



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE JITOMATE EN ALTAS DENSIDADES CON
SUSTRATO DE TEPOJAL Y VERMICOMPOSTA**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

PRESENTA

ANGEL JAIR JUÁREZ CÓRDOVA

DIRECTOR

DR. JUAN MANUEL BARRIOS DÍAZ

CODIRECTOR

M.C BENJAMÍN BARRIOS DÍAZ

San Juan Acateno, Teziutlán, Pue. Diciembre 2024



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE JITOMATE EN ALTAS DENSIDADES CON
SUSTRATO DE TEPOJAL Y VERMICOMPOSTA**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

PRESENTA

ANGEL JAIR JUÁREZ CÓRDOVA

DIRECTOR

DR. JUAN MANUEL BARRIOS DÍAZ

CODIRECTOR

M.C. BENJAMÍN BARRIOS DÍAZ

ASESORES:

DR. SIGFRIDO DAVID MORALES FERNÁNDEZ

M.C ESTABAN JOAQUIN MEDINA

San Juan Acateno, Teziutlán, Pue. Diciembre 2024

La presente tesis titulada: **Sistemas de producción de jitomate en altas densidades con sustrato de tepojal y vermicomposta** realizada por Angel Jair Juárez Córdova, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular para obtener el título de:

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

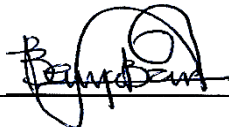
Consejo particular integrado por:

Firma


Director: Dr. Juan Manuel Barrios Díaz



Codirector: M.C Benjamín Barrios Díaz



Asesor: Dr. Sigfrido David Morales Fernández



Asesor: M.C Esteban Joaquín Medina



San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México.

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado: **BUAP-CA324 Sistema Agroforestal y Agrícolas Sostenible** y de la Línea de Investigación: Agricultura protegida y uso eficiente de los recursos agrícolas. Dicho trabajo, fue financiado con recursos propios.

DEDICATORIA

Dedico y agradezco este trabajo al universo por permitirme haber llegado a concluir una etapa importante de mi vida, por las experiencias, por los caminos recorridos, por las personas que fueron y han sido parte de mi viaje, por los fracasos que me han enseñado que si caemos es para aprender a levantarnos, por los aciertos que me han demostrado de lo que soy capaz, por lo que soy, por lo que tengo y por lo que viene, porque cada parte ha sido un fragmento de mi crecimiento y evolución como ser humano, porque vida solo es una y hay que vivir el aquí y el ahora, porque el futuro es incierto.

A mis padres **Gabriela Córdova Sánchez** y **Agustín Juárez Martínez**, agradeciéndoles uno de los regalos más bonitos, el darme la vida, tal vez no lo digo mucho, pero los quiero y los amo, me llena orgullo ser su hijo y tal vez es cierto la vida no viene con un manual de instrucción de cómo ser padres o como educar a un hijo, pero la mía sí, me dio a ustedes y crean lo que lo han hecho bien, agradezco cada regaño y castigo que me dieron sino no sería lo que soy ahora, gracias por siempre cuidarme, por estar ahí en esos momentos cuando uno más lo necesita, por cada consejo dado, por sus experiencias como persona y profesionalmente, por siempre guiarme de la mejor manera por el camino correcto, gracias por apoyarme en cada proyecto y creer en mí, por cada esfuerzo que dieron al darme todas las herramientas para poder llegar hasta aquí, sabemos que no ha sido fácil, pero por ustedes, su amor y su incondicionalidad, es un logro compartido, por mi parte siempre estaré ahí cuando ustedes me necesiten, espero nunca defraudarlos ¡Gracias! Los amo.

A mis abuelos **Guadalupe Sánchez Melgarejo** y **José Luis Córdova Ramos** que siempre me han acompañado durante todo mi caminar, por sus consejos, enseñanzas, cariño y su gran apoyo.

A mis tres amigos de cuatro patas, a esos peludos que quiero mucho, a mi Huellas que donde quiera que estes yo se me cuidarás siempre, no pudimos llegar juntos al final de la meta, pero sé que me mandaste a mi Yao que me ha enseñado el desapego, que con cosas sencillas y simples se puede ser feliz, a Guasón que siempre me acompañó durante mi tesis desde que llegaba hasta que terminaba.

