

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Efecto de Fertilización Química y Orgánica en el Comportamiento Agronómico de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Indeterminado var. Missouri en Invernadero

Por:

MELVIN DE JESÚS GUIZAR GONZÁLEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efecto de Fertilización Química y Orgánica en el Comportamiento Agronómico de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Indeterminado var. Missouri en Invernadero

Por:

MELVIN DE JESÚS GUIZAR GONZÁLEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

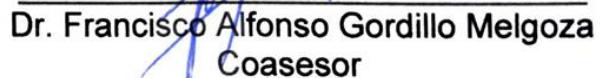
Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Antonio Flores Naveda
Asesor Principal



Dra. Xóchitl Ruelas Chacón
Coasesor



Dr. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza
Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Ramírez
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre, 2025

Declaración de no plagio

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

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

Pasante



Melvin de Jesús Guizar González

DEDICATORIA

Le quiero agradecer a mis padres por todo el apoyo que me mostraron desde el primer día en que decidí irme a estudiar lejos de ellos, por su gran cariño hacia mí, por siempre creer en que podría lograr graduarme y este logro se lo dedico a ellos.

A mi padre **Armando Guizar Santiago** el cual siento mucho orgullo el que sea mi papá y a mi madre **María Antonieta González Hernández** ya que, por ella, tuve la fuerza de salir de mi casa, a los dos los les dedico este logro.

A mis hermanos también fue una inspiración para poder lograr todo lo que he hecho hasta ahorita, a los dos los quiero mucho, **Jordi Alexander Guizar González** y **José María Guizar González**, ustedes son una parte importante para mí y les deseo lo mejor en el mundo y que cumplan todas sus metas.

A mis abuelos y tía Irene, les agradezco también porque no fue fácil dejarlos y estar tan lejos de ellos, fue muy importante para mí el que estuvieran al pendiente de mi aun estando muy distanciados, por los mensajes y las llamadas fueron un gran apoyo porque me sentía solo estando aquí y sus palabras fueron las que me impulsaron para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**; primeramente, por permitirme llegar hasta este punto de la vida, gracias a él pude llegar tan lejos. Siempre pensaba en Dios cuando me sentía mal y me daba fuerzas para seguir adelante y recordarme que no estoy sólo.

A la prestigiosa **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por darme la oportunidad de tener esta experiencia en la carrera porque fue de las mejores decisiones que pude haber tomado.

Al **Dr. Antonio Flores Naveda**, por apoyarme hasta este punto de la Universidad, por confiar en mí al brindarme de su valioso tiempo en el asesoramiento en la tesis y compartirme de sus conocimientos durante todo el proceso de la investigación.

A mis coasesores a la **Dra. Xóchitl Ruelas Chacón, Dr. Armando Muñoz Urbina y Dr. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza** por todo su apoyo y sugerencias en el trabajo de investigación de tesis.

A mis amigos, **Salomón, Romeo, Karla, Gabriela, Teresa, Alejandra, Jovani, Brayan**. Por su amistad, porque fue de las mejores que pude conocer en el tiempo que estuve en la Universidad y también a ustedes les dedico este logro.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE DE CUADROS	v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Hipótesis	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.2 Producción global de tomate.....	3
2.3 Producción nacional de tomate.....	4
2.4 Descripción botánica.....	6
2.5 Taxonomía	8
2.6 Características morfológicas.....	8
2.6.1 Tallo.....	9
2.6.2 Hojas	9
2.6.3 Flores	10
2.6.4 Fruto	10
2.6.5 Raíz	10
2.6.6 Hábito de crecimiento de la planta	10
2.7 Etapas fenológicas	11
2.8 Contenido nutricinal del fruto	12
2.9 Nutrición vegetal	13
2.9.1 Fertilización química.....	13
3. Fertilización orgánica	14
4. Plagas	15
4.1.1 Mosquita blanca	15
4.1.2 Minadores de las hojas.....	17
4.1.3 Trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>)	19

4.1.4 Arañita roja (<i>Tetranychus urticae</i>)	20
4.1.6 Paratrioza (<i>Bactericera cockerelli</i>).....	23
5. Enfermedades.....	25
5.1.1 Pudrición radicular (Damping-off).....	25
5.1.2 Marchitez y pudrición de la raíz (<i>Fusarium oxysporum lycopersici</i>).....	28
5.1.3 Verticillium en tomate	30
5.1.4 Tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>).....	32
5.1.5 Tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>).....	34
5.1.6 Nematodos formadores de nudos radiculares	36
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
3.1 Ubicación de la investigación.....	39
3.2 Variedad usada	41
3.3 Dosis de fertilización	42
3.4 Fertilizantes químicos	43
3.5 Fertilizantes orgánicos	45
3.6 Variables evaluadas.....	47
3.7. Análisis estadísticos	52
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
V. CONCLUSIONES	60
VI. LITERATURA CITADA.....	61
VII. APÉNDICE.....	66

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción mundial de tomate en 2023.....	4
Cuadro 2. Producción de tomate por entidad federativa en 2023 (Toneladas).....	5
Cuadro 3. Productos autorizados para el control de mosquita blanca, después del trasplante.	16
Cuadro 4. Plaguicidas autorizados para el control de <i>Lyriomiza</i> spp. en tomate.....	18
Cuadro. 5 Productos autorizados para el control de trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>)	20
Cuadro 6. Plaguicidas autorizados para el control de <i>Tetranychus urticae</i> en tomate.	23
Cuadro 7. Productos químicos autorizados por EPA para el control de paratrioza en el cultivo de tomate.	25
Cuadro 8. Fungicidas utilizados con medidas preventivas en el control de <i>F. oxysporum f. sp. lycopersici</i>	29
Cuadro 9. Productos químicos autorizados en México y por la EPA (EE. UU), para el control de <i>Phytophthora infestans</i>	34
Cuadro 10. Productos autorizados en México y por la EPA (EE. UU.) para el control de tizón temprano en el cultivo de tomate.	36
Cuadro 11. Características del experimento y del invernadero.	41
Cuadro 12. Nombre de la variedad para el experimento	41
Cuadro 13. Productos usados por tratamiento y la dosis por planta.....	42
Cuadro 14. Partes por millón del enraizador Magic Root ®	43
Cuadro 15. Partes por millón del fertilizante 20-30-10.....	43
Cuadro16. Partes por millón del fertilizante 20-20-20	44
Cuadro 17. Partes por millón del fertilizante FertiPlus®	44
Cuadro 18. Partes por millón del fertilizante del FertiHum L®	45
Cuadro 19. Promedios de las variables agronómicas de seis tratamiento evaluados en la variedad de tomate Missouri Ciclo O-I 2023 UAAAN.....	54
Cuadro 20. Unidades totales en ppm aplicadas en la fertilización química y orgánica de los tratamientos en el cultivo de tomate variedad Missouri.....	55
Cuadro 21. Valores y vectores propios para tres primeros componentes principales de 11 variables agronómicas evaluadas en la variedad de tomate Missouri.	57
Cuadro 22. Correlaciones entre las variables fenológicas evaluadas en la variedad de tomate Missouri en el Ciclo O-I 2023 UAAAN.	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología de la planta de tomate	9
Figura 2. Etapas fenológicas del cultivo del tomate.....	12
Figura 3. Adulto de la mosquita blanca (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>)	15
Figura 4. Larva de minador (<i>Liriomyza trifolii</i>).....	17
Figura 5. Mosca de minador (<i>Liriomyza trifolii</i>)	17
Figura 6. Adulto de Trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>)	19
Figura 7. Araña roja de dos puntos (<i>Tetranychus urticae</i>).	21
Figura 8. Telaraña causada por araña roja.....	21
Figura 9. Adulto de Paratrioza (<i>B. cockerelli</i>).....	24
Figura 10. Daño causado por <i>B. cockerelli</i>	24
Figura 11. Daño por Damping-off	26
Figura 12. <i>F. oxysporum</i> en tomate	28
Figura 13. Daño vascular por <i>F. oxysporum</i>	28
Figura 14. Daños en la hoja por <i>Verticillium</i>	30
Figura 15. Lesión circular en fruto por tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>).....	32
Figura 16. Daño en la hoja por <i>alternaria solani</i>	35
Figura 17. Daño en la raíz causado por Nemátodos.	37
Figura 18. Exterior e interior del Invernadero 5 (UAAA).....	39
Figura 19. Distribución de los tratamientos en la cama del invernadero.....	40
Figura 20. Agrupamiento de los tratamientos de fertilización química orgánica aplicados en la variedad de tomate Missouri.....	56
Figura 21. Gráfica biplot que muestra las 11 variables fenológicas y la distribución de los tratamientos de fertilización química y orgánica en base de los dos primeros componentes principales.....	58

RESUMEN

Los fertilizantes que son de origen químico y orgánico pueden influir en el desarrollo de las etapas fenológicas y favorecen la calidad de los frutos en tomate, por lo tanto, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto que tuvo la fertilización química y orgánica en el comportamiento agronómico de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) indeterminado var. Missouri en invernadero. La investigación se realizó en el ciclo agrícola O-I, 2023 en el Campo Experimental Buenavista de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAAN) en Saltillo, Coahuila en un invernadero tipo túnel de mediana tecnología, el cual se encuentra en las coordenadas: latitud de 25° 21'19.5" N, longitud de 101°01'49.7" W y a una altitud de 1,731 msnm. Las plantas se establecieron bajo un diseño completamente al azar con seis tratamientos con cuatro repeticiones, donde se incluyó el testigo (T1), fertilizantes químicos y orgánicos como el T2 (Lixiviado de lombriz), T3 (Ferti Humus), T4 (20-30-10 + enraizador), T5 (20-20-20 + enraizador) y el T6 (Ferti Humus + Fertiplus). 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). Los promedios de las variables se analizaron mediante el Análisis de Conglomerados (AC) y el Análisis de Componentes Principales (ACP) utilizando el paquete estadístico Minitab 16.

De acuerdo con los resultados obtenidos, al aplicar el AC se formaron cinco grupos donde el T5 y T6 por su similitud en la mayoría de las variables se agruparon en el mismo grupo. Con el ACP, en los dos primeros componentes se explicó el 60.2% de la variación total de los datos. El ACP mostró que las variables de mayor importancia en CP1 fueron PF y EP, en el CP2, destacaron las variables DP y NL. Entre las correlaciones fenotípicas con mayor significancia sobresalen el AH y LH ($r= 0.891^{**}$), además la correlación positiva entre LH y SST ($r= 0.821^{**}$) produjo un incremento significativo en el contenido de SST. El incremento del PF se correlacionó con las variables EP ($r= 0.955^{**}$) y con NS ($r= 0.874^{**}$).

De los tratamientos de fertilización el T4 (químico) presentó los más altos promedios en las variables: EP (8.7 mm), NS (101.8) y PF (202.2 g). El T3 (orgánico) destaco en las mismas variables con promedios de EP (7.2 mm), NS (87) y PF (171.2 g). El T6 (mixto) presento un alto NS (94.7), sin embargo, obtuvo un bajo PF (153.1 g). A su vez, el T5 (químico), presentó resultados promedio para las variables de EP (7.0 mm), NS (72), dando como resultado un bajo promedio en el PF (150.1 g). Por último, el T2 (orgánico) solo destaco en las variables de DE (61.8 mm), DP (52.8 mm) y NL (7) dando como resultado el mayor tamaño de fruto. El tratamiento T4 de origen químico presento el más alto promedio en el PF con respecto al T3 de origen orgánico con un comportamiento similar al T4, obteniendo el segundo mejor promedio en la variable PF.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., caracterización agronómica, fruto, semillas.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es de las especies hortícolas más importante para consumo humano, y genera importantes ingresos, empleos y un alto valor nutritivo para la dieta del consumidor, además es la hortaliza que ocupa la mayor superficie sembrada a nivel mundial.

Es de las hortalizas que se pueden consumir todo el año dado que su fruto se consume tanto en fresco como procesado y es una fuente rica en vitaminas A, C y E, las cuales son antioxidantes. El fruto contiene un alto contenido de fibra, la mayor parte se compone de agua y pocas calorías; además contiene potasio el cual puede mantener hidratado el cuerpo.

El cultivo del tomate es de las hortalizas más importantes para la economía de México, por lo que ha sido una especie que ha tenido números cambios de nuevas variedades y métodos de cultivo, entre las que destacan producción en invernaderos, hidroponía y cultivo sin suelo (SADER, 2016).

Estudios demuestran que el cultivo es originario de América del Sur y, aunque los aztecas ya lo consumían en Mesoamérica en el año 700 d.C., no fue hasta principios del siglo XIX cuando se volvió un producto muy consumido en Mediterráneo.

El tomate es uno de los frutos con mayor producción a nivel global y compite junto con el maíz, trigo y frijol, como base de la alimentación en muchas culturas. En los últimos México se posiciona dentro de los diez primeros lugares en la producción de este fruto a nivel mundial, entre los principales estados productores destacan Sinaloa, Michoacán, Baja California, Hidalgo y Sonora con una mayor producción por superficie sembrada (Sánchez *et al.*, 2023).

El cultivo de tomate es muy exigente con los contenidos de nutrientes, por lo que se recomienda que se cultive en suelos fértiles. Sin embargo, se debe tener precaución con la fertilización, pues el uso indiscriminado de fertilizantes químicos, afecta de forma negativa a la fauna que es beneficiosa para suelo. Por el contrario, se ha demostrado que

el uso de fertilizantes de origen orgánico ayuda a mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo para tener un impacto menor sobre el medio ambiente. Además, en diversas ocasiones, los fertilizantes orgánicos suelen tener un precio mucho menos a comparación de los químicos (Ceballos, 2024). Por lo antes mencionado, se plantean los siguientes objetivos e hipótesis.

1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de fertilizantes químicos y orgánicos en variables agronómicas en planta y fruto del cultivo de tomate, bajo condiciones de invernadero.

1.2 Objetivos específicos

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

1.3 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 y una respuesta favorable en las variables evaluadas.

Ho. No existen diferencias en la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos en las etapas fenológicas, parámetros agronómicos y variables de fruto en tomate.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia del cultivo de tomate

El tomate fue domesticado por los mesoamericanos hace 2,600 años, por lo tanto, en México cuenta con una enorme diversidad genética, con diversos tipos de tamaño, colores y de sabores de sabores, uno de los ejemplos pueden ser: redondo (bola), saladette o guajillo, pera, cereza o cherry.

En el norte de México, se usa el vocablo tomate, mientras que en el centro y sur se prefiere jitomate. Esto es así porque es para poder diferenciar tomate verde o tomate de cáscara que en el norte se le conoce como tomatillo (SADER, 2022).

En 2006, cuando México comenzó con la exportación de este fruto, de acuerdo con datos de la Agencia Nacional de Aduanas de México (ANAM), el país exportó al extranjero alrededor de 370 mil toneladas de tomate, mientras que para 2024 la cifra aumentó en un millón 880 mil toneladas.

En 2018 la producción de tomate alcanzó un récord de 3 millones 800 mil toneladas. En 2025, según el Grupo Consultor de Mercados Agrícolas (GCMA), organismo privado que señala que para el siguiente año, se hayan exportaciones sean alrededor de un millón 910 mil toneladas (Carbajal, 2025).

2.2 Producción global de tomate

Durante el 2023, la superficie de producción de tomate fue de 5,412,458 hectáreas con un rendimiento promedio por metro cuadrado de 3,55 kilos de tomate.

China se posiciona como el mayor productor tomate a nivel mundial con un rendimiento por metro cuadrado de 6,06 kilos (FAO, 2024).

Cuadro 1. Producción mundial de tomate en 2023.

