

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**Evaluación del rendimiento del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado
en casa sombra con abonos orgánicos**

POR

YOOARICK LEAL NAVARRO

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

FEBRERO DE 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Evaluación del rendimiento del tomate
(*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en casa sombra con abonos
orgánicos


POR
YOOARICK LEAL NAVARRO

TESIS

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

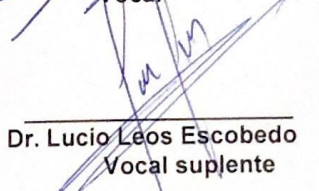
INGENIERO AGRÓNOMO

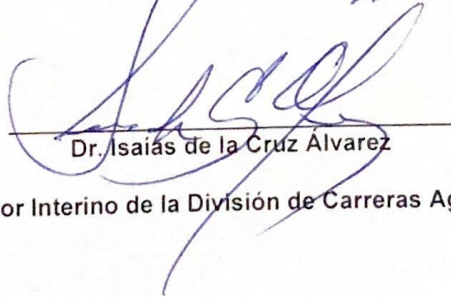
APROBADA POR


Dr. Alejandro Moreno Reséndez
Presidente


Dr. Rubén López Salazar
Vocal


Dr. Héctor Javier Martínez Agüero
Vocal


Dr. Lucio Leos Escobedo
Vocal suplente


Dr. Isaiás de la Cruz Álvarez

Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Torreon, Coahuila, México
Febrero 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Evaluación del rendimiento del tomate
(*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en casa sombra con abonos
orgánicos

POR
YOOARICK LEAL NAVARRO

TESIS

Que se somete a la consideración del Comité de Asesoría como
requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

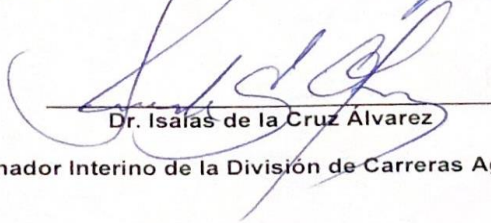
APROBADA POR


Dr. Alejandro Moreno Reséndez
Asesor Principal


Dr. Rubén López Salazar
Co Asesor

Dr. Héctor Javier Martínez Agüero
Co Asesor

Dr. Lucio Leos Escobedo
Co Asesor


Dr. Isaiás de la Cruz Álvarez

Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Torreón, Coahuila, México
Febrero 2022

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Nieves María Navarro Gonzales y Gerardo Leal Beltrán por haberme dado la vida y por haberme apoyado para obtener un logro tan importante en esta etapa de mi vida.

A mis hermanos Coeyfer Leal Navarro, Erick Leal Navarro y Wilver leal navarro por ser parte de mi familia y por haberme brindado su apoyo incondicional.

A mi Alma Mater por aceptarme como estudiante y por brindarme una formación como profesionalista.

A mis asesores el Dr. Rubén López Salazar, Dr. Héctor Javier Martínez agüero y al Dr. Lucio Leos Escobedo por brindarme su apoyo y conocimiento.

Al Dr. Alejandro Moreno Reséndez por brindarme todo su apoyo y permitirme formar parte de este proyecto para realizar mi tesis de titulación.

Al Ing. José Villareal por brindarme sus consejos y apoyo durante toda mi estancia en la universidad

A todos los docentes del Departamento de Fitomejoramiento por brindarme su conocimiento y su amistad.

DEDICATORIAS

A mis padres, Nieves María Navarro González y Gerardo Leal Beltrán por qué gracias a ellos y su apoyo salí adelante, brindándome consejos que ayudaron a mi superación y entrega, ya que sin sus buenos deseos esta meta no hubiera sido completada, el día de hoy puedo ver completada la meta que gracias a su apoyo pude seguir durante toda la carrera por qué el orgullo y esperanzas que ellos tenían en mí fue lo que me hizo llegar hasta aquí. Este pequeño trabajo fue hecho por ustedes, ya que sin su ayuda no estaría en este punto de mi vida por todo eso y más estoy totalmente agradecido.

A mis hermanos por su gran comprensión y apoyo moral en todos los momentos de mi carrera, ya que a su gran esfuerzo y lucha hoy lo he logrado.

Y por último a mí por dedicar este momento tan importante, por no darme por vencido y seguir dándome ánimos, ya que en ocasiones el principal obstáculo para realizar nuestros propósitos somos uno mismo.

RESUMEN

El presente experimento se realizó durante el ciclo primavera-verano 2021 dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narró Unidad - Laguna. Con el propósito de evaluar el efecto de los abonos orgánicos y el rendimiento en tomate (*Solanum lycopersicum L.*). Las actividades iniciaron el 13 de abril del 2021 con la preparación de sustratos, identificación y llenado de macetas, el 16 de abril del 2021 se continuó con la distribución de tratamientos dentro de la malla sombra. La siembra se realizó el 17 de abril del 2021 utilizando la semilla de Tomate Roma, Saladette. Empezando con un riego diario de 1.0 L de agua de riego hasta la emergencia. La evaluación contó con 14 tratamientos los cuales seis fueron fertilizados con lixiviado de vermicompost (LVC), dos con solución nutritiva (SNS) y ocho con agua (AR), teniendo de base el vermicompost como fertilizante orgánico. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar y cada tratamiento contó con seis repeticiones, dos se usaron para reducir el efecto orilla, dejando cuatro macetas por repetición para registrar variables. En estas se evaluó diámetros polar y ecuatorial, número de lóculos, espesor de pericarpio, sólidos solubles, resistencia del fruto, peso del fruto y rendimiento. Para la cuantificación de las variables se seleccionaron los frutos dos y tres de cada racimo, de los cinco racimos primeros, de cuatro plantas o repeticiones por tratamiento, cuando éstos alcanzaron un color rojo intenso, mientras que para el rendimiento por cada planta se registró tanto el peso como el número de todos y cada uno de los frutos y con estos datos y la densidad de plantas de 4.2 macetas m^{-2} , se estimó el rendimiento por hectárea. El análisis estadístico para determinar el efecto de los tratamientos en estudio se usó los datos obtenidos para las diferentes variables evaluadas, fueron estadísticamente analizadas, aplicando el análisis de varianza y la prueba de Tukey, a un nivel de significancia del 0.05 %. Los resultados obtenidos determinaron que cinco variables obtenidas: Diámetro polar, Espesor de pericarpio, Peso del fruto, resistencia a penetrometro y sólidos solubles son diferentes estadísticamente mientras que diámetro ecuatorial y número de lóculos resultaron iguales estadísticamente.

Palabras clave: Lixiviado, Vermicompost, Pericarpio, Penetrometro, Solubles

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIAS.....	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo	3
1.2 Hipotesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Generalidades del tomate	4
2.2 Origen	5
2.3 Clasificación taxonómica del tomate.....	6
2.4. Descripción morfológica	6
2.4.1 Raíz.....	6
2.4.2 Tallo	7
2.4.3 Hoja.....	7
2.4.4 Flor.....	8
2.4.5 Fruto	8
2.5 Contenido nutricional.....	9
2.6 Requerimientos climaticos	9
2.6.1 Temperatura	10
2.6.2 Humedad relativa	10
2.6.3 Viento	10
2.6.4 Luminosidad	11
2.7 Sustratos organicos	11
2.7.1 Tipos de sustratos organicos	12
2.7.2 Características físicas de los sustratos	12
2.7.3 Características químicas de los sustratos.....	12
2.7.4 Características biológicas de los sustratos	13
2.8 Abonos orgánicos	13
2.9 Vermicompost	14
2.10 Lixiviado de vermicompost.....	14

2.11 Soluciones nutritivas.....	15
2.12 Agricultura orgánica	15
2.13 Agricultura protegida.....	16
2.13.1 Micro túnel	17
2.13.2 Macro túnel	17
2.13.3 Mallas sombra	17
2.13.4 Invernaderos.....	18
2.14 Investigaciones realizadas con abonos orgánicos	18
2.15 Producción mundial del tomate	20
2.16 producción nacional de tomate	21
2.17 Producción regional de tomate	21
2.18 producción nacional convencional	22
2.19 producción nacional orgánica	22
2.20 Producción nacional en malla sombra	23
2.21 Producción nacional en invernadero.....	23
2.22 Producción nacional en macro túnel.....	24
III. MATERIALES Y METODOS	25
3.1 Ubicación geográfica	25
3.2 Localización del experimento	25
3.3 Condiciones experimentales	26
3.4 Diseño experimental.....	26
3.5 Tratamientos de estudio	26
3.6 Llenado de macetas.....	27
3.7 Siembra	27
3.8 Germinación y emergencia.....	28
3.9 Riego	28
3.10 Fertilización.....	28
3.11 Labores culturales.....	30
3.11.1 Polinización.....	30
3.11.2 Tutorio	30
3.11.3 Podas	31
3.11.4 Control de plagas.....	31
3.11.5 Control de malezas	31

3.11.6 Cosecha.....	32
3.12 Variables evaluadas	32
3.12.1 Peso del fruto	32
3.12.2 Diámetro polar	32
3.12.3 Diámetro ecuatorial.....	33
3.12.4 Espesor de pericarpio	33
3.12.5 Número de lóculos.....	33
3.12.6 Resistencia física	33
3.12.7 Solidos solubles	33
3.13 Análisis estadístico.....	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1 Diámetro polar.....	36
4.2 Diámetro ecuatorial.....	37
4.3 Espesor de pericarpio	38
4.4 Numero de lóculos.....	38
4.5 Peso del fruto	39
4.6 Resistencia física	39
4.7 Sólidos solubles	40
4.8 Numero de futos por planta.....	41
4.9 Peso de frutos por planta	42
4.10 Rendimiento	42
V. CONCLUSIÓN	44
VI. LITERATURA CITADA.....	45

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica.....	6
Cuadro 2. Valor nutricional.....	9
cuadro 3. Volumen de producción por entidades.....	21
Cuadro 4. Volumen de Producción regional.....	21
Cuadro 5. Volumen de Producción convencional	22
Cuadro 6. Volumen de producción orgánica.....	22
Cuadro 7. Volumen de Producción en malla sombra.....	23
Cuadro 8. Tratamientos evaluados, composición de los sustratos por tratamiento y frecuencia de aplicación de la solución nutritiva, el lixiviado de vermicompost.....	27
Cuadro 9. Composición nutricional de la solución nutritiva	29
Cuadro 10. Valores promedio y significancia estadística de las variables evaluadas durante el desarrollo del tomate, bajo condiciones de malla sombra, con aplicación de abonos orgánicos	35
Cuadro 11. Valores promedio y significancia estadística del rendimiento durante el desarrollo del tomate, bajo condiciones de malla sombra, con aplicación de abonos orgánicos	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Volumen de la producción nacional	20
Figura 2. Localización del experimento	25

I. INTRODUCCIÓN

El tomate a nivel Mundial ocupa el tercer lugar en producción, debido a que es una de las hortalizas con mayor demanda. Este producto es uno de los más consumidos en todo México y en momentos llega a alcanzar precios muy elevados en el mercado. Esta hortaliza en México llega a ocupar el primer lugar como una de las más consumidas (SAGARPA, 2017).

