicamente esto y mucho más que me ha contribuido alcanzar una de las metas de mi vida.

A **Emily Vianney Hernández Hernández** mi motivación para seguir adelante, eres mi presente, serás mi futuro y lo mejor que me ha pasado, te amo con todo mi corazón.

A **MIS HERMANOS: Irma, Hugo, María, Alberto, Carlos, Ricardo y Bartolo** porque ustedes siempre están conmigo, escuchándome, ayudándome y brindándome su mejor aliento. Gracias por todos los momentos que hacen que mi vida sea feliz y sin complicaciones, pero sobre todo Gracias por creer en mí, por eso y más les dedico, este triunfo con todo mi corazón. Los amo, ustedes son mi inspiración.

A **MIS CUÑADAS: María López y Julissa Millán** quienes de una forma u otra me motivaron a seguir adelante en mis estudios y brindándome su apoyo.

A **MIS SOBRINOS: Claudia, Felipe, José y David.** A todos por su valioso apoyo y motivaciones a seguir adelante, gracias por la confianza y el cariño demostrado.

A **MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS:** Gracias a mis compañeros de la generación CXXXVIII por formar bonita amistad que pido a Dios sea duradera, especialmente con mucho cariño a mis amigos: Melvin de Jesús Guízar Gonzales, Misael Díaz Porfirio, Teresa Méndez Mota, Gonzalo Sánchez Cruz, Gabriela Patricio Zúñiga, Estrella Rubí Maldonado Rojas, Kevin Cruz Ramos y Elsy Aidé Hernández Portillo, por compartir momentos inolvidables y por el gran apoyo que siempre me han brindado. Gracias por formar parte de mi vida universitaria.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por haberme dado la vida y la oportunidad de haber llegado a esta meta en mi vida, gracias por iluminar mi vida, por darme una familia que me apoya en cada una de mis decisiones, por darme los mejores padres y sobre todo estar siempre presente en mi vida, en mis mejores y peores momento.

A **la UAAAN “Mi Alma Mater”** por haberme dado la oportunidad de formarme profesionalmente, y ser mejor persona. Estaré eternamente agradecida, por lo que llevaré su nombre muy en alto.

También deseo expresar mi agradecimiento a las siguientes personas que estuvieron presentes durante mi formación profesional

A mi asesor el **Dr. Antonio Flores Naveda** por su apoyo incondicional, por su paciencia, tolerancia y por brindarme sus conocimientos y aportaciones para la realización del presente trabajo, pero sobre todo gracias por su amistad que sin duda me servirá de mucho en la vida profesional.

Al **Dr. Armando Muñoz Urbina, Dr. Neymar Camposeco Montejo y Dra. Xochitl Ruelas Chacón** por sus valiosas sugerencias, disposición y ayuda para la revisión de este trabajo.

A mis **Maestros** el Dr. Francisco Gordillo, Dra. Martha Gómez, Dra. Elizabeth, Dr. Enrique Aguirre, por sus valiosos consejos y esas palabras de ánimo, para seguir adelante y sobre todo por compartir su conocimiento.

A todos los Profesores del Departamento de Fitomejoramiento, extendiendo mi agradecimiento, ya que sus enseñanzas fueron la base para lograr culminar mi formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS	II
ÍNDICE DE CUADROS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	VIII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1. Objetivo general.....	3
1.2. Objetivos específicos	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Importancia del cultivo de tomate	4
2.2 Origen, historia y clasificación taxonómica	4
2.3 Clasificación taxonómica del tomate	5
2.4 <i>Solanum lycopersicum</i> : la especie y su biología.....	5
2.5 Producción mundial de tomate.....	6
2.6 Producción de tomate en México	7
2.7 Morfología de la planta.....	8
2.7.1 Raíz	8
2.7.2 Tallo.....	8
2.7.3 Hoja	8
2.7.4 Flor	9
2.7.5 Fruto	9
2.7.6 Semillas.....	9
2.8 Etapas de crecimiento y desarrollo	9
2.8.1 Crecimiento inicial	10

2.8.2	Crecimiento vegetativo	10
2.8.3	Floración.....	10
2.8.4	Formación de frutos.....	10
2.8.5	Maduración de frutos.....	10
2.9	Etapas de maduración del fruto	11
2.10	Condiciones climáticas.....	13
2.11	Labores culturales.....	15
2.12	Principales plagas y su control.....	16
2.12.1	Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>).....	16
2.12.2	Trips en tomate (<i>Frankliniella occidentalis</i> pergande)	18
2.12.3	Araña roja.....	21
2.13	Principales enfermedades y su control	22
2.13.1	Antracnosis (<i>Colletotrichum coccodes</i>)	22
2.13.2	Marchitez manchada del tomate.....	24
2.13.3	Pudrición del fruto (<i>Alternaria alternata</i>)	25
2.13.4	Nematodos	26
2.14	Calidad nutricional del tomate.....	27
2.15	Fertilización química y orgánica.....	29
2.15.1	Nutrición vegetal.....	29
2.15.2	Nutrición química.....	29
2.15.3	Formula N20-P30-K10 + Microelementos	32
2.15.4	Formula N20-P20-K20.....	34
2.15.5	Enraizador	35
2.15.6	Fertiplus®.....	36
2.15.7	FertiHumus®	37

2.15.8	Nutrición orgánica.....	38
2.15.9	Lixiviado de lombriz	39
2.16	Valor agregado	41
III.	MATERIALES Y METODOS	43
3.1	Localización del sitio experimental.....	43
3.2	Germoplasma	45
3.3	Descripción y aplicación de los fertilizantes en cada uno de los tratamientos	45
3.4	Variables evaluadas.....	47
3.5	Análisis estadístico.....	48
3.6	Prueba de Tukey.....	49
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
4.1	Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$).....	52
4.2	Correlaciones fenotípicas.....	55
V.	CONCLUSIONES	57
VI.	LITERATURA CITADA.....	58
VII.	APÉNDICE	66

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Insecticidas para el control de trips.	20
Cuadro 2. Composición química de los frutos del tomate (%).....	27
Cuadro 3. Composición del tomate.	28
Cuadro 4. Elementos y sus principales funciones en la planta.	30
Cuadro 5. Antagonismo y sinergismo entre nutrientes.....	32
Cuadro 6. Componentes del 20-30-10.	33
Cuadro 7. Modo de empleo para fertilización foliar 20-30-10.....	33
Cuadro 8. Composición porcentual del 20-20-20.	34
Cuadro 9. Modo de empleo de la fertilización 20-20-20.....	35
Cuadro 10. Componentes del Magic Root®.....	35
Cuadro 11. Composición química de Fertiplus®.....	37
Cuadro 12. Composición de FertiHumus en porcentaje.....	38
Cuadro 13. Modo de empleo del fertilizante foliar.	38
Cuadro 14. Clasificación del tomate de acuerdo con su tamaño.	41
Cuadro 15. Principales usos del tomate.....	42
Cuadro 16. Características del diseño experimental.....	44
Cuadro 17. Identificación del genotipo utilizado en la evaluación de sus características agronómicas.....	45
Cuadro 18. Insumos utilizados en cada tratamiento y dosis por planta.	46
Cuadro 19. Análisis de varianza y coeficientes de variación (CV%) de las variables evaluadas en los tratamientos aplicados en el cultivo de tomate genotipo LET-UA-05, en el ciclo O-I 2023-2024, bajo condiciones de invernadero.....	50
Cuadro 20. Unidades totales de fertilizante químico y orgánico en cada uno de los tratamientos aplicados en el genotipo de tomate bola (LET-UA-05).	51
Cuadro 21. Comparación de medias de los tratamientos de las variables agronómicas evaluadas en el genotipo de tomate tipo bola de hábito determinado (LET-UA-05), en el ciclo O-I 2023-2024, bajo condiciones de invernadero.	53
Cuadro 22. Coeficientes de correlación fenotípicas entre las variables analizadas en el genotipo de tomate (LET-UA-05), en el ciclo O-I 2023-2024, bajo condiciones de invernadero.	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales países productores de tomate.	6
Figura 2. Producción de tomate por estado.	7
Figura 3. Demostración de las cinco etapas de crecimiento del tomate y los diferentes niveles de madurez del fruto.	11
Figura 4. Las tres clases de madurez de los tomates.	12
Figura 5. Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>).	17
Figura 6. Trips adulto.	19
Figura 7. La araña roja del tomate.	21
Figura 8. Antracnosis del tomate.	23
Figura 9. a) Síntomas de TSWV en el follaje del tomate. b) Síntomas de TTSWV en frutos de tomate. c) Presencia de TSWV con frutos descoloridos que pueden no madurar por completo.	24
Figura 10. <i>Alternaria alternata</i> en tomate.	25
Figura 11. Agallas en las raíces de los tomates causadas por nematodos formadores de nudos en las raíces (especie <i>Meloidogyne</i>).	26
Figura 12. Análisis del contenido nutrimental del Lixiviado de lombriz, realizados en el laboratorio Fertilab.	40
Figura 13. a) Imagen de la fachada del invernadero No. 5, b) Interior del invernadero. Fuente: Imagen propia, 2025.	43

RESUMEN

El tomate es una de las hortalizas de mayor importancia en México y el mundo, por su superficie sembrada y cosechada, además de sus diversos usos en la elaboración de diversos platillos. El fruto de tomate posee una fuente importante de vitaminas, minerales y antioxidantes. Actualmente, en los sistemas de producción agrícola, los fertilizantes desempeñan un papel principal como fuente de nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas y su calidad de fruto. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el efecto de fertilizantes químicos y orgánicos en el comportamiento agronómico del cultivo de tomate. El experimento se estableció en el ciclo agrícola otoño-invierno, 2023-2024 en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Buenavista, Saltillo, Coahuila en un invernadero tipo túnel de mediana tecnología, el cual se encuentra ubicado a una latitud de 25° 21'19.5" N, longitud de 101°01'49.7" W y a una altitud de 1,731 msnm. La temperatura promedio anual es de 18°C a 22°C con un clima seco semiseco. El experimento se estableció bajo un diseño experimental completamente al azar con seis tratamientos: T1 (Testigo), T2 (Lixiviado de lombriz), T3 (FertiHumus), T4 (20-30-10 + enraizador), T5 (20-20-20 + enraizador) y T6 (FertiHumus + Fertiplus) con seis repeticiones por tratamiento, además se realizó la prueba de comparación de medias Tukey ($P \geq 0.05$) y un análisis de correlación fenotípica entre las variables utilizando el paquete estadístico Minitab 16. El germoplasma utilizado fue un genotipo experimental de tomate de porte determinado con denominación (LET-UA-05) del Programa de Producción de Granos y Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Las variables evaluadas fueron: Altura de la Planta (AP), Diámetro de Tallo (DT), Longitud de Hoja (LH), Ancho de Hoja (AH), Diámetro Ecuatorial (DE), Diámetro Polar (DP), Sólidos Solubles Totales (SST), Espesor de la Pulpa (EP), Número de Lóculos (NL), Número de Semillas (NS) y Peso de Fruto (PF). En los resultados obtenidos para las variables evaluadas mediante el análisis de varianza completamente al azar, se obtuvieron coeficientes de variación (CV)

menores al 20.8%, excepto para la variable NS (CV= 32.2%). Con base a los resultados obtenidos en la prueba de comparación de medias, el T1 produjo frutos de menor tamaño DE (6.7 cm), DP (5.93 cm) y estadísticamente ($p \leq 0.05$) fue el de menor peso de fruto (PF =149.22 g). En el T2 la variable DT (18.24 mm) fue estadísticamente ($p \leq 0.05$) superior al resto de los tratamientos, mientras que para el NS=117.83 estadísticamente fue el de menor promedio. El T6 presentó el menor EP= 4.33 mm y estadísticamente ($p \leq 0.05$) tuvo el más alto NL= 5.67 y NS = 220, con un PF= 162.65 g. El T3 tuvo altos promedios en las variables: DE= 7.90 cm, DP= 6.34cm, EP= 5.33 mm esto favoreció el incremento en PF=195.19 g. En los resultados obtenidos en el T4 las variables AP (133 cm) y AH (7.90 cm) fueron estadísticamente ($p \leq 0.05$) superiores al resto de los tratamientos y presento altos promedios en las variables NS (171.17) y PF (185.61 g). Finalmente, en el T5 las variables: LH (17.60 cm), DE (8.28 cm), DP (6.72 cm) y SST (4.47 °Brix) y PF=244.70 g) fueron estadísticamente ($p \leq 0.05$) superiores al resto de los tratamientos, lo cual significa que presento la mejor calidad y peso de fruto como resultado de una adecuada fertilización. En los coeficientes de correlación obtenidos la variable PF se correlacionó positiva y significativamente con LH ($r=0.871^*$), DP ($r=0.871^*$) y positivamente con alta significancia con la variable DE ($r=0.941^{**}$).

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., tomate, fruto, fertilizantes.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial (Chapagain y Wiesman, 2004). Esta especie es una planta arbustiva que, en su forma silvestre, puede tener un ciclo de vida superior a un año. Sin embargo, con la ayuda de la ingeniería genética y mediante selección, se han desarrollado cultivares que, con una infraestructura adecuada para controlar las condiciones ambientales de cultivo, así como el uso de insumos agrícolas como fertilizantes, insecticidas y fungicidas, permiten obtener mayor rendimiento (Délices *et al.*, 2019). El tomate (*Solanum lycopersicum*) es una hortaliza de mayor importancia a nivel nacional e internacional, debido a su amplio consumo, al área cosechada y el valor económico de la producción. Durante los últimos años, esta hortaliza ha incrementado su producción anual principalmente por el aumento de rendimiento y en menor proporción por el incremento de la superficie cultivada. Además de la importancia económica y social del tomate en los sistemas de producción a nivel global, cada vez tiene mayor relevancia nutricional en los tiempos modernos, ya que aporta una fuente importante de antioxidantes (licopeno, betacaroteno) y vitaminas C y A, (Escobar, 2010).

El fruto contiene minerales y oligoelementos, tales como Na, K, Ca, mg, Cu, Mn y Zn, de los que algunos son cofactores de antioxidantes enzimáticos y otros poseen funciones biológicas. Los microelementos contenidos en el tomate, al igual que otros compuestos, están influenciados por las prácticas agronómicas y por la variedad.

Por lo tanto, la ingesta de tomate es una buena manera de proporcionar minerales al organismo (Navarro y Periago, 2016).

A nivel mundial en diversos países, el tomate se considera como una de las hortalizas más importantes debido a su alta demanda por factores como su valor nutricional, así como su uso a nivel industrial, en donde su producción ha ido en

aumento en los últimos años, entre los principales países productores se encuentra México (Hernández-Herrera *et al.*, 2014; FAOSTAT, 2015). La producción obtenida ha incrementado mundialmente 9.5% en los últimos cuarenta años. A nivel nacional, el cultivo se encuentra entre las hortalizas más importantes debido a los niveles de producción, sembrándose alrededor de 81,000 hectáreas donde se obtienen aproximadamente 2 millones de toneladas. Los principales estados productores son Sinaloa, Baja California, San Luis Potosí, Sonora, Nayarit, Morelos y Michoacán (Jiménez, 2003; SAGARPA, 2005; FAOSTAT, 2015).

En el año 2014, la producción de tomate en la república mexicana fue aproximadamente 2,326,000 toneladas de la producción total. A nivel nacional, el estado de Sinaloa aporta el 42.4%, Baja California 7.7%, Jalisco 6.6%, Zacatecas 6.1%. San Luis Potosí 5.9%, Michoacán 5.3%, Baja California Sur 4.9%. y Sonora con 4% (SIAP., 2015). Sonora cuenta con 1,705 ha de tomate: 15% en invernadero, 75% en casa sombra y 10% a cielo abierto (Borboa-Flores *et al.*, 2009).

En la agricultura, los fertilizantes desempeñan un papel vital al proporcionar nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, fundamentales para el crecimiento y desarrollo de las plantas y su calidad de frutos. Su uso adecuado, no solo aumenta la productividad y diversifica los cultivos en áreas con limitaciones nutricionales, sino que también contribuye a mejorar la calidad de los alimentos producidos. Sin embargo, es crucial gestionar responsablemente su aplicación, adaptándola a las necesidades específicas del suelo y los cultivos. Esto implica emplear técnicas y cantidades precisas para maximizar los beneficios agrícolas y minimizar impactos ambientales y en la salud. La adopción de prácticas agrícolas sostenibles es esencial para lograr un equilibrio entre la productividad y la conservación del medio ambiente, que garantice así un desarrollo agrícola responsable (FAO, 2022). El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el comportamiento agronómico y la calidad de frutos de tomate tipo bola del genotipo experimental (LET-UA-05) con hábito de crecimiento determinado, bajo condiciones de invernadero con la aplicación de tratamientos con fertilización química y orgánica.

Objetivos

1. Objetivo general

Evaluar el efecto de fertilizantes químicos y orgánicos en plantas de tomate y calidad de fruto, para producción de semilla bajo condiciones de invernadero.