País	Toneladas	Hectáreas	Kilos/m2
China	70.119.649	1.156.408	6,06
India	20.425.000	849.000	2,41
Turquía	13.300.000	166.323	8,00
Estados Unidos	12.380.057	122.135	10,13
Egipto	6.211.016	155.135	3,98
Italia	6.016.050	99.000	6,08
México	4.394.807	89.637	4,90
Brasil	4.166.017	59.010	7,06
España	3.968.460	50.090	7,92
Nigeria	3.803.598	1.097.111	0,35

El tomate en la gastronomía es un pilar para diversos países, debido a que es un producto versátil y fácil de comercializar por sus altos rendimientos en campo. Su gran demanda, se debe a que es un producto que tiene demasiados usos en la alimentación humana e industrial.

2.3 Producción nacional de tomate

Al término del año 2023, México se posicionó entre los primeros cinco productores que generaron mayores divisas al país, con exportaciones que alcanzaron dos mil 724 millones de dólares y esto mantuvo hasta el primer trimestre de este año, al sumar 847 millones de dólares, según datos de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). Se tuvo ventas con otros países las cuales tuvieron un crecimiento de 11.6% al cierre del año pasado, por lo que se sumó 284 millones más respecto al cierre del 2022, cuando finalizó con dos mil 440 millones de dólares.

También, durante el período enero-marzo del 2024, las exportaciones a nivel mundial se mantuvieron en crecimiento, con una tasa del 5.4 % en comparación con el 2023, de acuerdo con cifras del Banco de México.

Cuadro 2. Producción de tomate por entidad federativa en 2023 (Toneladas).

No.	Estado	Toneladas	Hectáreas	Miles de pesos
1	Sinaloa	712,013.13	11,843.75	6,121,443.39
2	San Luis Potosí	436,097.48	3,228.50	5,871,943.47
3	Michoacán	356,775.74	7,712.45	3,448,146.85
4	Jalisco	211,715.90	2,408.79	2,358,755.88
5	Morelos	201,721.36	2,410.00	1,491,910.62
6	Baja California Sur	171,838.23	2,679.95	1,931,734.33
7	Sonora	153,121.31	2,474.10	1,121,711.26
8	Puebla	150,141.27	1,132.66	1,174,974.35
9	Zacatecas	148,309.56	1,958.60	1,031,296.85
10	México	144,123.81	1,651.71	1,243,122.41
11	Oaxaca	132,671.91	891.27	1,160,747.63
12	Guanajuato	108,498.00	1,143.31	992,733.36
13	Querétaro	99,277.92	309.11	964,107.31
14	Chiapas	82,922.79	1,631.66	795,676.62
15	Baja California	78,579.74	935.50	2,089,332.83
16	Coahuila	70,470.93	428.82	758,721.20
17	Aguascalientes	70,213.59	753.88	747,755.20
18	Hidalgo	55,308.48	889.26	502,038.38
19	Durango	42,291.71	259.80	463,206.56
20	Nuevo León	39,182.40	179.00	579,687.89

21	Veracruz	32,498.46	1,249.04	235,335.30
22	Guerrero	29,603.69	1,276.29	262,679.79
23	Colima	26,478.96	382.75	231,090.10
24	Nayarit	21,933.28	330.00	174,471.91
25	Tamaulipas	17,258.13	363.00	186,897.20
26	Chihuahua	17,070.68	174.37	296,967.78
27	Campeche	12,544.03	343.00	149,007.45
28	Tlaxcala	8,025.22	81.60	59,585.84
29	Yucatán	3,138.88	182.61	32,257.53
30	Quintana Roo	2,000.66	139.50	20,742.69
31	Tabasco	996.71	76.50	8,845.63
32	Ciudad de México	103.50	1.40	1,293.92
Total:		3,636,927.46	49,522.18	36,508,191.48

Fuente: SIAP, 2023.

2.4 Descripción botánica

Hay muchas historias con respecto a los orígenes del tomate y su domesticación. De Candolle fue el primero en mencionar y mantener que el origen fue peruano durante el año 1886, mientras que Jenkins, en 1948, propuso que la domesticación tuvo lugar en México. Según Janet Long, los “estudios taxonómicos han demostrado que el género *Lycopersicon* es originario de la región andina. Sin embargo, la información es escasa para comprobar su uso por las antiguas culturas de aquella región” (Long, 1995), pues no hay registros arqueológicos, ni cerámicos, ni lingüísticos que lo respalden.

Por su parte, se han encontrado testimonios del cultivo y su uso en el México antiguo por los registros de las fuentes materiales, iconográficas y escritas. No obstante, muchos autores mencionan que el tomate silvestre tuvo origen en la región entre la costa oeste de Sudamérica y los altos de los Andes (Ecuador, Perú, norte de Chile y las Islas Galápagos), donde inició una “predomesticación” (Bergougnoux, 2014).

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una hortaliza con un alto impacto sobre la economía en diversos países. Además es la especie solanácea más investigada, con genética diploide simple, un tiempo de generación corto, tecnología de transformación rutinaria y disponibilidad con recursos genéticos y genómicos. Tiene un genoma diploide con 24 cromosomas y un tamaño de genoma de 950 MB que codifica aproximadamente 35,000 genes (Michaelson *et al.*, 1991).

En la actualidad existen diversas variedades de este cultivo, la gran variabilidad genética se debe a los cruces genéticos que se han realizado a través de los años, lo cual ha logrado generar variedades resistentes a plagas, enfermedades y con adaptación a diversos ambientes.

2.5 Taxonomía

Reino: Plantae

Subreino: Trachebionia

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

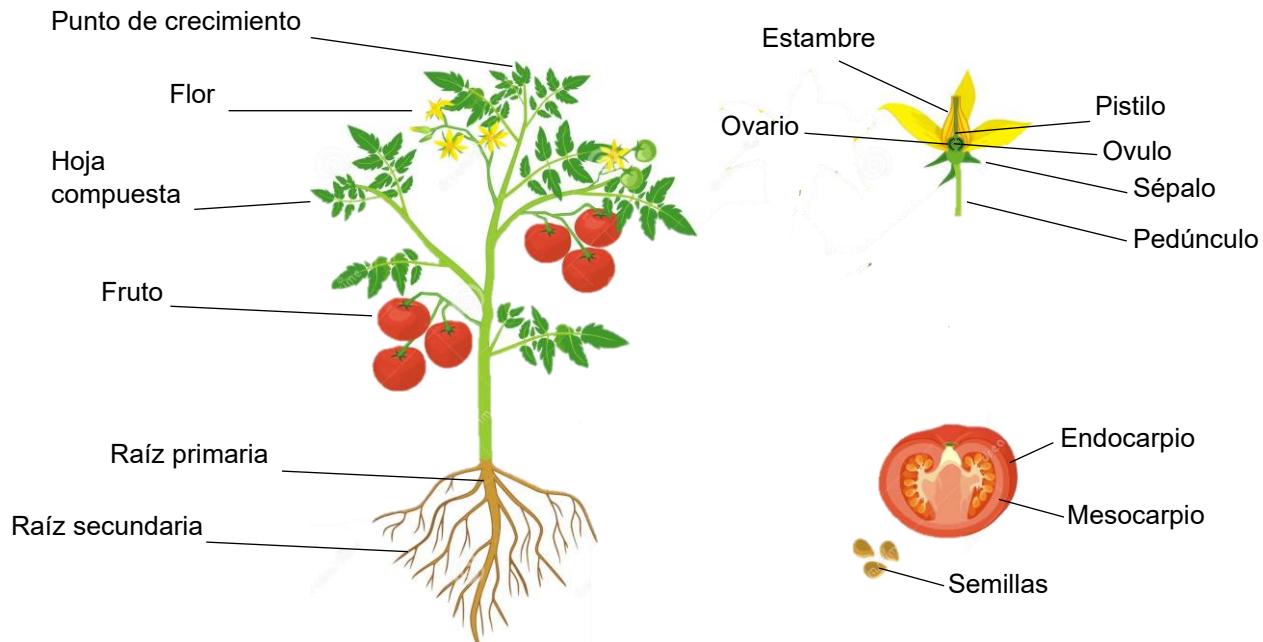
Género: Solanum

Especie: Lycopersicum

Fuente: (EcuRed, 2019).

2.6 Características morfológicas

El tomate es una planta herbácea que tiene un tallo rígido y que está cubierto de tricomas, por lo que la planta requiere un tutoreo eficiente para mantenerse firme. Las flores forman racimos, siendo de color amarillento, y florecen escalonadamente. El fruto es una baya carnosa, generalmente de color rojo, aunque también los hay de diversos colores (Amigo, 2018).



Fuente: Flaya, 2009.

Figura 1. Morfología de la planta de tomate.

2.6.1 Tallo

Es de color verde cubierto de tricomas con de grosor entre 2 y 4 cm, más ancho. Es bastante delicado por lo que se debe tener cuidado para no golpearlo o doblarlo para evitar quebrarlo, en el tallo principal pueden crecer tallos secundarios, hojas y racimos florales. Los tallos secundarios aparecen en las axilas de las hojas y están formados por la epidermis, corteza, cilindro vascular y el tejido medular (Amigo, 2018).

2.6.2 Hojas

La hoja es pinnada y compuesta de 7 o 9 folíolos perciolados, lobulados, con borde dentado, alternos y opuestos. Al igual que el tallo, las hojas se encuentran cubiertas de pelos glandulares o también llamado tricomas y se tornan de un verde oscuro. Cuando se manipulan, emiten una fragancia muy característica que puede ser diferenciada fácilmente, además que puede dejar una pigmentación de color verde en la piel e incluso en la ropa (Amigo, 2018).

2.6.3 Flores

Las flores están compuestas por cinco pétalos y cinco o seis estambres. En la inflorescencia es de racimo que suelen aparecer en el tallo, cada dos o tres hojas.

En ocasiones, las flores no pueden producir frutos, y puede ser causado por un exceso de humedad y la ausencia de viento o polinizadores, las cuales evitan la liberación del polen y que fecunde las flores (Amigo, 2018).

2.6.4 Fruto

El fruto es una baya con forma más o menos redondeada y su peso es muy variable, esto depende de la variedad y el desarrollo del cultivo.

El fruto inmaduro es de color verde mientras que al madurar se pigmenta de diversos colores como el rojo, rosado, amarillo, anaranjado, morado según las características del genotipo. En el interior del fruto se encuentran las semillas, cubiertas por una masa mucilaginosa llamada epispermo.

2.6.5 Raíz

El sistema radicular está formado por una raíz principal, raíces secundarias y adventicias que cuentan con pelos radiculares para la absorción de agua y nutrientes. Puede extenderse hasta 1.5 metros y profundizar a 50 cm como máximo, aunque las raíces se pueden distribuir en los primeros 20 cm de suelo (Amigo, 2018).

2.6.6 Hábito de crecimiento de la planta

Determinado

En las plantas de crecimiento determinado detienen su crecimiento una después de haber concluido un número de inflorescencias y terminan formando dos racimos florales consecutivos en el ápice de la planta. Las plantas suelen ser de menor tamaño y producen los frutos durante un período corto de tiempo.

Indeterminado

En los de tipo indeterminado, las plantas no dejan de crecer y de producir (a partir de la yema terminal de cada uno) en donde nuevos tallos a su vez dan lugar a nuevas hojas y racimos florales, esto ocurre hasta que la planta termine su ciclo reproductivo (Amigo, 2018).

2.7 Etapas fenológicas

El tomate forma parte de la familia de las *Solanaceae* es una planta dicotiledónea y herbácea, perenne que se produce de forma anual para la cosecha y consumo de los frutos. La fenología del tomate se muestra de la siguiente manera:

Establecimiento de la planta. Inicia con el establecimiento del semillero para la germinación y cuidado durante el desarrollo de las plántulas para que una vez alcanzado el tamaño se pueda establecer en campo.

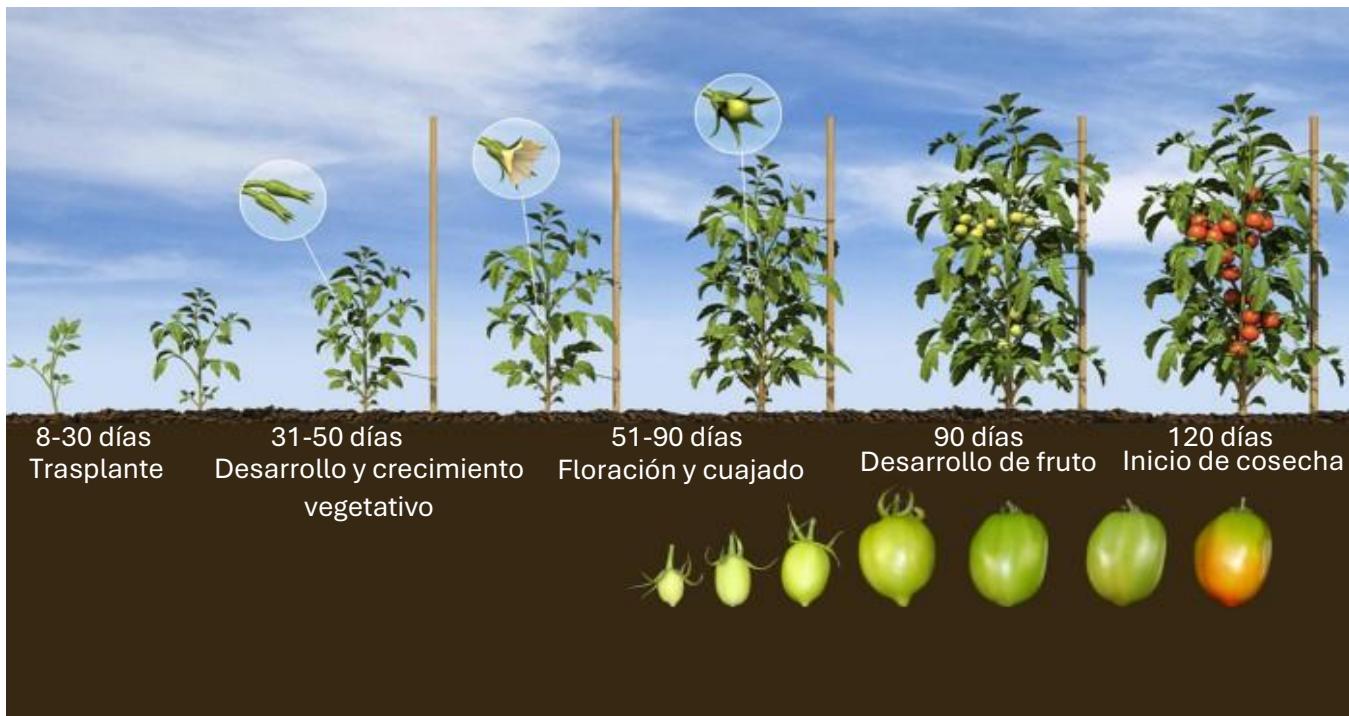
Crecimiento vegetativo. Consiste en los primeros dos meses, desde la siembra de la semilla hasta que la planta alcance un buen desarrollo y un buen vigor. A esto le ocurre un desarrollo rápido dependiendo de la variedad que se utilice.

Floración e inicio del cuaje del fruto: Este proceso ocurre durante el desarrollo de la floración (de treinta a cincuenta días después del trasplante), hasta la finalización del ciclo de crecimiento de la planta. El cuaje comienza cuando ocurre la fecundación en la flor y después inicia el desarrollo del fruto.

Inicio del desarrollo del fruto: Este proceso ocurre por la intervención de insectos polinizadores como por parte del viento. En esta etapa cuando inicia el desarrollo del fruto no suele caerse por el peso y con el tiempo las flores se van a secar y posteriormente caerse.

Maduración del fruto e inicio de cosecha: Por lo general, la maduración ocurre aproximadamente ochenta días después del trasplante dependiendo del manejo agronómico y la nutrición. Posteriormente, la cosecha continúa hasta llegar de los 180 a 210 días después del trasplante (InfoAgro, 2023).

Figura 2. Etapas fenológicas del cultivo del tomate.