A los amigos por acompañarme en este proceso de formación y a todos los docentes de diferentes niveles educativos que me brindaron sus conocimientos y me prepararon profesionalmente para poder alcanzar esta meta.

A la Ing. **Ana Patricia Mariano Ortega** por una buena atención y tiempo dedicado en laboratorio.

AGRADECIMIENTOS

Al **Dr. Juan Manuel Barrios Díaz**, quien me brindo una amistad, me ofreció su tiempo, confianza, paciencia y apoyo para la realización de esta tesis. Gracias a usted me llevo grandes conocimientos y muchas ganas de seguir aprendiendo para seguir formándome académicamente para llevarlo a lo laboral.

A los doctores **Benjamín Barrios Díaz, Sigfrido David Morales Fernández** y al Mtro. **Esteban Joaquín Medina** por su apoyo para realizar esta investigación.

A la **FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS** por abrirme las puertas y ofrecerme las herramientas adecuadas para prepararme profesionalmente.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRAC	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
III. HIPOTESIS.....	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1. Importancia del jitomate en México.....	5
4.2. Generalidades del jitomate.....	5
4.2.1. Origen del jitomate.....	5
4.2.2. Descripción morfológica.....	6
4.2.3. Taxonomía.....	7
4.2.4. Requerimientos de clima y suelo.....	7
4.2.5. Variedades del jitomate.....	8
4.2.6. Hábitos de crecimiento del jitomate.....	9
4.3. Ciclo fenológico.....	10
4.4. Calidad y rendimiento en invernadero en altas densidades.....	11
4.5. Riego.....	11
4.6. Nutrición.....	12
4.6.1. Solución nutritiva Steiner.....	12
4.6.2. Requerimiento nutricional del jitomate.....	13
4.7. Vermicomposta.....	15
4.7.1. Características de la vermicomposta.....	15
4.7.2. Organismos implicados en el proceso de la vermicomposta.....	16
4.8. Sustrato.....	16
4.9. Tepojal.....	17
4.10. Agricultura protegida.....	17

V. MATERIALES Y METODOS	18
5.1. Ubicación del experimento	18
5.2. Material vegetativo	18
5.3. Establecimiento del cultivo.....	19
5.4. Manejo del cultivo	19
5.5. Diseño experimental	20
5.6. Factores de estudio.....	21
5.7. Tratamientos.....	22
5.8. Variables evaluadas.....	22
5.8.1. Caracterización fisicoquímica de los sustratos	22
5.8.2. Crecimiento y desarrollo	23
5.8.3. Rendimiento y calidad de fruto	23
5.8.4. Análisis estadístico	23
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
6.1. Caracterización física del sustrato	24
6.1.1. Granulometría.....	24
6.1.2. Densidad aparente	25
6.1.3. Espacio poroso total	26
6.1.4. Capacidad retención de agua	27
6.1.5. pH y Conductividad eléctrica (CE).....	27
6.2. Variables de crecimiento	28
6.2.1. Altura de planta	29
6.2.2. Diámetro de tallo	31
6.2.3. Número de hojas.....	33
6.3. Rendimiento de frutos.....	35
6.3.1. Rendimiento por racimo (Rr)	36
6.3.2. Rendimiento por planta (RxP).....	38
6.3.3. Rendimiento por racimo y por m ² (Rr/m ²)	40
6.3.4. Rendimiento por m ² (Rxm ²).....	41
6.3.5. Número de frutos (NF)	44
6.4. Calidad física de frutos	46
6.4.1. Diámetro ecuatorial (DE)	46
6.4.2. Diámetro polar (DP).....	48

6.4.3.	Peso del fruto (PF).....	49
6.4.4.	Total de sólidos solubles (TSS)	51
VII.	CONCLUSIÓN	53
VIII.	LITERATURA CITADA	54
IX.	ANEXOS	62