1.2. Objetivos específicos

Evaluar variables agronómicas, altura de la planta, diámetro del tallo, longitud y ancho de la hoja, diámetro ecuatorial y polar del fruto, sólidos solubles totales, espesor de la pulpa, número de lóculos, número de semillas y peso del fruto.

Hipótesis

Hi: La aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos en las etapas fenológicas del cultivo de tomate, permitirá un mejor crecimiento y desarrollo de la planta con respuesta favorable en las variables agronómicas evaluadas y en la producción de semillas.

Ho: La aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos en las etapas fenológicas del cultivo de tomate, no tendrá respuesta positiva en el comportamiento agronómico de la planta y en la producción de semilla.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia del cultivo de tomate

A nivel mundial en diversos países, el tomate se considera como una de las hortalizas más importantes, debido a su alta demanda por factores como su valor nutricional, así como su uso a nivel industrial, esta producción ha ido en aumento en los últimos años, entre los principales países productores se encuentra México (Hernández-Herrera *et al.*, 2014; FAOSTAT, 2015).

2.2 Origen, historia y clasificación taxonómica

El tomate cultivado (*Solanum lycopersicum* L.) pertenece a la familia de las Solanáceas. El origen de la planta se remonta a la región andina de América del Sur, donde todavía crecen especies silvestres en su hábitat natural. Los tomates pasaron por etapas de domesticación antes de ser descubiertos por las expediciones europeas en el siglo XVI e introducidos en el viejo mundo como planta ornamental (Rezk-Abhary y Akhkha, 2021). Los tomates fueron domesticados en América (Peralta y Spooner, 2007). Se han propuesto dos hipótesis para el lugar original de domesticación del tomate, una peruana y la otra mexicana. Aunque faltan pruebas definitivas sobre el tiempo y el lugar de domesticación, se presume que México es la región de domesticación más probable y Perú como el centro de diversidad de parientes silvestres (Larry y Joanne, 2007).

La primera fase de domesticación, habría ocurrido en manos de los primeros agricultores en Ecuador o el norte de Perú y luego selecciones adicionales, habrían tenido lugar en México a partir de poblaciones predomesticadas y nuevamente en Sudamérica después de una reintroducción (Razifard *et al.*, 2020; Blanca *et al.*, 2021). Desde Centroamérica, el tomate fue llevado a Europa por los españoles y luego se extendió por todo el mundo. Se considera que *S. pimpinellifolium* L. sería el antecesor silvestre más cercano del tomate cultivado y que *S. lycopersicum* var. cerasiforme es un intermediario evolutivo entre *S. pimpinellifolium* y el cultivado. Desde una perspectiva evolutiva, la domesticación y la selección artificial a manos

del hombre indujo importantes cambios fisiológicos y redujo notablemente su diversidad genética. Las consecuencias más importantes de este proceso han sido la modificación del sistema reproductivo, el incremento del tamaño del fruto y la reducción de la base genética (Warnock, 1991).

En el año 1523 el tomate llegó a Europa, sin embargo, su consumo fue casi nulo ya que se consideraba una planta toxica. Los españoles y portugueses lo diseminaron por el resto del mundo gracias a sus colonias ultramarinas. En el siglo VXII el tomate ya se había introducido en la región oriental de Asia y su cultivo a escala comercial comenzó a finales de siglo XIX. Dentro de la horticultura mundial, el cultivo de tomate es uno de los rubros con mayor dinamismo. De la familia de las solanáceas es una planta herbácea cuyo habito de crecimiento puede ser determinado o indeterminado y sobre esta base, ser cultivada de diversas formas planificándose la cosecha según objetivo, encontrándose producciones destinadas a procesos industriales o a consumo fresco, siendo esta ultima la de mayor diversificación productiva, debido a que el tomate puede ser cultivado en una alta gama de condiciones durante todo el año (Guzmán, 2017).

2.3Clasificación taxonómica del tomate

Clase: Dicotiledóneas

Orden: solanáceas

Familia: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae

Tribu: Solanae

Género: *Lycopersicon*

Especie: *Solanum Lycopersicum*

El nombre Mill proviene de Miller, quien en 1754 fue el primer en proponer la clasificación botánica y el nombre *Lycopersicon* (Ferreira, 2005).

2.4*Solanum lycopersicum*: la especie y su biología

El tomate cultivado, *Solanum lycopersicum*, pertenece a la familia de las Solanáceas. Es una especie diploide, con $2n = 24$ cromosomas, en la que existen

numerosos mutantes monogénicos, algunos de los cuales son muy importantes para la selección (Blancard, 2011).

2.5 Producción mundial de tomate

La producción de tomate a nivel mundial ha presentado un crecimiento importante de alrededor de 22% anual durante el periodo de 2003 a 2017. Los principales países productores son China (23%), China Continental (22%) y en menor participación la India (7%), Estados Unidos de América (7%) y Turquía (6%) como se puede observar en la (Figura 1). Este grupo de países concentra el 64% de la producción mundial. Por su parte, México contribuye con 2% de la producción mundial y ocupa la posición número 11 dentro de los países productores de tomate.

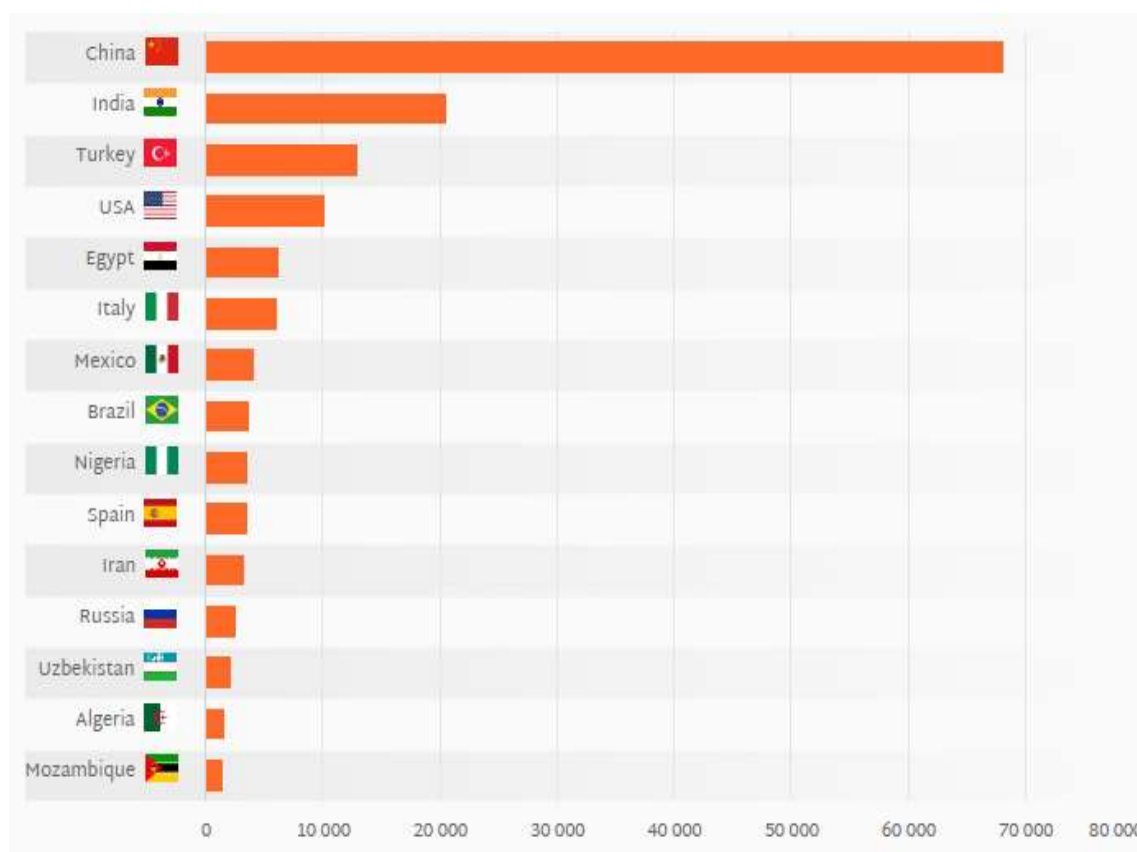


Figura 1. Principales países productores de tomate.

Fuente: FAOSTAT, 2024.

Según una comparación de 153 países en 2022, China ocupó el primer lugar en producción de tomate con 68.242 miles de toneladas métricas, seguida de India y Turquía.

2.6 Producción de tomate en México

En México la mayoría de las entidades federativas producen tomate rojo, sin embargo, ocho estados concentran 72.02% de la producción nacional (SIAP, 2020; SIACON, 2020). Se pronostica que la producción de tomate en México, aumentará un dos por ciento interanual en 2024 a 3,30 millones de toneladas, debido a una fuerte demanda de exportaciones, principalmente de Estados Unidos. La producción en 2023 mostró un 8 por ciento disminuciones en comparación con 2022, cayendo a 3,22 MTM. Los cinco principales estados productores de tomate entregan más de 51 por ciento de la producción nacional. El estado de Sinaloa se mantiene como el principal productor de tomate con 22 por ciento del consumo nacional producción, seguido por San Luis Potosí (13 por ciento) y Michoacán (7 por ciento). Baja California Sur, Jalisco y Sonora contribuyen cada uno con el 5 por ciento de la producción total de acuerdo a la (Figura 2).

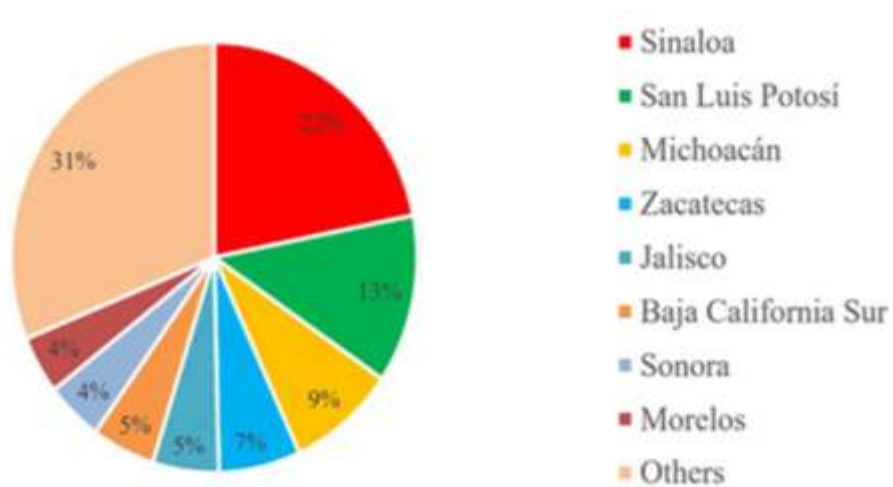


Figura 2. Producción de tomate por estado.

Fuente: USDA, 2020.

2.7 Morfología de la planta

El tomate es una planta herbácea dicotiledónea de tallo semileñoso que pertenece al género *Solanum*, especie *lycopersicum*. Se caracteriza por presentar un porte rastrero con hojas compuestas de cinco a nueve foliolos por hoja y flores que miden entre 9-12 mm.

2.7.1 Raíz

Su sistema radicular está compuesto por una raíz principal de corta extensión ramificada en numerosas raíces secundarias. En la parte superior, al nivel del suelo, se desarrollan raíces adventicias que ayudan a mejorar el anclaje de la planta al sustrato. La raíz está compuesta por una epidermis o parte externa en donde se encuentran pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes. En el interior se localizan el córtex y el cilindro central conformado por la xilema, que es el tejido responsable del transporte de los nutrientes desde la raíz hacia las hojas y otros órganos de la planta (Escobar, 2010).

2.7.2 Tallo

El tallo, al igual que en muchas plantas superiores, 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. El tallo también está formado por epidermis, que contiene pelos glandulares, corteza, cilindro vascular, (xilema) y tejido medular (Escobar, 2010).

2.7.3 Hoja

Las hojas del tomate son imparipinadas, compuestas por foliolos alternos e impares que terminaban en un foliolo individual en su parte apical. El número de hojas por tallo y la frecuencia de aparición de hojas están determinados principalmente por el tipo de habito de crecimiento de la planta y por la temperatura. Por ejemplo, en plantas con habito de crecimiento determinado, las hojas se forman a una tasa de $2^{1/2}$ por semanas, a una temperatura promedio de 23°C (Escobar, 2010).

2.7.4 Flor

La flor del tomate es perfecta, consta de cinco o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo dispuestos de forma helicoidal y de igual número de estambres que se alternan con los pétalos. Los estambres están soldados por las anteras y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo y evitan la polinización cruzada. El ovario es bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias denominadas comúnmente como racimos. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas (Monardes, 2009).

2.7.5 Fruto

Es una baya carnosa redonda, ovalada o acostillada que puede pesar entre pocos gramos y 600 gramos. Inicialmente de color verde y se vuelve de la gama del rojo cuando está maduro, también puede ser amarillo o de otros colores. En el corte transversal veremos las cavidades ováricas con numerosas semillas diseminadas en un medio gelatinoso. Los pigmentos en el fruto maduro son los antocianos (licopeno) responsables del color rojo y los carotenos responsables del color amarillo. Su porcentaje viene determinado genéticamente y por las condiciones climáticas, de temperatura y luz. Los carotenos predominan cuando hace calor y la luz es intensa (Fornaris, 2007).

2.7.6 Semillas

Las semillas en el tomate fisiológicamente maduro se encuentran rodeadas de un material gelatinoso que normalmente llena las celdas del fruto. Cada fruto contiene diversas semillas, las cuales son de forma achatada y ovalada y de un color crema marrón claro. La semilla usualmente tiene una longitud de 1/6 a 1/8 pulgada. En cuanto a su peso, una onza de semilla puede contener de 7,000 a 12,000 semillas (Fornaris, 2007).

2.8 Etapas de crecimiento y desarrollo

La fenología del cultivo comprende las etapas que forman su ciclo de vida. Dependiendo de la etapa fenológica de la planta, así son sus demandas

nutricionales, necesidades hídricas, susceptibilidad o resistencia a insectos y enfermedades. La fenología está determinada por la variedad y las condiciones climatológicas de la zona donde se establece el cultivo. Las etapas se pueden dividir en cinco periodos (Haifa, 2014).

2.8.1 Crecimiento inicial

Constituye el período de formación inicial de las partes aéreas de la planta, conocido como desarrollo del semillero.

2.8.2 Crecimiento vegetativo

Comprende los primeros cuarenta a cuarenta y cinco días desde la siembra de las semillas, después de los cuales las plantas comienzan su desarrollo continuo a esta etapa siguen cuatro semanas de crecimiento rápido.

2.8.3 Floración

Este periodo se extiende desde el inicio de la floración de veinte a cuarenta días del trasplante hasta la finalización del ciclo de crecimiento de la planta. el cuaje tiene lugar cuando la flor es fecundada y empieza el proceso de su transformación en fruto, como se puede observar en la (Figura 3) .

2.8.4 Formación de frutos

La formación del fruto ocurre después de la polinización, que tiene lugar por medio de viento y las abejas. En esta etapa, una vez iniciado su crecimiento, la fruta no suele caerse y no presenta rastros de la flor. El crecimiento de la fruta y la emasculación de materia seca presentan un ritmo relativamente estable, hasta llegar a dos o tres grados de maduración.

2.8.5 Maduración de frutos

Por lo general, la maduración ocurre aproximadamente ochenta días después del trasplante, dependiendo del cultivar, la nutrición y las condiciones climáticas. Luego la cosecha continua, hasta llegar a los 180 a 210 días después del trasplante (López, 2017). Es el proceso fisiológico que ocurre en un período de tiempo como parte del crecimiento y desarrollo de una fruta. En muchos casos no hay un crecimiento, sino una transformación interna del fruto que finaliza en un

producto con sabor, aroma y olor característicos que lo hacen atractivo para su consumo (García, 2001; Central Mayorista de Antioquia, 2005).