Debido al gran aumento de la población en el mundo se ha generado un incremento en la demanda de productos agrícolas y en una forma más sustentable de producir. Tal es el caso de los tomates que es un producto con mucha demanda a nivel nacional. Una de las principales dificultades actuales para su producción agrícola es el uso intensivo de agroquímicos, que tienen un elevado uso en la agricultura actual y a su vez ocasionan un daño al ecosistema en general (Ramírez, 1996).

La producción del tomate está generalizada en grandes extensiones, debido a la alta demanda la siembra para satisfacer las necesidades, teniendo en cuenta esto el ecosistema en sí no proporciona los recursos necesarios para sostener el consumo, con base en lo anterior el uso de productos agrícolas como los agroquímicos es cada vez más alta y por ello los efectos en el ecosistema son iguales teniendo un desgaste del suelo y la pérdida de materia orgánica del suelo (García-Hernández *et al.*, 2010).

Se ha atraído la atención mundial hacia la utilización de prácticas de producción de cultivos sostenibles y ambientalmente amigables con nuevos recursos, De igual

manera existe gran preferencia entre los consumidores por los alimentos frescos, libres de agroquímicos, inocuos y con alto valor nutricional; una alternativa para su generación es la producción orgánica, sistema que prohíbe el uso de productos sintéticos. (Zandonadi *et al.*, 2014).

De acuerdo con Senés *et al.*, (2019), el uso de materiales humificados, y/o sometidos a los procesos de compostaje y Vermicompostaje con componentes microbiológicos, así como sus derivados han mostrado sus grandes bondades, no solo en el incremento de los rendimientos de los cultivos, sino también en la protección ante eventos de estrés biótico y abiótico, al igual en el mejoramiento de las propiedades físicas, físico-químicas y biológicas de los suelos.

La razón del creciente interés por incorporar insumos orgánicos al suelo, como el vermicompost, como un sustituto ecológico de los fertilizantes de síntesis química (Ramnarain and Ori, 2019), se debe a que posee gran contenido de elementos nutritivos, fácilmente asimilables como N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, entre otros, además contiene sustancias biológicamente activas que pueden actuar como reguladores del crecimiento vegetal, no solo puede aumentar la producción de cultivos, sino también actúa como mejorador del suelo y al mismo tiempo previene de plagas (Joshi *et al.*, 2015).

Varios estudios se han enfocado al uso de vermicompost, el cual es obtenido de residuos orgánicos digeridos por lombrices, que los convierten en fertilizantes orgánicos para ser usados en la producción de alimento libre de productos sintéticos

(Sinha *et al.*, 2010). Un residuo orgánico importante en la Comarca Lagunera es el estiércol de bovino, ya que existen 400 000 cabezas de ganado bovino lechero estabulado que anualmente excreta cerca de un millón de toneladas de estiércol, el cual es de uso potencial para la obtención de lombricompost para ayudar al crecimiento de las plantas y devolver al suelo muchos de los elementos extraídos durante el proceso productivo (Cerrato *et al.*, 2007).

1.1 Objetivo

Evaluar el rendimiento del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en casa sombra con abonos orgánicos

1.2 Hipotesis

Los abonos orgánicos podrán incrementar el rendimiento de los frutos en el cultivo de tomate

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del tomate

El tomate es la hortaliza más popular y aceptada en la cultura gastronómica del mundo, se cultiva en más de cien países para consumo en fresco o para su industrialización. Los diez principales países productores que concentran más de 80 por ciento del total mundial son: China, Estados Unidos, India, Egipto, Turquía, Italia, Irán, España, Brasil y México. Los tres primeros marcan las tendencias de precios y consumo mundiales (FAO, 2012).

En México se siembran anualmente alrededor de ochenta mil hectáreas con un rendimiento promedio de 28 toneladas por hectárea en condiciones de campo, por lo cual es la hortaliza más importante por la superficie sembrada, su volumen en el mercado nacional, la generación de empleos y su valor de producción (Nieto y Velasco 2006), Además, como en casi todos los países consumidores, la calidad del tomate fresco (sabor, color, tamaño, etc.) se sobrepone al precio y valor nutritivo al momento de la elección de compra por parte del consumidor final (González *et al.*, 2004).

El tomate es una planta perenne anual con una estructura de arbusto, se desarrolla de forma rastrera naturalmente, semidirecta o de manera Directa. De acuerdo al hábito de crecimiento o el manejo que se le de, las variedades se dividen en determinadas e indeterminadas. En las variedades determinadas el crecimiento es limitado, de tipo arbusto, bajo, Compacto y la producción del fruto se concentra en un periodo relativamente corto (INTA, 2016), y las variedades de crecimiento

indeterminado donde comienza en la axila de la hoja más joven (la que está inmediatamente por debajo del racimo floral más reciente), una yema vegetativa que continúa el crecimiento y desplaza esta hoja a una posición por encima del racimo floral más reciente y sigue su crecimiento formando tres o cuatro hojas y luego un nuevo racimo floral. A partir de ahí el proceso se vuelve repetitivo, pues debajo de la nueva inflorescencia surge una yema que desarrolla nuevamente 3 o 4 hojas y un nuevo racimo floral y así sucesivamente se repite esta secuencia de crecimiento hasta que las condiciones sean favorables. De esta forma las variedades de crecimiento indeterminado pueden crecer alcanzando longitudes mayores (Escobar y lee, 2009).

2.2 Origen

El cultivo de tomate se encuentra ampliamente distribuido en el mundo y representa uno de los alimentos de mayor consumo, debido a su participación tradicional en la dieta y su importante intervención en el fomento de la seguridad alimentaria (Monardes, 2009).

Se originó muy probablemente en las tierras altas de la costa occidental de Sudamérica. Investigaciones posteriores han precisado que esta y otras hortalizas se cultivaron en forma continua por las culturas que florecieron en los Andes desde tiempos preincaicos (antes de la formación del Imperio inca). Ya en el 700 a. C. El tomate se cultivaba en México, Si bien ambos centros de origen del tomate cultivado Perú y México han sido postulados y se ha proporcionado evidencia en uno u otro sentido, no existen pruebas concluyentes que apoyen de manera incontrovertida uno de tales sitios como el lugar donde el tomate ha sido domesticado a partir de su

ancestro silvestre. Más aún, puede ser que este cultivo haya sido domesticado independientemente por las culturas precolombinas que habitaban lo que actualmente es México y Perú. La palabra tomate procede del náhuatl *tomātl*, “agua gorda”. En el norte y sur de México, que no son regiones náhuatl, se le llama simplemente tomate (no se le agrega el prefijo “ji”) a cualquier versión de este fruto (SADER, 2019).

2.3 Clasificación taxonómica del tomate

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del tomate

Familia	<i>Solanaceae</i>
Genero	<i>Solanum</i>
Especie	<i>Lycopersicum</i>
Nombre Científico	<i>Solanum lycopersicum</i>
Nombre Común	Tomate, Jitomate

2.4. Descripción morfológica

El tomate cultivado corresponde, básicamente, a *L. esculentum*, aunque también se cultiva una fracción de la variedad botánica cerasiforme y de *L. pimpinellifolium* ("cherry", "cereza", o "de cóctel"). El mejoramiento ha generado muchas variedades distintas para fines muy específicos (Fornaris, 2007).

2.4.1 Raíz

Posee una raíz pivotante fuerte, la cual frecuentemente se afecta durante la producción de plántulas para trasplante. En siembra directa, el sistema de raíces del tomate posee el potencial de alcanzar profundidades de más de 48 pulgadas, en

algunos casos de hasta 120 pulgadas, cuando las condiciones del suelo le son bien favorables para su desarrollo. De la raíz principal se forma un sistema denso de raíces laterales fibrosas, con el potencial de alcanzar un radio de hasta 60 pulgadas. Cuando se utiliza la siembra de trasplantes, la planta tiende a desarrollar un sistema de raíces que se concentra en las primeras ocho a diez pulgadas del suelo. Este comportamiento también ocurre cuando el riego se realiza con mucha frecuencia o el agua llega a poca profundidad. De los nudos inferiores del tallo y ramas principales se pueden desarrollar raíces adventicias (INTA, 2016).

2.4.2 Tallo

Es grueso, pubescente, anguloso y de color verde. Mide entre dos y cuatro centímetros de ancho y es más delgado en la parte superior. En el tallo principal se forman tallos secundarios, nuevas hojas y racimos florales, y en la porción distal se ubica el meristemo apical, de donde surgen nuevos primordios florales y foliares (Monardes, 2009). Inicialmente el tallo tiene una apariencia herbácea; está compuesto de epidermis con pelos glandulares, corteza, cilindro vascular y tejido medular (Escobar y lee, 2009).

2.4.3 Hoja

Esta es pinnada y compuesta. Presenta de siete a nueve foliolos peciolados que miden 4.60 mm x 3.40 mm, lobulados y con borde dentado, alternos, opuestos y, por lo general, de color verde, glanduloso-pubescente por el haz y ceniciento por el envés. Se encuentra recubierta de pelos glandulares y dispuestos en posición alternada sobre

el tallo (Monardes, 2009). La posición de las hojas en el tallo puede ser semirrecta, horizontal o inclinada, Puede ser de tipo enana, hoja de papa, estándar (IPGRI, 1996).

2.4.4 Flor

La es perfecta y regular. Los sépalos, los pétalos y los estambres se insertan en la base del ovario. El cáliz y la corola constan de cinco o más sépalos y de cinco pétalos de color amarillo, que se encuentran dispuestos de forma helicoidal. Poseen cinco o seis estambres que se alternan con los pétalos, formando los órganos reproductivos. El ovario tiene dos o más segmentos (IFSL, 2016).

Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimo, en grupos de tres a diez en variedades comerciales de tomate medianas y grandes. Las inflorescencias se ubican en las axilas, cada dos o tres hojas (INTA, 2016). Es normal que se forme la primera flor en la yema apical, mientras que las demás aparecen en posición lateral y por debajo de la primera, siempre colocándose alrededor del eje principal, siendo el pedicelo el que une la flor al eje floral (IFSL, 2016).

2.4.5 Fruto

El fruto es una baya bilocular o plurilocular, subesférica globosa o alargada, que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 g. El fruto está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. En estado inmaduro es verde y, cuando madura, es rojo (EDIFORM, 2006).

2.5 Contenido nutricional

El tomate es un alimento poco energético, dos tomates medianos aportan tan sólo 22 calorías. Aproximadamente 95 por ciento de su peso es agua, cerca de un cuatro por ciento son hidratos de carbono. Se le considera una fruta-hortaliza ya que contiene mayor cantidad de azúcares simples que otras verduras, lo que le confiere un ligero sabor dulce. También es fuente importante de ciertas sales minerales como potasio y magnesio, principalmente de su contenido en vitaminas destacan la B1, B2, B5, vitamina C y carotenoides como el licopeno (pigmento que da el color rojo característico al tomate). Estas dos últimas sustancias tienen carácter antioxidante con función protectora del organismo. Durante los meses de verano, el tomate es una de las fuentes principales de vitamina C (Navarro-Gonzales Y Periago, 2016)

Cuadro 2. Valor nutricional del tomate

	Contenido(100 g)
Kcl (kcal)	23
Agua (ml)	94.2
Hidratos de Carbono (g)	3.5
Fibra (g)	1.8
Proteínas (g)	1.0
Grasas (g)	0.2
Carotenos (mg)	820
Vitaminas (mg)	24

2.6 Requerimientos climaticos

El manejo de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos los factores se encuentran muy relacionados uno sobre el otro (Jasso-Chaverria *et al.*, 2012).