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Diferencia del tomate determinado e indeterminado.....	9
Cuadro 2. Relaciones de concentraciones (me/L) para aniones y cationes.....	13
Cuadro 3. Diferentes soluciones nutritivas para el cultivo de jitomate.....	14
Cuadro 4. Solución nutritiva para tomate en sustrato.....	14
Cuadro 5. Características químicas del vermicompost.....	16
Cuadro 6. Solución nutritiva.....	20
Cuadro 7. Descripción de tratamientos.....	22
Cuadro 8. Porcentaje (%) de cada rango del tamaño de partícula en los sustratos a base de Tepojal : Vermicomposta (V : V) empleados en el cultivo de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) tipo saladette.....	24
Cuadro 9. Espacio poroso total (%) de los sustratos a base de Tepojal : Vermicomposta (V : V) empleados en el cultivo de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) tipo saladette.....	26
Cuadro 10. pH y conductividad eléctrica (CE) en los sustratos a base de Tepojal : Vermicomposta (V : V) empleados en el cultivo de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) tipo saladette.....	28
Cuadro 11. Resumen del análisis de varianza para los parámetros de crecimiento y desarrollo en plantas de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) por efecto de la densidad de plantas (D), el sustrato empleado y la interacción (D x S).....	28
Cuadro 12. Efecto de la densidad de planta m ² en la altura en plantas de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) tipo saladette en invernadero.....	29
Cuadro 13. Efecto del sustrato empleado a base de Tepojal : Vermicomposta (v : v) en la altura en plantas de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) tipo saladette en invernadero.....	30
Cuadro 14. Efecto de la interacción densidad de plantas m ² (D) x sustrato empleado (S) en la altura en plantas de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) tipo saladette en invernadero.....	31
Cuadro 15. Efecto de la densidad de plantas m ² en diámetro de tallo de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) tipo saladette.....	32

Cuadro 16. Efecto del sustrato empleado a base de Tepojal : Vermicomposta (v : v) en diámetro de tallo en plantas de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) tipo saladette en invernadero.....	32
Cuadro 17. Efecto de la interacción densidad de plantas m ² (D) x sustrato empleado (S) en diámetro de tallo de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) tipo saladette en invernadero.....	33
Cuadro 18. Efecto de la densidad de plantas m ² en número de hojas de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) tipo saladett.....	34
Cuadro 19. Efecto del sustrato empleado a base de Tepojal : Vermicomposta (v : v) en número de hojas en plantas de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) tipo saladette en invernadero.....	34
Cuadro 20. Efecto de la interacción densidad de plantas m ² (D) x sustrato empleado (S) en número de hojas de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) tipo saladette en invernadero.....	35
Cuadro 21. Resumen del análisis de varianza para los parámetros de rendimiento de los frutos cosechados de plantas de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) por efecto de la densidad de plantas (D), el sustrato empleado y la interacción (D x S).....	36
Cuadro 22. Efecto del sustrato empleado a base de Tepojal : Vermicomposta (v : v) en el rendimiento promedio de frutos cosechados por racimo en plantas de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) tipo saladette en invernadero.....	37
Cuadro 23. Efecto de la densidad de plantas m ² en el rendimiento total de frutos cosechados por planta de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) tipo saladette en invernadero.....	38
Cuadro 24. Efecto del sustrato empleado a base de Tepojal : Vermicomposta (v : v) en el rendimiento total de frutos cosechados por planta de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) tipo saladette en invernadero.....	38
Cuadro 25. Efecto de la interacción densidad de plantas m ² (D) x sustrato empleado (S) en el rendimiento de frutos cosechados por planta de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) tipo saladette en invernadero.....	39
Cuadro 26. Efecto de la densidad de plantas m ² en el rendimiento total de frutos cosechados por m ² en plantas de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) tipo saladette en invernadero.....	42