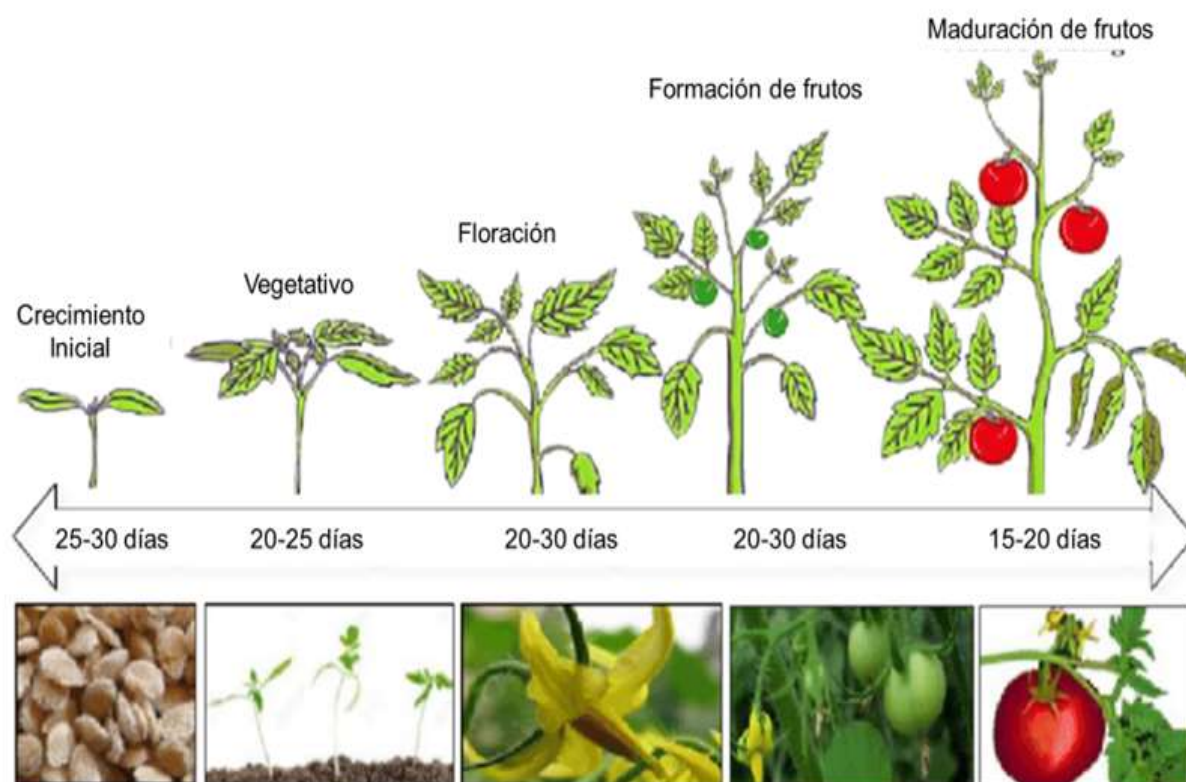


Figura 3. Demostración de las cinco etapas de crecimiento del tomate y los diferentes niveles de madurez del fruto.

Fuente: Shamshiri, 2018.

2.9 Etapa de maduración del fruto

Después de la maduración de las semillas, el fruto inicia en la fase de maduración que finalizará con la etapa de rojo, madura pasando por una serie de otras etapas que usualmente toman su nombre en los diversos cambios de color del fruto. En la (Figura 4) se observa las diferentes etapas de maduración empezando con la Etapa ruptura, en la que pequeñas áreas del pericarpio cambian de verde a

amarillo; Etapa de giro o rosa, cuando toda la superficie es afectada por el cambio; etapa roja, cuando la superficie del fruto es roja; y etapa de rojo madura, cuando el tono rojo es más intenso en toda la superficie del fruto. La maduración del tomate es un proceso complejo de desarrollo que es posible gracias a la expresión coordinada temporal y espacialmente de varios genes relacionados con la maduración, cuyos productos pueden ser enzimas que actúan en diferentes vías, moléculas de señalización, receptores o factores de transcripción. Estos últimos pueden activar o reprimir genes biosintéticos u otros reguladores de la transcripción que tienen funciones complementarias.

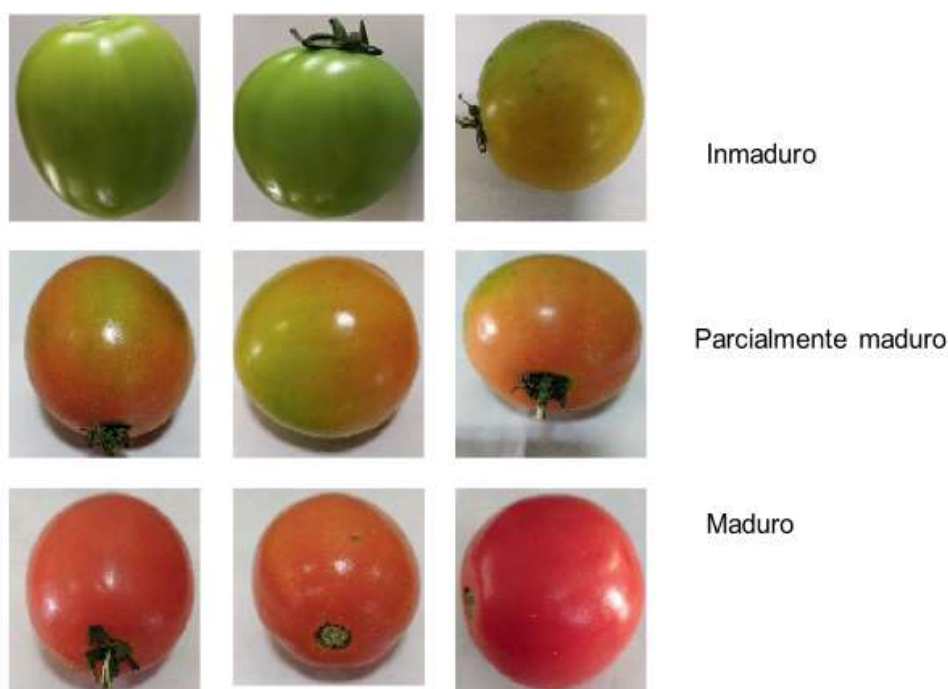


Figura 4. Las tres clases de madurez de los tomates.

Fuente: Ninja Begum, Manuj Kumar Hazarika, 2022.

La baya del tomate se considera una fruta carnosas climatéricas, ya que muestra un pico de respiración al comienzo del proceso de maduración, acompañado de una fuerte liberación de etileno, que es indispensable para el éxito de la maduración (Alba *et al.*, 2004; Lemaire-Chamley *et al.*, 2005; Klee y Giovannoni, 2011; Pesaresi *et al.*, 2014). Aunque la maduración del fruto del tomate implica fuertes modificaciones en el color, textura, composición, sabor y aromas, el

cambio de color de verde a rojo es el rasgo más visible de este proceso. Es el resultado de la dramática producción y acumulación del carotenoide rojo licopeno y de la degradación de las clorofilas localizadas en los cloroplastos activos dentro de las células del pericarpio. El impulso del metabolismo de los carotenoides es posible gracias a la transición de cloroplasto a cromoplasto que implica una dramática reorganización estructura de las membranas dentro del plástido (Ross y Víctor, 2016).

2.10 Condiciones climáticas

Temperatura

Los rangos para un desarrollo óptimo del cultivo oscilan entre los 28 - 30 °C durante el día y 15 - 18 °C durante la noche. Temperaturas de más de 35 ° C y menos de 10 °C durante la floración provocan caída de flor y limitan el cuajado del fruto, aunque existen materiales genéticos que cuajan a altas temperaturas (Chemonics, 2008).

Humedad

La humedad relativa óptima para el desarrollo del cultivo de tomate debe estar entre 60-80%. Cuando la humedad relativa es alta, favorece el desarrollo de enfermedades, se presentan una serie de desórdenes que afectan la calidad de los frutos, como son: manchado, grietas, malformación del fruto y frutos con huecos, se dificulta la fecundación por la compactación del polen y además las flores pueden caerse. Cuando la humedad relativa es baja, aumenta la transpiración de la planta, se reduce la fotosíntesis y se seca el polen, produciendo igualmente anomalías en la fecundación (Jaramillo *et al.*, 2006).

Luminosidad

El tomate es exigente en luminosidad; requiere de días soleados y entre 8-15 horas de luz, para un buen desarrollo de la planta y poder lograr una coloración uniforme en el fruto. La baja luminosidad afecta los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta y reduce la absorción de agua y nutrientes (Jaramillo *et al.*, 2006).

Suelo

Es importante tener en cuenta que el tomate debe disponer de suelos bien aireados con la capacidad de almacenar agua, aunque prefiere suelos sueltos con textura franca y altos contenidos de material orgánica. El pH debe oscilar entre 6 y 7. La productividad y sostenibilidad de los suelos dependen de un manejo adecuado de las propiedades físicas (textura, densidad, porosidad, entre otras) las cuales determinan la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Textura

Suelo con cantidad aproximadamente iguales de arena, limo y arcilla, cuya textura ha de ser franca.

Densidad aparente

Determina la fertilidad y el grado de compactación del suelo. Puede variar entre 0.3 – 0.8 g/cm³ en los suelos con alto contenido de materia orgánica o suelos arcillosos, y entre 1.3 – 1.8 g/cm³ en suelos con textura arenosa o compactados. Los suelos con densidad aparente mayor a 1.8 g/cm³ limitan el desarrollo radical.

Porosidad

Es importante para el movimiento y retención del agua en el suelo. El tamaño para dar equilibrio entre los macroporos y los mesoporos está entre 1 y 3 mm, pues permite el suministro de aire adecuado para el desarrollo de los cultivos. La

capacidad de retención de agua es una de las características más importantes del suelo para cultivos ya que determina la cantidad y frecuencia de los riegos (De Bogotá y FEV, 2015).

Salinidad

Las plantas de tomate son consideradas moderadamente sensibles a la salinidad debido a que el promedio del umbral es de 2.3 dS/m (deciSiemens por metro). pero en suelos arenosos se pueden desarrollar bajo una conductividad eléctrica (CE) de 3.5 dS/m, en suelos francos de 2.0 y en suelos pesados de 1.2 dS/m. Valores de conductividad eléctrica entre 1.5 y 2.5 dS/m pudieran considerarse aceptables para el cultivo maduro del tomate (Zamora, 2016).

2.11 Labores culturales

Manejo de malezas

Debido al prolongado ciclo de cultivo y baja capacidad de competencia durante las primeras etapas de crecimiento (entre 35 y 70 días después del trasplante), las malezas interfieren en el cultivo, compitiendo por luz, agua y nutrientes del suelo o mediante la producción y secreción de sustancias tóxicas para el cultivo que favorecen la presencia de plagas y enfermedades. Las malezas deben ser eliminadas de forma periódica en forma manual o con azadones, teniendo cuidado de no causar daño a las raíces (De Bogotá y FEV, 2015).

Tutoreo

Esta actividad es una práctica imprescindible en el cultivo de tomate que consiste en ponerle un sostén a las plantas para el mejor manejo del cultivo y esto ayuda a que la planta crezca de forma vertical y evitar que el peso de los frutos haga que toque el suelo y pueda ralentizar su crecimiento también para obtener un mayor aprovechamiento de los frutos y de calidad. La colocación de los tutores se realiza inmediatamente después del trasplante (Chemonics, 2008).

Poda

Es una práctica común en cultivos que consiste en la eliminación de los brotes de crecimiento nuevos, para manejar solo los brotes seleccionados, dejando 2 o 3 ejes principales; en algunos casos se acostumbra a podar flores y frutos con el objetivo de uniformizar el tamaño de los frutos y que estos ganen peso: también la poda puede realizarse para eliminar hojas dañadas por enfermedades, a esta poda se le llama poda sanitaria (Chemonics, 2008).

2.12 Principales plagas y su control

2.12.1 Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)

La mosca blanca adulta es un insecto pequeño, de aproximadamente 1/16 de pulgada de largo y de color blanco debido a una cubierta de cera en polvo. Las alas se sostienen como una tienda de campaña sobre el cuerpo cuando está en reposo, en contraste con la mosca blanca de invernadero, que es algo más grande, que mantiene las alas planas (Figura 5). Las moscas blancas generalmente se encuentran en la parte inferior de las hojas, especialmente en las hojas jóvenes, donde los huevos amarillos con forma de balón de fútbol se ponen en posición vertical y están unidos por un pequeño tallo insertado en la superficie de la hoja. El primer estadio móvil, o estadio de reptante, nace del huevo y se posa en la hoja, donde se desarrolla a través de tres estadios ninfales inmóviles, semitransparentes y con forma de escamas, el último de los cuales es amarillento con ojos rojo. a medida que la planta crece, las hojas que tienen sucesivos estadios ninfales tienden a encontrarse más abajo en la planta. El desarrollo desde el huevo hasta el adulto puede durar tan solo dos semanas durante el clima cálido.

Las moscas blancas se alimentan chupando la savia de las hojas y al hacerlo, pueden debilitar la planta, promover el crecimiento de fumagina en la melaza excretada, causar una maduración irregular del tomate y transmitir patógenos virales, el peor de los cuales es el virus del enrollamiento amarillo de las hojas del tomate (TYLCV).



Figura 5. Mosca blanca (*Bemisia tabaci*).

Fuente: Koppert, 2025.

La mosca blanca puede contraer el virus como ninfa o como adulta y lo retiene durante toda su vida. El TYLCV causa un retraso grave del crecimiento, entrenudos acortados, clorosis intervenal, hojas enrolladas hacia arriba y abscisión de las flores. La fructuación se detienen una vez de la planta se infecta y la infección temprana puede dar como resultado un rendimiento escaso o nulo. Por lo tanto, proteger los cultivos jóvenes del ataque de la mosca blanca es una prioridad.

Control químico

Para controlar la mosca blanca en el tomate, puede usar insecticidas químicos como: Actara 25 WG es un insecticida del grupo químico Neonicotinoide con ingrediente activo Thiametoxam (25.00%); Equivalente a 250 g de i.a./Kg, que actúa en el sistema nervioso de los insectos. Actara 25 WG es absorbido y distribuido por el follaje y las raíces y traslocado en toda la planta, lo que permite controlar a los insectos cuando succionan la savia.

Plenum® 50 GS es un insecticida selectivo del grupo químico Triazinona su ingrediente activo es Pymetrozine: 1, 2, 4 - triazin – 3 - (2H) - ona, 4, 5 – dihidro - 6 metil -4 - [(3 - piridinilmetilen) amino] (Equivalente a 500 g i.a./kg), que actúa de

forma sistémica y de contacto que controla las plagas, al entrar en contacto con la aspersión. Plenum® 50 GS es absorbido y traslocado en toda la planta, lo que permite controlar a los insectos cuando succionan la savia. Su acción es inmediata ya que los insectos permanecen vivos sin causar ningún daño, dejando de alimentarse y poco después mueren de inanición (SYNGENTA, 2017).

Control cultural

Reducir las poblaciones generales de mosca blanca y evitar la introducción de mosca blanca y TYLCV en los cultivos mediante el estricto cumplimiento de las buenas prácticas culturales. Utilizar trasplantes cultivados de forma aislada de los campos de producción que estén libres de mosca blanca y TYLCV.

Inspeccionar los trasplantes para detectar moscas blancas y otras plagas y enfermedades. Utilizar cultivares de tomate tolerantes al TYLCV siempre que sea posible y apropiado, especialmente durante períodos históricamente críticos de alta presión viral. Continúe el control de la mosca blanca incluso en cultivares tolerantes al TYLCV que aún pueden albergar el virus y están sujetos a una maduración irregular del tomate (Smith *et al.*, 2019).

2.12.2 Trips en tomate (*Frankliniella occidentalis* pergande)

Dentro de las plagas insectiles de mayor importancia que atacan a las solanáceas se encuentran los trips, los cuales causan serios daños y mermas considerables en los rendimientos por disminuir la actividad fotosintética de las plantas y poseer capacidad para transmitir enfermedades virales (Larraín, 2006). El trips del tomate es una de las plagas de insectos más importantes del cultivo del tomate, que causa importantes pérdidas económicas, tanto directa como indirectamente. Poseen piezas bucales perforantes-succionadoras y se alimentan del mesófilo y de las células epidérmicas de los tejidos vegetales (Figura 6).



Figura 6. Trips adulto.

Fuente: BAYER, 2017.

Los trips pueden causar daños a las cosechas de tomates al destruir las plántulas antes de que tengan la oportunidad de volverse resistentes. Esto se debe a que se desarrollan en los tejidos de las plantas en expansión.

Daños directo. Al picar los tejidos y succionar el contenido de las células vegetales, la zona afectada adquiere primero un color plateado y posteriormente muere. Cuando la hembra coloca los huevos en el interior de los tejidos vegetales, provocando pequeñas heridas que secan la zona afectada.

Indirectos. *Frankliniella occidentalis* transmite el virus del bronceado del tomate (TSWW), se manifiesta en forma de manchas circulares con muerte del tejido, tanto en hojas, flores y frutos. Posteriormente, las plantas dejan de crecer pierden su coloración natural y se deforman la magnitud del daño puede variar entre pérdida de rendimiento hasta destrucción total del cultivo.

Prosperan en condiciones cálidas y secas y suelen ser más dañinos en zonas donde estas condiciones climáticas prevalecen durante la mayor parte de la temporada de producción. Los trips del tomate son extremadamente polífagos. Además de los cultivos de tomates, también se alimentan de muchos cultivos extensivos, hortalizas, diversas flores, plantas de temporada y malas hierbas (SYNGENTA, 2025).

Control químico

El tratamiento con aerosoles de insecticidas foliares al comienzo de la temporada y durante toda la temporada según sea necesario ayuda a controlar la plaga y, por tanto, limita la propagación en el campo del virus del marchitamiento manchado del tomate. Se recomienda encarecidamente una rotación de diferentes clases de insecticidas para minimizar la resistencia de los trips a los insecticidas.

En el Cuadro 1 se mencionan los insecticidas para un control eficaz de los trips del tomate.

Cuadro 1. Insecticidas para el control de trips.