Fuente: InfoAgro, 2023.

2.8 Contenido nutricional del fruto

El tomate posiciona entre los cultivos para consumo más importantes en el mundo debido a su gran uso en alimentación humana y la agroindustria. Se posiciona en el segundo lugar importante después de la papa (*Solanum tuberosum L.*) con alrededor de 182,3 millones de toneladas (Quient *et al.*, 2019). Es altamente demandado, el cual se puede consumir los frutos de distintas maneras tanto en frescos, jugo, pasta, ketchup, puré y salsa (Shi y Maguer, 2000).

Los tomates contienen aminoácidos esenciales, así como niveles óptimos de ácido oleico y varios minerales, incluidos Fierro, Manganese, Zinc y Cobre. También se han encontrado ácidos fenólicos, flavonoides y glicoalcaloides como la tomatina (Ahmed *et al.*, 2011, Chaudhary *et al.*, 2018). Además, los tomates son bajos en grasas, calorías, libres de colesterol y ricos en fibra, proteínas, Vitamina A y C, β-caroteno, potasio y licopeno (Parmar *et al.*, 2021).

El fruto contiene licopeno lo que al madurar les da su característico color rojo que se presenta al madurar. El tomate fresco puede variar el contenido de licopeno, esto depende del tipo de la variedad, el nivel de madurez y los factores ambientales. Sin embargo, la concentración varía entre 0,5 mg (tomates amarillos) y 15 mg (tomates rojo intenso) por 100 g de material de fruto de tomate fresco (Shi y Maguer, 2000). El licopeno es un compuesto orgánico que tiene una alta actividad oxidante que se ha relacionado con la reducción de la probabilidad de cáncer de próstata, pulmón y gástrico (Anlar y Bacanlı, 2020, Przybylska, 2020). Diversos estudios epidemiológicos, han demostrado que el consumo frecuente de tomate puede ayudar a reducir de manera significativa la aparición de cáncer y trastornos cardiovasculares (Cheng *et al.*, 2019); (Eh y Teoh, 2019). Además del licopeno, los tomates también contienen Vitamina C, E y flavonoides que ayudan de una manera muy positiva a la salud humana (Ahmed, 2011).

2.9 Nutrición vegetal

2.9.1 Fertilización química

Los fertilizantes químicos son una forma muy eficaz de poder nutrir a las plantas, debido a que los elementos que tienen son de gran ayuda en caso de que el suelo este deficiente de nutrientes. Además, contribuyen a obtener un mayor rendimiento, comparado con los fertilizantes orgánicos.

Fertilizante Ferti Humus

Este fertilizante se aplica al suelo o vía foliar y 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 los procesos de fijación de nitrógeno, vital para el crecimiento de la planta (Delta, 2025).

Formula 20-30-10 + micronutrientes

El FertiDrip® 20-30-10 es un fertilizante ultra soluble, enriquecido con ácidos fulvicos y húmicos, elaborado principalmente para uso en fertirrigación y aspersión foliar.

Este producto proporciona excelentes resultados en producción de plántulas en invernaderos y almácigos, diluyéndolo en el agua de riego a razón de 0.5 gr por cada litro de agua (Delta, 2025).

Enraizador

Es un fertilizante que estimula el crecimiento de las raíces y produce un vigoroso desarrollo inicial de plántulas en almácigos de trasplantes y de cultivos de siembra directa. La función de Magic Root® se basa en la interacción de sus componentes: auxinas, nitrógeno, fósforo, potasio y microelementos (Delta, 2025).

Triple 20 + microelementos

El FertiDrip® 20-20-20 es un fertilizante ultra soluble enriquecido con ácidos fulvicos y húmicos, especialmente elaborado para usarse en fertirrigación y en aspersión foliar. Es un producto libre de sodio y cloruros, ideal para incluirlo como parte de los programas de nutrición vegetal, sobre todo durante la etapa de crecimiento vegetativo de los cultivos en general. Su formulación promueve un vigoroso desarrollo de raíces, tallos y hojas, creando las reservas que la planta necesitará en la etapa de floración y cuajado de los frutos (Delta, 2025).

FertiPlus ®

Es un nutriente que les proporciona a las plantas los elementos necesarios para su desarrollo. Es además un valioso suplemento para los programas de fertilización de suelos en los que por condiciones adversas se dificulta la absorción de nutrientes primarios y micronutrientes (Delta, 2025).

3. Fertilización orgánica

Lixiviado de lombriz

El lixiviado es el drenado con agua en la cama de composta en la que se encuentra la lombriz roja californiana (*Eisenia fétida*). La calidad nutricional del lixiviado va a depender del tipo de residuos vegetales que se agregan para el alimento de las lombrices, en donde a partir del proceso de ingestión y digestión que conlleva a la transformación biológica, química y física de estos materiales (Del Ángel, 2012).

Lombricomposta

Es el proceso biológico y aeróbico, que es el más usado por la degradación de la materia orgánica, con la ayuda en conjunto de microorganismos junto a lombrices hacen que la mineralización de materiales de carbono y nitrógeno, la liberación de CO₂ y la producción de forma estable de C como en sustancias húmicas que proporcionan una alta fertilidad al suelo de manera natural (Navarro, 2023).

4. Plagas

4.1.1 Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*). Son pequeños insectos chupadores de unos 1.2 mm de longitud de cuerpo amarillo y las alas recubiertas de polvo ceroso blanco muy fino, que les confiere ese color blanco y con las alas de forma triangular. El ciclo biológico puede ser de un mes o mes y medio, pasando por una metamorfosis completa.

Para depositar los huevos prefieren las hojas más jóvenes debido a que contiene una mayor cantidad de nutrientes para las larvas. Por lo que el desarrollo de los estados larvarios se da de mejor manera pudiendo aparecer una secreción de líquido azucarado pegajoso conocido como “mielecilla” (*Capnodium mangiferae*) y posteriormente el crecimiento abundante de una capa negra que se le conoce como “fumagina” (Rodríguez *et al.*, 2001).



Figura 3. Adulto de la mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*)

Fuente: KOPPERT, 2022.

Cuadro 3. Productos autorizados para el control de mosquita blanca, después del trasplante.

Nombre común	Nombre comercial	Dosis (L/ha)	IS
Clorpirifos etil +	Disparo	1.5-2.0	7
Imidacloprit +	Leverage	0.25-0.3	-
Clyflutin			
Endosulfan	Thiodan	2.0	1
Diazinon	Basudin	1-2	1
Diclorvos	Lucaphos	1.25-1.5	1
Dimetoato	Rogor	1-1.5	7
Fenpropatrin	Herald	0.4-0.5	3

IS: Intervalo de Seguridad

Fuente: Martínez *et al.*, 2005.

Control químico

Hay diversos productos para el control para el control de la mosca blanca los cuales pueden ser de la manera de que sean prácticos o de una alternativa poco convencional, mismos que se pueden dividir en convencionales y biorracionales (Martínez *et al.*, 2005).

Se debe tener cuidado con algunos productos porque son muy residuales y pueden contaminar los suelos como los frutos que se cosechan, y ser productos que sean aprobados por la COFEPRIS, que es la encargada de la regularización de agroquímicos en México.

Control biológico

Los diferentes tipos de control biológico que se usa para el control de mosca blanca va a depender de la etapa en la que se encuentre el cultivo y que tanta densidad de población haya que controlar para no hacer una liberación demasiado grande.

De estos organismos, los enemigos naturales de la mosca blanca más comunes son las especies de Chrysopa, Nodita (*Chrysopidae*), Cyrtopeltis (*Miridae*), Coleomegilla (*Coccinellidae*), Theridula (*Theridulidae*), Encarsia, Eretmocerus (*Aphelinidae*) y Paecilomyces (hongo mitospórico); (Vázquez *et al.*, 2007).

Control cultural

Una vez realizado el trasplante se debe de hacer una eliminación de la maleza que haya, también para un control más eficiente se debe de colocar trampas de colores impregnadas de pegamento, por lo cual se sugiere cubrir las charolas con tela de organza y colocar plásticos de color amarillo impregnado de pegamento (Martínez *et al.*, 2005).

4.1.2 Minadores de las hojas

Las especies de mayor distribución en el mundo son: *Liriomyza trifolii*, *L. bryonaire*, *L. sative*, los adultos son pequeñas moscas de aproximadamente 3 milímetros, y de color oscuro, grisácea o negras, con características manchas amarillas en el tórax y anillos en el abdomen. Las larvas tienen hábitos “minadores” o “mina” más o menos sinuoso o circular. En el interior de las minas pueden verse con transparencia, no solo la larva, sino también el excremento, en forma de líneas negras, que van dejando atrás. Al final de la mina se van dejando pequeños túneles de color amarillo y de 2 mm de longitud (Rodríguez *et al.*, 2001).



Figura 4. Larva de minador (*Liriomyza trifolii*)

Fuente: BioBee, 2021.



Figura 5. Mosca de minador (*Liriomyza trifolii*)

Fuente: BioBee, 2021.

Control químico

A pesar de que la plaga no se considera de una importancia alta debido a que no ataca al fruto directamente, pero se recomienda el uso de productos químicos (Martínez *et al.*, 2005).

El uso de químicos debe de ser sistémico debido que la plaga ataca las hojas por eso es una mejor opción para ello se debe de usar mochilas aspersoras motorizadas para un mejor rango de aplicación.

Cuadro 4. Plaguicidas autorizados para el control de *Lyriomiza* spp. en tomate.

Nombre común	Nombre comercial	Dosis L/ha	Observaciones
Ciromazina	Trigard PH	100-150 g/ha	Iniciar las aplicaciones, cuando se llegue al umbral de 0.7 larvas vivas
Abamectina	Agrimec 1.8 CE	0.5	Efecto translaminar, actúa contra ácaros.
Clorpirifos etil	Lorsban 480 CE	1.5	Aplicar cuando el 20% de las hojas presenten al menos una larva.

Fuente: CICOPLAFEST, 1999.

Control cultural

La eliminación del follaje de la parte baja de la planta debido a que en esa parte se ubica la mayor parte de las larvas y también mantener cerrado el invernadero para evitar la entrada de moscas al interior (Martínez *et al.*, 2005).

Control biológico

Para el control biológico de minador se utiliza a la avispa parásita (*Diglyphus isaea*). Esta avispa es un control biológico muy recomendable que consigue controlar la plaga de minadores en todos sus estados larvarios. Se recomienda hacer la liberación de las avispas entre las hojas a primera hora de la mañana o al final de la tarde, evitando las horas calurosas del día (KOPPERT, 2021).

4.1.3 Trips (*Frankliniella occidentalis*)

Es un insecto pequeño de 1 mm de longitud cuyo color va desde el amarillo al marrón oscuro, según en el estadio en que se encuentre. Las hembras depositan los huevos de manera individual debajo el tejido epidérmico de las hojas, flores, frutos para la alimentación tienen un cono vocal, con el que aspiran el contenido celular de los tejidos subepidérmicos, produciendo un área plateada como consecuencia de la entrada de aire a las estructuras dañadas.

Las picaduras que son más dañinas son las en los estados larvales debido que es un punto donde puede presentarse daños irreversibles. Pero lo más grave es la transmisión del virus del bronceado o TSWV (*Tomato Spotted Wilt Virus*); (Rodríguez et al., 2001).



Figura 6. Adulto de Trips (*Frankliniella occidentalis*)

Fuente: BioBee, 2021.

Manejo cultural

Para el monitoreo de trips se puede hacer uso de tarjetas azules impregnadas de pegamento, en las cuales se capturan los adultos. En la etapa de florescencia y amarre de fruto, es necesario examinar estas estructuras con ayuda de una lupa de 8 ó 10 aumentos (Martínez et al., 2005).

Cuadro. 5 Productos autorizados para el control de trips (*Frankliniella occidentalis*) en tomate.

Nombre común	Formulación	Dosis L/ha	IS
Azinfos metílico	CE 20	2-4	-
Diazinon	CE 25	1-2	1
Dimetoato	CE 39	1-1.5	7
Fosfamidon	LM 82	0.03- 0.06/ 100 de agua	14
Metamidofos	LS 48	1-1.5	7
Monocrotofos	LM 55	0.5-1.5	21
Naled	CE 58	0.75-1.5	1
Paratión metílico	CE 47	1-1.5	10

IS: Intervalo de Seguridad, CE: concentrado emulsionable, LS: liquido soluble, LM: liquido miscible

Fuente: CICOPЛАFEST, 1999.

Control biológico

Las Crisopas se utilizan para combatir los trips, ya que estas se alimentan directamente de ellos. Ácaros depredadores como *Amblyseius swirskii* son un control biológico muy eficiente debido a su facilidad de uso. Además, los nematodos son pequeños gusanos que se aplican sobre las hojas para que se alimenten de las pupas.

Los trips tienen diversos tipos de control que son muy efectivos dado que la mayoría se puede encontrar en el medio ambiente. Estos depredadores incluyen crisopas y chinches pirata, cuyas poblaciones pueden aumentarse para darles un ecosistema diverso de plantas y sin usar plaguicidas químicos (Deiss, 2024).

4.1.4 Araña roja de dos puntos (*Tetranychus urticae*)

Las arañas rojas de dos puntos son plagas que se encuentran en todo el mundo. Dada a su acelerada capacidad para reproducirse las vuelve capaz de destruir cosechas de manera muy rápida. La temperatura es el factor más importante en la taza de desarrollo, por ejemplo, las temperaturas de verano pueden hacer que una población se reproduzca de manera extremadamente rápido, como resultado de este rápido desarrollo y el uso frecuentes de plaguicidas, la araña roja puede desarrollar resistencia muy rápidamente (García y Hernández, 2009).

T. urticae pasa por cinco estadios de desarrollo: huevo, larva, ninfa y adulto. El color puede variar desde naranja, amarillo hasta verde claro o verde oscuro, rojo, marrón o casi negro dependiendo del cultivo en que se encuentre (Malais y Ravensberg, 2006).

Este ácaro tiene una amplia distribución mundial, se presenta principalmente en áreas con climas tropicales. Ataca cerca de 100 especies cultivadas y silvestres (Nuez, 1999). Dentro de las hortalizas hospederas, destacan por su importancia económica: tomate, pimiento, chile, frijol, cucurbitáceas, entre otras. También ataca algunos frutales como lo son la papaya, durazno y los cítricos, entre otras. Los cultivos abandonados como las solanáceas de temporada seca, son el principal medio para su reproducción y diseminación, principalmente si se encuentran cerca o dentro de los invernaderos (García y Hernández, 2009). En el tomate los principales síntomas del ataque se perciben en los nuevos brotes en forma de un fino punteado amarillento que aparece en el haz de la hoja. La presencia de los ácaros en el envés de las hojas atacadas es visible a simple vista, y así mismo, la fina tela de hilos sedosos que ellos fabrican. Las hojas fuertemente atacadas se tornan amarillentas, los brotes se frenan en su crecimiento, y más tarde pueden marchitarse en su crecimiento (Rodríguez *et al.*, 2001).



Figura 7. Araña roja de dos puntos (*Tetranychus urticae*).

Fuente: KOPPERT, 2021.



Figura 8. Telaraña causada por araña roja.

Control cultural

Se puede recurrir al uso de aspersores foliares para que haya un aumento en la humedad relativa con lo que se abate la población de ácaros; sin embargo, se pueden presentar brotes de enfermedades como cenicilla (*Leveilulla taurica*) y tizón temprano (*Alternaria solani*). Por otra parte, la eliminación del follaje más viejo puede ser una solución para el control de la plaga, ya que se pueden albergar en las hojas de en medio o de la parte inferior de la planta (Martínez *et al.*, 2005).