2.6.1 Temperatura

La temperatura óptima para un buen desarrollo del cultivo oscila entre 20 y 30 °C durante el día y 17 °C durante la noche, temperaturas superiores a los 35 °C afectan la fructificación por mal desarrollo de óvulos, el desarrollo de la planta y el sistema radicular también se dañan. Temperaturas menores a 12 °C ocasionan que la fecundación sea defectuosa, en algunas variedades e híbridos son muy sensibles a este factor (Jasso-Chaverria *et al.*, 2012).

2.6.2 Humedad relativa

La humedad relativa óptima para el cultivo de tomate está entre 60 y 80 por ciento. La humedad relativa elevada favorece el desarrollo de enfermedades en el follaje. La humedad relativa baja dentro de la malla sombra también afecta la fecundación, ya que el polen se reseca demasiado, lo cual dificulta la fijación del polen al estigma de la flor (IFSL, 2016).

2.6.3 Viento

La ventilación es un aspecto de suma importancia en la producción de cultivos protegidos, ya que facilita la entrada de aire fresco y elimina el aire caliente que se acumula dentro de la malla sombra, también ayuda a renovar los niveles de oxigenación por lo que es indispensable que la orientación de la malla sombra permita una buena circulación del aire (Jasso-Chaverria *et al.*, 2012).

2.6.4 Luminosidad

La luminosidad puede inducir de forma negativa sobre los procesos de floración y fecundación, así como el desarrollo vegetativo de la planta. Durante el periodo vegetativo resulta importante la interrelación que existe entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad (Jasso-Chaverria *et al.*, 2012).

2.7 Sustratos orgánicos

Un sustrato es un medio sólido e inerte con ciertas propiedades físicas, químicas y biológicas, que tiene una doble función: la primera es anclar y aferrar la raíz de la planta protegiéndola de la luz y permitiéndole la respiración, la segunda es contener el agua y los nutrientes que la planta necesita (Calderón y Cevallos, 2001).

Sustituyen al suelo en la función de sostenerlas, interviniendo directamente en su buen desarrollo desde el primer día que se coloca la planta en el sustrato, así como en la buena absorción de nutrimentos que requiere para su crecimiento (Escamilla-López *et al.*, 2018).

La calidad de los sustratos es importante para la producción de plantas en términos de sus características físico-químicas, éstos inciden de manera significativa en el crecimiento y desarrollo de la planta, por tanto, el sustrato debe poseer buenas propiedades, que posibiliten su uso, siendo necesario que éstos sean evaluados y así identificar aquéllos que presenten características aceptables para su utilización como sustratos en la producción de cultivos (López-Baltazar, 2013).

En la actualidad, existe una gran cantidad de materiales que pueden ser usados para la elaboración de sustratos, su elección depende de la especie vegetal a tratar, depende de la época de siembra, del sistema de propagación empleado, el costo, de la disponibilidad y de las características de los propios sustratos (Abad y Noguera, 2000).

2.7.1 Tipos de sustratos organicos

Hoy en día los sustratos alternativos a los convencionales más utilizados son: bagazo de maguey, desechos de prácticas agrícolas y forestales (pulpa de café, cascarilla de arroz, aserrín, bagazo de caña de azúcar, orujo de uva, orujo de aceituna, etc.) (de Medeiros *et al.*, 2007; Gomes *et al.*, 2008) también puede utilizarse la planta acuática *Hydrilla vertillata* (Santos y Camejo, 2010).

2.7.2 Características físicas de los sustratos

Vienen determinadas por la estructura interna de las partículas, su granulometría y el tipo de empaquetamiento (Pastor, 1999). Las cuales son: densidad real y aparente, distribución granulométrica, porosidad, aireación, retención de agua, permeabilidad, porosidad y estructura.

2.7.3 Características químicas de los sustratos

Estas propiedades vienen definidas por la composición de los materiales. se define como la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimenta las plantas a través de las raíces (Pastor, 1999). Las cuales son: capacidad

de intercambio catiónico, pH, capacidad tampón, contenido de nutrimentos y relación Carbono-Nitrógeno.

2.7.4 Características biológicas de los sustratos

Son las propiedades dadas por los materiales orgánicos, cuando estos no son de síntesis son inestables termodinámicamente y, por lo tanto, susceptibles de degradación mediante reacciones químicas de hidrólisis, o bien por la acción de microorganismos (Pastor, 1999). Sus características destacables son: contenido de materia orgánica y estado y velocidad de descomposición.

2.8 Abonos orgánicos

El uso de abonos orgánicos en la producción agrícola es considerado una práctica sustentable, ya que conserva y mejora las propiedades físicas y químicas del suelo (Meléndez, 2003). Con el paso del tiempo se ha demostrado que los abonos orgánicos favorecen el desarrollo de la biota del suelo, lo cual es deseable en un agro ecosistema, Además, los abonos orgánicos tienen el potencial de ser una fuente de nutrimentos económica y de gran eficacia en la nutrición de los cultivos. Dentro de los estiércoles, la gallinaza y la porqueraza son los más ricos desde el punto nutricional y de mayor liberación de nutrimentos en el primer año (Vander y wagg, 2013).

Los abonos orgánicos son un conjunto de materiales biodegradables ricos en bacterias nitrificantes y microorganismos activos que permiten una mayor disponibilidad de micro y macro nutrimentos como: N, P, K, Ca, Mg, Mn, en forma proteínica (electrolitos) lo que evita su lixiviación y garantiza la fertilidad

permanente del suelo para los cultivos, entre los abonos orgánicos sobresalen el compost, bocashi, vermicompost, lixiviado de vermicompost y estiércoles, ya que sus procesos de elaboración son métodos biológicos que transforman restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable (Fernández, 2009).

2.9 Vermicompost

La lombricultura es un proceso de biotransformación de residuos orgánicos en nuevos materiales más humificados para uso agrícola; que la materia orgánica transformada por las lombrices es llamada “vermicompost”, y es un material utilizable como sustrato hortícola y fertilizante del suelo, con buen contenido de nutrientes y “excelentes” características para la liberación equilibrada de los mismos (Hernández, *et al.*, 2008)

Es un proceso eco-tecnológico de bajo costo que permite la bio-oxidación, degradación y estabilización de residuos orgánicos por la acción conjunta de lombrices y microorganismos (Villegas y Laines, 2017). En las propiedades físicas, incrementa la porosidad, la capacidad de retención de agua, la circulación del aire y la estabilidad de los agregados; asimismo, mejora la estructura y disminuye la erosión (Lakhadar *et al.*, 2009).

2.10 Lixiviado de vermicompost

Los lixiviados de vermicompost son abonos líquidos que contienen nutrientes, microorganismos y ácidos húmicos por lo que se han usado principalmente como fertilizantes orgánicos en diferentes cultivos. Se generan durante el proceso de

Vermicompostaje, este material es drenado y recolectado para evitar la saturación de las camas. Los lixiviados se deben diluir al menos al 50 por ciento antes de aplicarlos ya que pueden causar problemas de toxicidad por el alto contenido de sales (Zamora *et al.*, 2017)

Diversos estudios, entre los que destaca el de, Warman y López (2010) reportaron mejores velocidades de germinación y crecimiento acelerado de plántulas cuando se utilizó extracto de vermicompost. Sin embargo, hay limitada información sobre las condiciones óptimas para producir té de vermicompost.

2.11 Soluciones nutritivas

Se puede establecer que una solución nutritiva es cualquier relación de iones y cualquier concentración total de sales, siempre que no supere los límites de precipitación para ciertas combinaciones de iones. Así, la selección de la concentración de una solución nutritiva debe ser tal que el agua y los iones totales sean absorbidos por la planta en la misma proporción en la cual están presentes en la solución (Steiner, 1968). Existen diferentes formulaciones que se utilizan con la finalidad de mejorar la producción y calidad de los cultivos debido a que la demanda nutrimental difiere con la especie (Cruz-Crespo *et al.*, 2017).

2.12 Agricultura orgánica

Es un sistema de producción que sustituye el uso de fertilizantes sintéticos por insumos orgánicos debidamente inspeccionados y certificados para proporcionar los nutrimentos necesarios a los cultivos (Muller *et al.*, 2017). Este sistema tiene como

principales desafíos aumentar los rendimientos de los cultivos, reducir la contaminación ambiental y mejorar el manejo de nutrientes, promoviendo la equidad social en el campo (Tuomisto *et al.*, 2012).

A manera de complemento, la agricultura orgánica es definida como un sistema de producción que mantiene y mejora la salud de los suelos, los ecosistemas y las personas, basada fundamentalmente en los procesos ecológicos, la biodiversidad y los ciclos bioquímicos de la naturaleza, adaptados a las condiciones locales, sin usar insumos que tengan efectos adversos. Entre algunos de los principales insumos o procedimientos que la agricultura orgánica prohíbe están los agroquímicos, los pesticidas y los transgénicos. Se prohíben algunos compuestos químicos, mientras que otros están permitidos. Hay asociaciones que además de fertilizantes, insecticidas y herbicidas, han ampliado el rango de prohibiciones, por ejemplo, hormonas, reguladores de crecimiento, edulcorantes, aditivos, conservadores sintéticos, las aguas negras y/o tratadas, los plásticos, los monocultivos, la quema la irradiación la hidroponía (IFOAM, 2014).

2.13 Agricultura protegida

La agricultura protegida (AP) es un sistema de producción ejecutado mediante diversas estructuras para la protección de cultivos de factores bióticos y abióticos externos, Los riesgos pueden ser: climatológicos, económicos (rentabilidad, mercado) o de limitaciones de recursos productivos (agua o de superficie). Adicionalmente, se establece que la AP ha modificado las formas de producir alimentos y genera múltiples ventajas para los productores, la (AP) que permite a los productores el desarrollo de

cultivos fuera de su ciclo natural y en un menor tiempo ayudando a un mejor control de plagas, enfermedades y con mejores rendimientos en un menor espacio y con una mejor rentabilidad de precios en los mercados (Moreno-Reséndez *et al.*, 2011).

Las estructuras más utilizadas de la agricultura protegida son los invernaderos, malla sombra, túneles altos y bajos. Estas instalaciones pueden ser muy diversas, ya que deben considerar la mayor o menor capacidad de control ambiental. La clasificación de la (AP) puede ser la siguiente (SENASICA, 2016).

2.13.1 Micro túnel

Se trata de una hilera de arcos entre los cuales se tiende una malla que protegerá los cultivos (SENASICA, 2016).