PRODUCTO	DOSIS
ALONZE 50EC	5ml/20L
PERFIL 440EC	30ml/20L
DEFENSOR 25EC	40ml/20L
INCREDIBLE TOP 100WDG	5g/20L
LEXUS 247SC	8ml/20L
EPITOME ELITE 500SP	10g/20L
SINOPHATO 750SP	20g/20L
PRESENTACIÓN 200SP	5g/20L
OCASIÓN ESTRELLA 200SC	5ml/20L

Fuente: GREENlife, 2025.

Siempre que se pulvericen los insecticidas, se deben mezclar con Integra 3ml/20 l. se trata de un adhesivo, esparcidor y penetrante que aumenta la eficacia del producto químico.

Control cultural

Evitar plantar tomates junto a cebollas, ajo o cereales, porque en estos cultivos suelen acumularse grandes cantidades de trips. Evitar los campos cercanos

a invernaderos donde se cultivan plantas ornamentales (flores cortadas) porque estas plantas sirven como huésped del virus y los trips. Realizar rotación de cultivos no hospedantes, variedades de plantas resistentes/ tolerantes y un buen control de malezas.

2.12.3 Araña roja

Los ácaros rojos del tomate son de color naranja pálido a rojo y se alimentan del envés de las hojas (Figura 7). No se pueden ver fácilmente a simple vista. Los daños causados por la alimentación al chupar la savia aparecen como muchas marcas brillantes de color amarillo pálido en la parte superior de la hoja del tomate. Con el tiempo, las hojas se vuelven marrones y mueren o se caen. Un ataque severo conduce a la formación de telarañas en la planta. Los ácaros rojos son difíciles, pero no imposibles, de controlar.



Figura 7. La araña roja del tomate.

Fuente: Agro ingenia Canarias, 2021.

Control químico

Al pulverizar, asegúrese de que el envés de la hoja esté cubierto por el químico. También se puede utilizar acaricidas específicos para los ácaros, como por ejemplo Dynamec (ingrediente activo abamectina), Oberón (espiromesifeno) u Omite (propargita).

Control cultural

Evitar el cultivo continuo de tomate y plantas afines que dificulta el control de la araña roja, ya que siempre tiene una planta para alimentarse. Retirar los restos (residuos) de un cultivo anterior y destrúyalos antes de plantar el nuevo cultivo. Antes de trasladar las estacas de un campo infestado a otro, se recomienda lavarlas con agua y jabón y secarlas adecuadamente bajo el sol directo durante una semana para evitar la transferencia de ácaros. Inspeccionar los bordes de su cultivo para detectar síntomas típicos de la araña roja. Rociar agua regularmente sobre las plantas para reducir el polvo; los ácaros se desarrollan bien en condiciones polvorientas (Toroitich y Kimani, 2012).

2.13 Principales enfermedades y su control

2.13.1 Antracnosis (*Colletotrichum coccodes*)

La antracnosis es un problema frecuente durante la maduración del fruto del tomate. La enfermedad produce pudrición del fruto que reduce la calidad y el rendimiento. Los síntomas de la antracnosis aparecen primero como pequeñas lesiones circulares, ligeramente hundidas en la superficie del fruto (Figura 8). Las manchas aumentan rápidamente de tamaño, se convierten en depresiones parecidas a hematomas y adquieren una apariencia acuosa de la epidermis del fruto. Se forman anillos en el centro de las lesiones.

Los anillos constan de numerosas estructuras fructíferas pequeñas (acérvulos) del hongo que causa la enfermedad. Con la humedad las masas de hongos de color beige las esporas (conidios) se extruyen de la estructura fructífera. Varias lesiones se fusionan, provocando una gran descomposición del fruto. Finalmente, los microorganismos secundarios invaden las lesiones y provocar una completa pudrición del fruto.



Figura 8. Antracnosis del tomate.

Fuente: Jones *et al.*, 2014.

La antracnosis es causada por varias especies de hongos en el género *Colletotrichum*, que incluye *C. coccodes*, *C. dematium* y *C. gloeosporioides*. El hongo puede sobrevivir en restos de plantas infectadas y en el suelo. Durante clima lluvioso los hongos salpican esporas sobre la fruta infectando principalmente a frutos maduros también pueden infectarse los frutos verdes, aunque los síntomas no se desarrollan hasta que los tomates comienzan a madurar. La enfermedad se desarrolla más en tiempos de lluvia con temperaturas de alrededor de 27-30 °C.

Control

Diversas prácticas culturales ayudan a reducir la incidencia de antracnosis. Cubrir con mantillo alrededor de las plantas de tomate evita salpicaduras de esporas del suelo sobre los frutos. Replantar los tomates aumentan el movimiento del aire y disminuyen la probabilidad de condiciones ambientales favorables para la infección. Evite regar por encima y elimine las plantas infectadas o frutos podridos de la planta (Kennely, 2009).

2.13.2 Marchitez manchada del tomate

Síntomas

Algunas plantas se vean atrofiadas y que las hojas más jóvenes estén marcadas con manchas bronceadas u oscuras o tengan venas purpuras prominentes. A menudo, el follaje superior se retuerce y se ahueca a medida que las áreas bronceadas se expanden. Los frutos pueden tener manchas amarillas. Las plantas más jóvenes pueden marchitarse y morir, pero las plantas más viejas pueden sobrevivir y dar frutos descoloridos que pueden no madurar por completo como se observa en la Figura 9.

Causa. El Virus del marchitamiento moteado del tomate (TSWV) se trasmite por pequeños insectos llamados trips, que adquieren el virus al alimentarse de una de las muchas malezas infectadas o huéspedes ornamentales, y luego lo transmiten a las plantas de tomate en desarrollo.

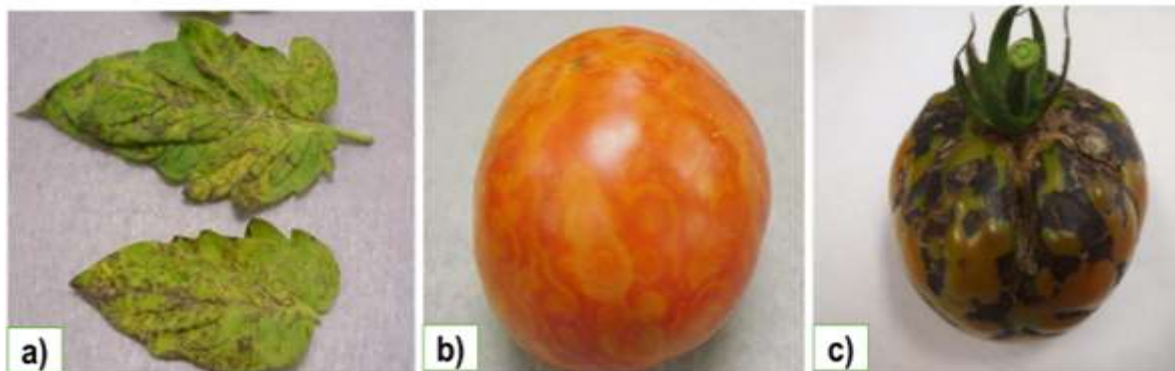


Figura 9. a) Síntomas de TSWV en el follaje del tomate. b) Síntomas de TTSWV en frutos de tomate. c) Presencia de TSWV con frutos descoloridos que pueden no madurar por completo.

Fuente: Williamson, (2012) y Savereno, 2018.

Control. Las malas hierbas del jardín durante el invierno pueden albergar tanto los trips como los virus. Para una mejor prevención, retire los restos de cultivos antiguos y realizar el labrado para mantener a la raya las malas hierbas y los trips durante el año siguiente (Clemson, 2025).

2.13.3 Pudrición del fruto (*Alternaria alternata*)

Los frutos desarrollan una lesión hundida que se expande rápidamente, se vuelve negra y da como resultado un aplanamiento en la base del fruto, los organismos secundarios frecuentemente invaden las lesiones y provocar una completa pudrición del fruto (Figura 10). El trastorno ocurre comúnmente durante períodos de clima cálido y seco (Kennely, 2009). La pudrición apical es un trastorno fisiológico (no es una enfermedad infecciosa) como resultado de la escasez de calcio en frutos de rápido desarrollo. Este problema ocurre en suelo que tienen abundancia de calcio. El trastorno está asociado con el rápido crecimiento de las plantas y fluctuaciones rápidas en la humedad del suelo. La enfermedad suele ser más grave durante los períodos de calor diurno, temperaturas altas, baja humedad y condiciones de viento, también es más grave cuando el exceso de fertilizante nitrogenado ha sido aplicado.



Figura 10. *Alternaria alternata* en tomate.

Fuente: Imagen propia, 2024.

Control

Se recomienda proporcionar una humedad uniforme y adecuada del suelo, especialmente durante el cuajado, puede reducir la incidencia de floración. Acabar con la podredumbre. Se puede lograr con una humedad del suelo más uniforme acolchado y un programa de riego equilibrado. Evitar el exceso de fertilización en la planta con nitrógeno, especialmente de la formulación de amoníaco.

2.13.4 Nematodos

Los nematodos agalladores (especie *Meloidogyne*) son organismos microscópicos que viven en el suelo y en las raíces de las plantas. Las plantas afectadas suelen quedar atrofiadas, descoloridas y pueden morir. En la (Figura 11) se puede observar cómo los nematodos provocan la formación de nudos o agallas en las raíces del cultivo de tomate.



Figura 11. Agallas en las raíces de los tomates causadas por nematodos formadores de nudos en las raíces (especie *Meloidogyne*).

Fuente: Imagen propia, 2024.

Control

Cuando los nematodos aún no están presentes, traslade el cultivo de tomates a una zona diferente dentro del huerto todos los años, comprar plantas libres de enfermedades, arranque y deseche las raíces inmediatamente después de la cosecha y utilice cultivares resistentes. Cuando haya nematodos formadores de nudos en las raíces, se recomienda establecer el huerto a una zona libre de ellos. Asimismo, utilizar variedades de tomate resistentes a los nematodos con un sistema de rotación utilizando variedades de caléndula como Tangerine, Petite Gold o Petite Harmony, que reducen las poblaciones de nematodos formadores de nudos en las raíces en los suelos (Clemson, 2025).

2.14 Calidad nutricional del tomate

El tomate está compuesto principalmente por agua y su macronutriente mayoritario son los hidratos de carbono. Entre las vitaminas cabe destacar el contenido en vitamina A, básicamente en forma de carotenoides provitamina A y vitamina C. Una ración de tomate cubre el 61% de las a ingestas recomendadas de vitamina C para la población de estudio. Entre los carotenoides no provitamina A están los licopenos cuya cantidad depende de la variedad cultivada. (Valero *et al.*, 2018). Debido a su nivel de consumo relativamente alto, el tomate interviene en gran parte en el aporte de vitaminas y sales minerales en la alimentación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición química de los frutos del tomate (%).

Agua		95
Materiales secas solubles	Azucares (glucosa, fructosa)	55
	Ácidos (cítricos, málicos)	12
		79
	Sales minerales	7
Materiales secas totales	Pigmentos carotenoides*	5
	compuestos volátiles, vitaminas**	5
Materiales Insolubles		
(celulosa, materiales pécticas)		21

*Pigmentos amarillo naranja (betacaroteno= provitamina A) o rojo (licopeno).

** Vitaminas C (18 A 25 MG/100g de fruto fresco) B, K, E.

Fuente: Blancard, 2011.

Los tomates (*Solanum lycopersicum*) son una buena fuente de fitoquímicos y nutrientes como licopeno, potasio, hierro, folato y vitamina C (Cuadro 3). Además de licopeno y vitamina C, los tomates proporcionan otros antioxidantes, como

betacaroteno, y compuestos fenólicos, como flavonoides, ácido hidroxicinámico, ácido clorogénico, ácido homovanílico y ácido ferúlico (Bhowmik *et al.*, 2012).

Cuadro 3. Composición del tomate.

General	Por 100 g de porción comestible	Por ración (150 g)
Energía (Kcal)	22	31
Proteínas (g)	1	1.4
Lípidos totales	0.11	0.2
AG poliinsaturados	0.11	0.16
Hidratos de carbono (g)	3.5	4.9
Fibra (g)	1.4	2.0
Agua (g)	94	133
Calcio (mg)	11	15.5
Hierro (mg)	0.6	0.8
Yodo (µg)	7	9.9
Magnesio (mg)	10	14.1
Zinc (mg)	0.22	0.3
Sodio (mg)	3	4.2
Potasio (mg)	290	409
Fosforo (mg)	27	38.1
Tiamina (mg)	0.06	0.08
Riboflavina (mg)	0.04	0.06
Equivalentes niacina (mg)	0.8	1.1
Vitamina B6 (mg)	0.11	0.16
Folatos (µg)	28	39.5
Vitamina B ₁₂ (µg)	0	0
Vitamina C (mg)	26	36.7
Vitamina A: Eq.Retinol (µg)	82.3	116
Vitamina D (µg)	0	0
Vitamina E (mg)	1.2	1.7

Fuente: Moreiras, 2013.

Los tomates son importantes para una dieta saludable y pueden consumirse crudos o cocidos, manteniendo aún su valor nutritivo. Más del 80% de todos los tomates cultivados comercialmente se consumen como productos procesados, como jugo, sopa y ketchup (Viuda *et al.*, 2014). Se sabe que una dieta rica en tomates y productos de tomate ofrece varios beneficios para la salud y muchos de estos beneficios se atribuyen a su contenido de antioxidantes (Bhowmik *et al.*, 2012).

2.15 Fertilización química y orgánica

2.15.1 Nutrición vegetal

Una nutrición equilibrada, empezando por el desarrollo radicular, el crecimiento temprano, la floración y producción de frutos, es fundamental para el desarrollo comercial de tomates. La buena producción se logra en suelos bien drenados, y donde el agua no es un factor limitante. Una buena fertilización es esencial para poder incrementar el rendimiento en estos cultivos (YARA, 2025).

2.15.2 Nutrición química

El tomate es un vegetal que incluso entre variedades los requerimientos nutrimentales son distintos, por lo tanto, no existen las recetas perfectas. Las necesidades de nutrimentales del cultivo de tomate oscilan entre rangos amplios y la demanda de cada elemento varia. La clave para el manejo adecuado de un programa de nutrición es asegurar que los nutrimentos estén en las concentraciones optimas durante todo el ciclo del cultivo. La demanda de nutrientes varia a lo largo del ciclo del cultivo, pues en las primeras etapas de crecimiento de la planta se requiere cantidades pequeñas de nutrientes, mismas que aumentan paulatinamente a medida que crece (INTAGRI, 2017). Los nutrientes presentan funciones específicas dentro de la morfología y el funcionamiento de la planta de tomate y en

la mayoría de los casos, diversos elementos participan en varias etapas del mismo proceso. Por lo tanto, se presentan a continuación en el cuadro 4 los elementos, así como macronutrientes y micronutrientes esenciales con sus principales funciones para el desarrollo de las plantas .

Cuadro 4. Elementos y sus principales funciones en la planta.

Elementos	Función en la planta
Nitrógeno (N)	Componente de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila y algunas coenzimas. Promueve crecimiento rápido, ayuda a incrementar la tolerancia al estrés y resistencia de enfermedades.
Fósforo (P)	Componente de los ácidos nucleicos, fosfolípidos, ATP (transferencia de energía) Estimula el crecimiento de la raíz, promueve el vigor en la planta, acelera la maduración, influye en la floración y formación de semillas.
Potasio (K) elemento de calidad y química	Turgidez de la célula, apertura y cierre de estomas, activador enzimático. Control indirecto de fotosíntesis, y acumulación y translocación de carbohidratos transporte de azúcares. Síntesis de pigmentos sobre todo en licopeno Imparte vigor, ayuda a incrementar la resistencia a enfermedades, la calidad de la fruta.
Calcio (Ca)	Componente cementante de las paredes celulares. Participa en la permeabilidad de la membrana y elongación celular. Ayuda en el crecimiento de vellos radiculares, mejora el vigor de la planta y da consistencia al tallo.
Magnesio (Mg)	Activador de enzimas que participan en la fotosíntesis, respiración y síntesis de ADN y ARN.
Azufre (S)	Componente de algunos aminoácidos, compuestos de sabor. Fijación de nitrógeno en leguminosas y ayuda en la producción de semillas.
Boro (B)	Síntesis de aminoácidos y proteínas. Desarrollo y crecimiento de nuevas células en el meristemo de la planta. Formación de nódulos en leguminosas

Molibdeno (MO)	Componente de enzimas (nitrato reductasa y nitrogenasa) que participan en el metabolismo de nitrógeno
Cobre (Cu)	Asociado con enzimas que participan en reacciones de reducción y oxidación (transferencia de electrones).
Zinc (Zn)	Asociado con enzimas que participan en reacciones de reducción y oxidación (transferencia de electrones) en los procesos de respiración y fotosíntesis. Es un elemento no móvil en la planta y Componente necesario para la producción de clorofila y fotosíntesis. Involucrado en la síntesis de ácido indol acético.
Manganeso (Mn)	Producción de oxígeno, proveniente del agua, en el proceso de fotosíntesis. Acelera la germinación y madurez del cultivo
Cloro (Cl)	Necesario para la partición de la molécula de agua, para generar oxígeno, para el proceso de fotosíntesis.