Control biológico

Existe una alta variedad de control biológico para el control de *T. urticae*, en total 170 reportes, de los cuales 157 corresponden a depredadores, 11 entomopatógenos y 2 a parasitoides (CABI, 2020). El más usado para el control de la plaga por su alta efectividad tanto en invernadero como en campo es *Phytoseiulus persimilis* y *Neoseiulus californicus* (CABI, 2020); Sá-Argolo (2012) determinó la eficacia depredadora de estos depredadores en viveros de cítricos con controles aceptables; a diferencia de las fallas en el control en condiciones de plantaciones de campo.

Control químico

La araña roja, al igual que otras plagas pueden presentar resistencia a los productos químicos usados ya sea por un uso constante o por un mal manejo, por eso es recomendable emplear la rotación de productos químicos para evitar la inmunidad porque si se sigue empleando los mismos productos las siguientes generaciones de la arañita será mucho más difícil de controlar (Martínez *et al.*, 2005).

Cuadro 6. Plaguicidas autorizados para el control de *Tetranychus urticae* en tomate.

Nombre común	Formulación	Dosis L/ha	IS
Abamectina	CE	0.5-1.2	10
Aceite parafínico	CE	0.8-2	-
Diclorvos	CE	0.5-1.5	1
Dicofol	CE	3-5	2
Etion	CE	1.5-2	2
Metamidofos	LS	1-1.5	7
Dimetoato+ Dicofol	CE	1-1.5	7
Mevinfos+ paratión metilico	CE	1.5-2	21

IS: Intervalo de Seguridad, CE: concentrado emulsionable y LS: liquido soluble.

Fuente: CICOPLAFEST, 1999.

4.1.6 Paratrioza (*Bactericera cockerelli*)

La paratrioza es un insecto picador chupador de savia que lo extrae de las hojas o los tallos, que pertenece al orden hemíptero, dentro de la familia *Trioziidae*. Es considerado originario de Estados Unidos (Silva y Zarco, 2009). En 1986 se reportó que en el bajío Guanajuatense este insecto transmitía el fitoplasma *Candidatus Liberibacter solanacearum* en el cultivo de tomate (Garzón *et al.*, 2003).

Tiene de una reproducción sexual y en total el período de desarrollo desde la cópula hasta el adulto es de aproximadamente de 20 a 30 días. La reproducción sexual es generalmente de 1:1. En el período de incubación de los huevecillos es de 3 a 15 días y todo el desarrollo ninfal comprende desde los 14 a 17 días. El insecto pasa por una metamorfosis hemimetábola: huevo, ninfa y adulto. Las ninfas generalmente se alimentan en el envés de las hojas, aunque en altas poblaciones las podemos encontrar en el haz, tallos e incluso en el pedúnculo. Las ninfas son móviles, llegando a moverse de hoja a hoja y ocurre cuando son perturbadas por algún movimiento brusco o la luz directa del sol. Se alimentan succionando el floema de las plantas y la hembra vive 21 días lo que es tres veces más que un macho (Silva y Zarco, 2009).



Figura 9. Adulto de Paratrioza (*B. cockerelli*).

Fuente: CABI, 2012.



Figura 10. Daño causado por *B. cockerelli*.

Fuente: Garzón, 2015.

Control cultural

El deshoje intensivo es la primera herramienta que se debe aplicar una vez que se encuentra el psílico en el cultivo, para lo cual se recomienda eliminar las hojas superiores con el propósito de retirar las hojas con las ninfas y huevecillos. A su vez, se recomienda el uso de trampas de color amarillo que permiten identificar de una manera más fácil a los adultos y además contribuye a su control mecánico al quedar adheridos en la trampa (Silva y Zarco, 2009).

Control biológico

El control biológico de la paratrioza en campo abierto se da de forma natural, tales es el caso de los arácnidos y coccinélidos, los cuales son determinantes en la reducción de la población. Ejemplos catarina (*Hipodamia convergens*), chinche pirata (*Orius testaceipes*), *Taxamarixia triozae*, *chrysoperla carnea* y los hongos entomopatógenos que incluyen a *Beauveria bassinia*, *Verticillium lecanii*, *Entomophthora virulenta*, entre otros (Silva y Zarco, 2009).

Control químico

Existen diversos productos que ejercen buenos controles sobre este insecto, sin embargo, usualmente estos productos son utilizados de forma poco racional, promoviendo así que los insectos generen rápidamente una resistencia ante estos productos y se pueda perder el control de la plaga. Además, son residuales por lo que pueden ser un factor de riesgo para los organismos benéficos, sin olvidar las limitaciones que presenta la inocuidad alimentaria (Silva y Zarco, 2009).

Cuadro 7. Productos químicos autorizados por EPA para el control de paratrioza en el cultivo de tomate.

Ingrediente activo	Dosis (L/ha)	LMR, ppm	Tipo de acción	IS
Abamectina	0.3-1.0	0.02	Translaminar	4
Acetamiprid	0.250-0.5	0.2	Sistémico, translaminar	1
Buprofezin	1.0	1.3	Contacto	2
Bifentrina	0.5-1.0	0.15	Preventivo	3
Flonicamid	150-250 gr/ha	0.4	Contacto e ingestión	4
Permetrina	0.3-0.5	2		3

Fuente: Silva y Zarco, 2009.

El uso prolongado de los químicos también puede ser un riesgo para la salud humana, al ser productos que en ocasiones contiene ingredientes activos que presentan residualidad y por ser de contacto, en algunas ocasiones pueden causar enfermedades graves para los trabajadores, si no utilizan equipo de protección adecuadamente.

5. Enfermedades

5.1.1 Pudrición radicular (Damping-off)

El ahogamiento de las plántulas es causado por varios hongos habitantes en el suelo. Dentro de los principales se encuentran *Pythium sp.* y *Rhizoctonia solani Khun*, los cuales se asocian con otros hongos como *Phytophthora spp.* y *Fusarium spp.* La agrupación de estos tipos de hongos se vuelve muy letal para las plántulas debido a que pueden dañar directamente la raíz en el semillero, hacer una sofocación porque los hongos no hacen que fluyan correctamente las sales minerales y los azúcares a través de los haces vasculares.

Los síntomas en ocasiones pueden ser confundidos con un estrés por agua, un exceso de sales en el bulbo de humedad, problemas con fitotoxicidad, entre otros. Dentro de los invernaderos se pueden encontrar manchones o plantas aisladas con marchitez o estrangulamiento a pocos días después del trasplante, muchas veces pueden venir del infectadas desde el vivero de las plántulas (García y Xalamihua, 2009).



Figura 11. Daño por Damping-off

Fuente: Edgel, 2020.

Control cultural

Se recomienda evitar la acumulación de sales en el semillero, ya que están provocan lesiones en el tejido externo del tallo, el cual facilita la entrada de los hongos que estén asociados. Cuando el cultivo es en sustrato se recomienda que el drenaje en invierno sea del 15%, mientras que en verano del 25-30%. Si se llegan a presentar plantas con los síntomas lo que se recomienda es colocarlas en bolsas de plástico selladas para evitar la diseminación en el vivero (García y Xalamihua, 2009).

Control biológico

Se recomienda utilizar micorrizas inoculadas al sustrato en una dosis de 1 a 2 micorrizas por plantas. Para los suelos infectados se pueden realizar la biofumigación, la cual consiste en la utilización de residuos de crucíferas más estiércol fresco que se incorpora al suelo, el cual se riega y se cubre con un plástico transparente por 6 semanas durante marzo a mayo.

Una vez terminado el tratamiento se promueve la aplicación e inoculación de hongos y bacterias benéficas al suelo o sustrato. Se recomienda el uso de organismos antagonistas como: *Trichoderma harzianum*. *T. lignorum* y *T. viride*, que se aplican a vía drench o riego. Todos estos hongos y bacterias benéficos son compatibles con las micorrizas y fungicidas específicos para oomicetos (García y Xalamihua, 2009).

Control químico

Para desinfectar sustrato se recomienda realizar la desinfección con metam-sodio (33% p/v de i.a) a una dosis de 30 L/1000 m². Antes del trasplante se sugiere dar un tratamiento de inmersión de charolas en un recipiente lo suficientemente grande para sumergir hasta la base del tallo en la solución que contenga por un litro de agua: 1-1.5 ml de carbendazim +2 ml propamocarb + 1-1.5 gr de esptreptomicina + enraizador; lo cual el tratamiento puede ayudar a prevenir la infección del hongo a las plántulas, así como bacterias fitopatógenas y promueve el desarrollo radicular. Después de 7-10 días

continuar con un programa preventivo de aplicaciones con productos biológicos y/o químicos de preferencia vía drench a la base del tallo con dimetomorf + tiofonato metílico + propamocarb + carbendazim + metalaxil + sulfato de cobre pentahidratao, proclaraz + etridiazol, entre otros (García y Xalamihua, 2009).

5.1.2 Marchitez y pudrición de la corona y raíz (*Fusarium oxysporum lycopersici*)

La marchitez es una de las enfermedades más importantes y destructivas de los cultivos intensivos. Se caracteriza por un amarillamiento que va iniciando por las hojas más senescentes, hasta que toda la planta está infectada en su totalidad. El cual puede generar perdida de hasta un 70%, debido a su presencia tanto en invernadero como en campo (Estrada y Valenzuela, 2009).

Al momento de realizar un corte transversal al tallo se puede notar la pudrición de los haces vasculares que se tornan de un café oscuro, presentándose de forma ascendente mientras avanza más la enfermedad (Paulus, 2001). También, existe un achaparramiento en las plantas y una defoliación muy visible. En las raíces y los tallos se presenta una pudrición negra, acelerando el marchitamiento en la parte aérea de la planta. El desarrollo del patógeno se puede ver aumentado cuando presentan temperaturas altas que puede ser de 25-32 °C.



Figura 12. *F. oxysporum* en tomate.

Fuente: SENASICA, 2021.



Figura 13. Daño vascular por *F. oxysporum*.

Fuente: FertiLab, 2018.

Control cultural

Se recomienda que los viveros o los semilleros no estén cerca del lugar de producción esto debido que por los riegos que pueden ser pesados en ocasión es pueden aumentar la HR y también para evitar contaminación ya sea por parte del vivero o del lugar de producción. Lo más recomendable es lavar y desinfectar las cajas con cloro donde se vayan a hacer la siembra de las plántulas; usar variedades que sean resistentes. También se debe de hacer una rotación de cultivos no susceptibles; utilizar plántula injertada. Es recomendable incorporar materia inorgánica, evitar el exceso de fertilizantes nitrogenados, tampoco se debe de poner en un estrés hídrico por mucho tiempo, pero tampoco excederse con los riegos. En cultivos de riego por goteo y de sustratos, es importante utilizar las aplicaciones de insecticidas para el control de mosquita del mantillo (Estrada y Valenzuela, 2009).

Control biológico

La aplicación de los hongos *Trichoderma harzianum*, *T. lignorum* y *Gliocladium sp.* y las bacterias a base de *Bacillus stearothermophilus* y *Bacillus subtilis* al sustrato de producción de plántula, raíz de las plántulas que están por trasplantarse, es una manera efectiva para prevenir esta enfermedad (Estrada y Valenzuela, 2009).

Control químico

Cuadro 8. Fungicidas utilizados con medidas preventivas en el control de *F. oxysporum f. sp. lycopersici*.

Ingrediente activo	Dosis/ha	LMR, ppm	Días de cosecha	Tipo de acción
Captan	1.5-2.5 kg	0.05	SL	preventivo
Clorotalonil	2-3 kg	5	1	preventivo
Mancozeb	1-4 kg	4	5	Curativo
Zineb	3-3.5 kg	4	5	Curativo
Clorotalonil + Cimoxamil	2-2.5 kg	5 y 2	SL	Curativo

El control químico es una alternativa que se utiliza cuando el problema de la enfermedad ya es algo muy grave y es difícil para mantenerlo bajo control. El uso de productos que son de contacto va dirigido para disminuir la cantidad de esporas, micelio y clamidosporas de estos hongos, y los productos sistémicos para retrasar un poco el avance de la enfermedad. Algunos productos que se podrían usar para el control, ver Cuadro 8. El LMR= límite máximo de residuo, SL= sin límite.

5.1.3 Verticillium en tomate

Es uno de los patógenos que más daños han ocasionado en la producción de tomate. El síntoma más común de esta enfermedad, comienza con un marchitamiento en el margen de las hojas más viejas, el síntoma tiene forma de V y se torna de color café. También se puede confundir con algunas otras enfermedades como en el caso del *Fusarium* spp. e incluso por deficiencia de nutrientes. Las hojas muestran el marchitamiento durante las horas de mayor intensidad de calor en el día, pero se recuperan en la noche (Pohronezny, 2001). Mientras más avanza la enfermedad se observa una coloración parda que se extiende a través de los haces vasculares.



Figura 14. Daños en la hoja por *Verticillium*.

Fuente: INRAE, 2021.

Control cultural

Para evitar las condiciones de desarrollo del hongo, las actividades de trasplante se deben de realizar con especial cuidado para no dañar la parte de las raíces, lo más recomendable es que la actividad se realice en la tarde para evitar el estrés en las plantas. La bio-solarización se presenta como una buena alternativa para el control del patógeno (Bourbos y Skoudridakis, 1996). En caso de tener plantas que se muestren que los daños ya son muy avanzados pues es necesario retirar toda la planta en bolsas y quemarlas.

Control biológico

Para el control se pueden usar las especies de *Trichoderma*, porque ha demostrado una buena respuesta en contra de los patógenos. Dentro de las especies están *Trichoderma harzianum*, *T. lignorum*, *T. viride*, así como *Gliocadium virens* y bacterias benéficas como *Bacillus subtilis*.

También se puede hacer una aplicación por vía drench por el sistema de riego o la otra manera seria por la inmersión de charolas, pero procurando que las raíces estén siempre en contacto con el producto, se recomienda hacerlo unos tres días antes del trasplante y después repetirlo a los 10 días después (García et al., 2009).

Control químico

Bajo condiciones de alta presencia de inóculos y presencia de nemátodos en suelo, se recomienda la desinfección con metam sodio (33% p/v de i.a) a una dosis de 300 L/ha, lo primero que se debe de hacer es que se deben de acolchar las camas y mojarlas a capacidad de campo y después de 7 días se le aplica el metam sodio procurando que se moje todo el bulbo, pasando tres semanas de la aplicación ya se puede realizar el trasplante (García et al., 2009).

5.1.4 Tizón tardío (*Phytophthora infestans*)

Esta enfermedad es considerada la más destructiva en el tomate y la papa, el patógeno tiene la capacidad de reproducirse y diseminarse. Es la típica enfermedad causantes de epifitias, cuyos daños pueden ser muy severos (Sánchez, 1991).

La enfermedad puede dañar la parte foliar de la planta. Cuando el daño es en el tallo, las plantas enfermas se encuentran oprimidas por una banda acuosa-verde, que al secarse se torna de color café oscuro. En el follaje, los síntomas se pueden ver como de un color verde grisáceo como si se hubiera echado agua caliente sobre las hojas. Estas lesiones rápido se tornan necróticas y hace que pierdan rigidez y los peciolos se doblen (Stevenson, 2001).



Figura 15. Lesión circular en fruto por tizón tardío (*Phytophthora infestans*).

Fuente: Ferrín, 2017.

El patógeno se favorece en los ambientes húmedos, la temperatura ideal para la formación de esporas (esporulación) es de 12-18°C en ambientes de agua saturada o casi en saturación; mientras que la producción de zoosporas tiene mejor desarrollo por debajo de los 15°C. Las zoosporas se enquistan en las superficies sólidas, toman una forma redonda y producen una pared celular, que al tener humedad desarrollan un tubo germinativo y penetran la superficie la hoja para que la hifa ingrese directamente a través de la cutícula. La temperatura ideal para el desarrollo de las lesiones es de 20-24°C. El ciclo de reproducción del patógeno puede completarse en menos de cuatro días bajo

condiciones favorables; sin embargo, los síntomas pueden ser visibles hasta el cuarto día después de la infección inicial (INTAGRI, 2018).