Cuadro 27. Efecto del sustrato empleado a base de Tepojal : Vermicomposta (v : v) en el rendimiento total de frutos cosechados por m ² en plantas de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) tipo saladette en invernadero.....	43
Cuadro 28. Efecto de la interacción densidad de plantas m ² (D) x sustrato empleado (S) en el rendimiento de frutos cosechados por m ² en plantas de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) tipo saladette en invernadero.....	43
Cuadro 29. Número de frutos por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta) y en cada racimo cosechado.....	45
Cuadro 30. Resumen del análisis de varianza para los parámetros de crecimiento de los frutos cosechados de plantas de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) por efecto de la densidad de plantas (D), el sustrato empleado y la interacción (D x S).....	46
Cuadro 31. Diámetro ecuatorial por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta) y en cada racimo cosechado.....	47
Cuadro 32. Diámetro polar por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta) y en cada racimo cosechado.....	48
Cuadro 33. Peso del fruto por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta) y en cada racimo cosechado.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Localización del experimento, obtenida de Google Earth Pro.....	18
Figura 2. Curva granulométrica de los sustratos a base de Tepojal : Vermicomposta (V : V) empleados en el cultivo de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) tipo saladette.....	25
Figura 3. Densidad aparente de los sustratos a base de Tepojal : Vermicomposta (V : V) empleados en el cultivo de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) tipo saladette.....	26
Figura 4. Capacidad de retención de agua en los sustratos a base de Tepojal : Vermicomposta (V : V) empleados en el cultivo de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) tipo saladette.....	27
Figura 5. Efecto del sustrato empleado a base de (%Tepojal : % Vermicomposta) en la altura en plantas de jitomate.....	30
Figura 6. Efecto del sustrato empleado a base de (% Tepojal : % Vermicomposta) en diámetro de tallo en plantas de jitomate.....	32
Figura 7. Efecto del sustrato empleado a base de (% Tepojal : % Vermicomposta) en diámetro de tallo en plantas de jitomate.....	34
Figura 8. Variación del rendimiento en cada racimo cosechado por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta).....	37
Figura 9. Rendimiento por planta por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta).....	39
Figura 10. Efecto del sustrato (% Tepojal : % Vermicomposta) en el rendimiento por planta de jitomate tipo saladette en invernadero.....	40
Figura 11. Variación del rendimiento por racimo y por m ² , según el efecto de la densidad de plantas en cada racimo cosechado.....	41
Figura 12. Rendimiento total por efecto de la densidad de plantas/m ²	42
Figura 13. Efecto de la densidad de plantas m ² en el rendimiento total de jitomate tipo saladette en invernadero.....	44
Figura 14. Variación del número de frutos por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta) y en cada racimo cosechado.....	45

Figura 15. Variación del diámetro ecuatorial por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta) y en cada racimo cosechado.....	47
Figura 16. Variación del diámetro polar por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta) y en cada racimo cosechado.....	49
Figura 17. Variación del peso de fruto por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta) y en cada racimo cosechado.....	50
Figura 18. Variación del total de sólidos disueltos (°Brix) del fruto por efecto del sustrato empleado (%Tepojal : % Vermicomposta) y en cada racimo cosechado.....	51
Figura 19. Promedio del total de sólidos disueltos (°Brix) del fruto por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta).....	52

RESUMEN

El cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en condiciones de invernadero es importante económica y socialmente; en México, en el año 2023, la producción fue de aproximadamente 1,850,000 toneladas en 12,200 han sembradas y con un valor de 10,500 millones de pesos. Por lo anterior, durante el año 2024 en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, fue realizada una investigación con el objetivo de evaluar el efecto de densidades de población y sustratos en la respuesta fenotípica del cultivo de jitomate en invernadero. Las variables evaluadas fueron de la caracterización del sustrato, del crecimiento y desarrollo de la planta, del rendimiento y calidad de los frutos cosechados. El material vegetativo fue el híbrido de jitomate tipo saladette INKA[®], cuyo crecimiento fue limitado a una altura de 2.0 m y ocho racimos por planta debido a las dimensiones estructurales del invernadero. Los tratamientos fueron nueve, derivados de la combinación de las densidades a 3.0, 4.5 y 6.0 plantas m⁻² y las mezclas de sustratos a base de tepojal y vermicomposta en proporciones (%) volumétricas 100:0, 75:25 y 50:50. El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial 3x3, fueron establecidas tres repeticiones de cada tratamiento y la unidad experimental fueron 4 plantas conducidas a un solo tallo, se realizaron análisis de varianza y comparaciones múltiples de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Los resultados mostraron que el uso de tepojal (75 %) en mezcla con vermicomposta (25 %) favorece el crecimiento en altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas, además, el rendimiento y la calidad de los frutos de jitomate en términos de tamaño, peso y uniformidad, parámetros importantes que definen los estándares comerciales, lo anterior demuestra que al combinar de éstos materiales los sustratos resultantes mejoran sus propiedades hidro físicas y la disponibilidad de nutrientes al cultivo. Por lo anterior, se establece que las mezclas de tepojal y vermicomposta resulta una estrategia eficaz para la producción de jitomate tipo saladette en condiciones de invernadero.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L, densidades, mezclas, invernadero.