Fuente: Sierra, 2020.

Los nutrientes minerales son esenciales para el crecimiento y desarrollo de los cultivos; pero muchas veces su proceso de absorción, asimilación y transporte en sus formas iónicas por las plantas son explicados como si fueran procesos independientes uno de otro, cuando en realidad todos estos nutrientes interactúan entre sí. Una concentración menor a lo que la planta necesita repercute negativamente en el rendimiento, pero una concentración mayor de nutrimentos, además de causar mermas en el rendimiento también significa desperdicio de fertilizantes, contaminación del ambiente y paralelamente afecta el bolsillo del productor. Al momento de su absorción estos compiten por los transportadores debido a que estos muchas veces no son específicos para un ion particular.

La competencia entre los nutrientes está influenciada por las propiedades del transportador y la concentración de los iones del nutriente en la solución, por lo tanto, las interacciones que se dan entre los iones de los nutrientes pueden ser sinérgicas o antagónicas (Cakmak, 2015). El sinergismo es un efecto positivo entre los nutrientes, mientras que el antagonismo es un efecto negativo entre estos. Cuando dos o más elementos trabajan juntos y causan una mejora global del estado

fisiológico de la planta, se conoce como sinergismo fisiológico, mientras que, cuando el exceso de un elemento nutritivo reduce de la absorción de otro, se le conoce como antagonismo fisiológico (Cuadro 5) . Estas interacciones dependerán del tipo de suelo, de las propiedades físicas, del pH, de la temperatura ambiente y de la proporción de nutrientes participantes en la relación (Malvi, 2011).

Cuadro 5. Antagonismo y sinergismo entre nutrientes.

Antagonismo		Sinergismo
Potasio ---	Boro	Nitrógeno --- Manganeseo
Magnesio ---	Potasio	Magnesio --- Fosforo
Molibdeno ---	Cobre	Molibdeno ---Nitrógeno
Cobre ---	Manganeseo, Hierro	Potasio --- Manganeseo, Hierro
Fosforo ---	Zinc, Potasio, Cobre, Calcio, Hierro	Azufre --- Nitrógeno, Manganeseo, Magnesio
Zinc ---	Hierro	
Boro ---	Potasio	
Hierro ---	Fosforo	
Azufre ---	Potasio, Cobre y Boro	
Calcio ---	Potasio, Magnesio. Amonio	
Calcio ---	Manganeseo, Zinc, Boro	

Fuente: Sercopag, 2017.

2.15.3 Formula N20-P30-K10 + Microelementos

Es un fertilizante ultra soluble enriquecido con ácidos fúlvicos y húmicos especialmente elaborado para usarse en fertirrigación y aspersión foliar que promueven una rápida asimilación tanto por las raíces como por el follaje de las plantas. Es un producto libre de sodio y cloruros, ideal para incluirlo como parte de los programas de nutrición vegetal, sobre todo en las primeras etapas de desarrollo, hasta la floración. Por su fórmula 20-30-10 + microelementos en combinación con calcio, azufre y magnesio proporcionan una nutrición completa a los cultivos, creando las reservas que la planta necesita en la etapa de floración y cuajado de

frutos (DELTA, 2025). En el cuadro 6 menciona los componentes del fertilizante 20-30-10 en porcentaje y ppm de acuerdo con los elementos.

Cuadro 6. Componentes del 20-30-10.

Ingredientes activos	% en peso		ppm
		Calcio (Ca)	30
Nitrógeno total	20.00	Azufre (S)	1,670
Nitrógeno amoniacal	4.40	Magnesio (Mg)	540
Nitrógeno amídico	15.60	Fierro (Fe)	600
Fosforo asimilable(P205)	30.00	Zinc (Zn)	800
Potasio soluble(k20)	10.00	Manganeso (Mn)	300
Ac. Fúlvicos y Húmicos	2.00	Cobre (Cu)	100
		Boro (B9	200
		Molibdeno (Mo)	10

Fuente: DELTA, 2025.

En el cuadro 7 menciona el modo de empleo que permite una aplicación precisa y controlada de los nutrientes, asegurando una distribución uniforme de los mismos en todo el suelo y permitiendo que el cultivo absorba los nutrientes de manera más eficiente.

Cuadro 7. Modo de empleo para fertilización foliar 20-30-10.

Hortalizas (tomate)	Dosis por hectárea	Aplicación
Modo de empleo para fertilización foliar	2-5 kg.	Realizar aspersiones cada 7-10 días a partir del trasplante hasta la aparición de botones florales.
Modo de fertilización para fertirrigación	Dosis kg/ha semanal 10-20	Después de establecimiento de la plántula hasta formación de botones florales.

Fuente: DELTA, 2025.

2.15.4 Formula N20-P20-K20

FertiDrip® crecimiento fertilizante ultra soluble enriquecido con ácidos fúlvicos y húmicos especialmente elaborado para usarse en fertirrigación y aspersión foliar. Es un producto libre de sodio y cloruros, ideal para usarlo en todo tipo de cultivos. Excelente para ser utilizado en producción de plántulas en invernadero y almácigos diluyéndolo en el agua de riego a razón de 0.5 gr. por cada litro de agua. En el cuadro 8 menciona los componentes que tiene el fertilizante 20-20-20 en porcentaje y ppm.

Cuadro 8. Composición porcentual del 20-20-20.

Ingredientes activos	% en peso		ppm
Nitrógeno total (N)	20%	Calcio(Ca)	30 ppm
Nitrógeno nítrico	2.8%	Azufre (S)	1,670 ppm
Nitrógeno amoniacal	2.4%	Magnesio (Mg)	540 ppm
Nitrógeno amídico	14.8%	Fierro (Fe)	600 ppm
Fosforo asimilable(P205)	20%	Zinc (Zn)	800ppm
Potasio soluble(k20)	20%	Manganeso (Mn)	300 ppm
Ac. Fúlvico y Húmicos	2%	Cobre (Cu)	100ppm
		Boro (B9	200 ppm
		Molibdeno (Mo)	10 ppm

Fuente: DELTA, 2025.

Por su fórmula 20-20-20 se recomienda especialmente durante la etapa de crecimiento vegetativo, porque contiene microelementos, azufre y Magnesio, necesarios para un vigoroso desarrollo de raíces, tallos y hojas que crearan las reservas que la planta requiere en la etapa de floración y cuajado de frutos (DELTA, 2025).

En el cuadro 9 menciona el modo de empleo de la Fertilizacion 20-20 -20 tanto foliar como fertirrigación con la dosis adecuada por hectárea y de acuerdo con el cultivo. Aplicar los nutrientes en forma balanceada y precisa es un requerimiento para el desarrollo del cultivo.

Cuadro 9. Modo de empleo de la fertilización 20-20-20.

Hortalizas (tomate)	Dosis por hectárea	Aplicación
Modo de empleo para fertilización foliar	2-5 kg.	Realizar aspersiones cada 7-10 días a partir del trasplante hasta la aparición de botones florales.
Modo de fertilización para fertirrigación	Dosis kg /ha semanal 10-20	Despues de establecimiento de la plántula hasta formación de botones florales.

Fuente: DELTA, 2025.

2.15.5 Enraizador

El enraizador Magic Root permite estimular el crecimiento de las raíces para un óptimo crecimiento, resistente y con un vigoroso desarrollo inicial de plántulas. Además, permite incentivar a la flora microbiana existente, aumentar la fertilidad y la calidad general de las plantas. Permite tener raíces fuertes para proporcionar mayor resistencia, evitando que se desgasten o sequen por agentes externos que suelen debilitarlas. En el cuadro 10 menciona los componentes del enraizador, el fósforo es un elemento clave ya que potencia el metabolismo de la planta y favorece su absorción de energía.

Cuadro 10. Componentes del Magic Root®.

Ingrediente activo	% en peso
Nitrógeno elemental (N)	9%
Fosforo asimilable (P202)	48%
Potasio soluble (K20)	13%
Quelatos (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B)	0.13%
Auxinas	2,900 ppm

Fuente: BIO-AGS, 2025.

La función Magic Root® se basa en la interacción de sus componentes: Auxinas, Nitrógeno, Fosforo, Potasio y microelementos.

Auxinas. Son fitohormonas que favorecen un mejor y más rápido enraizamiento de muchas plantas.

Nutrimientos. El nitrógeno y el fosforo son dos nutrientes mayores esenciales, en particular el fosforo, el cual es indispensable en etapas de enraizamiento, despegue de los cultivos y promueve la etapa de floración en las plantas.

Potasio: Es fundamental en el crecimiento vegetativo, la fructificación, la maduración y la calidad de los frutos.

Microelementos. Tienen su función en diversos procesos bioquímicos, aunque se requieren en menores cantidades en comparación con el nitrógeno, fosforo o potasio. Si hace falta o se carece disponibilidad en cantidad suficientes, el desarrollo de la planta es deficiente.

El Hierro es esencial para la síntesis de la clorofila.

El Zinc es indispensable para el metabolismo de las proteínas (BIO-AGS, 2025).

El Manganeseo está relacionado con distintos procesos como la fotosíntesis, la respiración y la asimilación de nitrógeno.

2.15.6 Fertiplus®

Es un fertilizante foliar que contiene Nitrógeno, Potasio y Fosforo (N.P.K), así como macronutrientes secundarios y micronutrientes (Cuadro 11), es una formula balanceada que ayuda a nutrir a las plantas, árboles y pastos de manera efectiva, gracias a sus ingredientes orgánicos que proporcionan los elementos que necesita para desarrollo óptimo del cultivo.

Cuadro 11. Composición química de Fertiplus®

Ingrediente activo	% En Peso
Nitrógeno	7.28
Fosforo	8.21
Potasio	14.07
Magnesio	0.086
Fierro	0.006
Cobre	0.001
Zinc	0.002
Manganeso	0.075
Azufre	1.31
Boro	0.002
Molibdeno	Trazas
Calcio	0.19
Ingredientes inertes	46.00

Fuente: BIO-AGS, 2025.

2.15.7 FertiHumus®

FertiHumus es un fertilizante foliar concentrado emulsionable altamente beneficioso para el crecimiento de las plantas y la fertilidad del suelo. Su fórmula única contiene compuestos fácilmente absorbibles por las plantas, lo que garantiza un óptimo desarrollo vegetal.

En el cuadro 12, menciona los principales ingredientes activos son los ácidos fúlvico y húmicos que representa el 12% del producto, son esenciales para mejorar las capacidades de absorción de nutrientes por parte de las plantas, lo que se traduce en un crecimiento vigoroso. FertiHumus también aporta potasio en forma de óxido de potasio (K₂O), con un contenido del 5.00% . este nutriente es fundamental para fortalecer las estructuras de las plantas y promover una mayor resistencia a enfermedades y estrés ambiental.

Cuadro 12. Composición de FertiHumus en porcentaje.

Ingrediente activo	Porcentaje en peso	Ingrediente Activo	Porcentaje en peso
Ácidos húmicos y fúlvicos	12%	Calcio (Ca)	0.02%
Potasio (K20)	5.00%	Magnesio (Mg)	0.01%
Fosforo (P205)	0.40%	Fierro (Fe)	0.07%
Azufre (S)	0.07%	Diluyentes y acondicionadores	85.36%

Fuente: DELTA, 2025.

Aplicado al suelo o vía foliar actúa como coadyuvante en la asimilación de los macro y micronutrientes, también evita la concentración de sales. Lo anterior hace que los carbohidratos fluyan en el proceso de fijación de nitrógeno vital para el suelo, en el cuadro 13 menciona el modo de empleo del producto con la dosis adecuada para el cultivo de tomate.

Cuadro 13. Modo de empleo del fertilizante foliar.

Cultivo	Dosis (L/Ha)	Época de aplicación
	Suelo 7-10 L/ Ha	Suelo: Una aplicación en el primer riego de auxilio, las siguientes aplicaciones de 4-5 L en cada riego.
Tomate	Foliar 1-2 L/200L de agua	Foliar: Aplicar cada diez días mezclado con insecticidas, fungicidas, y fertilizantes foliares o de acuerdo con su calendario de aplicación.

Fuente: DELTA, 2025.

2.15.8 Nutrición orgánica

La agricultura moderna, ha incorporado el uso de productos orgánicos que incrementan el crecimiento y rendimiento de los cultivos, la calidad de las cosechas y que además tienen efectos fisiológicos que incluyen el alargamiento celular, la diferenciación vascular y el desarrollo de la producción (Luna *et al*, 2016). El aprovechamiento de estos residuos orgánicos cobra cada día mayor interés como medio eficiente de reciclaje racional de nutrimentos, debido a que ayudan al

crecimiento de las plantas y devuelven al suelo muchos de los elementos extraídos durante el proceso productivo (Cerrato, Leblanc y Kameko, 2007. Ramos y Terry, 2014). Además, promueven el crecimiento de microorganismos que ayudan a mejorar la fertilidad del suelo, disminuyen el uso de los fertilizantes químicos y disminuyen el impacto ambiental negativo (Onwu, Osujieke, Gani y Ali, 2018).

2.15.9 Lixiviado de lombriz

Es un biofertilizante natural que contiene macroelementos como el nitrógeno, fósforo y potasio, así como microelementos (Zinc, hierro, cobre, manganeso, molibdeno, boro, calcio, magnesio, azufre y sodio) nutrientes indispensables para el crecimiento y desarrollo de las plantas, además de contener algunas enzimas, proteínas, aminoácidos y microorganismos benéficos, siendo este un biofertilizante ideal para su aplicación en todos los cultivos, ya sea por medio del riego o por aspersión (INIFAP, 2011). Algunos de los beneficios del humus y lixiviado de lombriz son: Aumenta la biomasa de microflora y microfauna, presentes en los suelos agrícolas y estimula el desarrollo, crecimiento, madurez y salud radicular. Mantiene y retiene la humedad en el suelo por más tiempo.

Reduce la conductividad de los suelos salinos a través del agrupamiento de arcillas.

Balancea y corrige el pH en suelos ácidos (lo nivela entre 6.5 y 7.8), promueve, aumenta y equilibra el desarrollo de hongos benéficos presentes en el suelo.

Aumenta la producción en los cultivos agrícolas por efecto de la materia orgánica y disminuye la actividad de áfidos y otros parásitos dañinos para el cultivo, en la rizosfera. Ayuda a reducir la contaminación de los suelos por el uso indiscriminado de insumos químicos y es rápidamente asimilado por la raíz y por las estomas en la filosfera.

El lixiviado y el humus de lombriz utilizado en el presente trabajo de investigación fueron producidos en el área de abonos orgánicos del Invernadero # 5 en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). La muestra de

lixiviado de lombriz fue analizada en el laboratorio Fertilab® localizado en Celaya, Guanajuato, México (Figura 12) . El tipo de lombriz utilizada en la generación de los productos orgánicos fue la roja californiana (*Eisenia foetida*).

DETERMINACIÓN	UNIDAD	RESULTADO	MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
pH	-	8.98					
Cond. Eléctrica	dS/m	7.60					
MACRONUTRIMENTOS			MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
Nitrógeno (N)	%	0.03					
Fósforo (P)	%	0.01					
Potasio (K)	%	0.28					
Calcio (Ca)	%	0.03					
Magnesio (Mg)	%	0.03					
Sodio (Na)	%	0.04					
Azufre (S)	%	0.02					
MICRONUTRIMENTOS			MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
Hierro (Fe)	ppm	5.08					
Cobre (Cu)	ppm	0.26					
Manganeso (Mn)	ppm	2.49					
Zinc (Zn)	ppm	1.03					
Boro (B)	ppm	2.08					
Níquel (Ni)	ppm	NA					
Molibdeno (Mo)	ppm	NA					
PROPIEDADES FÍSICAS			MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
Humedad	%	99.08					
Materia seca	%	0.92					
Materia Orgánica (MO)	%	0.33					
Cenizas	%	0.59					
Carbono orgánico (C)	%	0.19					
Relación C/N	-	6.91					

Figura 12. Análisis del contenido nutrimental del Lixiviado de lombriz, realizados en el laboratorio Fertilab.

2.16 Valor agregado

El valor agregado o valor añadido en el sector agropecuario consiste en la transformación de la materia prima a un producto con el fin de darle un mayor valor comercial, sin perder de vista la calidad de su origen. El valor agregado está encaminado a satisfacer y en el mejor de los casos, superar las expectativas de los consumidores.

En el tomate, la clasificación por tamaño y grado de madurez es la más utilizada (cuadro 14). Para la comercialización, el tomate debe ser clasificado por color; grados o categoría y variedad.

Cuadro 14. Clasificación del tomate de acuerdo con su tamaño.