2.13.2 Macro túnel

Son túneles altos, generalmente contruidos con arcos de bambú, tubos de PVC o hierro galvanizado y cubiertos con una o más capas de plástico de tipo invernadero (SENASICA, 2016).

2.13.3 Mallas sombra

mallas anti insectos, mallas anti pájaros, entre otras protecciones, con el objetivo de disminuir la incidencia de los rayos solares y moderar la temperatura en noches frías (SENASICA, 2016).

2.13.4 Invernaderos

Son estructuras herméticamente cerradas con materiales transparentes, con suficiente capacidad de altura y ancho para permitir cultivo de especies de altura diversa, incluso árboles frutales (SENASICA, 2016).

2.14 Investigaciones realizadas con abonos orgánicos

Muñoz-Villalobos *et al.*, (2014) concluyeron que los efectos del abono orgánico (compost) influyen en el desarrollo del cultivo del chile debido a los nutrientes que aportan, como el Nitrógeno, fósforo, potasio y calcio a mediano y largo plazo. En la cual tuvo mayor respuesta fenológica y de rendimiento con un tratamiento de composta de $25 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, ya que mostró un mayor crecimiento vegetal y una mayor producción de frutos.

González-Fuentes *et al.*, (2021) emplearon siete tratamientos de fertilización: seis de fertilización orgánica y uno de fertilización inorgánica. Para la fertilización inorgánica emplearon la solución nutritiva propuesta por Steiner (1984) y para fertilización orgánica utilizaron fertilizantes orgánicos aprobados por Organic Materials Review Institute (OMRI). concluyendo que la fertilización orgánica modificó la altura de planta de tomate uva al final de la temporada de crecimiento del cultivo; en promedio, los tratamientos orgánicos registraron 200.8 cm de longitud y 0.98 cm de diámetro de tallo, mientras que el inorgánico superó a los tratamientos orgánicos tanto en longitud como en diámetro de tallo en un 24.77 y 16.24 %, respectivamente.

González-Betancourt *et al.*, (2020) evaluaron cuatro dosis de estiércol solarizado (0, 40, 80, 120 t•ha⁻¹) en el cultivo de tomate bajo condiciones de malla sombra. Donde el material vegetal empleado fue el tomate cv. Sahel, el cual fue sembrado en bandejas de poliestireno de 200 cavidades (una semilla por cavidad), rellenas con Peat Moss (Premier Promix P6X, Quebec, Canadá) como sustrato. Las variables medidas fueron altura de planta, carotenoides, antocianas, licopeno y caroteno, Concluyeron que la altura de planta no fue afectada por las dosis de estiércol solarizado utilizado, que una mayor altura aumenta el número de hojas y mayor área para realizar la fotosíntesis y en consecuencia el rendimiento. Adicionalmente, concluyeron que estiércol solarizado no afecto el número de frutos por planta y que con la utilización de cualquier dosis de estiércol se obtiene la mayor cantidad de frutos por planta.

Castro *et al.*, (2011) evaluaron el efecto de la aplicación de vermicompost de estiércol bovino y su enriquecimiento con quitina, sobre la infección de *M. incógnita* en plantas de tomate (var. Hayslip) bajo condiciones de invernadero, las variables evaluadas fueron peso fresco aéreo y radical, peso seco aéreo, población total de nematodos en raíz y suelo, índice de nódulos radicales (INR), índice de masas de huevos (IMH), el factor de reproducción del nematodo (FR) y recuento de grupos funcionales (hongos, bacterias y actinomicetos), y concluyeron que la adición de vermicompost al suelo y en combinación con quitina provocó un incremento en las variables de crecimiento de la planta. El peso fresco foliar se incrementó 20 veces cuando se adicionó vermicompost al 25 % y 35 veces con la dosis de 50 %, ambos con respecto al tratamiento testigo, como suelo. Al aplicar quitina junto con el

vermicompost, el peso fresco se incrementó 30 y 40 veces cuando se utilizó vermicompost al 25 y a 50 %, respectivamente.

2.15 Producción mundial del tomate

Entre las 166 naciones que registraron el cultivo de esta hortaliza, la producción nacional aportó 2.4 al conjunto generado en el mundo. En el ranking mundial México es el noveno productor con 3,371 toneladas (SIAP, 2021)

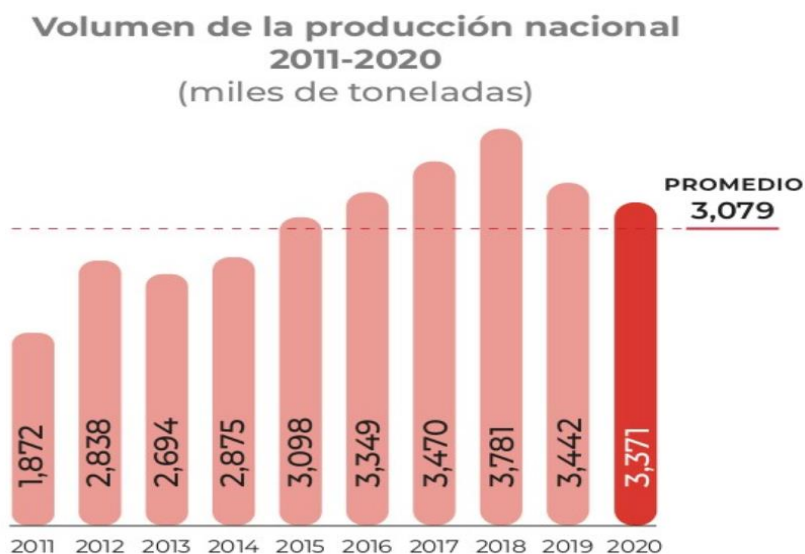


Figura 1. Volumen de la producción nacional de tomate

2.16 producción nacional de tomate

cuadro 3. Volumen de producción por entidades

Entidad	superficie		Producción(t)
	superficie sembrada(ha)	cosechada(ha)	
Aguascalientes	504.83	504.83	43,343.32
Baja California	1,257.80	1,257.80	89,378.05
Baja California Sur	2,887.50	2,870.50	175,026.99
Campeche	349.00	337.00	7,783.65
Coahuila	718.00	718.00	112,180.25
Colima	361.50	361.50	16,380.52
Chiapas	1,573.90	1,573.90	78,536.09
Chihuahua	111.60	111.60	13,076.20
Ciudad de México	1.63	1.63	136.43

Fuente: (SIAP, 2021)

2.17 Producción regional de tomate

Cuadro 4. Volumen de Producción regional

Entidad	superficie (ha)		Producción (t)
	Sembrada	Cosechada	
Coahuila	718.00	718.00	112,180.25

Fuente: (SIAP, 2021)

El cultivo de tomate rojo a nivel nacional Coahuila ocupa el quinto lugar con una superficie sembrada de 718.00 hectáreas y una producción de 112,180.25 t•ha⁻¹. Esta hortaliza es la que más se cultiva tanto para consumo nacional como para exportación. En 2020 se sembraron 45 mil 300 ha, para una producción de 3 millones 371 mil toneladas, cifra 9.5 veces superiores al promedio de los últimos 10 años, pero 2.1 veces inferiores al 2019 (SIAP, 2021).

2.18 producción nacional convencional

Cuadro 5. Volumen de Producción convencional

Entidad	superficie (ha)		producción (t)
	Sembrada	Cosechada	
Aguascalientes	504.83	504.83	43,343.32
Baja California	1,150.80	1,150.80	87,759.15
Baja California Sur	1,861.00	1,844.00	120,288.94
Campeche	349.00	337.00	7,783.65
Coahuila	712.00	712.00	111,502.25
Colima	361.50	361.50	16,380.52
Chiapas	1,573.90	1,573.90	78,536.09
Chihuahua	108.00	108.00	11,593.00
Ciudad de México	1.63	1.63	136.43
Durango	424.84	424.84	53,128.48

Fuente: (SIAP, 2021)

La agricultura convencional supera por mucho a la agricultura orgánica con una producción 3, 302,330.26 (t•ha⁻¹), siendo el estado de Aguascalientes el primero con una producción de 43,343.32 (t•ha⁻¹) en una superficie sembrada de 504.83 ha (SIAP,2021).

2.19 producción nacional orgánica

Cuadro 6. Volumen de producción orgánica

Entidad	superficie (ha)		producción (t)
	Sembrada	Cosechada	
Baja California	107.00	107.00	1,618.90
Baja California Sur	1,026.50	1,026.50	54,738.05
Coahuila	6.00	6.00	678.00
Chihuahua	3.60	3.60	1,483.20
Guanajuato	1.80	1.80	270.36
Michoacán	21.67	21.67	5,637.88
Sinaloa	110.00	110.00	4,070.00
Total	1,276.57	1,276.57	68,496.39

Fuente: (SIAP, 2021)

Solo siete estados de la república entran en la participación de producción de tomate orgánico, siendo baja California el primero con una producción 1,618.90 ($t \cdot ha^{-1}$) en el año 2020. Y nacionalmente se alcanza una producción de 68,496.39 ($t \cdot ha^{-1}$) en una superficie sembrada de 1,276.57 ha (SIAP, 2021).

2.20 Producción nacional en malla sombra

Nacionalmente, la producción de tomate en malla sombra se reparte en 14 estados los cuales son: Baja California, Baja California sur, Coahuila, Chiapas, Durango, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, San Luis potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Yucatán y Zacatecas, con una producción total de 890,898.93 ($t \cdot ha^{-1}$) (SIAP, 2021).

Cuadro 7. Volumen de Producción en malla sombra

Entidad	superficie (ha)		producción (t)
	Sembrada	Cosechada	
Baja California	851.80	851.80	71,113.00
Baja California Sur	1,081.50	1,081.50	78,116.47
Coahuila	347.00	347.00	57,590.50
Chiapas	93.00	93.00	6,044.07
Durango	57.00	57.00	7,528.0

Fuente: (SIAP, 2021)

2.21 Producción nacional en invernadero

La producción nacional de tomate bajo invernadero en el país es realizada por 29 entidades federativas, de las cuales Jalisco destaca con una producción de 134,393.94 ($t \cdot ha^{-1}$) en una superficie sembrada de 1,097.10 ha. La producción del año

2020 en ciclo primera-verano y otoño-invierno bajo condiciones de invernadero el país produjo 1, 349,490.34 ($t \cdot ha^{-1}$) en una superficie total de 7,303.22 ha (SIAP, 2021).

2.22 Producción nacional en macro túnel

La producción nacional por micro túnel solo es practicada en tres estados de México, que son Aguascalientes, Guanajuato y Michoacán que juntas alcanzan una superficie sembrada de 348.27 ha con una producción de 25,419.15 ($t \cdot ha^{-1}$) (SIAP, 2021).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica

El experimento se llevo acabo en el ciclo primavera-verano 2021 en la ciudad Torreón, que se localiza en la parte oeste del sur del estado de Coahuila, en las coordenadas 103° 26' 33" longitud oeste y 25° 32' 40" latitud norte, a una altura de 1,120 metros sobre el nivel del mar.

3.2 Localización del experimento

Este experimento se realizó en el área de lombricompost del departamento de suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN-UL).