Control cultural

Se recomienda evitar las fugas de agua en los goteros, cortar o quitar las plantas cuando se tengan los primeros brotes o daños en los tallos, hojas y los frutos, también el desinfectar con atomizador que contengan una solución de sales cauterarias, yodo o sulfato de cobre pentahidratado (García y Xalamihua, 2009), también desinfectar las herramientas de trabajo como tijeras, guantes, cajas, zapatos, ropa, etc. porque es una manera de las que las cuales se puede propagar de la manera más rápido la enfermedad dentro del invernadero o en campo abierto.

Control biológico

Para reducir los daños de las enfermedades se pueden realizar aplicaciones preventivas de microorganismos como *Bacillus subtilis* y algunos productos bioracionales que se pueden usar como el aceite de neem o azadiractina, porque forman una protección y eliminan las zoosporas y el neem va a formar una capa de protección que va a evitar que puedan penetrar los tejidos (García y Xalamihua, 2009).

Control químico

La manera de controlar de mejor manera el tizón tardío es el diseñar un programa fumigación de fungicidas preventivos, así como fungicidas curativos muy específicos, cuando se tengan las condiciones muy favorables para el hongo o los primeros inicios de la enfermedad. Se recomienda un monitoreo constante de la temperatura y de la humedad relativa dentro del invernadero, sobre todo en las temporadas de frío (García y Xalamihua, 2009).

Algunos de los productos químicos que se utilizan para combatir el tizón tardío en el cultivo de tomate, se pueden ver en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Productos químicos autorizados en México y por la EPA (EE. UU), para el control de *Phytophthora infestans*.

LMR, ppm= Límite Máximo de Residuo en partes por millón, SL= Sin Límite.

Ingrediente activo	Dosis/ha	LMR, ppm	IS	Tipo de acción
Clorotalonil	2 - 4 kg	5	SL	Preventivo
Mancozeb	1- 4.5 kg	4	5	Preventivo
Famoxadona	0.4 - 0.6 kg	1	3	Curativo
Cyazofamida	200 - 250 ml	0.2	0	Curativo
Mandipropamida	0.5 - 0.7 L	1	7	Curativo
Mefenoxam + Clorotalonil	2 - 2.5 kg	6	3	Curativo

Fuente: García y Xalamihua, 2009.

5.1.5 Tizón temprano (*Alternaria solani*)

Es una de las enfermedades más importantes del cultivo de tomate, debido a que puede afectar cualquier parte de la planta, puede infectar cualquier órgano aéreo, desde la base, peciolo, hojas, flores y frutos (Jones, 2001). Los primeros síntomas ocurren en las hojas más viejas, las cuales consisten en pequeñas lesiones circulares o angulosas, irregulares, color café oscuro, en el interior se forman anillos concéntricos. Las lesiones pueden crecer hasta 1.5 cm de diámetro o de mayor tamaño, esto ocurre debido a una producción de toxinas que las tornan de color amarillo.

El hongo puede sobrevivir en el suelo que estén con residuos infectados y también en la maleza, puede sobrevivir en las semillas y puede ser dispersados por varios medios de los cuales son el viento, agua, insectos, trabajadores y también por maquinaria agrícola. Las esporas pueden penetrar las hojas, tallos, frutos. Las condiciones que más favorecen al hongo son cuando hay temperaturas moderadas o calientes, oscilando entre 25 y 30 °C y con una humedad relativa de 75% (Rueda y Shelton, 2008).



Figura 16. Daño en la hoja por alternaria solani

Fuente: SEIPASA, 2021.

Control cultural

Una de las maneras en las que se pueden prevenir es el uso de semillas certificadas, es recomendable sembrar variedades resistentes al patógeno, eliminar las plantas hospederas, tener una buena densidad de plantación para promover la ventilación, evitar fugas en el sistema de riego (Sánchez *et al.*, 2009).

La eliminación de hojas, tallos, frutos, son de las mejores maneras en las que se pueden controlar y se tienen que estar sacando dentro de bolsas, se deben de desinfectar de manera adecuada los instrumentos de trabajo, ropa, zapatos, cajas en las que se pondrán los frutos, para evitar que se propague por todo el invernadero.

Control biológico

Se pueden hacer aplicaciones de bacterias como *Bacillus subtilis*. Las cuales producen enzimas y metabolitos que evitan el desarrollo del patógeno sobre el cultivo (Sánchez *et al.*, 2009).

Control químico

La mejor manera para usar los fungicidas es siempre tener un buen diseño de aplicación, hacer aplicaciones de prevención en caso de empezar a ver los síntomas, se pueden aplicar los productos Cuadro 10, para el control de *Alternaria solani*.

Cuadro 10. Productos autorizados en México y por la EPA (EE. UU.) para el control de tizón temprano en el cultivo de tomate.

LMR, ppm= Límite Máximo de Residuo en partes por millón, SL= Sin Límite.

Ingrediente activo	Dosis/ ha	LMR, ppm	Días a cosecha	Tipo de acción
Mancozeb	2 – 3 kg	4	5	Preventivo
Sulfato de cobre pentahidratado	0.75 – 1 L	Exento	SL	Preventivo y curativo
Boscalid	1 – 1.2 kg	1.2	0	Curativo
Pirimetanil	1.2 – 1.5 kg	0.5	1	Curativo
Azoxystrobin	150 – 300 gr	0.2	1	Curativo
Boscalid + Pyraclostrobin	0.7 – 0.8 kg	1.2 + 1.4	0	Curativo

Fuente: Sánchez *et al.*, 2009.

5.1.6 Nematodos formadores de nudos radiculares

Uno de los problemas más graves del tomate sin duda son los nematodos del género *Meloidogyne*, los cuales son especialmente dañinos en cultivos de invernaderos al verse beneficiado por las temperaturas idóneas a su rápida evolución.

Los efectos de la infección de *Meloidogyne spp* sobre la planta son bien conocidos. Por un lado, se desarrollan deformación y reducción del sistema radicular. Las raíces atacadas presentan los típicos nódulos, están poco o nada ramificadas y carentes de pelos radiculares (Rodríguez *et al.*, 2001).



Figura 17. Daño en la raíz causado por Nemátodos.

Fuente: Solagro, 2019.

Control cultural

Es recomendable la rotación de cultivos, la eliminación de plantas que se encuentren infectadas, además solarización de los suelos al inicio de cada ciclo de cultivo para exponer a la inanición y a la desecación. Al terminar el ciclo de algún cultivo que haya tenido presencia de nemátodos se tiene que aflojar el suelo y extraer todas las plantas desde la raíz de manera cuidadosa para evitar dejar algún tipo de residuo.

Control biológico

El uso de *bacillus subtilis*, *B. chitinosporum*, *B. Lateterosporum*, *B. mycoides*, *B. penetrans* y *Paecilomyces lilacinus*, estos son algunos hongos que pueden usarse y que han tenido una buena respuesta en contra de los nemátodos.

Por ejemplo, *B. penetrans* producen esporas que parasitan a las larvas en su segundo estadio, además de que degrada los cascarones de los huevecillos. *Paecilomyces lilacinus* es uno de los hongos que tienen mejor efectividad, ya que parasita a las hembras y los huevecillos. Las esporas una vez entrando en contacto y germinen en el nemátodo producen un enzima que degrada la cutícula que permite que el hongo penetre el nemátodo. Las enzimas afectan al sistema nervioso y causan la deformación del estilete que llegan a sobrevivir lo que permite reducir los daños y la población (García *et al.*, 2009).

Control químico

Para el control químico de los nemátodos es necesario un análisis de suelo para que así se pueda determinar la cantidad de nemátodos juveniles que se encuentran por cada 100 gr de suelo, con los datos ya podremos determinar qué clase de producto se podrá usar y la dosis que será más efectivo.

Por ejemplo, en tomate se puede usar disulfoton (Dysiston®) de 12 a 24 kg/ha (autorizado por la EPA) y forato (Thimet®) a dosis de 10 kg/ha (autorizado solo en México). En dado caso que las cantidades salgan muy altas de nemátodos en *Meloidogyne spp.* y de otros agalladores, se pueden hacer aplicaciones con metan sodio a dosis de 300 a 600 L/ha cubriendo con acolchado y dejándolo por lo menos tres semanas en reposo después de haber aplicado. Una vez que se haya hecho la desinfección se recomienda inocular los terrenos con algunos de los hongos que ya se han mencionado en la parte anterior para el control.

También se pueden usar aplicaciones de oxamil (Vidate®) a una dosis de 2 a 3 L/ha ya que fueron autorizados en México y por la EPA (García *et al.*, 2009).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación de la investigación

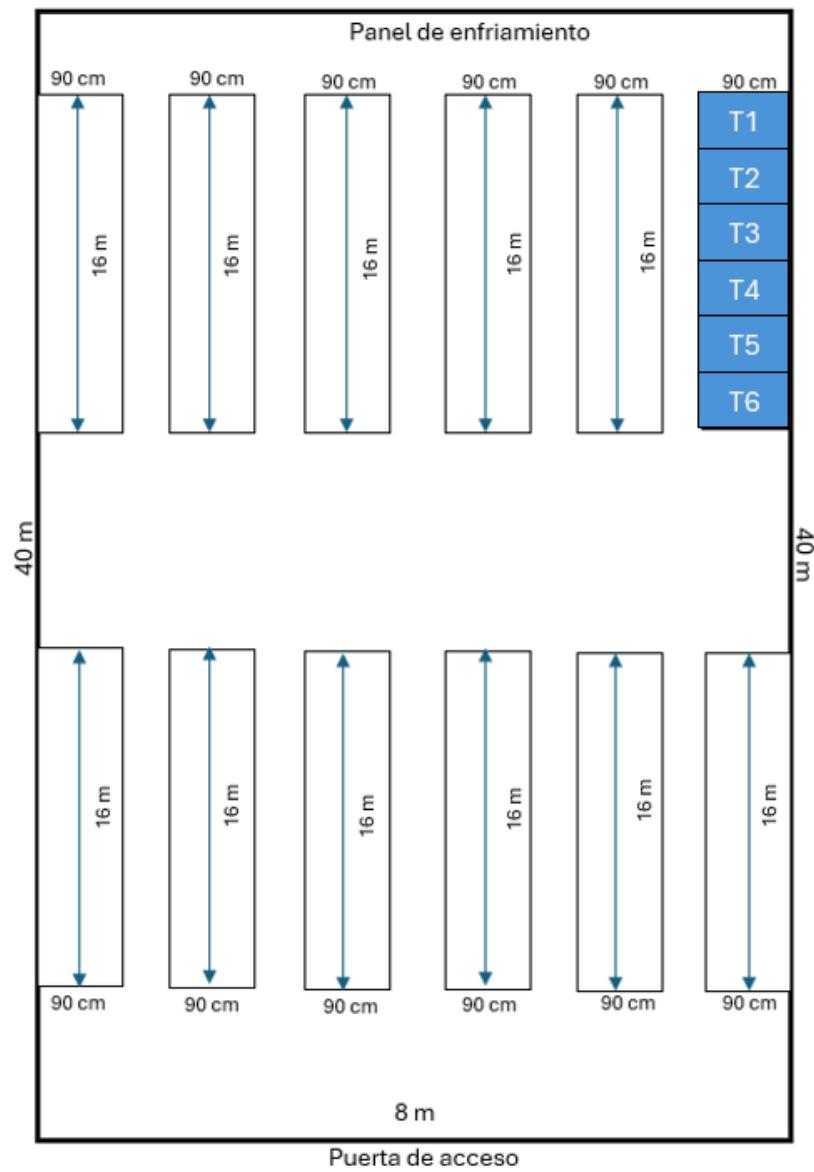
El experimento se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAAN) en Buenavista, Saltillo, Coahuila. En un invernadero tipo túnel de mediana tecnología el cual se encuentra con la ubicación de 25° 21'19.5" N, longitud de 101°01'49.7" W y a una altitud de 1,731 msnm (Google Earth, 2025).



Figura18. Exterior e interior del invernadero 5 (UAAAAN).

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 25 °C ver (Figura 18).

En las camas de siembra se aplicó una mezcla de tierra con lombricomposta, las cuales cuentan con un sistema de riego por goteo con un total de dos hileras de cintillas para cada una, también cuenta con soportes metálicos para el tutorado de las plantas.



Fuente: elaboración propia, 2025.

Figura 19. Distribución de los tratamientos en la cama del invernadero.

En la Figura 19 se muestra la distribución de los tratamientos. La cama que se utilizó está localizada en la parte de la esquina por donde se encuentra la pared húmeda.

Cuadro 11. Características del experimento y del invernadero.

Localidad	Buenavista, Saltillo.
Diseño estadístico	Completamente al azar
Número de tratamientos	6
Número de repeticiones	4 plantas (T1, T2) y 5 plantas (T3, T4, T5, T6)
Fecha de trasplante	2 de agosto de 2023
Régimen hídrico	Riego por cintilla
Número de hileras por cama	1
Número de plantas por metro lineal	4
Distancia entre plantas	30 cm
Longitud de la cama	16 m
Fertilización	Química y orgánica*

*Lixiviado de lombriz, Lombricomposta, Ferti Humus, Fertilizante 20-30-10, MagicRoot ®, Fertilizante 20-20-20 y FertiPlus ®

3.2 Variedad usada

Las semillas de tomate utilizadas en el experimento, se presentan en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Nombre de la variedad para el experimento.

Cultivo	Nombre científico	Variedad	Imagen
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	Missouri	

3.3 Dosis de fertilización

En el T1, se utilizó agua, el cual fue el tratamiento testigo. En el T2, se utilizó una combinación de lombricomposta y de lixiviado de lombriz. La lombricomposta con una cantidad de 35 kg aproximadamente, en donde se realizó la mezcla con el lixiviado de lombriz en una solución de 250 ml por planta.

En el T3, se usó la lombricomposta con la misma cantidad que el tratamiento anterior y el Ferti Humus con una dosis de 1.5 ml por cada litro de agua, y se estuvo aplicando con una mochila de aspersión manual cada 15 días, durante cuatro meses.

En el T4, se usó una combinación de enraizador MagicRoot ® a una dosis de 0.5 gr por cada litro utilizado, las cuales se aplicaban en las mañanas procurando que no pasará de las 12 del día y la fórmula 20-30-10 a la misma dosis y se aplicó con una mochila aspersión manual.

En el T5, se usó nuevamente el enraizador MagicRoot ® a la misma dosis que el tratamiento anterior y a la misma hora de aplicación con la combinación de la fórmula 20-20-20 con una dosis de 1.5 ml por cada litro de agua, la cual se usó una mochila de aspersión manual para aplicar los fertilizantes.

En T6 fue una combinación de Ferti Humus® + FertiPlus® con una dosis de 1.5 ml por cada litro, se usó una mochila de aspersión manual y la aplicación fue en la mañana para tener una mejor absorción del fertilizante por parte de la planta.

Cuadro 13. Productos usados por tratamiento y la dosis por planta.

Tratamientos	Composición	Producto	Dosis
T1	Testigo	Agua (H_2O)	
T2	100% orgánico	Lixiviado de lombriz + Lombricomposta	250 ml pl^{-1} + 250 gr
T3	100% orgánico	Lombricomposta + Ferti Humus	250 gr + 200 ml pl^{-1}
T4	100% químico	Magic Root ® + 20-30-10	0.5 gr + 0.5 gr pl^{-1}
T5	100% químico	Magic Root ® + Triple 20	1.5 gr + 1.5 gr pl^{-1}
T6	Fertilización mixta	Fertiplus® + Ferti Humus + Lombricomposta	1.5 ml + 1.5 ml + 250gr pl^{-1}

3.4 Fertilizantes químicos

El enraizador MagicRoot® es un fertilizante que se recomienda aplicarlo después del trasplante, ya que contiene una gran cantidad de auxinas que aceleran el crecimiento de las raíces, contiene también nitrógeno, potasio, fósforo, quelatos (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B), que es recomendable el uso en la etapa de floración y el desarrollo de los frutos.