ABSTRAC

The cultivation of saladette tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in greenhouse conditions is economically and socially important; in Mexico, in 2023, production was approximately 1,850,000 tons in 12,200 hectares planted and with a value of 10,500 million pesos. Therefore, during 2024 at the Faculty of Agricultural and Livestock Sciences of the Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, an investigation was carried out with the objective of evaluating the effect of population densities and substrates on the phenotypic response of tomato cultivation in greenhouses. The variables evaluated were the characterization of the substrate, the growth and development of the plant, and the yield and quality of the harvested fruits. The vegetative material was the INKA® saladette tomato hybrid, whose growth was limited to a height of 2.0 m and eight bunches per plant due to the structural dimensions of the greenhouse. There were nine treatments, derived from the combination of densities at 3.0, 4.5 and 6.0 plants m⁻² and mixtures of substrates based on tepojal and vermicompost in volumetric proportions (%) 100:0, 75:25 and 50:50. The experimental design was completely randomized with a 3x3 factorial arrangement, three repetitions of each treatment were established and the experimental unit was 4 plants trained on a single stem, analysis of variance and multiple comparisons of Tukey means were performed ($P \leq 0.05$). The results showed that the use of tepojal (75%) mixed with vermicompost (25%) favors the growth in plant height, stem diameter and number of leaves, in addition, the yield and quality of tomato fruits in terms of size, weight and uniformity, important parameters that define commercial standards, the above demonstrates that by combining these materials the resulting substrates improve their hydrophysical properties and the availability of nutrients to the crop. Therefore, it is established that the mixtures of tepojal and vermicompost are an effective strategy for the production of saladette type tomatoes in greenhouse conditions.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L, densities, mixtures, greenhouse.

I. INTRODUCCIÓN

La producción de jitomate (*Solanum lycopersicum L.*) en el mundo viene en ascenso desde los años 60's en donde se alcanzaban producciones totales de 27 millones de toneladas aproximadamente hasta la actualidad en donde se alcanzan 177 millones de toneladas; el ascenso de este cultivo dio el comienzo a un aumento en superficie y en los últimos 30 años se tuvieron que incorporar nuevas tecnologías de insumos (FAO, 2020).

En México, la producción de jitomate tiene importancia económica y social, en el año 2023, la producción de jitomate tipo saladette en condiciones protegidas fue de 1,842,265 t en 12,200 ha sembradas y con un valor de 10,456 millones de pesos (SIAP, 2023).

La producción en invernadero en los últimos años ha cobrado mayor fuerza, puesto que ofrece grandes ventajas como: mayor rendimiento en la producción, disminución en el ciclo de cultivo, mejor control de plagas y enfermedades, así como mayor calidad que permite cumplir con los estándares que demandan los compradores (Moreno-Reséndez *et al.*, 2011).

Algunos sistemas de producción de jitomate en invernadero, que se practican en países europeos y en norteamérica, consisten en utilizar cultivares de tipo bola y de crecimiento indeterminado, con densidades de población de 2 a 3 plantas por m² y se dejan crecer a más de 7 m de altura con el propósito de cosechar 20 a 25 racimos en un periodo de 10 a 11 meses, desde el trasplante a fin de cosecha, con rendimientos que pueden alcanzar 500 t ha⁻¹ en invernaderos de alta tecnología (Peet y Welles, 2005; Resh, 2004). De igual manera este sistema es de los más utilizados por grandes empresas de producción bajo invernadero en México, en donde se obtiene un rendimiento alto, pero con un ciclo de cultivo largo, por lo que las plantas están expuestas por más tiempo a plagas y enfermedades causando algún daño. Además, resulta difícil realizar podas, tutores y el peso de frutos disminuye conforme se cosechan los últimos racimos (Ponce *et al.*, 2015).

La Universidad Autónoma de Chapingo, Sánchez-del Castillo *et al.* (2012), desarrollaron un sistema de producción de jitomate en hidroponía bajo invernadero en donde se reduce el ciclo de cultivo a menos de cuatro meses mediante técnicas de despunte temprano y combinado con un trasplante de plántulas de mayor edad en densidades de población entre 8 y 12 plantas por m².