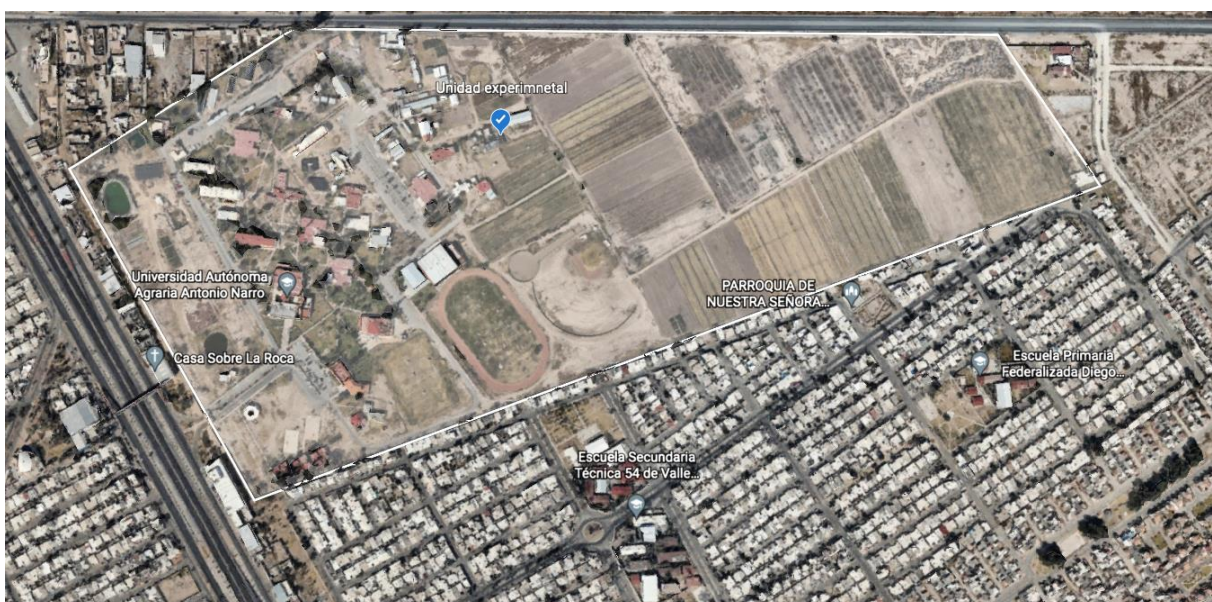


Figura 2. Localización del experimento

3.3 Condiciones experimentales

El lugar de trabajo es una malla sombra de forma cuadrada cubierta con acero reforzado, el piso es de tierra, esta estructura cuenta con una sola entrada sin ninguna ventana.

3.4 Diseño experimental

Para la cuantificación de las variables en estudio las cuales se describen en los siguientes párrafos. Se seleccionaron los frutos dos y tres de cada racimo, de los cinco primeros racimos, de cuatro plantas o repeticiones por tratamiento, cuando éstos alcanzaron un color rojo intenso -madurez comercial-, mientras que para el rendimiento por planta se registró tanto el peso como el número de todos y cada uno de los frutos, con estos datos y la densidad de plantas (maceta•m⁻²), se estimó el rendimiento por hectárea.

3.5 Tratamientos de estudio

Los tratamientos fueron distribuidos, dentro de la casa sombra usando un diseño completamente al azar, colocando las macetas por tratamiento, a doble hilera con arreglo a tresbolillo, empezando del lado izquierdo con un tratamiento seguido de otro hasta el fondo de la malla sombra, formando tres filas, una fila con cuatro tratamientos y las dos restantes con cinco. Cada tratamiento contó con seis repeticiones, dos de estas repeticiones se utilizaron para reducir el efecto orilla, dejando a cuatro macetas por repetición para registrar variables evaluadas.

Cuadro 8. Tratamientos evaluados, composición de los sustratos por tratamiento y frecuencia de aplicación de la solución nutritiva, el lixiviado de vermicompost. 2022.

Tratamiento	VC	Arena	Riego (L•M ⁻¹ •día ⁻¹)
Relación v:v			
T0	0	1	0.5 (SNS)
T01	0	1	1.0 (SNS)
T1	1	1	0.5 (AR)
T2	1	2	0.5 (AR)
T3	1	3	0.5 (AR)
T4	1	4	0.5 (AR)
T5	1	1	1.0 (AR)
T6	1	2	1.0 (AR)
T7	1	3	1.0 (AR)
T8	1	4	1.0 (AR)
T9	1	1	1.0 (LVC)
T10	1	2	1.0 (LVC)
T11	1	3	1.0 (LVC)
T12	1	4	1.0 (LVC)

Relación v:v = relación volumen :volumen del sustrato; L•M⁻¹•día⁻¹ = Litro por maceta por día;

SNS = Solución nutritiva Steiner; LVC = Lixiviado de vermicompost, AR= Agua

3.6 Llenado de macetas

El llenado de las bolsas negras para la siembra se realizó de acuerdo al (Cuadro 8), con mezclas de arena de río y vermicompost.

3.7 Siembra

La siembra de la semilla de tomate se realizó el 17 de abril del 2021 en las macetas rellenas de vermicompost y arena con una relación de 0 a 1 y 1 a 4 dependiendo del tratamiento (Cuadro 8), la variedad de tomate sembrada fue. Tomate Roma, Saladette crecimiento indeterminado, SAHEL-Syngenta®. HR: nematodos, fusarium corona.

3.8 Germinación y emergencia

La germinación de la semilla de tomate fue el 29 de abril del 2021.

3.9 Riegos

Después de la siembra se aplicó un riego diario con 1.0 L de agua hasta la emergencia. El 10 de mayo del 2021 se empezó con la aplicación de tratamientos con soluciones nutritivas (SNS) y lixiviado de vermicompost (LVC) (0.5 y 1.0 L x maceta) cada tercer día (lunes, miércoles y viernes), por aproximadamente todo el ciclo del cultivo (Cuadro 8). Los días restantes de la semana se continúa aplicando agua de riego, según los tratamientos.

El riego y la aplicación de los tratamientos se realizaban a las nueve de la mañana, ya que ayudaba a la polinización que se realizaba entre 10 y 11 am. A partir del 28 de julio del 2021 se aumentó la cantidad de agua agregando 1.5 L a cada maceta por necesidad de la planta continuando de esta manera con este riego se prosiguió hasta el ciclo final del cultivo, este aumento fue para compensar las necesidades hídricas de todos los frutos.

3.10 Fertilización orgánica e inorganica

Para la fertilización se aplicó el lixiviado de vermicompost (LVC) de manera concentrada. Se recolectó el lixiviado directamente del depósito de lombricompost después de cada riego y se almacenaba en un tonel con una capacidad de 200 L. Posteriormente se trasladaba a otra cama de lombricompost para un segundo riego y de esa cama se recolectaba un segundo el lixiviado ya habiendo pasado por dos camas

de lombricompost, este se almacenaba en un tinaco en el cual permanecía un tiempo para después trasladarse a toneles de 200 L dentro de la casa sombra para aplicar a los tratamientos establecidos (Cuadro 8).

Para los tratamientos T01 (VC:A; 0:1, v:v) y T0 (VC:A; 0:1, v:v) que se fertilizaron con la solución nutritiva (SNS), Se disolvieron 200 g del fertilizante comercial inorgánico en polvo (h-e.mx®) en un tonel con una capacidad de 200 L de agua, disolviendo mediante agitación mecánica, manteniendo un pH entre 5.5 - 6.5.

Cuadro 9. Composición nutricional de la solución nutritiva

Elementos	%
Nitrogeno (N)	10.00
Fosforo asimilable (P ₂ O ₅)	8.00
Potasio asimilable (K ₂ O)	18.00
Azufre (S)	2.50.
Magnesio (Mg)	1.80
Calcio (Ca)	5.90
Hierro (Fe)	0.10
Bromo (B)	0.002
Zinc (Zn)	0.010
Cobre (Cu)	0.0002
Manganeso (Mn)	0.002

Todos los tratamientos con excepción del T0 y T01 contaron con una fertilización orgánica de vermicompost como sustrato en diferentes relaciones de volumen (Cuadro 8).

El cinco de julio del 2021 se empezó aplicación de calcio foliar a los tratamientos T1, T5, T7, T9 y T11 el producto que fue utilizado fue Gro-CaBo® (micronutriente foliar inmunopotencializador Agro Science). El modo de aplicación fue de manera foliar

directamente a las hojas y al fruto aplicándose a los tratamientos cada lunes hasta la cosecha del fruto deficiente de calcio. Se aplicaba en una botella aspersor con una capacidad de 1 L, la preparación fue agregando 20 mL de producto en 1 L de agua y agitándolo de manera quedará disuelto.

3.11 Labores culturales

3.11.1 Polinización

El 20 de mayo del 2021 inicio la etapa de floración y se empezó a realizar la polinización, de preferencia en la mañana justo después del riego y la aplicación de los tratamientos entre las 10 y 11 am.

La forma en que se ejecutaba era moviendo cada repetición del tratamiento de la parte de arriba justo del hilo tutor, se tomaba y se agitaba durante 20 a 30 segundos. Se realizaba este proceso con cada una de las plantas dentro de la malla sombra durante los primeros 40 días después de la siembra.

3.11.2 Tutoreo

Esta actividad se hizo desde que la planta presentó la primera hoja verdadera, se utilizó rafia para generar el tutoreo de las plantas, realizando el amarre alrededor de la base de la maceta, con uno de los extremos y el otro se ató a la estructura metálica de la malla sombra, para guiar las plantas a un solo tallo. Esta actividad se efectuó de manera al crecimiento de la planta durante todo el ciclo del cultivo.

3.11.3 Podas

Durante el desarrollo del cultivo se realizó la eliminación de las yemas axilares tres veces por semana después del riego, con el propósito de eliminar la competencia con el tallo principal. Además, al momento de ir cosechando todos los frutos de los primeros racimos, para su evaluación, se fueron eliminando todas las hojas inferiores para poder evitar condiciones de alojamiento de plagas y que la planta priorice los racimos superiores.

3.11.4 Control de plagas

El 28 de abril del año 2021 se empezó con la aplicación de productos orgánicos con la finalidad de controlar la plaga de trips utilizando (Pro-Neem PROAGRO®) y preventivo contra mosquita blanca (X-TRAC3, insecticida orgánico, LUCAVA®: Extracto de ajo (*Allium sativum*) + Extracto de chile picante (*Capsicum frutescens*) + Extracto de canela (*Cinnamomum zeylanicum*)), el modo de preparación de este plaguicida orgánico fue disolviendo en una bomba (TRUPER fumigador profesional de 3 L) una tapa de la medida del plaguicida orgánico en 3 L de agua y agitándolo de manera que quedara disuelto. El modo de empleo fue rociando todo el cultivo dentro de la casa sombra durante la primera presencia de trips hasta su eliminación.

3.11.5 Control de malezas

Esta actividad se realizó durante todo el ciclo de cultivo preferencialmente durante los fines de semana. La eliminación de malezas se hacía de manera manual y con azadón, eliminando toda la maleza que rodeaba las macetas, esta práctica se ejecutaba para no propiciar condiciones favorables para el desarrollo de plagas.