Cuadro 14. Partes por millón del enraizador Magic Root®

Ingrediente activo	peso
Nitrógeno elemental (N)	900 ppm
Fósforo asimilable (P ₂ O ₅)	4800 ppm
Potasio soluble (K ₂ O)	1300 ppm
Quelatos (Fe, Mn, Zn, Cu, Mn, B)	13 ppm
Auxinas	2900 ppm

El fertilizante 20-30-10 es recomendable su uso en la etapa de crecimiento vegetativo, ya que contiene azufre y magnesio los cuales son necesarios para un buen desarrollo de tallos, raíces y hojas que hacen de un almacén de nutrientes para la etapa de floración y de cuajado de los frutos.

Cuadro 15. Partes por millón del fertilizante 20-30-10

Macronutrientes		Micronutrientes	
Ingrediente activo	Peso	Ingrediente activo	Peso
Nitrógeno total (N)	2000 ppm	Azufre (S)	3,600 ppm
Nitrógeno amoniacal	440 ppm	Magnesio (Mg)	532,00 ppm
Nitrógeno amidico	1560 ppm	Fierro (Fe)	1,500 ppm
Fósforo asimilable (P ₂ O ₅)	3000 ppm	Zinc (Zn)	3,500 ppm
Potasio soluble (K ₂ O)	1000 ppm	Manganoso (Mn)	400.00 ppm
Ac. Fúlvicos y húmicos	200 ppm	Cobre (Cu)	200.00 ppm
Calcio (Ca)	80.00 ppm	Boro (B)	600.00 ppm
Molibdeno (Mo)	30.00 ppm		

La fórmula 20-20-20 es un fertilizante que es recomendable aplicarlo en su etapa de desarrollo vegetativo, ya que promueve el desarrollo de raíces tallos, frutos y que crea una reserva de nutrientes para la floración y el desarrollo y cuajado de los frutos.

Cuadro 16. Partes por millón del fertilizante 20-20-20

Macroelementos		Microelementos	
Ingrediente activo	peso	Ingrediente activo	peso
Nitrógeno Total (N)	2000 ppm	Calcio (Ca)	30 ppm
Fósforo asimilable (P ₂ O ₅)	2000 ppm	Magnesio (Mg)	540 ppm
Potasio soluble (k ₂ O)	2000 ppm	Zinc (Zn)	800 ppm
Azufre (S).....	1670 ppm	Manganoso (Mn)	300 ppm
		Cobre (Cu)	100 ppm
		Boro (B)	200 ppm
		Molibdeno (Mo)	10 ppm
		Fierro (Fe).....	0.060 ppm

FertiPlus® es un fertilizante foliar que se puede usar para el mejoramiento de la estructura del suelo, aumentar la actividad de microorganismos en el suelo, así también puede promover el desarrollo de las raíces, tallos y flores, y es recomendable aplicarlo en las mañanas o en las tardes, ya que ayuda a la floración y cuajado de los frutos.

Cuadro 17. Partes por millón del fertilizante FertiPlus®

Macronutrientes		Micronutrientes	
Ingrediente activo	Peso	Ingrediente activo	Peso
Nitrógeno (N)	728 ppm	Manganoso (Mn)	7.5 ppm
Fósforo (P ₂ O ₅)	821 ppm	Molibdeno (Mo)	Trazas
Potasio (K ₂ O)	1407 ppm	Boro (B)	0.2 ppm
Ingredientes inertes	6877 ppm	Fierro (Fe)	0.6 ppm
Azufre (S)	131 ppm	Cobre (Cu)	0.1 ppm
Calcio (Ca)	19 ppm	Zinc (Zn)	0.2 ppm
Magnesio (Mg)	8.6 ppm		

3.5 Fertilizantes orgánicos

Ferti Humus® se recomienda aplicarlo antes y después de la siembra, porque ayuda a mejorar la estructura del suelo, mejorar la fertilidad al contener ácidos húmicos y fúlvicos, potasio, fosforo, azufre, calcio, magnesio, hierro y diluyentes con acondicionadores, aunque también es recomendable aplicarlo en la etapa de floración.

Cuadro 18. Partes por millón del fertilizante del Ferti Humus®

Macronutrientes		Micronutrientes	
Ingrediente activo	Peso	Ingrediente activo	Peso
Ácidos húmicos y fúlvicos.....	1200 ppm	Calcio (Ca)	2 ppm
Potasio (K20)	500 ppm	Magnesio (Mg)	1 ppm
Fósforo (P2o5)	40 ppm	Fierro (Fe)	7 ppm
Diluyentes y acondicionadores ...	8536 ppm	Azufre (S)	7 ppm

Lixiviado de lombriz y lombricomposta

Los fertilizantes fueron elaborados en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAAN), los cuales se utilizan para mejorar el suelo, aumentar la actividad de microorganismos, un mayor enriquecimiento en materia orgánica, por su alto contenido de elementos es usado durante las primeras etapas de crecimiento en hortalizas, es de gran ayuda durante la etapa de floración y de crecimiento vegetativo de plantas.

El lixiviado y la lombricomposta contiene una gran cantidad de macro y micronutrientes indispensables para todo tipo de cultivo en campo o invernadero (Ingham, 2001).

A pesar de la alta actividad nutritiva y microbiana existen otros compuestos que pueden ser utilizados para mejorar su calidad y aprovechamiento como los aminoácidos, guano de murciélagos, algas marinas y catalizadores microbianos. Estos productos orgánicos promueven el aumento del rendimiento de cultivos y cuidado del medio ambiente (Vivanco, 2024).

La lombricultura representa la alternativa más efectiva y rápida para el composteo de residuos orgánicos. Los objetivos son la conversión de los residuos orgánicos en algo útil, esto es la producción de abono orgánico utilizando la lombricultura como una estrategia ecológica y económicamente viable. Producir una composta (humus de lombriz) de alta calidad que no altere el ecosistema del suelo, sino que lo favorezca, producir plantas sanas fuertes y de alto rendimiento, contribuir a reducir los índices de contaminación, aprovechar los residuos orgánicos, fomentar una cultura ecológica, brindar alternativas de producción a bajo costo y con altos rendimientos. El abono orgánico (lombricomposta o humus de lombriz) y la lombriz, productos de este proceso, por sus características tan favorables pueden ser utilizados en el sector agrícola en los diferentes niveles (Márquez, 2011).

El uso de lixiviado y humus de lombriz puede ser una excelente opción para mejorar la producción de las plantas y para obtener alimentos saludables y sostenibles. El lixiviado de lombriz es un fertilizante orgánico líquido rico en nutrientes y microorganismos benéficos, que se puede aplicar directamente sobre las hojas de las plantas para reponer los nutrientes perdidos por la transpiración. El humus de lombriz, por su parte, es un abono orgánico sólido que mejora la calidad del suelo y su capacidad de retener agua es por eso por lo que es de las mejores alternativas. El uso de estos dos productos puede ayudar a las plantas, lo que se traduce en una mayor producción y calidad de los frutos.

Además, es muy utilizado porque se usa sin la necesidad de los pesticidas, ni fertilizantes químicos, pero también se puede usar y mezclar con los fertilizantes químicos, en muchas partes lo usan de esta manera porque así pueden obtener mayores rendimientos en los cultivos, siempre y cuando no se excedan con los químicos o pesticidas o uso de herbicidas.

En conclusión, el uso de estas alternativas puede ser un muy buen aliado para una buena nutrición, sin la necesidad de uso de químicos y contribuyen a mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

3.6 Variables evaluadas

Altura de planta

Se realizó una medición de la altura de planta completa, el cual se utilizó un flexómetro para el registro de esta variable.



Fuente: Imagen propia, 2023.

Diámetro del tallo

Se usó un Vernier electrónico para obtener el diámetro del tallo en mm, el cual se tenía que colocar en medio del tallo y ajustarlo; se obtenían las medidas en la pantalla.



Fuente: Imagen propia, 2023.

Largo y ancho de hoja

Se midieron las hojas del ápice hasta el pedúnculo, se utilizó una regla métrica de 30 cm de longitud. La cual se colocaba a mitad de la hoja en forma vertical y horizontal para tomar los datos del largo y ancho de hoja.



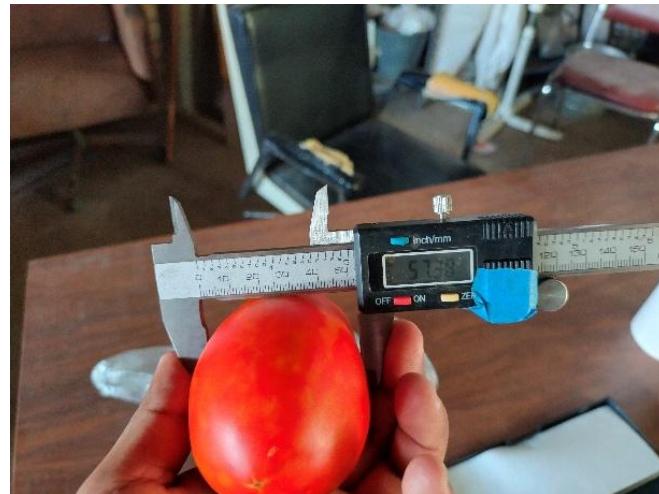
Fuente: Imagen propia, 2023.



Fuente: Imagen propia, 2023.

Diámetro ecuatorial (DE)

Se utilizó un vernier digital para obtener los datos, en donde se colocaba el equipo a mitad del fruto, para poder obtener el dato de su diámetro ecuatorial.



Fuente: Imagen propia, 2023.

Diámetro polar (DP)

Se utilizó un vernier digital para obtener los datos del fruto, el cual consistía en medir de la base del fruto, hasta la parte del pedúnculo.



Fuente: Imagen propia, 2023.

Peso del fruto

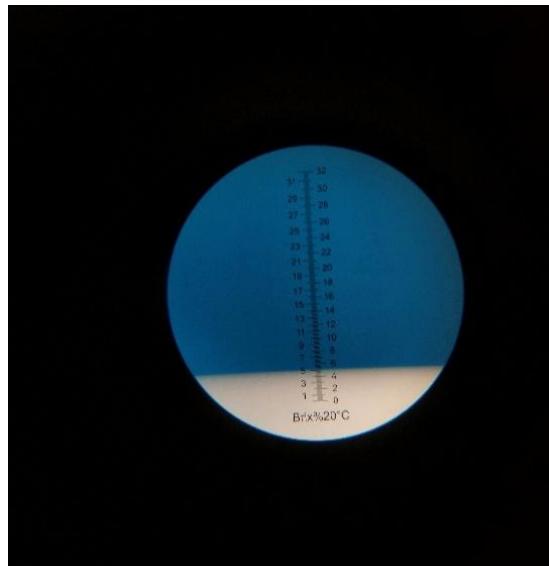
Se utilizó una báscula digital para registrar el peso de cada uno de los frutos evaluados y se reportó su peso en gramos.



Fuente: Imagen propia, 2023.

Solidos solubles totales

Se utilizó un refractómetro portátil, para evaluar grados brix el cual se colocaba una gota del fruto al cristal y en donde se registraba la lectura correspondiente.



Fuente: Imagen propia, 2023.

Número de lóculos

Se realizó un corte ecuatorial a los frutos, de esta manera fue para ver la cantidad de lóculos que tenía cada fruto, también el número de lóculos influye en el número de las semillas que pueda presentar el fruto.



Fuente: Imagen propia, 2023.

Espesor de la pulpa

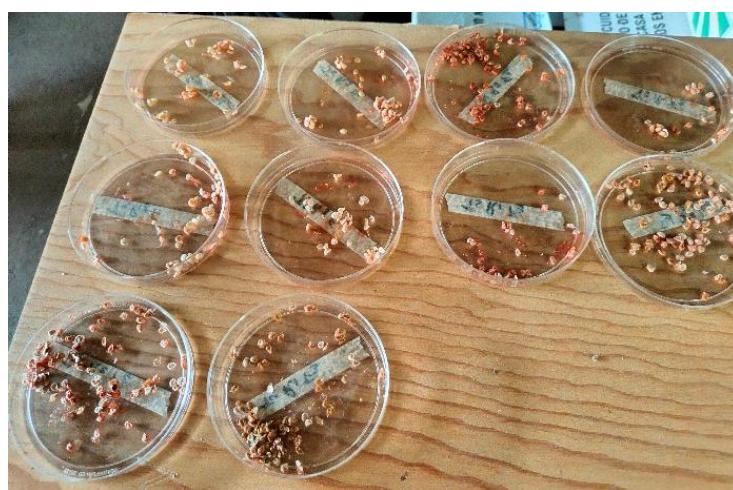
Se obtenían las medidas con una regla métrica para medir el espesor de la pulpa, esto es para ver que tanto influyó los tratamientos en el rendimiento y la calidad de los frutos.



Fuente: Imagen propia, 2023.

Número de semillas por fruto

Para contar las semillas se realizó una extracción y lavado de las semillas, para eliminar el mucilago o capa protectora que las cubre, de ese modo sería más fácil el conteo. Las semillas se colocaron en cajas Petri para su secado.



Fuente: Imagen propia, 2023.

3.7. Análisis estadísticos

Análisis de Conglomerados (AC)

Este análisis básicamente lo que realiza es una implementación del siguiente algoritmo:

1. Examina la matriz de datos original ($n \times p$) conformada por n poblaciones y p variables.
2. Estandariza la matriz de datos originales ($n \times p$) con la siguiente fórmula para transformar los datos a distribución normal con media 0 y varianza 1.

$$Z = \frac{(x - \bar{x})}{\sigma}$$

Donde:

Z = Es la observación que se pasa a unidades de desviación estándar.

X = Es el valor original a estandarizar.

\bar{X} = Es la media de la variable original.

σ = Es la desviación estándar.

3. Considerar la distancia euclíadiana entre el par de poblaciones (i, j) con la siguiente fórmula.

$$E_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2}$$

Donde:

E_{ij} = distancia entre la población i y la población j .

x_{ik} = Es el valor de la k -ésima variable sobre la i -ésima población.

Lo que da por resultado una matriz de distancias euclíadianas en forma de matriz simétrica donde solo se escriben los elementos que están debajo de la diagonal principal.

4. Examina la matriz simétrica de distancias euclidianas donde agrupa el par de poblaciones (i, j) que son más similares y las une en un nuevo grupo; utilizando el

procedimiento jerárquico, donde una población colocada en un grupo no puede ser agrupada en un paso posterior.

5. Forma una nueva matriz simétrica de distancias euclidianas para reflejar la supresión del par de poblaciones, i y j, que fueron unidos, enlazando la nueva población correspondiente al nuevo grupo hasta que las n poblaciones estén en un solo grupo, finalmente se obtiene el dendograma.