Categoría extra	Tomates de calidad superior, pulpas firmes, color, apariencia y desarrollo típico según la variedad. Deben ser uniformes en tamaño y madurez y estar libres de defectos.
Categoría I	Tomates de buena calidad y firmes, con las características típicas de la variedad, libres de grietas y partes visibles que ya no hayan madurado de manera uniforme. Se permiten defectos leves en cuanto a forma, color. Defectos de la piel y magulladuras muy leves.
Categoría II	Tomates firmes y con las características típicas de la variedad, aunque no pueden ser incluidos en las categorías anteriores. Se admiten grietas cicatrizadas cuya longitud no sea mayor a 2 cm. Se permiten defectos leves en cuanto a forma, color y defectos en la piel.

Fuente: Adaptado de Jaramillo *et al.*, 2012.

Según la Norma NTC 1103-1, En el cuadro 15 menciona que se seleccionan por categoría lo cual se manejan tres niveles de clasificación que están dados por el porcentaje de defectos que presenten en cuanto a forma, tamaño o madurez y que no afecten la apariencia general de producto, la calidad de conservación y la presentación del empaque.

Cuadro 15. Principales usos del tomate.

Culinarias	Se consume el fruto en crudo, pelado y limpio, en diversos platillos y bebidas.
Industriales	Mermelada, cremas, jugos, purés, pastas y concentrados. Salsas de tomate confitado, tomate en polvo y encurtido.
Medicinales	Estimula el sistema inmune ayudando a detener las enfermedades degenerativas. Recomendado para el manejo de enfermedades como reumatismo, gota, arteriosclerosis, parálisis, úlceras del estómago, tuberculosis, diabetes, estreñimiento, colitis, dolor de garganta, y oído; disminuye el riesgo de desarrollar cáncer de boca, páncreas, cuello uterino, próstata, pulmón y estómago. Es un remineralizante y desintoxicante. Tienen efecto diurético, ayudando a eliminar el ácido úrico y reducir el colesterol.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2014.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del sitio experimental

El presente trabajo de investigación se estableció durante el ciclo agrícola otoño- invierno, 2023-2024 en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Buenavista, Saltillo, Coahuila. En el invernadero # 5 tipo túnel de mediana tecnología (Figura 13) el cual se encuentra ubicado a una latitud de 25° 21'19.5" N, longitud de 101°01'49.7" W y a una altitud de 1,731 msnm (Google Earth, 2024). La temperatura promedio anual es de 18°C a 22°C con un clima seco-semiseco.



Figura 13. a) Imagen de la fachada del invernadero No. 5, b) Interior del invernadero. Fuente: Imagen propia, 2025.

El invernadero tiene una estructura metálica y una cubierta de fibra de vidrio, cuenta con camas de siembra con una dimensión de 16 m lineales, 90 cm de ancho, 50 cm de altura y con panel de enfriamiento, el cual mantiene una temperatura en promedio de 21 °C. En la siguiente (figura 14) se observa el establecimiento del experimento en el invernadero.

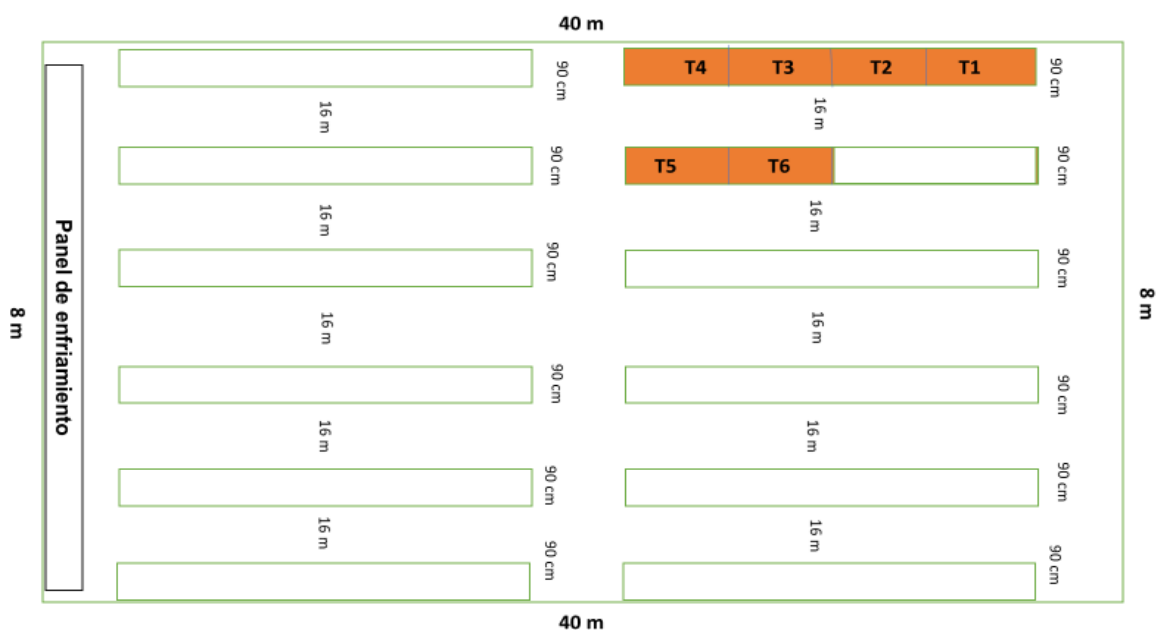


Figura 14. Croquis del invernadero # 5 con las distribuciones de los seis tratamientos donde se estableció el experimento.

Fuente: Elaboración propia, 2025.

A continuación, se presentan el cuadro 16, las características del ensayo y de la parcela experimental del presente trabajo.

Cuadro 16. Características del diseño experimental.

Localidad	Buenavista, Saltillo.
Diseño estadístico	Completamente al azar
Numero de tratamientos	6
Numero de repeticiones	6
Fecha de trasplante	23 de septiembre de 2023
Régimen hídrico	Cintilla
Número de plantas por tratamiento	6
Número de hilera por cama	1
Distancia entre plantas	30 cm
Longitud de la cama siembra	16 m
Fertilización	Química y orgánica*

Fertiplus®, FertiHumus®, 20-30-10, 20-20-20, enraizador y lixiviado de lombriz.

3.2 Germoplasma

El genotipo utilizado en la presente investigación es un tomate tipo bola de porte determinado, denominado (LET-UA-05) del Programa de Producción de Granos y Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). En el cuadro 17 presenta la imagen del cultivo de tomate bola determinado que se utilizó para el experimento.

Cuadro 17. Identificación del genotipo utilizado en la evaluación de sus características agronómicas.

Cultivo	Nombre científico	Genotipo	Imagen
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	LET- UA-05	

Fuente: Elaboración propia, 2025.

3.3 Descripción y aplicación de los fertilizantes en cada uno de los tratamientos

En el Cuadro 18 se describen los insumos aplicados en el experimento y las dosis correspondientes. Antes de la aplicación de los productos, primero se realizó el riego hídrico por cintilla con un tiempo de 30-40 minutos para mantener humedad en el suelo, la primera aplicación de los productos se realizó una semana después del trasplante.

En el tratamiento 1 se aplicó agua con una dosis de 350 ml por planta, sin fertilización ya que fue el testigo.

La aplicación de lixiviado de lombriz fue al 100% sin diluir, con una dosis de 250 ml por planta.

La dosis del FertiHumus se aplicó con una relación de 20 ml por 1200 ml de agua, en cada planta se aplicó 203.33 ml de la solución preparada.

Al igual que el Fertiplus se aplicó en una relación de 20 ml por 1200ml de agua, en cada planta se aplicó 203.33 ml de la solución preparada.

En el caso de 20-30-10 y 20-20-20, en una báscula analítica se pesaron 10 g de cada producto y se disolvieron con 1200 ml de agua y se aplicó 200 ml de la solución preparada a cada planta.

El enraizador se preparó 10g del producto disolviendo con 1200 ml de agua y en cada planta se aplicó 200 ml.

Cada uno de los productos se disolvieron de manera separada donde T4 y T5 primero se aplicaron los fertilizantes, después el enraizador y en el T6 primero se aplicó el primer producto y posteriormente se mezcló con el producto Fertiplus.

Cuadro 18. Insumos utilizados en cada tratamiento y dosis por planta.

Tratamientos	Composición	Producto	Dosis
T1	Testigo	Riego hídrico	350 ml pl ⁻¹
T2	100% orgánico	Lixiviado de lombriz	250 ml pl ⁻¹
T3	100% químico	FertiHumus	3.33 ml pl ⁻¹
T4	100% químico	20-30-10+ enraizador	2g pl ⁻¹ + 1.6g pl ⁻¹
T5	100% químico	20-20-20+ enraizador	2g pl ⁻¹ + 1.6g pl ⁻¹
T6	100% químico	FertiHumus + Fertiplus	3.33ml pl ⁻¹ +3.33ml pl ⁻¹

Fuente: Elaboración propia, 2025.

3.4 Variables evaluadas

Una vez que el fruto estaba listo para ser cosechado, se recolectaron y se marcaron con el número de tratamiento y número de repetición, posteriormente se trasladaron al laboratorio, para evaluar las variables que se muestran a continuación.

Altura de la planta (AP): Con la ayuda de la cinta métrica se midieron cada una de las plantas empezando desde la base del tallo, hasta la parte más alta de la planta, esta variable se midió en cm.

Diámetro del tallo (DT): Para medir esta variable se utilizó un vernier digital para una alta precisión, esta variable se midió en milímetros, donde se tomó la medida a una altura de 10 cm de la base del tallo.

Longitud de la hoja (LH): Para obtener este dato, se utilizó una regla donde se midió en cm la longitud de la hoja, iniciando desde la base hasta el ápice de la hoja.

Ancho de la hoja (AH): Se midió en cm el ancho de la hoja, esta variable se registró en el punto medio de la hoja y se midió de extremo a extremo de la hoja y se expresó en centímetros.

Diámetro ecuatorial (DE): Esta variable se determinó utilizando un vernier digital, midiendo de forma horizontal de un extremo al otro, la unidad de medida se expresó en cm.

Diámetro polar (DP): Esta variable se determinó utilizando un vernier digital, midiendo de forma vertical de un extremo al otro, la unidad de medida se expresó en cm.

Sólidos solubles totales (SST): Se utilizó un refractómetro, en donde se aplicaron gotas del jugo del fruto de tomate, donde se registró el dato a través de su lectura en grados Brix.

Número de lóculos (NL): Se realizó el corte del fruto y se contaron los números de lóculos presentes en cada fruto de tomate.

Espesor de la pulpa (EP): Este dato se obtuvo midiendo el espesor de la pulpa en los frutos de tomate evaluados y se reportó en mm.

Número de semillas (NS): Para obtener los datos de esta variable, lo primero que se realizó fue extraer todas las semillas, luego con la ayuda de una criba se realizó el lavado de las semillas de cada uno de los frutos, después se colocaron en cajas Petri rotuladas por cada fruto y tratamiento, para el secado a temperatura ambiente, posteriormente se realizó el conteo de las semillas por fruto.

Peso del fruto (PF): Esta variable se determinó con la utilización de una balanza analítica de laboratorio en donde se registró el peso de fruto en gramos.

3.5 Análisis estadístico

Las diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados en el cultivo de tomate de hábito determinado se analizaron utilizando el diseño completamente al azar:

En donde el modelo es: $Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$

Donde:

Y_{ij} = observación del i-ésimo tratamientos en la j-ésima repetición.

μ = media general de la variable.

T_i = efecto del i-ésimo tratamiento.

E_{ij} = efecto del error experimental.

$i = 1, 2, 6$ (tratamientos).

$J = 1, 2, 6$ (repeticiones).

El coeficiente de variación se estimó para cada una de las variables analizadas, con la siguiente fórmula:

$$C. V. (\%) = \frac{\sqrt{CMEE}}{\bar{x}} \times 100$$

Donde:

C.V. (%) = Coeficiente de variación en porcentaje

CMEE = Cuadrado medio del error experimental

X = Media general de tratamientos

100 = Constante para expresar el C.V. en porcentaje

3.6 Prueba de Tukey

Se realizó para comparar las medias de los seis tratamientos evaluados, utilizando la probabilidad de error $\alpha=0.05$.

$$DMSH=q(\alpha, T, gl_{\text{errorexp}}) S\bar{X}$$

Dónde: $q(\alpha, T, gl_{\text{error experimental}})$ = al valor tabular de Tukey que se encuentra en tablas, con número de tratamientos T, los grados de libertad del error experimental y nivel de significancia α .

$$S\bar{X} = \text{error estándar de la media} = \sqrt{CM_{\text{error}}/r}$$

CM error experimental= cuadrado medio del error; r = repeticiones.

Con los valores obtenidos se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias, mediante la prueba de Tukey ($P \geq 0.05$), utilizando el programa estadístico Minitab 16 (2009).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un manejo óptimo de fertilizantes químicos y orgánicos puede beneficiar el ambiente, la salud de los consumidores y obtener cosechas y productos inocuos y con menor impacto de residuos químicos (Romero-Romano *et al.*, 2012). En la presente investigación los tratamientos de fertilización química y orgánica en tomate tipo bola (Cuadro 19), mostraron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre tratamientos para las variables: altura de la planta (AP), diámetro de tallo (DT), longitud de la hoja (LH), diámetro polar (DP), sólidos solubles totales (SST) y peso de fruto (PF). En las variables ancho de la hoja (AH), diámetro ecuatorial (DE), número de lóculos (NL) y número de semillas (NS) se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), y no significativas en el espesor de la pulpa (EP).

Cuadro 19. Análisis de varianza y coeficientes de variación (CV%) de las variables evaluadas en los tratamientos aplicados en el cultivo de tomate genotipo LET-UA-05, en el ciclo O-I 2023-2024, bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	Cuadrados Medios					
		AP ¹	DT	LH	AH	DE	DP
Trat.	5	829.6**	11.68**	16.82**	3.67*	180.3*	82.7**
Error	30	15.2	1.01	5.09	1.27	65.7	13.5
Total	35						
Media		121.94	16.95	15.47	7.04	75.02	62.30
CV (%)		3.19	5.92	14.58	16.0	10.80	5.84

FV	GL	Cuadrados Medios				
		SST	EP	NL	NS	PF
Trat	5	1.012**	1.161	1.849*	7427*	6995**
Error	30	0.295	0.483	0.383	2845	1477
Total	35					
Media		4.01	5.17	4.94	165.43	184.31
CV (%)		13.54	13.44	12.52	32.24	20.85

*Significativo al 0.05 y **Altamente significativo al 0.01 de probabilidad; ¹AP= altura de planta, DT= diámetro de tallo, LH= longitud de la hoja, AH= ancho de la hoja, DE= diámetro ecuatorial, DP= diámetro polar, SST= sólidos solubles totales, EP=

espesor de la pulpa, NL= número de lóculos, NS= número de semillas y PF= peso de fruto.

El coeficiente de variación (CV) es un indicador de la confiabilidad en la conducción del experimento (Ruíz-Ramírez, 2010). En la presente investigación, los CV tuvieron valores aceptables donde la variable AP presentó el menor CV= 3.19%, siendo el más alto para NS (CV= 32.24%). El porcentaje de macronutrientes y micronutrientes de los tratamientos de fertilización utilizados se presentan en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Unidades totales de fertilizante químico y orgánico en cada uno de los tratamientos aplicados en el genotipo de tomate bola (LET-UA-05).

	T1	T2	T3	T4	T5	Enrai- zador	T6
Fertilizantes							
pH	-	8.98					
C.E.	-	7.6					
Macronutrientes		%	%	%	%	%	%
Nitrógeno total	-	0.03		20.0	20.0	9.0	7.28
Nitrógeno nítrico	-				2.8		
Nitrógeno amoniacal	-			4.4	2.4		
Nitrógeno amídico	-			15.6	14.8		
Fosforo asimilable	-	0.01	0.4	30.0	20.0	48.0	8.21
Potasio soluble	-	0.28	5.0	10.0	20.0	13.0	14.07
Calcio (Ca)	-	0.03	0.02	0.003	0.003		0.19
Magnesio (Mg)	-	0.03	0.01	0.054	0.054		0.086
Sodio (Na)	-	0.04					
Azufre (S)	-	0.02	0.07	0.167	0.167		1.31
Micronutrientes							
Quelatos (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B)	-					0.13	

Fierro (Fe)	-	0.000508	0.07	0.06	0.06	0.006
Cobre (Cu)	-	0.26		0.01	0.01	0.001
Manganeso (Mn)	-	2.49		0.03	0.03	0.075
Zinc (Zn)	-	1.03		0.08	0.08	0.002
Boro (B)	-	2.08		0.02	0.02	0.002
Níquel (Ni)	-	NA				
Molibdeno (Mo)	-	NA		0.001	0.001	trazas
Ingrediente inerte						46.0
D. y A.			85.36			
Auxinas	-					0.29
Ácidos F. y H.			12.00	2.0	2.0	
Propiedades físicas	-	%				
Humedad	-	99.08				
Materia seca	-	0.92				
Materia orgánica	-	0.33				
Cenizas	-	0.59				
Carbono orgánico	-	0.19				
Relación C/N	-	6.91				

T1 (Testigo); T2 (Lixiviado de lombriz); T3 (FertiHumus); T4 (20-30-10 + Enraizador); T5 (20-20-20 + Enraizador); T6 (FertiHumus+ Fertiplus).