3.11.6 Cosecha

La primera cosecha se realizó el nueve de agosto del 2021, en la cosecha se seleccionaron los frutos dos y tres de cada racimo, de los cinco primeros racimos, de cuatro plantas o repeticiones por tratamiento. Cuando éstos alcanzaron un color rojo intenso, mientras que para rendimiento por planta se registró tanto el peso como el número de todos y cada uno de los frutos. La forma en que se cosechó fue de manera manual tomando los frutos del racimo y marcándolos con el número de tratamientos, número de repeticiones, número de racimos y número de frutos, quedando por ejemplo (T8R3R2F3). De esta manera se identificaba cada fruto para después pasarlo a la libreta de anotaciones.

3.12 Variables evaluadas

3.12.1 Peso del fruto

Para la medición de esta variable se utilizó una báscula digital Santul®. Esta variable se registró en cada cosecha realizada tomando en cuenta cada uno de los frutos obtenidos de la planta.

3.12.2 Diámetro polar

Para medir esta variable se colocó el fruto de manera vertical y se midió el diámetro con un Vernier digital (Truper®) midiendo de polo a polo del fruto en milímetros.

3.12.3 Diámetro ecuatorial

Para obtener esta variable se midió el fruto de manera horizontal utilizando un Vernier digital (Truper®) ,registrando la longitud del grosor del fruto en milímetros.

3.12.4 Espesor de pericarpio

Esta variable se obtuvo realizando un corte horizontal al fruto con un cúter (Pretul®) y procediendo a medir el pericarpio con un Vernier (Truper®) registrando la longitud del grosor del pericarpio en milímetros.

3.12.5 Número de lóculos

Para determinar esta variable fue necesario hacer un corte horizontal al fruto y se procedió a contar cada uno de las cavidades donde se generan las semillas dentro del fruto.

3.12.6 Resistencia física

La resistencia física se obtuvo mediante una prueba de golpe, utilizando un penetrómetro digital (FHT200, Extech Instruments, USA®) el proceso para medir esta variable fue dando un golpe con el penetrometro justo en la parte central del fruto, de manera que el lector parta el pericarpio del fruto, esta variable se registró en newtons.

3.12.7 Sólidos solubles

Para medir la variable de sólidos solubles (°Brix) del fruto se tuvo que determinar después de cada corte, la manera para obtener su valor, fue colocando de una a dos

gotas del jugo del tomate dentro del lente de lectura del refractómetro manual Atago® (0-32 °Brix).

3.13 Análisis estadístico

Los datos obtenidos se sometieron al análisis de varianza y la prueba Tukey de comparación de medias al 5%. Para el análisis de varianza de rendimiento de frutos por planta y rendimiento en toneladas por hectárea se consideraron todos los frutos cosechas de cuatro repeticiones por tratamiento, además de la densidad de plantas por metro cuadrado.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados encontrados en el presente trabajo de investigación son descritos a continuación.

Como resultado de la aplicación del análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey, al 5%, se determinó que cinco de las variables evaluadas: Diámetro Polar, Espesor de pericarpio, peso del fruto, resistencia a Penetrómetro y sólidos solubles resultaron diferentes estadísticamente ($P \leq 0.05$) mientras que el diámetro ecuatorial y número de lóculos resultaron estadísticamente iguales (Cuadro 10).

Cuadro 10. Valores promedio y significancia estadística de las variables evaluadas durante el desarrollo del tomate, bajo condiciones de malla sombra, con aplicación de abonos orgánicos. 2022

T	VC	AR	DP*	DE ^{ns}	EP*	NL ^{ns}	PF*	ResF*	SS
	Relación v:v		(mm)				(g)	(N)	(°Brix)
T0	0	1	46.3 bc	36.3	5.98 cde	3.1	41.6 c	1.3 ab	5.63 a
T01	0	1	55.4 abc	43.5	7.36 ab	3.1	67.3 ab	1.24 c	4.05 de
T1	1	1	50.6 bc	35.5	6.71 abc	2.9	42.4 c	1.31 ab	5.75 a
T2	1	2	44.2 c	34.5	5.97 cde	2.8	43.9 c	1.18 c	5.24 abc
T3	1	3	46.5 bc	35.4	6.51 bcd	2.9	42.2 c	1.31 ab	5.31 abc
T4	1	4	50.8 bc	38.7	6.49 bcd	3.1	53.1 bc	1.24 c	5.16 abc
T5	1	1	50.2 bc	37.2	6.41 bcd	3.2	57.1 bc	1.29 ab	4.89 bc
T6	1	2	58.9 abc	43.8	7.0 abc	3.0	69.9 ab	1.19 c	4.0 e
T7	1	3	60.3 ab	43.5	6.98 abc	2.7	66.9 ab	1.25 c	4.61 cde
T8	1	4	66.6 a	47.5	7.85 a	2.9	88.6 a	1.17 c	4.18 de
T9	1	1	45.0 bc	34.7	5.23 e	2.7	43.9 c	1.27 b	5.23 abc
T10	1	2	55.8 abc	36.0	6.02 cde	3.0	36.3 c	1.34 ab	5.18 abc
T11	1	3	47.7 bc	49.6	5.50 de	2.9	41.7 c	1.70 a	5.36 ab
T12	1	4	58.6 abc	43.4	6.82 abc	3.0	71.7 ab	1.26 c	4.75 bcd

T = Tratamiento; VC = Vermicompost; AR = Arena de río; DP = Diámetro Polar; DE = Diámetro Ecuatorial; NL = Número de lóculos; PF = Peso de fruto; ResF = Resistencia de fruto; SS = Sólidos solubles; EP = Espesor de pericarpio; *, ns = significativo 5 %, no significativo; Tukey_{0.05}. Columnas con letras diferentes son estadísticamente diferentes;

4.1 Diámetro polar

Para esta variable el tratamiento 8 (VC:A; 1:4, v:v) superó con un valor de 66.6 mm, a todos los tratamientos restantes (Cuadro 10). Los 66.6 mm de diámetro polar superaron al menos en un 10 % al diámetro registrado en los otros tratamientos evaluados. Los resultados obtenidos fueron menores a los reportados por López-Martínez *et al.*, (2016) quienes obtuvieron un valor de 72.2 mm para esta variable. Estos autores destacan que los frutos más grandes de tomate los obtuvieron en los tratamientos fertilizados con la solución Steiner. Cabe señalar que los resultados obtenidos por Márquez-Quiroz *et al.*, (2014) fueron menores teniendo un valor de 64 mm como el resultado más alto y teniendo una media de valores entre 5.7 y 6.4 cm. Rodríguez-Dimas *et al.*, (2009) obtuvieron resultados mayores al evaluar a dos genotipos híbridos, con tres formas de fertilización a) = arena + fertilizantes inorgánicos, b) = arena + té de compost y c) = mezcla de arena + compost (50: 50% v:v) + té de compost diluido (1: 3). Los valores obtenidos fueron 60 mm, menores a los obtenidos en este trabajo. Resultados similares fueron reportados por Valenzuela-López *et al.*, (2018) que obtuvieron un valor de 62.62 mm en un híbrido de tomate tipo bola con un sustrato de fibra de coco y humus de lombriz en una relación (50:50) con una solución nutritiva concentrada al 50%, se concluyó que las soluciones nutritivas al 50 y 100% de concentración nutrimental ocasionan efectos similares, pero superiores a los que se observaron en las plantas tratadas con agua (Valenzuela-López *et al.*, 2018).

4.2 Diámetro ecuatorial

En esta variable el análisis de varianza no registró diferencias significativas siendo todos los tratamientos estadísticamente iguales y el tratamiento 11 (VC:A; 1:3, v:v) fue el que superó, al menos en un 13 %, a los valores de diámetro ecuatorial de fruto determinado en los tratamientos restantes, el valor promedio del diámetro ecuatorial, de 37.31 mm (Cuadro 10), resultó, ligeramente inferior, al valor de 48.0 mm, reportado por López-Martínez *et al.*, (2016), A favor de los resultados obtenidos para la variable diámetro ecuatorial, en el presente experimento, destacan que la diferencia mostrada se debe a que las hortalizas orgánicas son ligeramente menores de tamaño a las fertilizadas con soluciones nutritivas. Valores reportados por Rodríguez-Dimas *et al.*, (2009) fueron superiores con un valor de 73 mm al evaluar dos genotipos híbridos con tres formas de fertilización a) = arena + fertilizantes inorgánicos, b) = arena + té de compost y c) = mezcla de arena + compost (50: 50% v:v) + té de compost diluido (1: 3). Márquez-Quiroz *et al.*, (2014) reportaron un valor de 53 mm mostrado por su genotipo evaluado el cid x s1, al emplear vermicompost a base de estiércol de caballo y cabra con paja de alfalfa. Sin embargo, Valenzuela-López *et al.*, (2018) obtuvieron resultados que sobrepasan los mencionados anteriormente con un valor de 86.42 mm con el tomate híbrido tipo bola, con una base de sustratos orgánicos aplicados en mezclas de humus de lombriz y fibra de coco en una relación (50:50) con una solución nutritiva en una concentración del 50% en condiciones de invernadero.

4.3 Espesor de pericarpio

Para esta variable el análisis de varianza registró diferencias altamente significativas entre los tratamientos, especialmente en el tratamiento 8 (VC:A; 1:4, v:v) que alcanzó un valor de 7.85 mm, superando por lo menos en un 7 % a los demás tratamientos (Cuadro 10). La relación (VC:A; 1:4, v:v) tuvo un efecto benéfico en la generación pericarpio en el fruto. Márquez-Quiroz *et al.*, (2014) obtuvieron resultados con un valor de 7.8 mm que coinciden con los obtenidos en este trabajo, sin embargo, Rodríguez-Dimas *et al.*, (2008) reportaron resultados mayores con un valor de 8.4 cm al evaluar sustratos con arena + fertilizantes orgánicos (1:1; v:v) y arena + vermicompost de estiércol de bovino + micronutrientes en los híbridos BIG.Beef y Miramar donde indicaron que los sustratos con fertilizantes químicos superaron a los sustratos con vermicompost.

4.4 Numero de lóculos

En esta variable estadísticamente todos los tratamientos no presentaron diferencia estadística, teniendo una media de 2.95 lóculos (Cuadro 10). Para este mismo tratamiento los tratamientos T0 (VC:A; 0:1 v:v) y T01 (VC:A; 0:1 v:v) fertilizados con una solución nutritiva son ligeramente mayores en un 4 % en número de lóculos respecto a los tratamientos restantes.

Rodríguez- Dimas *et al.*, (2009) obtuvieron un resultado que superior al obtenido en este trabajo con un valor de 5 lóculos en su variedad Romina (híbrido de crecimiento indeterminado) y una media general de 4. Esto concuerda con los resultados que obtuvieron Márquez-Hernández *et al.*, (2008) quienes no obtuvieron diferencia significativa y presentaron una media de 4 lóculos.

4.5 Peso del fruto

En esta variable el tratamiento T8 (VC:A; 1:4, v:v) resultó ser más alto con un valor de 86.6 g, valor que superó a los tratamientos restantes (Cuadro 10), en al menos un 20%.