Análisis de Componentes Principales (ACP)

Se hizo una matriz X de orden ($n \times p$), de np observaciones correspondientes a los valores de p variables de cada una de n unidades de estudio (genotipo) y consiste en transformar un grupo de variables x_1, x_2, \dots, x_p a un nuevo grupo de variables y_1, y_2, \dots, y_p . Estas nuevas variables deben tener las siguientes propiedades (Johnson, 2000):

1. Es una combinación lineal de las x 's. Por ejemplo, para el primer componente. $Y_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1p}x_p = a'_1x$. Donde $x = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_p]$ es el vector de valores muestrales de las variables originales, y a_{ij} es el valor del j -ésimo elemento del vector característico a 1 asociado al valor característico más grande λ_1 .
2. En forma matricial para todos los componentes, $Y = XA$, en donde Y es la matriz de orden $n \times p$ de los componentes principales; A es una matriz de orden $p \times p$ de vectores característicos y X es la matriz de orden $n \times p$ de observaciones.
3. La suma de los cuadrados de los coeficientes a_{ij} para cada i ($j=1, 2, \dots, p$) es la unidad.
4. Donde todas las posibles combinaciones, Y_1 tiene la máxima varianza: $\text{Var}(Y_1) > \text{Var}(Y_2) > \dots > \text{Var}(Y_p)$.
5. Las Y no están correlacionadas, por lo que los componentes generados no están asociados entre sí.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de cinco tratamientos de fertilización más un testigo y su efecto sobre el desarrollo del cultivo de tomate se presentan en el Cuadro 19. Los tratamientos T2 y T3 son 100% orgánicos, los T4 y T5 son 100% químicos, el T6 es la combinación de un fertilizante químico y un orgánico, contrastando estos tratamientos con el testigo (T1). A continuación, se presentan los cinco grupos obtenidos del análisis de conglomerados y los tratamientos que incluyen cada grupo, en particular el G3 se formó con los tratamientos T6 y T5. También se puede observar que cada tratamiento de fertilización presento efectos diferentes sobre los promedios de las variables evaluadas como se observa para el peso del fruto (PF), donde todos los tratamientos superaron el testigo (T1).

Cuadro 19. Promedios de las variables agronómicas de seis tratamientos evaluados en la variedad de tomate Missouri Ciclo O-I 2023 UAAAN.

Grupo.	Trat.	AP cm	DT mm	LH cm	AH cm	DE mm	DP mm	SST GB	EP mm	NL no	NS no	PF g
G1	T4	186.5	15.7	11.5	4.2	60.2	48.1	4.7	8.7	5.0	101.8	202.2
G2	T3	263.5	15.2	11.8	4.4	56.5	45.4	4.1	7.2	3.7	87.8	171.2
G3	T6	229.0	10.8	8.8	3.6	57.0	44.8	3.8	7.0	4.5	94.7	153.1
G3	T5	213.0	14.5	9.0	3.3	56.2	48.2	3.6	7.0	4.5	72.0	150.1
G4	T2	231.0	15.1	10.2	3.7	61.8	52.8	4.4	6.2	7.0	51.5	136.6
G5	T1	217.5	12.6	12.8	4.2	53.1	45.4	4.7	6.0	4.5	49.8	109.3

Trat=Tratamientos, AP= altura de planta, DT= diámetro de tallo, LH= largo de hoja, AH= ancho de hoja, DE= diámetro ecuatorial, DP= diámetro polar, SST= sólido solubles totales, EP= espesor de la pulpa, NL= número de lóculos, NS= número de semillas, PF= peso de fruto.

Los macronutrientes y micronutrientes de los tratamientos de fertilización utilizados en el experimento se expresan en partes por millón (ppm). En el Cuadro 20, se presenta la cantidad de nutrientes que aporta cada fertilizante aplicado en el cultivo de tomate. Con respecto a los tratamientos T4 y T5 en referencia al contenido de N-P-K estos valores representan el aporte del fertilizante más el enraizador. En el tratamiento T6 el contenido de fósforo (P) y potasio (K) representa la suma total del FertiHumus más el Fertiplus.

Cuadro 20. Unidades totales en ppm aplicadas en la fertilización química y orgánica de los tratamientos en el cultivo de tomate variedad Missouri.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Fertilizantes	Tes	Lixiviado lombriz ppm	FertiHumus (FH) ppm	20-30-10 + enraizador ppm	20-20-20 + enraizador ppm	Enraizador ppm
Macronutrientes						
Nitrógeno nítrico	0				280	
Nitrógeno amoniacal	0			440	240	
Nitrógeno amídico	0			1560	1480	
Nitrógeno total	0	3		2900	2900	900
Fosforo asimilable	0	1	40	7800	6800	4800
Potasio soluble	0	28	500	2300	3300	1300
Calcio (Ca)	0	3	2	0.3	0.3	19
Magnesio (Mg)	0	3	1	5.4	5.4	8.6
Sodio (Na)	0	4				
Azufre (S)	0	2	7	1670	1670	131
Micronutrientes						
Quelatos (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B)	0					13
Fierro (Fe)	0	0.0508	7	6	6	0.6
Cobre (Cu)	0	26		1	1	0.1
Manganoso (Mn)	0	249		3	3	7.5
Zinc (Zn)	0	103		8	8	0.2
Boro (B)	0	208		2	2	0.2
Níquel (Ni)	0	NA				
Molibdeno (Mo)	0	NA		0.1	0.1	trazas
Ingrediente inerte						4600
D. y A.			8536			
Auxinas	0					29
Ácidos F. y H.			1200	200	200	
Propiedades físicas	0	%				
Humedad	0	99.08				
Materia seca	0	0.92				
Materia orgánica	0	0.33				
Cenizas	0	0.59				
Carbono orgánico	0	0.19				
Relación C/N	0	6.91				

Los datos originales en porcentajes de las fichas técnicas de los productos utilizados en los tratamientos se convirtieron a ppm: Tes= testigo, FH= FertiHumus, D. y A.= diluyentes y acondicionadores, Ácidos F. y H = ácidos fúlvicos y húmicos.

Análisis de Conglomerados (AC)

La clasificación de los tratamientos de fertilización aplicados en la variedad de tomate Missouri se realizó utilizando el análisis multivariado de conglomerados, dando como resultado la formación de cinco grupos al hacer el corte de la gráfica a una distancia euclíadiana de 2.73 (Figura 20). Los tratamientos T5 y T6 quedaron incluidos en el G3 esto debido al efecto similar que tienen sobre algunas variables agronómicas y calidad del fruto de tomate, como se observa para LH, AH, SST, EP, NL y PF (ver Figura 20).

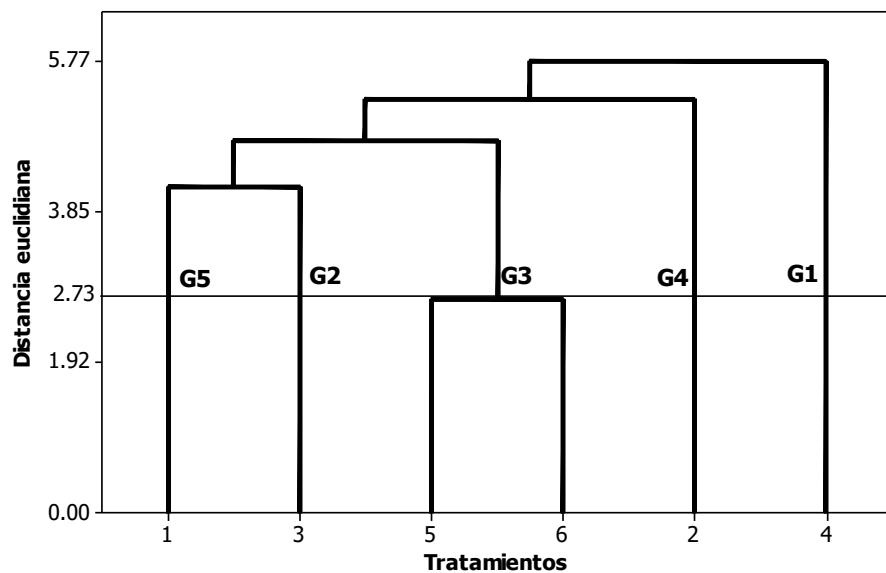


Figura 20. Agrupamiento de los tratamientos de fertilización química orgánica aplicados en la variedad de tomate Missouri.

Análisis de Componentes Principales (ACP)

El ACP permitió determinar cómo los tratamientos de fertilización se relacionaron con las variables agronómicas evaluadas. En el Cuadro 21 se presentan los valores de varianza de los tres primeros componentes como porcentaje de la varianza total (100%), con los cuales se explica 84.7% de la varianza total. En los resultados del ACP con los dos primeros componentes se explica el 60.2% de la variabilidad total de los datos, de los cuales el CP1 explica el 31.0% y el CP2 el 29.1% respectivamente.

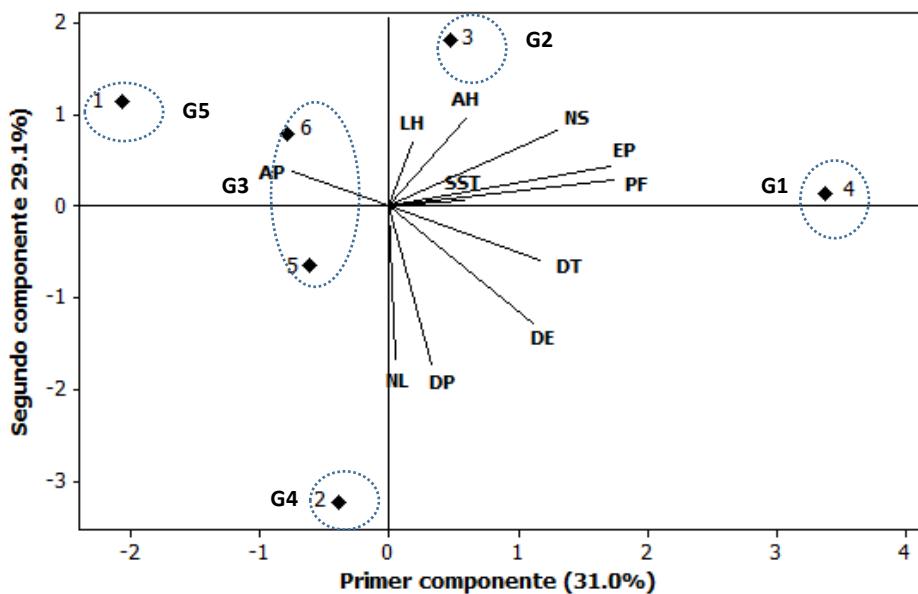
El ACP también muestra la contribución relativa de cada variable para los tres primeros componentes en estudio. En el primer componente (CP1) se tuvieron valores significativos para las variabas: NS (0.382), EP (0.501) y PF (0.510), por lo que en este componente se caracteriza por las variables relacionadas con el PF. En el segundo componente (CP2) las variables DE (-0.401), DP (-0.536) y EP (-0.523) son las de mayor peso y se relacionan con el tamaño del fruto.

Cuadro 21. Valores y vectores propios para tres primeros componentes principales de 11 variables agronómicas evaluadas en la variedad de tomate Missouri.

	CP1	CP2	CP3
Valor propio	3.4121	3.2047	2.7008
Proporción (%)	31.0	29.1	24.6
Acumulada (%)	31.0	60.2	84.7
Variables	Vectores propios		
AP	-0.219	0.116	0.006
DT	0.342	-0.186	0.205
LH	0.055	0.219	0.554
AH	0.177	0.298	0.445
DE	0.326	-0.401	-0.026
DP	0.096	-0.536	0.098
SST	0.160	0.016	0.535
EP	0.501	0.137	-0.150
NL	0.017	-0.523	0.134
NS	0.382	0.257	-0.302
PF	0.510	0.089	-0.160

AP= altura de planta, DT= diámetro de tallo, LH= largo de hoja, AH= ancho de hoja, DE= diámetro ecuatorial, DP= diámetro polar, SST= sólido solubles totales, EP= espesor de la pulpa, NL= número de lóculos, NS= número de semillas, PF= peso de fruto, CP= Componentes principales.

En la gráfica Biplot (Figura 21) se presentan los resultados obtenidos del ACP que proyecta los tratamientos y las variables en los dos primeros componentes principales. El primer componente separa los tratamientos T4 (Enraizador + 20-30-10) y el tratamiento T3 (FertiHumus) del resto y se caracterizan por presentaron los más altos promedios en las variables: PF, EP y NS. En contraste el testigo (T1) tuvo los promedios más bajos para estas mismas variables (ver Cuadro 19). El segundo componente contrasta el tratamiento T2 (lixiviado de lombriz) el cual tuvo los frutos de mayor tamaño (DE=61.8mm, DP=52.8 mm y NL=7.0) con el T3 (FertiHumus) que presentó los frutos de menor tamaño (DE=56.5 mm, DP=45.4 mm y NL=3.7.). Con respecto a los tratamientos T5 (triple 20 + enraizador) y el T6 (FertiHumus + Fertiplus), estos registraron los más bajos promedios en las variables SST, y en las de tamaño de la hoja (LH y AH) estos resultados se presentan el Cuadro 19.



AP= altura de planta, DT= diámetro de tallo, LH= largo de hoja, AH= ancho de hoja, DE= diámetro ecuatorial, DP= diámetro polar, SST= sólido solubles totales, EP= espesor de la pulpa, NL= número de lóculos, NS= número de semillas, PF=Peso de fruto.

Figura 21. Gráfica Biplot que muestra las 11 variables fenológicas y la distribución de los tratamientos de fertilización química y orgánica en base a los dos primeros componentes principales.

Correlaciones fenotípicas

Los coeficientes de correlación entre las variables evaluadas en la variedad de tomate Missuori se presentan en el Cuadro 22. La variable LH se correlacionó positivamente y con alta significancia con AH ($r= 0.891^{**}$) y con SST ($r=0.821^{**}$), esta relación indica que con una mayor superficie foliar se tiene un aumento en la tasa fotosintética y por ende una mayor producción de sacarosa. En la formación del fruto, un incremento en DP se correlacionó positivamente con en el aumento del NL ($r= 0.905^{**}$). La correlación positiva entre EP y NS ($r= 0.871^{**}$) está influenciada por las semillas en desarrollo las cuales liberan hormonas (auxinas y giberelinas), Diaz (2017), menciona que estas hormonas ayudan a la división y la elongación celular que ayudan a tener un mayor tamaño de frutos. Finalmente, es importante mencionar a las variables que contribuyeron positivamente al PF, fueron EP ($r=0.955^{**}$) y NS ($r=0.874^{**}$), respectivamente.

Cuadro 22. Correlaciones entre las variables fenológicas evaluadas en la variedad de tomate Missouri en el Ciclo O-I 2023 en la UAAAN.

	AP	DT	LH	AH	DE	DP	SST	EP	NL	NS
DT	-0.089									
LH	0.035	0.289								
AH	0.192	0.259	0.891**							
DE	-0.176	0.530	-0.286	-0.128						
DP	-0.196	0.575	-0.200	-0.334	0.778					
SST	-0.330	0.274	0.821**	0.740	0.136	0.117				
EP	-0.460	0.395	-0.030	0.214	0.347	-0.120	0.111			
NL	-0.230	0.249	-0.187	-0.298	0.742	0.905**	0.253	-0.259		
NS	-0.130	0.034	-0.220	0.157	0.181	-0.415	0.167	0.871**	-0.469	
PF	-0.231	0.499	-0.082	0.229	0.492	-0.015	0.032	0.955**	-0.187	0.874**

**Altamente significativo al nivel de probabilidad 0.01. AP= altura de planta, DT= diámetro de tallo, LH= largo de hoja, AH= ancho de hoja, DE= diámetro ecuatorial, DP= diámetro polar, SST= sólido solubles totales, EP= espesor de la pulpa, NL= número de lóculos, NS= número de semillas, PF= peso de fruto.

V. CONCLUSIONES

En los tratamientos de fertilización aplicados en la variedad de tomate evaluada, se obtuvieron las siguientes conclusiones.