Los datos originales en ppm de las fichas técnicas de los productos utilizados en los tratamientos se convirtieron a porcentaje. T= testigo, FH= FertiHumus, C.E.= conductividad eléctrica, D. y A.= diluyentes y acondicionadores, Ácidos F. y H = ácidos fúlvicos y húmicos.

4.1 Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$)

Los resultados de la prueba de comparación de medias (Cuadro 21) muestran que en el tratamiento T1 (Testigo), se registró una reducción estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) en los promedios de las variables: LH (12.82 cm), AH (5.75 cm), DE (6.70 cm), NL (4.00) y PF (149.22 g) en comparación con el resto de los tratamientos, donde destaca la reducción en NL (4.0), lo cual se relacionó

inversamente con un incremento en el espesor de la pulpa (EP= 5.50 mm). Por otra parte, se puede concluir que la falta de fertilización en las plantas de tomate afecta significativamente el desarrollo y rendimiento del cultivo.

Cuadro 21. Comparación de medias de los tratamientos de las variables agronómicas evaluadas en el genotipo de tomate tipo bola de hábito determinado (LET-UA-05), en el ciclo O-I 2023-2024, bajo condiciones de invernadero.

Trat.	AP ¹ Cm	DT mm	LH Cm	AH Cm	DE Cm	DP cm	SST °Brix	EP mm	NL No	NS No	PF g
T5	131.50 a	18.19 a	17.60 a	7.77 a	8.28 a	6.72 a	4.47 a	5.00 a	5.33 a	188.33 ab	244.70 a
T3	114.50 c	18.07 ab	15.60 ab	6.70 ab	7.90 ab	6.34 abc	3.38 b	5.33 a	5.00 ab	151.83 ab	195.19 ab
T4	133.00 a	16.38 bc	16.77 ab	7.90 a	7.49 ab	6.49 ab	3.68 ab	5.17 a	5.00 ab	171.17 ab	185.61 ab
T2	123.50 b	18.24 a	15.07 ab	6.93 ab	7.26 ab	6.09 abc	3.98 ab	5.50 a	4.83 ab	117.83 b	165.15 b
T6	101.50 d	15.14 c	14.70 ab	7.05 ab	7.32 ab	5.71 bc	4.33 ab	4.33 a	5.67 a	220.00 a	162.75 b
T1	124.00 b	15.65 c	12.82 b	5.75 b	6.70 b	5.93 bc	4.18 ab	5.50 a	4.00 b	150.83 ab	149.22 b
Tukey 0.05	6.84	1.76	3.96	1.97	14.22	6.70	0.95	1.22	1.08	93.63	67.46

¹AP= altura de planta, DT= diámetro de tallo, LH= longitud de la hoja, AH= ancho de la hoja, DE= diámetro ecuatorial, DP= diámetro polar, SST= sólidos solubles totales, EP= espesor de la pulpa, NL= número de lóculos, NS= número de semillas y PF= peso de fruto. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

El T2 fue totalmente orgánico y estuvo constituido por el lixiviado de lombriz. La variable DT (18.24 mm) fue superior estadísticamente ($p \leq 0.05$) al resto de los tratamientos. La variable EP registro un promedio alto de 5.50 mm observándose también en este tratamiento una reducción el NL (4.83). Se presentó una reducción significativa ($p \leq 0.05$) en la variable NS (117.83).

Este tratamiento tuvo reducidos contenidos de porcentajes de los principales macronutrientes (Cuadro 20) por lo cual su comportamiento fue inferior al de los tratamientos químicos.

La mezcla de FertiHumus y Fertiplus corresponde al T6 (Cuadro 20), en este tratamiento el contenido de macronutrientes es inferior a los T4 y T5, excepto en el

contenido de azufre (1.31%) el cual es un elemento de algunos aminoácidos, compuestos del sabor y favorece la producción de semillas (Sierra *et al.*, 2020).

En cuanto a los micronutrientes su contenido fue el más bajo. Por lo tanto, se presentaron bajos promedios en las variables: AP (101.5 cm), DT (15.14 mm), LH (14.7 cm), DP (5.71 cm) y EP (4.33 mm) lo cual redujo el PF (162.75 g). Sin embargo, el T6 fue estadísticamente superior ($p \leq 0.05$) al resto de los tratamientos en las variables SST (4.33 °Brix), NL (5.67) y NS (220.0).

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se puede asumir que se pudo haber presentado antagonismo y sinergismo en los nutrientes presentes en los fertilizantes utilizados en el T6, lo cual influyo en la absorción de nutrientes en la planta en sus diversas etapas de crecimiento y desarrollo.

Dentro de los tratamientos químicos se encuentra el T3 que consistió en la aplicación de FertiHumus. Este tratamiento muestra deficiencia en el contenido de macronutrientes y micronutrientes (Cuadro 18). Pero contiene Ácidos húmicos y fúlvicos (12.0%) que actúan principalmente como reguladores del crecimiento y hormonas vegetales, cuya función es acelerar procesos fisiológicos en la planta entre ellos la nutrición la floración y la fructificación.

Además, contiene Diluyentes y acondicionadores (85.36%) que actúan aumentando la carga microbial que se encarga de la mineralización de los compuestos orgánicos y la liberación de los nutrientes para las plantas (Sandoval, 2002). En cuanto a las variables evaluadas este tratamiento tuvo altos promedios en: DT (18.07 mm), LH (15.6 cm), AH (6.7 cm), DP (7.9 cm), DE (6.39 cm) registrando por lo tanto el segundo mayor PF (195.19 g).

El T4 contiene un alto porcentaje de macronutrientes y micronutrientes debido a que a la fórmula 20-30-10 se le añadió un enraizador (Cuadro 21). El alto

contenido de Fosforo (78%) en este tratamiento pudo afectar positivamente la formación de semillas (NS=171.17) y el vigor en la planta (Sierra *et al.*, 2020). El enraizador contiene Auxinas (0.29%) que participan en todos los procesos de desarrollo de las plantas a nivel celular, intervienen en la división, elongación y diferenciación celular (Ljung, 2013). Los promedios de las variables AP (133.0 cm) y AH (7.90 cm) fueron estadísticamente superiores ($p \leq 0.05$) al resto de los tratamientos, además se obtuvo el tercer lugar en la variable PF (185.61 g).

El T5 sobresale entre los tratamientos ya contiene los elementos esenciales para el desarrollo de la planta (Cuadro 21), este tratamiento está constituido por la fórmula 20-20-20 y el enraizador el cual aporta auxinas. Tiene un alto contenido de potasio (33.0%) este elemento promueve el control indirecto de la fotosíntesis y acumulación y traslocación de carbohidratos, transporte de azúcares y síntesis de pigmentos como el licopeno, imparte vigor y calidad del fruto (Sierra *et al.*, 2020).

De acuerdo a los resultados obtenidos este tratamiento obtuvo la mejor respuesta en la variable peso de fruto (PF=244.70 g), además en las variables: AP (131.50cm), DT (18.19 mm), LH (17.60 cm), AH (7.77 cm), DE (8.28 cm), DP (6.72 cm) y SST (4.47 °Brix) fue estadísticamente superior ($p \leq 0.05$) al resto de los tratamientos. Finalmente se concluye fue el mejor tratamiento, con el cual se obtuvo la mejor calidad y peso de fruto resultado de una adecuada fertilización.

4.2 Correlaciones fenotípicas

En el Cuadro 22 se presentan los coeficientes de correlación obtenidos para las variables evaluadas, donde se observa que la variable LH se correlacionó positiva y con alta significancia ($p \leq 0.01$) con: AH ($r=0.928^{**}$) y DE ($r=0.886^{**}$); y significativamente ($p \leq 0.05$) con la variable DP ($r=0.843^{*}$), estas variables fueron de gran importancia ya que contribuyeron en el incremento del peso del fruto.

La variable EP se correlacionó negativa y significativamente ($p \leq 0.05$) con NL ($r = -0.813^*$) y negativamente con alta significancia ($p \leq 0.01$) con NS ($r = -0.931^{**}$) lo cual significa que, con el aumento del espesor de la pulpa, se reduce el número de lóculos y por lo tanto el número de semillas.

Cuadro 22. Coeficientes de correlación fenotípicas entre las variables analizadas en el genotipo de tomate (LET-UA-05), en el ciclo O-I 2023-2024, bajo condiciones de invernadero.

	AP ¹	DT	LH	AH	DE	DP	SST	EP	NL	NS
DT	0.408									
LH	0.439	0.545								
AH	0.345	0.285	0.928**							
DE	0.185	0.648	0.886**	0.692						
DP	0.752	0.660	0.843*	0.639	0.770					
SST	-	-	-0.067	0.029	-0.071	-0.185				
	0.037	0.277								
EP	0.592	0.483	-0.195	-	-0.219	0.268	-			
				0.381			0.445			
NL	-	0.075	0.619	0.707	0.639	0.128	0.172	-0.813*		
	0.389									
NS	-	-	0.240	0.370	0.268	-0.088	0.464	-	0.675	
	0.402	0.534						0.931**		
PF	0.422	0.613	0.871*	0.662	0.941**	0.871*	0.111	-0.113	0.458	0.249

*Significativo al ($p \leq 0.05$) y **Altamente significativo al ($p \leq 0.01$) de probabilidad; ¹AP= altura de planta, DT= diámetro de tallo, LH= longitud de la hoja, AH= ancho de la hoja, DE= diámetro ecuatorial, DP= diámetro polar, SST= sólidos solubles totales, EP= espesor de la pulpa, NL= número de lóculos, NS= número de semillas y PF= peso de fruto.

La variable PF se correlacionó positiva y significativamente con LH ($r = 0.871^*$), DP ($r = 0.871^*$) y positivamente con alta significancia con DE ($r = 0.941^{**}$). Por lo tanto, se puede determinar que estas variables representan los principales constituyentes de PF.

V. CONCLUSIONES

- El análisis de varianza detectó diferencias significativas y altamente significativas, entre los tratamientos de fertilización para las variables agronómicas evaluadas excepto en el espesor de la pulpa (EP). Los coeficientes de variación de fueron menores al 20.8%, solo la variable número de semillas presento un CV de 32.24%.
- En la prueba de comparación de medias el T1 (Testigo), produjo frutos de menor tamaño DE (6.7 cm), DP (5.93 cm) y estadísticamente, fue el de menor peso de fruto (PF =149.22 g).
- El T2 (fertilización orgánica) presento un alto promedio en el espesor de la pulpa (EP= 5.50mm), menor número de lóculos (NL= 4.83), número de semillas (NS= 117. 83) y un peso de fruto de PF=165.15 g. En contraste T6 (fertilización química) presentó el menor EP= 4.33 mm y estadísticamente, presento el más alto NL= 5.67 y NS = 220, con un PF= 162.65 g.
- El T3 (fertilización química) tuvo altos promedios en las variables: DT= 18.07 mm, DE= 7.90 cm, DP= 6.34cm, EP= 5.33 mm y PF=195.19 g.
- El T4 (fertilización química) en las variables AP (133 cm) y AH (7.90 cm) fue estadísticamente superior al resto de los tratamientos, y valores con promedios mayores en las variables NS (171.17), PF (185.61 g).
- El T5 (fertilización química), para las variables: LH (17.60 cm), DE (8.28 cm), DP (6.72 cm) y SST (4.47 °Brix) y PF=244.70 g) fueron estadísticamente ($p \leq 0.05$) superiores al resto de los tratamientos, lo cual significa que presento la mejor calidad y peso de fruto como resultado de una óptima fertilización.
- En los coeficientes de correlación obtenidos, la variable PF se correlacionó positiva y significativamente con LH ($r=0.871^*$), DP ($r=0.871^*$) y positivamente con alta significancia con la variable DE ($r=0.941^{**}$).

VI. LITERATURA CITADA

- Agroingenia canaria (2021). La araña roja del tomate. Disponible en: <https://agroingeniacanarias.com/la-arana-roja-del-tomate/>
- BAYER.(2017).¿Qué son los trips y cómo manejarlos? Disponible en: <https://www.vegetables.bayer.com/mx/es-mx/recursos/noticias/blog-que-son-los-trips-y-como-manejarlos.html>
- Bhowmik D., Kumar KS, Paswan S., Srivastava S. El tomate: una medicina natural y sus beneficios para la salud. J. Pharmacogn. Phytochem. 2012;1:33–43.
- BIO-AGS. (2025). Disponible en: https://bioags.mercadoshops.com.mx/MLM-815312601-magic-root-1-kg-enraizador-fertilizante-arrancador-semillas-_JM
- Blancard, D. (2011). Enfermedades del tomate. España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Borboa-Flores, J.; Rueda-Puente, E. O.; Acedo-Félix, E.; Ponce, J. F.; Cruz, M.; Grimaldo-Juárez, O.; García-Ortega, A. M. Detección de *Clavibacter michiganensis* subespecie *michiganensis* en el tomate del estado de Sonora, México. Revista Fitotecnica Mexicana. (2009). 32(4): 319-326.
- Cakmak, I. (2015). Sinergismos y Antagonismos entre Nutrientes Minerales Durante la Absorción y Transporte en las Plantas. Curso Internacional sobre Nutrición de Cultivos. Intagri. Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/sinergismos-y-antagonismos-entre-nutrientes>
- Central Mayorista de Antioquia; Red de Centrales de Abastos; Gobernación de Antioquia y Asociación Hortifrutícola de Colombia –Asohofrucol– (2005). Normas de calidad y empaque para frutas, hortalizas y tubérculos frescos. 32 p.
- Cerrato, M. E., Leblanc, H. A., & Kameko, C. (2007). Potencial de mineralización de nitrógeno de bocashi, compost y lombricompost producidos en la universidad Earth. *Tierra Tropical*, 3(2), 183-197.

- Chapagain, P.B. y Z. Wiesman. (2004). Effect of potassium magnesium chloride in the fertigation solution as partial source of potassium on growth, yield and quality of greenhouse tomato. *ScientiaHort.* 99, 279-288.
- Chemonics, I. (2008). Programa de diversificación hortícola proyecto de desarrollo de la cadena de valor y conglomerado agrícola. *Manual del cultivo de tomate*, 1(1), 1-32.
- CLEMSON HGIC (Clemson cooperative extension home & Garden information center).(2025).Enfermedades y trastornos del tomate Disponible en: <https://hgic.clemson.edu/factsheet/tomato-diseases-disorders/>
- De Bogotá, C. D. C., & de Fortalecimiento Empresarial, V. (2015). Manual tomate.
- Délices, Gino, Leyva Ovalle, Otto Raúl, Mota-Vargas, Claudio, Núñez Pastrana, Rosalía, Gámez Pastrana, Roberto, Meza, Pablo Andrés, & Serna-Lagunes, Ricardo. (2019). Biogeografía del tomate *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (*Solanaceae*) en su centro de origen (sur de América) y de domesticación (México). *Revista de Biología Tropical*, 67(4), 1023-1036.
- DELTA. (2025). Productos Agrícolas. FetiDripN20-P20-K20+Microelemetos. Disponible en: https://www.agrodelta.com.mx/productos/p_fert20-20-20.html
- DELTA. (2025). Productos Agrícolas. FertiDrip N20-P30-K10 + MICROELEMENTOS: Disponible en: https://www.agrodelta.com.mx/productos/p_fert20-30-10.html
- Escobar, H. (2010). Manual de producción de tomate bajo invernadero. Editorial Tadeo Lozano.
- FAOSTAT. Estadísticas datos agrícolas. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S> (Consultada el 15 septiembre de 2015).
- FAOSTAT. Estadísticas datos agrícolas. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S> (Consultada el 15 septiembre de 2015).
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nation). (2024). Statistical database. <https://www.helgilibrary.com/indicators/tomato-production/>

- Ferreira, S. M. R. (2005). O tomate de mesa: origen, taxonomía e variedades. Hig. aliment, 34-39.
- Fornaris, G. J. (2007). Características de la planta². Conjunto Tecnológico para la Producción de Tomate de Ensalada.(Publicación 166). Estación experimental agrícola Universidad de Puerto Rico.
- García, M. C. y García, H. (2001). Manejo cosecha y poscosecha de mora, lulo y tomate de árbol. Corpoica, Ciat, Produmedios. 107 p.
- Greenlife, (2025). Trips del tomate. Greenlife Protección de cultivos África. Disponible en: <https://www.greenlife.co.ke/tomato-thrips/#:~:text=Tomato%20thrips%20is%20one%20of,rows%20alongside%20or%20beneath%20veins.>
- Guzmán, A., Corradini, F., Martínez, J. P., & Torres, A. (2017). Manual de cultivo del tomate al aire libre.
- Haifa Chemicals. (2014). Recomendaciones nutricionales para tomate en campo abierto, acolchado o túnel e invernadero (en invernadero) (en línea). Miami, Estados Unidos de América. 39 p. Consultado 10 mar. 2015. Disponible en: http://www.haifa-group.com/spanish/files/Languages/Spanish/Tomate_2014.pdf
- Hernández-Herrera, R. M.; Santacruz-Ruvalcaba F.; Ruiz-López M. A.; Norrie J.; Hernández-Carmona G. Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). Journal of applied phycology. 2014.26(1): 619-628.
- https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Tomatoes%20and%20Products%20Annual_Guadalajara_Mexico_MX2024-0028.pdf
- INIFAP (2011). Manuales Prácticos para la Elaboración de Bioinsumos. México. LEISA
Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737316/15_Lixiviado_de_lo_mbriz.pdf