Castelo-Gutiérrez *et al.*, (2016) reportaron un peso de frutos de 153 g, valor superior a los obtenidos en este trabajo quienes aplicaron compost, a base de residuos de champiñón y un té de vermicompost generado por lombrices, donde su dieta básica consistió exclusivamente de residuos de cultivo de champiñón. Rodríguez-Dimas *et al.*, (2009) reportaron un valor aún más alto de 198 g para el genotipo Romina desarrollados en sustratos de compost + arena, arena de río y té de compost en condiciones de invernadero. Debido a la enorme diferencia se puede estimar que en condiciones de invernadero los factores abióticos son más controlables y debido a eso los resultados son más favorables.

4.6 Resistencia física

Para esta variable el análisis estadístico detectó diferencia altamente significativa entre los tratamientos, resultando el tratamiento T11 (VC:A; 1:3 v:v) como la resistencia física más alta con un valor 1.70 N. Para esta variable el coeficiente variación es del 22 %, dejando a este tratamiento como el mejor en resistencia a física, mientras que el tratamiento T0 (VC:A; 0:1, v:v) mostró el resultado más bajo con un valor de 1.3 N, este tratamiento contó con una fertilización con solución nutritiva (SNS), mientras que el tratamiento T11 (VC:A; 1:3 v:v) contó con una fertilización con lixiviado de vermicompost (LVC). Los resultados obtenidos fueron mayores a los reportados por San Martín-Hernández *et al.*, (2012), que obtuvieron un valor de 1.66 N, San

Martín-Hernández *et al.*, (2012) señala que los frutos de tomate para comercializarse deben presentar una firmeza de 1.45 y para uso domestico mayor a 1.28. debido a lo anterior, el T11 (VC:A; 1:3 v:v) tiene un valor mayor al requerido, sim embargo, los tratamientos restantes no alcanzan el valor requerido para su comercialización.

4.7 Sólidos solubles

El análisis de varianza de esta variable registró diferencias estadísticas, debido al efecto de los tratamientos, destacando el tratamiento T1 (VC:A; 1:1, v:v) con un valor de 5.75 °Brix, valor que superó en, al menos un 3 % al contenido de sólidos solubles del resto de los tratamientos.

El contenido de sólidos solubles (SS) medido en frutos de tomate de este estudio resultaron ligeramente inferiores a los valores reportados por López-Martínez *et al.*, (2016) quienes determinaron un valor de 6.0 °Brix. Las plantas fertilizadas con lixiviado de vermicompost presentaron el mayor contenido de (SS) (López-Martínez *et al.*, 2016). Márquez Quiroz *et al.*, (2014) reportaron un valor de 4.72 °Brix en el genotipo Cuauhtémoc x s3. Se confirma que el uso de sustratos orgánicos genera frutos de mejor calidad en cuanto a contenido de (SS). El tomate para su consumo en fresco debe tener más de 4 °Brix (Márquez Quiroz *et al.*, 2014).

Cuadro 11. Valores promedio y significancia estadística del rendimiento durante el desarrollo del tomate, bajo condiciones de malla sombra, con aplicación de abonos orgánicos. 2022

T	VC	AR	PTFP* (kg)	RPP•ha ⁻¹ (t)	NPTFP*
	Relación v:v				
T0	0	1	1.067 bcd	44.814	24 bcd
T01	0	1	1.453 abcd	61.026	19d
T1	1	1	858,213 cd	36.036	23 bcd
T2	1	2	755,103 d	31.710	27 abcd
T3	1	3	1.170 abcd	49.140	29 abcd
T4	1	4	1.303 abcd	54.726	29 abcd
T5	1	1	1.647 abcd	69.174	33 abc
T6	1	2	2.468 ab	103.656	34 ab
T7	1	3	2.179 abc	91.518	36 a
T8	1	4	2.524 a	116.853	27 abcd
T9	1	1	1.356 abcd	56.945	24 bcd
T10	1	2	676,575 d	31.250	18 d
T11	1	3	1.060bcd	49.074	22 cd
T12	1	4	2.203 abc	101.992	25 abcd

RPP/ha: Rendimiento promedio en toneladas por ha NPTFP: Numero promedio total de frutos por planta PTFP: promedio total de frutos por planta . T: tratamiento, VC = Vermicompost; AR = Arena de río. Kg: kilogramos, T: toneladas

4.8 Numero de frutos por planta

El tratamiento T7 (VC:A; 1:3, v:v) fue quien presentó un mayor promedio en número de frutos, con 36 por planta, superando por dos frutos al tratamiento T6 (VC:A; 1:2, v:v) y por 18 frutos al tratamiento T10 (VC:A; 1:2, v:v) con el promedio más bajo. Cabe señalar que un mayor número de frutos no representa un mayor rendimiento de kilogramo por planta, ya que el tratamiento T7 (VC:A; 1:3, v:v) registró mayor número de frutos (Cuadro 11), pero la relación T8 (VC:A; 1:4, v:v) registró un mayor rendimiento. Con lo anterior se da a entender que la diferencia está en el tamaño del fruto. Resultados más bajos reportaron capulín-Grande *et al.*, (2011) quien obtuvo un total de 33.3 frutos, más bajos en promedio a los de este trabajo, con extracto líquido de estiércol de bovino (ELEB). Los resultados obtenidos son superiores a los obtenidos

por Rodríguez- Dimas *et al.*, (2007) quienes reportaron una media de 32 frutos y su mejor tratamiento con 34 frutos que contó con una mezcla de arena + vermicompost (1:1 v:v) + micronutrientes quelatizados.

4.9 Peso de frutos por planta

El tratamiento T8 (VC:A; 1:4, v:v) presentó el mejor promedio en peso de frutos por planta con un valor de 2.524 kg por planta, superando en un 3 % a los tratamientos restantes. Por su parte, el tratamiento T2 (VC:A; 1:2, v:v) fertilizado con vermicompost (VC) T10 (VC:A; 1:2, v:v) fertilizado con lixiviado de vermicompost (LVC) presentaron los promedios más bajos, siendo superados hasta en un 74 % en peso promedio por planta. Capulín-Grande *et al.*, (2011) reportaron un resultado menor de 2.510 kg por planta al fertilizar el tomate con extracto líquido de estiércol de bovino (ELEB). Sin embargo, Cruz-Crespo *et al.*, (2012) reportaron un valor más elevado de 5,110 kg por planta, Los tratamientos fueron fertilizados con mezclas de tezontle con dos tipos de vermicompost en la proporción (65:35) más la aplicación de agua y solución nutritiva de Steiner al 50, 75 y 100% donde los tratamientos sin solución nutritiva presentaron menos rendimiento y el tratamiento con la concentración al 50% mostró mejores resultados.

4.10 Rendimiento

En cuanto a rendimiento los resultados fueron estadísticamente diferentes, debido al efecto de los tratamientos. El tratamiento T8 (VC:A; 1:4 v:v) registró el mayor promedio de rendimiento con 116.853 t•ha⁻¹, superando en un 12 % en rendimiento a los tratamientos restantes. Sin embargo, la relación T6 (VC:A; 1:2) y T12 (VC:A; 1:4

v:v) presentaron resultados destacables, los cuales superando en un 70 % a la relación T2 (VC:A; 1:2 v:v) y T10 (VC:A; 1:2 v:v) con los resultados más bajos (Cuadro 11). Rodríguez-Dimas *et al.*, (2008) reportaron valores muy altos del híbrido “Big Beef” con un sustrato de arena + fertilizantes inorgánicos, con 279.9 t•ha⁻¹, seguido del híbrido “Miramar” con 208.3 t•ha⁻¹ que contó con una mezcla de arena + vermicompost de estiércol bovino (1:1 v:v) + micronutrientes. Márquez- Hernández *et al.*, (2013) reportaron un valor de 136.7 t•ha⁻¹ en la variedad bosky que tuvo como base una mezcla de 50% de vermicompost y 50% de arena de río y una fertilización con macro y micronutrientes orgánicos. Márquez- Hernández *et al.*, (2013) concluyeron que es necesario agregar elementos nutritivos, ya que la demanda de estos por parte de la planta sobrepasa al vermicompost.

V. CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos, de las variables de calidad de fruto, se concluye que la aplicación de abonos orgánicos como sustrato de desarrollo bajo malla sombra, permite a la planta un buen crecimiento vegetativo. Ya que en los tratamientos destacados no se utilizaron fertilizantes sintéticos y el cultivo registró un desarrollo adecuado. La combinación de arena río y vermicompost lograron satisfacer las necesidades nutritivas de la planta, debido a esto, se da por hecho que el vermicompost tiene el potencial para brindar un buen desarrollo al cultivo de tomate bajo condiciones de malla sombra.

VI. LITERATURA CITADA

- Abad M y P. Noguera . 2000. Los sustratos en los cultivos sin suelo. En: Manual del cultivo sin suelo. Universidad de Almería Mundi-Prensa. Madrid España. pp: 137-183.
- Calderón Sáenz, F. y Cevallos, F. 2001. "Los sustratos", Laboratorios Ltda. http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los_Sustratos.
- Capulín Grande J., Mohedano C., L., Sandoval E., M. y Capulin V., J.C. 2011. estiércol bovino líquido y fertilizantes inorgánicos en el rendimiento de jitomate en un sistema hidropónico. revista chapingo serie horticultura, 17(2),105-114.
- Castelo Gutiérrez A.A., García M., H. A., Castro E., L., Lares V., F., Arellano G., M., Figuero L., P. y Gutiérrez C., M.A. 2016. Residual mushroom compost as soil conditioner and bio-fertilizer in tomato production. revista chapingo Serie horticultura, (2),83-93.
- Castro L., Flores L. y Uribe L. 2011. Efecto del Vermicompost y Quitina sobre el control de *meloidogyne incógnita* en tomate a nivel de invernadero. *Agronomía Costarricense*, 35(2), 21-32.
- Cerrato M .E., Leblanc H. A. y Kameko C. 2007. Potencial de mineralización de nitrógeno de Bokashi, compost y lombricompost producidos en la Universidad Earth. *Tierra Trop.* 3: 183-197.
- Jasso C., C., Martínez G., M.A., Chávez V., J.R., Ramírez T., J.A. y Garza E. 2012. Guía para cultivar jitomate en condiciones de malla sombra san Luis potosí. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRICOLAR Y PECUARIAS (INIFAP). Disponible en <https://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/905.pdf>
- Cruz Crespo E., Sandoval V., M., Volke H., V.H., Can C., A. y Sánchez E., J. 2012. Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(7),1361-1373.

Cruz Crespo. E., Á. Can C., L. J. Loera R., G. Aguilar B., J. Pineda P. y R. Bugarín M. 2017. Extracción de N-P-K en *Coriandrum sativum* 'Pakistan' en hidroponía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8:355-367.

De Medeiros, D. C., Lima, B. A. B, Barbosa, M. R., Anjos, R., S. B., Borges, R., D., Calvalcante N., J.G. y Marques, L., F. 2007. Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. *Horticultura Brasileira*. 25:433-436.