- La expresión fenológica de las variables agronómicas en la variedad de tomate Missouri presentaron una respuesta diferente según el tipo de fertilizante aplicado.
- El análisis de conglomerados fue útil para clasificar los tratamientos de fertilización y mostro una similitud entre los tratamientos T5 (fertilización química) y T6 (fertilización mixta) en la mayoría de las variables, por lo que formaron un solo grupo.
- En el análisis de ACP, con dos primeros componentes principales se explicó el 60.2% de la variación total de los datos. Las variables de mayor importancia para los tratamientos de fertilización en el CP1, fueron el PF y EP; en el CP2 las variables DP y NL.
- Se presentó una correlación positiva y altamente significativa entre AH y LH ($r= 0.891^{**}$), además la correlación positiva entre LH y SST ($r= 0.821^{**}$) produjo un incremento significativo en el contenido de SST. La variable DP influyó positivamente en el incremento del NL ($r= 0.905^{**}$). El EP se correlacionó positivamente con el NS ($r= 0.871^{**}$) y con el PF ($r= 0.955^{**}$).
- Los efectos de los tratamientos de fertilización en las variables agronómicas evaluadas en la variedad de tomate Missouri, fueron los siguientes: El T4 (químico) presento los más altos promedios en las variables: EP (8.7 mm), NS (101.8) y PF (202.2 g). El T3 (orgánico) destaco en las mismas variables con promedios de EP (7.2 mm), NS (87) y PF (171.2 g). Con respecto al T6 (mixto) promedió un alto NS (94.7), sin embargo, obtuvo un bajo PF (153.1 g). El T5 (químico), a pesar de que tuvo una buena composición química no presentó buenos resultados en las variables de EP (7.0 mm), NS (72), dando como resultado un bajo promedio en el PF (150.1 g). Por último, el T2 (orgánico) solo destaco en las variables de DE (61.8 mm), DP (52.8 mm) y NL (7) por lo que se obtuvieron frutos de mayor tamaño.
- El T4 de origen químico presento el más alto promedio en el PF con respecto al T3 de origen orgánico, el cual presento un comportamiento similar al T4, obteniendo el segundo mejor promedio en la variable PF.

VI. LITERATURA CITADA

Ahmed L, Martin-Diana AB, Rico D, Barry-Ryan C. (2011). Las propiedades antioxidantes de los tomates recién cortados tratados con permeado de suero. Química alimentaria, págs. 1451-1457

Anlar, H, G, Bacanli M. (2020). Lycopene is an antioxidant in human health and diseases. Pathology, pp. 247-254

Amigo A. (2018). Características de la plata de tomate. MundoHuerto. <https://www.mundohuerto.com/cultivos/tomate/caracteristicas>

Barbara. A. (2025), ATZI. El tomate: beneficios y consejos para aprovechar al máximo esta deliciosa fruta. Recuperado de: <https://www.azti.es/tomate-beneficios-y-consejos/>

Bergougnoux, V. (2014). The History of Tomato: from domestication to biopharming. Biotechnology Advances, 32(1), 170-189.

Bourbos, V.A y Skoudridakis,M.T. 1996. Soil Solarization for the Control of Verticillium Wilt of Greenhouse Tomato. Laboratory of Plant Pathology, National Agricultural Research Foundation, Subtropical Plants and Olive Trees. Institute of Chaina, Agrokipio, Chaina, Greece.

CABI. (2020). SENASICA. Ficha técnica de *Tetranychus urticae* Koch (Arachnida: Acari: Tetranychidae). Recuperado de: https://cesavem.mx/fichas/Ficha_tecnica:tetranychusurticae.pdf

Carbajal, B. (2025). Las exportaciones de jitomate se dispararon 408% en 18 años a causa del TLCAN. La Jornada. Recuperado de: <https://www.jornada.com.mx/noticia/2025/04/16/economia/las-exportaciones-de-jitomate>

Cheng HM, Koutsidis G, Lodge JK, Ashor AW, Siervo M, Lara J (2019). Lycopene and tomato and risk of cardiovascular diseases: a systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., pp. 141-158

Ceballos, Mercado, J.G. (2024). Efecto de la aplicación combinada de fertilizante químico, vermicomposta y micorrizas en cultivo de tomate [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Sinaloa]. Universidad Autónoma de Sinaloa.

Deiss, F. (2024). CABI. Conocimiento y manejo de trips. Recuperado de: <https://bioprotectionportal.com/es/resources/thrips-overview-pest-control/>

Del Ángel, O. M. (2012). Caracterización Química de Tres Lixiviados de Lombriz (*Eisenia foetida*). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ing. Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.

Delta S. (2025). Ficha Técnica del FertiDrip[©] N20-P20-K20, FertiHUMUS L, Magic Root M.R, FertiDrip[©] N20-P30-K10, FertiPlus[©]. Agroformuladora Delta' S. A. de C. V. 1 p.

Díaz, M. D. (2017). Las Hormonas Vegetales en las Plantas. Serie Nutrición Vegetal Núm. 88. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.

Ecu Red. (2019). Clasificación taxonómica. Consultado el 25 de agosto del 2025 en <https://www.ecured.cu/index.php?title=Tomate&oldid=3464417>

Estrada, R. G. Valenzuela. G. (2009). Marchitez del tomate y pudrición de la corona y raíz. En J. Z. Castellano (Ed). Manual de producción de tomate en invernadero. pp. 349-356

García, J. D, Hernández Mera, J. L. (2009). Arana roja (*Tetranychus urticae*). En J. Z. Castellano (Ed). Manual de producción de tomate en invernadero. pp 315-319

García, D. J., Xalamihua Tehuacatl, P. J., Hernández Mera, J. L. (2009). Verticilosis del tomate. En J. Z Castellano (Ed). Manual de producción de tomate en invernadero. pp. 357-360

García, J. D, Mera Hernández, J. L. Tehuactl Xalamihua, J. P. (2009). Nemátodos. En J. Z. Castellano (Ed). Manual de producción de tomate en invernadero. pp 403-408

Garzón, T. A Becerra, A. Marín, A, Mejía y C. Byerly. (2003). Manejo integrado de la enfermedad “permanente del tomate” en el bajío, p. 95-100. In: M.R Burjano y J.A Marín (coord.) Memoria del taller sobre insectos vectores de virus y fitoplasmas en cultivos de solanáceas. SAGARPA, INIFAP, SDA, Fundación Produce A. C., Gto., CESAVE, UARPAPA-Gto., CONAPAPA. Celaya, Gto.

InfoAgronomo. (2023). Fenología del tomate. Consultado en:
<https://infoagronomo.net/fenologia-del-tomate/>

INTAGRI (2018). Phytophthora infestans", un Patógeno Devastador para las Hortalizas. Consultado en: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/phytophthora-infestans-un-hongo-devastador-para-las-hortalizas>

Ingham, E. (2001). Compost Tea. Promises and Practicalities Article: Part 1. Oregon US. Soil Footweb Incorporated.

Jones, J.P. (2001). La podredumbre negra del cuello. In: Jones, R.E. Stall y T.A. Zitter. Plagas y enfermedades del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. España. 76 p.

Koppert. (2021). Control biológico preventivo para frenar la plaga del minador. Consultado en: <https://www.koppert.es/noticias/2021/control-biologico-preventivo>

Long, J. (1995). De tomates y jitomates en el siglo XVI. Estudios de Cultura Náhuatl, 25, 239-252.

Martínez B. N, Galván M. & Arroyo S. H. (2005). Manejo de plagas. Martínez B. N & López A. J (eds). *Producción de jitomate en invernadero*. pp 127.

Malais, M. H. Y W. J. Rovensverg. (2006). Knowing and recognizing. the biology of glasshouse pests and their natural enemies. Red bisuness information. EUA. pp. 21-53

Márquez Quiroz, S. (2011). Elaboración de Lombricomposta y Humus de Lombriz en Los Mochis, Sinaloa. [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <http://repositorio.uaaan.mx>

Michaelson MJ, Price HJ, Ellison Jr y Johnston JS (1991), comparación del contenido de adn vegetal determinado por microespectrofotometría de feulgen y citometría de flujo láser. american journal of botany, 78: 183-188.

Nuez, F. (1999). El cultivo de tomate. Ediciones Mundi-Prensa. pp. 394-400

Navarro, Y. (2023). Guía para la producción de lombricompost con subproductos de café y lombriz (*Eisenia foetida*). Recuperado en:

[https://www.anacafe.org/uploads/file/56fbddb9b6db40c182e9886b85f5583c/
Guia-produccion-lombricompost.pdf](https://www.anacafe.org/uploads/file/56fbddb9b6db40c182e9886b85f5583c/Guia-produccion-lombricompost.pdf)

Parmar M, Rajput H, Johri S (2021). *Solanum lycopersicum*, un reservorio de antioxidantes. Terapias basadas en antioxidantes para la prevención y el manejo de enfermedades, Apple Academic Press, págs. 253-268

Paulos, A. O. (2001). La podredumbre del cuello y raíces. In: Jones, J.B, J.P. Jones, R.E. Stall y T.A. Zitter. Plagas y enfermedades del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. España. pp. 14

Przybylska S (2020). Lycopene—a bioactive carotenoid offering multiple health benefits: a review Int. J. Food Sci. Technol., pp. 11-32

Pohronezny, K.L. (2001). La verticilosis del tomate. In: Jones, J.B. J.P, Jones, R.E. Stall y T.A. Zitter, 2001. Plagas y enfermedades del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. España. p. 23-24

Quinet M, Angosto T, Lisbona FJ, Blanchard R, S.Gros, Martínez JP, Lutts S. (2019). Desarrollo y metabolismo del fruto del tomate. Frente. Ciencias Vegetales. 10.3389/fpls.2019.01554

Rodríguez, R. Tabares, J, M. Media, J, A. (2001). Cultivo moderno de tomate. 2^a. Ed. Mundi-Prensa México.

Rueda, A. Y Shelton, M. A. (2008). Tizón temprano del tomate. Consultado en:<http://www.nysaes.cornell.edu/ent/hortcrops/spanish/eblight.html>

Sá-Argolo P. (2012). Gestión integrada de la araña roja *Tetranychus urticae* Koch (Acarí: Tetranychidae): optimización de su control biológico en clementinos. Tesis Doctoral. 140 pp.

Shi, J, Le Maguer M (2000). Licopeno en tomates: propiedades químicas y físicas afectadas por el procesamiento de alimentos. Revista Crítica de Ciencias de la Alimentación y Nutrición, págs .1-42, 10.1080

SADER (2019). ¿Tomate o Jitomate? Recuperado de: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/tomate-o-jitomate>

Sánchez-Sánchez, M., Aispuro-Hernández, E., Quintana-Obregón, E. A. y Martínez-Téllez, M. (2023). The tomato brown rugose fruit virus is restricted to specific areas in Sonora, Mexico, a study of 2021-2022 season. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 26: 1-8

SADER (2022). Jitomate, hortaliza mexicana de importancia mundial. Recuperado de:
<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-jitomate-hortaliza-mexicana-de-importancia-mundial?idiom=es>

SADER (2024). Jitomate mexicano, entre los cinco principales productos agrícolas generadores de divisas: Agricultura. Recuperado de:
<https://www.gob.mx/agricultura/prensa/jitomate-mexicano>

Sánchez Delgadillo. F. García, J. D, y Tehuacatl. J. P. (2009). Tizón temprano. En J. Z Castellano (Ed). Manual de producción de tomate en invernadero. pp. 373-376

Sherman, J. (2024). Post season global tomato crop update. Tomato Processing and Packing Company - Morning Star Co; Morning Start Company.
<https://www.morningstarco.com/2024-post-season-global-tomato-crop-update/>

SIAP (2024). Escenario mensual de productos agroalimentarios. Recuperado:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/938464/Jitomate_Julio.pdf

Vasilenko, V. (2002). Hydroponics and humates: ancient acids for modern agriculture, Growing Edge 14(1): 64-69.

Vázquez, L. Murgido, C. Elizondo, A. Elósegui, O. & Morales, F. (2007). Control biológico de mosca blanca. Cali, Colombia. INISAV. Recuperado de:
<https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REH10C397c.pdf>

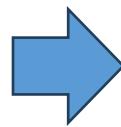
Velasco Silva, J. L. Arévalo Zarco, J. (2009). Paratrioza (*Bactericera cockerelli* Sule). En J. Z. Castellano (Ed). Manual de producción de tomate en invernadero. pp 267-282

Vivanco Jiménez, M. (2024). Análisis de algunas propiedades fisicoquímicas de lixiviado de lombriz enriquecido con aminoácidos, guano de murcielago, algas marinas y catalizadores microbianos. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
<https://hdl.handle.net/20.500.12371/28959>

VII. APÉNDICE



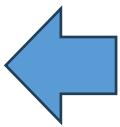
Preparación de charola con Peat Most y Vermiculita para la siembra de semilla de tomate var. Missouri.



Trasplante de plántula de tomate.



Plántula de tomate de variedad Missouri, después de dos semanas del trasplante.



Trasplante de plántula de tomate, bajo un sistema de riego por goteo.



A) Fertilizantes químicos y orgánicos utilizados en el experimento. **B)** Lixiviado de lombriz.

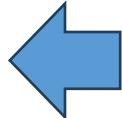


C) Insecticidas utilizados para el control de plagas y **D)** extracto de chile de árbol usado como repelente.

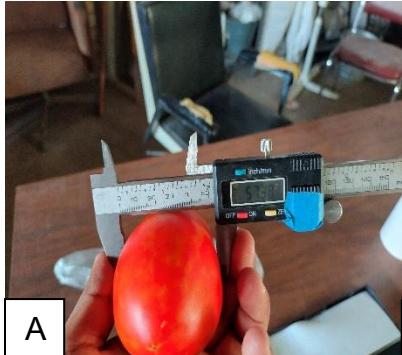




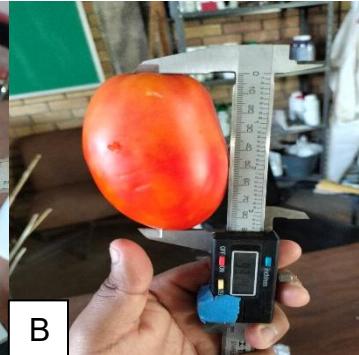
Toma de peso de los frutos de tomate.



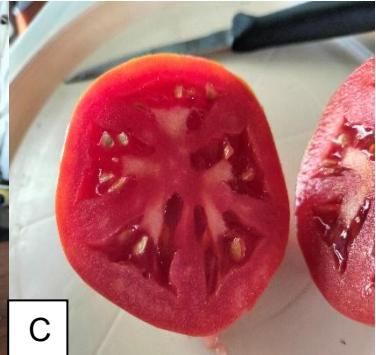
Cosecha de tomate variedad Missouri para evaluación de las variables.



A

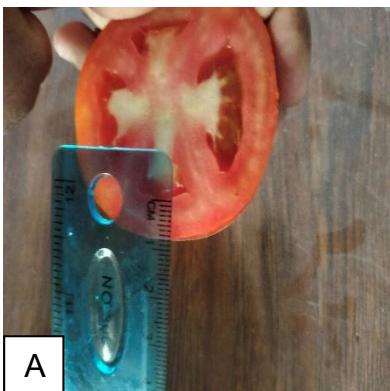


B

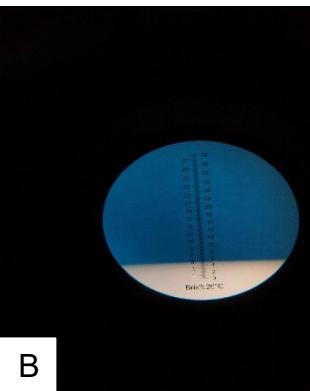


C

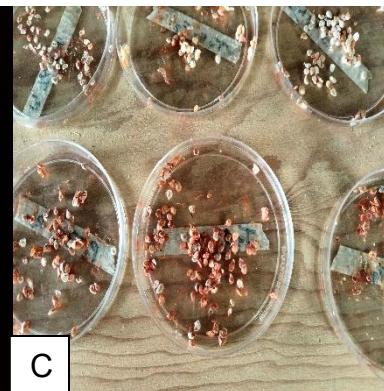
A) Medición de diámetro ecuatorial usando un Vernier digital. B) Medición de diámetro polar usando un Vernier digital. C) Conteo de número de semillas y número de lóculos.



A



B



C

A) Medición de espesor de la pulpa. B) Medición de Sólidos Solidos Totales (Grados brix °). C) Conteo de número total de semillas por fruto.