- INTAGRI. (2017). Soluciones Nutritivas para el Cultivo de Tomate. Serie Horticultura Protegida Núm. 33. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p. Extraído de: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/soluciones-nutritivas-para-el-cultivo-de-tomate>
- Jaramillo NJE, Rodríguez VP, Guzmán M, Zapata M. (2012). El cultivo de tomate bajo invernadero. Boletín Técnico No. 21. Rionegro, Corpoica, Centro de Investigación
- Jaramillo, J., Rodríguez, V. P., Guzmán, M., Zapata, M., & Rengifo, T. (2006). El cultivo de tomate bajo invernadero. *Corpoica, Centro de Investigación La Selva, Rionegro (Antioquia, Colombia)*, 48, 6-12.
- JH., Pereira da Costa, Cambiaso, V, Picardi, LA, Pratta, GR, & Rodríguez, GR (2021). Mejora de la calidad del fruto mediante la incorporación de genes de especies silvestres en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *bolsa Revista de genética básica y aplicada* , 32 (2), 41-50.
- Jiménez, D. F. Enfermedades del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Ed. Limusa. México, D.F. (2003). 102 p.
- Jones JJ, Zitter TA, Momol TM y Miller SA (Eds) (2014). Antracnosis. En Compendio de enfermedades y plagas del tomate . 2da ed. Prensa APS. Prensa de la Sociedad Estadounidense de Fitopatología, St. Paul, Minnesota. pag. 16-17.
- Kennely M. (2009) Tomato Leaf and Fruit Diseases and Disorders, Kansas State University, County Extension Councils, Extension Districts, and United States Department of Agriculture Cooperating, Fred A. Cholick, Director.
- Kennely M. Plant Pathologist. (2009). Tomato Leaf and Fruit Diseases and Disorders disponible en: <https://www.maine.gov/dacf/php/gotpests/diseases/factsheets/tomato-diseases-kans.pdf>.
- Koppert.(2025).Mosca blanca. Disponible en: <https://www.koppert.mx/plagas-en-plantas/moscas-blancas/>

- Larraín P, Varela F, Quiroz C, Fernando E, Graña S. Efecto del Color de Trampa en la Captura de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: thripidae) en Pimiento (*Capsicum annuum* L.). *AgricTéc.* (2006); 66(3):34-39
- Larry R Juana túRazdán MK Mato Alaska Recursos genéticos del tomate, Mejoramiento genético de cultivos solanáceos, (2007). vol. Volumen 2 Enfield, Nuevo Hampshire Editores científicos Tomate.
- Ljung K (2013) Auxin metabolism and homeostasis during plant development. *Development* 140:943-950.
- López Marín, L. M. (2017). Manual técnico del cultivo del tomate *Solanum lycopersicum*.
- Luna, R., Espinosa, K., Luna, M., Luna, F., Celi, M., Espinoza, A., Rivero, M., Cabrera, D., Alvarado, A., & González, J. (2016). Efecto de diferentes abonos orgánicos en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum*, L.). *Biotecnia*, 18(2), 33-36.
- Malvi, U.R. (2011). Interaction of micronutrients with major nutrients with special reference to potassium. *Karnataka Journal of Agricultura I Sciences* 24, 106- 109.
- Ministerio de agricultura y ganadería MAG. (2014). Contenido nutricional, principales usos del tomate. Recuperado el 3 de 9 de 2014, de http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_tomate.pdf
- Monardes, H. (2009). 2. Características Botánicas. Manual de Cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), 10.
- Montaño Méndez, Iliana Enriqueta, Valenzuela Patrón, Iván Narcizo, & Villavicencio López, Kennia Valeria. (2021). Competitividad del tomate rojo de México en el mercado internacional: análisis 2003-2017. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(7), 1185-1197. Epub 22 de marzo de 2022.
- Moreiras O, Carbajal A, Cabrera L, Cuadrado C. «Tablas de composición de alimentos. Guía de prácticas». Ediciones Pirámide. 16ª edición. 2013

- Navarro-González, Inmaculada, & Periago, María Jesús. (2016). El tomate, ¿alimento saludable y/o funcional?. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 20(4), 323-335.
- Ninja Begum, Manuj Kumar Hazarika (2022). Maturity detection of tomatoes using transfer learning, *Measurement: Food*, Volume 7, 2022, 100038 <https://doi.org/10.1016/j.meaf00.2022.100038>.
- Onwu, A., Osujieke, N., Gani, A., & Ali, A. (2018). Influence of organic fertilizer (Nomau) on soil, leaf nutrient content, growth and yield of physic nut (*jatropha curcas*) in Makurdi, North Central, Nigeria. *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 3(2), 1-11. Doi: <https://doi.org/10.9734/AJSSPN/2018/42090>
- Peralta Cuchara DMRazdán MK Mato Alaska. Historia, origen y cultivo temprano del tomate (*Solanaceae*), Mejoramiento genético de cultivos solanáceos, (2007), vol. 2 Enfield, Nuevo Hampshire Editores científicos (pág. 1-27) Tomate.
- Ramos, D., & Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59.
- Rezk, A., Abhary, M., & Akhkha, A. (2021). Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) breeding strategies for biotic and abiotic stresses. *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops: Volume 9: Fruits and Young Shoots*, 363-405.
- Romero-Romano, C.O., J. Ocampo-Mendoza, E. Sandoval-Castro y J.R. Tobar-Reyes. (2012). Fertilización orgánica – mineral y orgánica en el cultivo de fresa (*Fragaria xananasaduch.*) bajo condiciones de invernadero. *Ra Ximhai*. 8: 41-49.
- Ross R. y Victor R. (2016). Genetically Modified Organisms in Food Production, Safety, Regulation and Public Health. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/book/9780128022597/genetically-modified-organisms-in-food>.
- Ruíz-Ramírez, J. (2010). Eficiencia relativa y calidad de los experimentos de fertilización en el cultivo de caña de azúcar. *Terra Latinoamericana*. 28: 149-154.

- SAGARPA. (2005)., Análisis Agropecuario del Tomate. Boletín Informativo. Culiacán, Sinaloa, México. 9 p.
- Sandoval, J. (2002). Acondicionadores y mejoradores del suelo. Instituto colombiano agropecuario. Medellín, Colombia.
- Sercopag. (2017). Disponible en: https://sercopag.com/abonar-suelo-produccion/tabla_antagonismo_y_sinergismo/
- Shamshiri, R. R., Jones, J. W., Thorp, K. R., Ahmad, D., Man, H. C., & Taheri, S. (2018). Review of optimum temperature, humidity, and vapour pressure deficit for microclimate evaluation and control in greenhouse cultivation of tomato: a review. *International agrophysics*, 32(2), 287-302.
- SIAP, Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera. Anuario agropecuario 2000-2014. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/> (consulta: 10 marzo 2016). 2015.
- Sierra, A., Sánchez, T., Simonne, E., & Treadwell, D. (2020). Principios y prácticas para el manejo de nutrientes en la producción de hortalizas: HS1102/HS356, rev. 10/2020. EDIS, 2020(6).
- Smith, HA, Stansly, PA, Seal, DR, McAvoy, E., Polston, JE, Gilreath, PR y Schuster, DJ (2019). Manejo de moscas blancas, virus de plantas transmitidos por mosca blanca y resistencia a insecticidas para la producción de tomate en el sur de Florida. Documento ENY-735. Instituto de Ciencias Agrícolas y Alimentarias de la Universidad de Florida, Gainesville, FL .
- Syngenta Agro, S.A. de C.V. (2017). Disponible en: <https://www.syngenta.com.mx/>
- SYNGENTA, (2025). Trips en tomate. Disponible en: <https://www.syngenta.es/plagas/trips-en-tomate#:~:text=Peque%C3%B1os%20insectos%20que%20miden%20entre,de%20un%20lugar%20a%20otro.>
- Toroitich F y Kimani J. (2012). Araña roja del tomate, Universidad de Nairobi, Departamento de Ciencias Vegetales y Protección de Cultivos, Apartado Postal 29053-00625, Nairobi Tel

- Viuda-Martos M., Sanchez-Zapata E., Sayas-Barberá E., Sendra E., Pérez-Álvarez JA, Fernández-López J. Tomate y subproductos del tomate (2014). Beneficios del licopeno para la salud humana y su aplicación a los productos cárnicos: una revisión. *Crítico. Rev. Ciencia de los alimentos. Nutrición*. 2014;54:1032–1049. doi: 10.1080/10408398.2011.623799.
- Warnock S.J. (1991) Natural Habitats of *Lycopersicon* Species. *HortScience*. 26(5): 466-471.
- YARA (2025). Nutrición vegetal Tomate. Disponible en: <https://www.yara.com.mx/nutricion-vegetal/tomate/incrementar-el-rendimiento-del-tomate/>
- Zamora, E. (2016). El cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* L. Mill) bajo cubiertas plásticas. Departamento de Agricultura y Ganadería. Universidad de Sonora.

VII. APÉNDICE

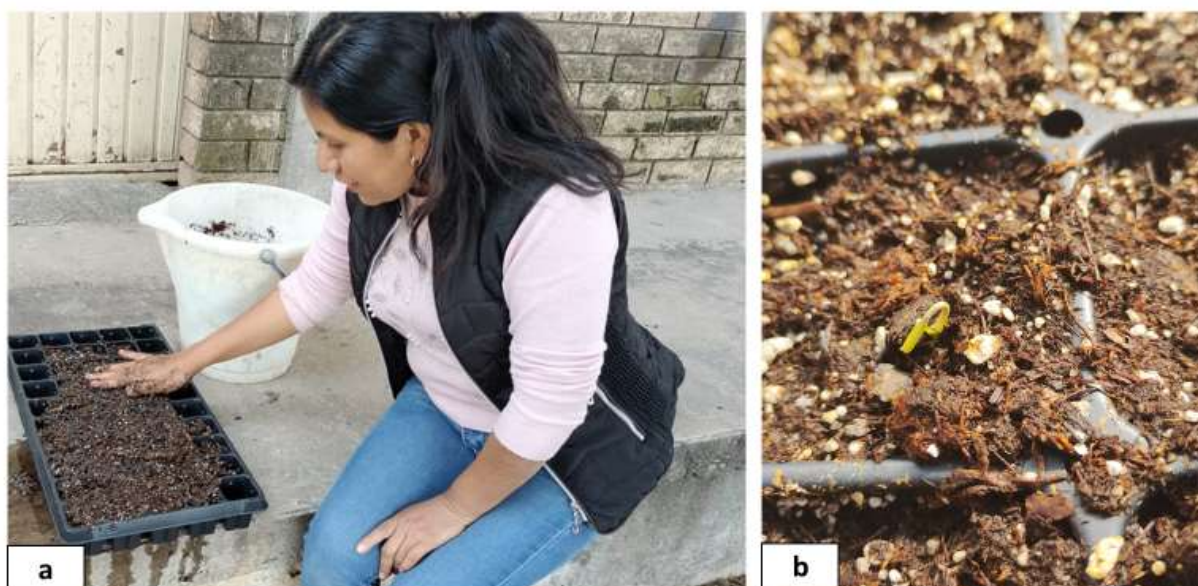


Figura 15. a) Preparación de sustrato y siembra de tomate determinado b) Germinación de la semilla de tomate genotipo experimental (LET-UA-05).



Figura 16. a) Medición de cama con cinta métrica; b) Trasplante de tomate bola (LET-UA-05) con el suelo mezclado con lombricomposta; c) Plantas de tomate con sistema de riego instalado.



Figura 17. a) Preparación de la fertilización de acuerdo con la dosis recomendada de cada tratamiento. b) Fertilizantes químicos que se aplicaron en cada uno de los tratamientos c) Lixiviado de lombriz para la aplicación del tratamiento 2. d) Productos químicos para el control de plagas.

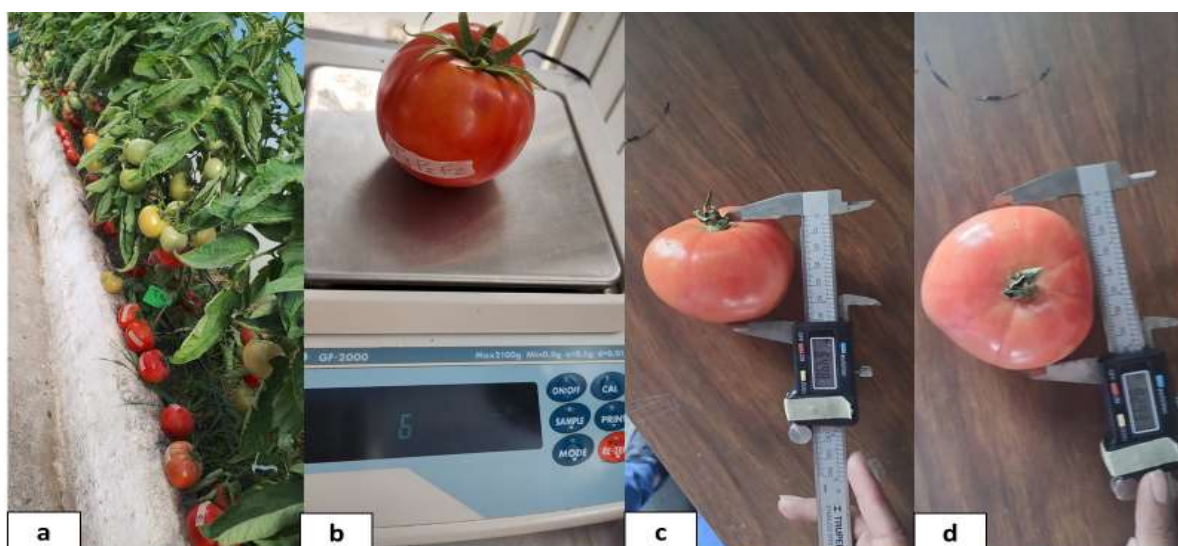


Figura 18. a) Cosecha de tomate genotipo (LET-UA-05) para la evaluación de las variables. b) Registro del peso del tomate en la báscula digital. c) Medición del diámetro polar con la ayuda de un vernier digital. d) Evaluación del diámetro ecuatorial con un vernier digital.

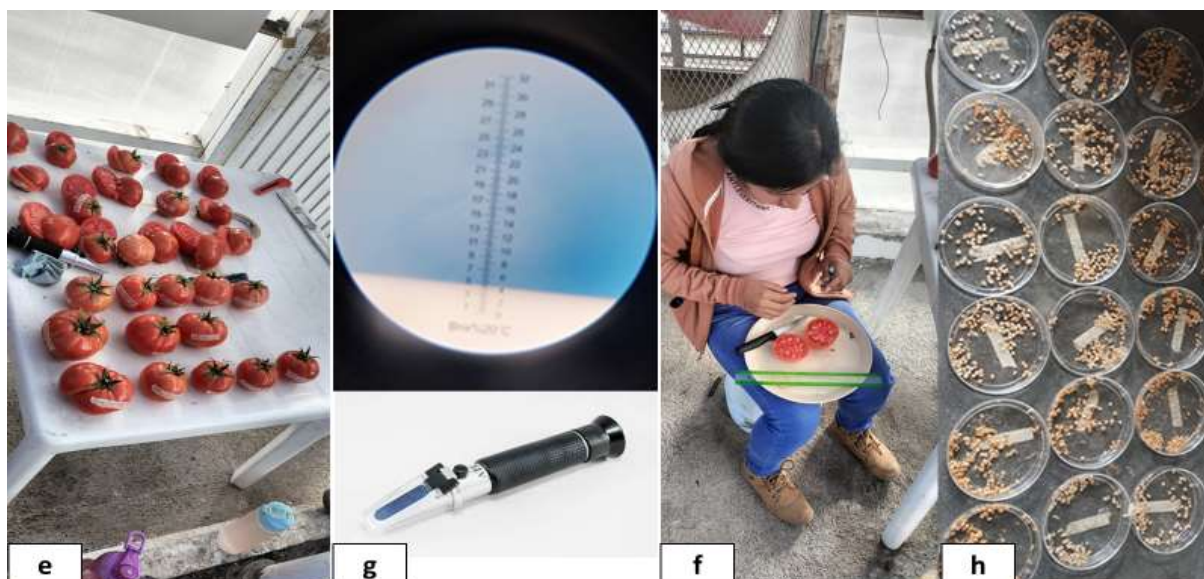


Figura 19. e) Tomates frescos para la evaluación; f) Medición de Solidos Solubles Totales con un refractómetro; g) Conteo de número de lóculos y medición de espesor de pulpa con la ayuda de la regla y vernier digital; h) Semillas de tomate en cajas Petri, rotuladas para cada fruto en cada uno de los tratamientos evaluados.