EDIFORM. 2006. VADIAGRO: Principales problemas fitosanitarios. Tomo I. Curridabat, Costa Rica, Edifarm Internacional Costa Rica. 3 ed. 89-92, 193-212 p.

Escamilla López M., Tejada C., J.F., Mejías B., J., Meza J., J., Ríos F., M., Calleros V., J. y Romero U., S.M. 2018. Comparación de Dos Sustratos Orgánicos en la Producción de Plantas de Ornato de la Especie Coralito Enano. Instituto tecnológico de Aguascalientes. 56.13.1405-5597

Escobar, H y Lee, R. 2009. Manual de producción de tomate bajo invernadero. v.2. 2 ed. Bogotá, Colombia. 180 p.

Food Agricultural Organization (FAO). 2012. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en: www.apps.fao.org.

Fernández F. (2009). La agricultura orgánica. Disponible en: https://tilth.org/app/uploads/sites/8/2017/06/ANTEPROYECTO_GUIA_PRODUCION_VEGETAL_ORGANICA.pdf

Fornaris J., G. 2007. Conjunto tecnológico para la producción de tomate. Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico. Disponible en: <https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/TOMATE-Suelo-y-Preparaci%C3%B3n-del-Terreno-v2007.pdf>

García Hernández J.L., Murillo A., B., Nieto G., A., Fortis H., M., Márquez H., C., Castellanos P., E., Quiñones V., J. y Ávila S., N.Y., 2010. Avances en investigación y perspectivas del aprovechamiento de los abonos verdes en la agricultura. *Terra Latinoamericana* 28(4), 391-399.

- Gomes A., L.A., Rodríguez C., A., Collier S., R. y Feitosa A., S. 2008. Produção de mudas de alface em substrato alternativo com adubação. *Horticultura brasileira* 26: 359-363.
- González C A, M del C Salas S y M Urrestarazu G. 2004. Producción y calidad en el cultivo de tomate cherry. *In: Tratado de Cultivos sin Suelo* Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp:703-747.
- González Betancourt, M.L. de, Gallegos R., M.A., Sánchez C., E., Orona C., I., Espinosa P., B., López M. y José D. 2020. Estiércol bovino solarizado en la producción de tomate bajo condiciones de malla sombra. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 253-262.
- González Fuentes J.A., Lozano C., C.J., Preciado R., P., Troyo D., E., Alfonso R., O. y Juan C. 2021. Fertilización orgánica contra convencional en el rendimiento, atributos morfológicos y calidad de fruto de tomate uva en un sistema de subirrigación no recirculante. *Terra Latinoamericana*, 39, e897.
- Hernández A., Jacqueline A., Guerrero L., Francisca M., C., Luís E., Bárcenas B., Juan M. y Salas E., 2008. Caracterización física según granulometría de dos vermicompost derivados de estiércol bovino puro y mezclado con residuos de fruto de la palma aceitera. *Interciencia*, 33(9),668-667.
- Infoagro Systems S.L. 2016. El cultivo de tomate: Parte I. Madrid, España. s.p. fecha de consulta 10 de diciembre del 2021. Disponible en: https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_tomate__parte_i_.asp
- International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM). 2014. Definition of Organic Agriculture. Disponible: <http://www.ifoam.org/en/organic-landmarks/definition-organic-agriculture>
- International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). 1996. Descriptores para tomate (*Lycopersicon* spp L.).47p. Disponible en: https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/73043/Descriptores_tomate_489.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- López Martínez J.D., Vázquez D., D.A., Esparza R., J. R. , García H., J.L., Castruita S., M.A. y Preciado R., P. 2016. Rendimiento y calidad nutracéutica de frutos de tomate producidos con soluciones nutritivas preparadas con materiales orgánicos . (4): 409-414.
- Joshi R, Singh J, and Vig AP. 2015. Vermicompost como un orgánico eficaz fertilizante y agente de biocontrol: efecto sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de las plantas. *Rev Environ Sci Bio / Technol* 14: 137-159.
- Lakhadar, A., M. Rabhi, T. Ghnaya, F. Montemurro, N. Jedidi, and C. Abdelly. 2009. Effectiveness of compost use in salt-affected soil. *J. Hazard. Mat.* 171: 29-37.
- Ligia Mayela López Marín. 2016. INTA(instituto nacional de innovación y transferencia en tecnología agropecuaria). Manual técnico del cultivo de tomate.126, disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf>
- López Baltazar J., Méndez M., A., Pliego M., L., Aragón R., E. y Robles M., M.L. 2013. Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile 'onza' (*Capsicum annuum*) en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (6),1139-1150.
- Márquez Hernández C., Cano R., P. Y Rodríguez D., N. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. *Agricultura técnica en México*, 34(1), 69-74
- Márquez Hernández C, Cano R., P., Figueroa V., U., Avila D., JA, Rodríguez D., N. y García H., J.L. 2013 . Rendimiento y calidad de tomate con fuentes orgánicas de fertilización en invernader. *Phyton.*; 82(1): 55-61
- Márquez Quiroz, P. Cano R., P., Moreno R., A., Figueroa V., U., Sánchez C., E., Cruz L. E. De la y Robledo T., V. 2014. Efecto de la Fertilización orgánica sobre el rendimiento y contenido nutricional de tomate saladette en invernadero . 110 (1), 3-17
- Meléndez, G. 2003. Abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impacto en la agricultura. Disponible en: <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Taller%20Abonos%20Org%20A1nicos.pdf>

- Monardes, H. 2009. Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill): Características botánicas. Origen. Chile. Universidad de Chile 13p.
- Moreno Reséndez A., Aguilar D., J., y Luévano G., A. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 29,763-774.
- Muller, A., Schader, C., El-Hage Scialabba, N., Brüggemann, J., Isensee, A., Erb and Niggli, U. 2017. Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nature Communications*, 8, 1290.
- Muñoz Villalobos J.A., Velásquez V., M.A., Osuna C., E.S., y Macías R., H. 2014. el uso de abonos orgánicos en la producción de hortalizas bajo condiciones de invernadero. *Revista Chapingo* ,27-32 p.
- Navarro González I. y Periago J., M. 2016. El tomate, ¿alimento saludable y/o funcional?. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 20(4), 323-335.
- Nieto A., R., Velasco H. 2006. Cultivo de Jitomate en Hidroponía en Invernadero. 2a ed. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma de Chapingo. México. 130 p.
- Pastor Sáez, J. Narciso. 1999. Utilización de sustratos en viveros. *Terra Latinoamericana*, 17(3),231-235.
- Ramírez, c. 1996. Efecto de las practicas agrícolas sobre la Microflora del suelo: oportunidades en la foto protección. In *Agronomías y recursos naturales*. Bertsch, F; Badilla, W; García, J. eds. ACCS, San José, CR.p. 81-85.
- Ramnarain Y., A. and Ori L. 2019. Vermicompostaje de diferentes materiales orgánicos utilizando la lombriz de tierra epigeica *Eisenia foetida*. *Int J Recycl Org Waste Agric* 8: 23–36.
- Rehman, S., Ikram M. and Subhan F. 2015. Synthesis of New Dicoumarol Based Zinc Compounds and their Invitro Antimicrobial Studies. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 59(2),137-142.

- Rodríguez Dimas, N., Cano R., P., Favela C., E., Figueroa V., U., Álvarez V., P. de, Palomo G., A., Márquez H., C., y Moreno R., A. 2007. Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. revista Chapingo serie horticultura, 13(2),185-192.
- Rodríguez Dimas N., Cano R., P., Figueroa V., U., Palomo G., A., Favela C., E., Álvarez R., V.P., Márquez H., C. y Moreno R., A. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. Revista Fitotecnia Mexicana, 31(3),265-272.
- Rodríguez Dimas N., Cano R., P., Figueroa V., U., Favela C., E., Moreno R., A., Márquez H., C., Ochoa M., E. y Preciado R., P. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 319-327.
- Santos Castillo, I. D. y Camejo B., L.E. 2010. La descontaminación de las aguas del lago Izabal en Guatemala a través de la extracción de la planta *Hydrilla Verticillata* (L. F.) Royle y su uso como sustrato alternativo para la producción de plántulas de chile pimiento en invernadero. Rev. Mex. Cienc. Pec. 19(4):43-52.
- San Martín Hernández, C., Ordaz C., V., M., Sánchez G., P.B., Colinas L., M.T. y Borges G., L. 2012. Calidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido en hidroponía con diferentes granulometrías de tezontle. *Agrociencia*, 46(3), 243-254.
- Secretaria De Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 2019. Jitomate o tomate. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/sanluispotosi/articulos/jitomate-o-tomate?idiom=es>
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2017. Planeación agrícola nacional. Jitomate mexicano. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257077/Potencial-Jitomate.pdf>
- Senés G., C., Guardiola M., C.E. y Pacheco M., A. 2019 .Evaluación de biofertilizantes a base de microorganismos y lixiviado de vermicomposta en cultivos de interés económico en México, *AGRO Productividad*, 12(3): 17-22.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2021. Anuario Estadístico DE Producción Agrícola. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2016. La aplicación de sistemas de protección garantiza la disposición de frutas y verduras todo el año. Disponible en: <https://www.gob.mx/senasica/articulos/conoce-que-es-la-agricultura-prottegida?idiom=es>

Sinha, R. K., S. Agarwal, K. Chauhan, and D. Valani. 2010. The wonders of the earthworms and its vermicompost in farm production: Charles Darwin's 'friend of farmers', with potential to replace destructive chemical fertilizers from agriculture. *Agric. Sci.* 1:76-94.

Steiner, A. A. 1984. The universal solution. ISOSC. In: proceedings of 6th International Congress on Soilles Culture. Lunteren, The Netherlands. 633-649 pp.

Tuomisto H. L., Hodge I. D., Riordan P. And Macdonald, D. W. 2012. Does organic farming reduce environmental impacts? -A meta-analysis of European research. *Journal of Environmental Management*, 112, 309-320.

Valenzuela López M., Leopoldo P., R., Díaz V., T., Velázquez A., T.J. de , Bojórquez B., G. y Enciso O., T. 2018. Respuesta Del Tomate Cultivado En hidroponía Con Soluciones Nutritivas En Sustrato Humus De Lombriz-Fibra De Coco. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas* 5 (5) 807-18 pp.

Vander Heijden, G.A., and C. Wagg. 2013. Soil microbial diversity and agro-ecosystem functioning. *Plant Soil* 363:1-5.

Villegas Cornelio V. M. y Laines C., J.R. 2017. Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(2), 393-406.

Warman P., A., López M., J. 2010. Vermicompost derived from different feedstocks as a plant growth medium. *Bioresource Technol.* 12: 4479-4483.

Zamora K., Castro L., Wang A., Arauz L.F. y Uribe L. 2017. Uso potencial de lixiviados y tés de vermicompost en el control del ojo de gallo del cafeto *Mycena citricolor*. *Agronomía Costarricense*, 41(1),33-51

Zandonadi B., D., Mirella S., P., Leonardo M., O. and Juscimar S.
2014: Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças.
Horticultura Brasileira 32: 14-20.