Por otra parte, actualmente la contaminación del medio ambiente por efecto de los insumos agrícolas es considerada como uno de los principales problemas en la agricultura tradicional, ante esta situación la producción orgánica es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de plaguicidas y fertilizantes sintéticos, inocuos y con un alto valor nutricional. El tomate orgánico en México ha alcanzado un precio aproximadamente seis veces mayor que el producido de forma convencional, debido a lo anterior, algunos productores han optado por integrar este sistema de producción (Marquez-Hernandez *et al.*, 2008).

Considerando lo anterior, el vermicompost es un material similar a la tierra, producido a partir de residuos orgánicos y aporta elementos nutritivos a las plantas (Ruiz-Morales, 2011); asimismo la piedra pómez o tepojal utilizada en la construcción principalmente, presenta características que pueden ser favorables para la producción agrícola, ya que tiene adecuado espacio poroso, capacidad de aireación, capacidad de retención de agua, es ligero y de costo accesible (Cruz-Crespo *et al.*, 2019).

En la presente investigación se evaluó el efecto de densidades de población, mayores que las comúnmente establecidas en el cultivo de jitomate tipo saladette en condiciones de invernadero, y mezclas de sustratos a base de tepojal y vermicompost, para observar y cuantificar la respuesta fenotípica del cultivo y evaluar potencial de estos materiales y utilizarlos como una alternativa más en agricultura protegida.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de densidades de población y mezclas de sustratos a base de tepojal y vermicompost en la respuesta fenotípica del cultivo de jitomate en invernadero.

2.2. Objetivos específicos

- a) Caracterizar físicamente los sustratos empleados y las mezclas evaluadas.
- b) Evaluar el crecimiento y desarrollo de la planta.
- c) Determinar el rendimiento y calidad de los frutos cosechados.

III. HIPOTESIS

Al menos una de las densidades en combinación con alguna de las mezclas de tepojal y vermicompost evaluadas, favorecerán el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad de frutos, en el cultivo de jitomate tipo saladette en condiciones de invernadero.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Importancia del jitomate en México

En México, el cultivo del jitomate tiene una importancia social y económica puesto que es una gran fuente de empleo, para un gran número de familias en el territorio nacional (Gómez, 2012).

El jitomate uno de los cultivos más producidos debido a los distintos usos que a este se le da dentro de la gastronomía mexicana, el 52.04 % de superficie son para abastecer el mercado nacional siendo los estados más importantes en la producción Sinaloa, San Luis Potosí, Michoacán, Zacatecas y Jalisco. Y el otro 47.96 % es para la exportación siendo los consumidores principales Estados Unidos de América cubriendo el 67 % de las importaciones y Canadá con un 65.31 (SAGARPA, 2017; FIRA, 2019).

4.2. Generalidades del jitomate

4.2.1. Origen del jitomate

El origen del género *Solanum* se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile (Lesur, 2006). Por su parte, el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2017), menciona, que el jitomate es originario de los bajos Andes y en épocas prehispánicas fue cultivado y domesticado por los aztecas y mayas en México, su nombre cambia dependiendo de la zona geográfica de tal manera que en los estados del centro y sur del país se le conoce como jitomate, mientras que en los estados del norte lo conocen como tomate rojo.

La palabra tomate proviene del nahuatl “tomatl”, lengua que hablaban en América Central y que significa “agua gorda”; pero también del azteca “Xitomatl”, que significa: “tomate de ombligo” (Pérez 1997).

4.2.2. Descripción morfológica

El jitomate es una planta de tipo perenne de porte arbustivo que se cultiva cada año. Puede desarrollarse de forma rastrera, semirrecta o erecta (Aristondo, 2015).

Tallo: Semi leñoso, comúnmente mide entre 2 y 4 cm de diámetro en la base de la planta, donde se están formando nuevas hojas y racimos florales, en su primera etapa de crecimiento es erecto y cilíndrico y luego se vuelve decumbente y angular. El tamaño viene determinado tanto por las características genéticas de las plantas como por muchos otros factores, encontrándose plantas de porte bajo, con 30 – 40 cm, y de porte alto, que pueden alcanzar hasta 3 metros (Escobar y Lee, 2009).

Sistema radicular: Está constituido por una raíz principal, raíces secundarias y adventicias; estas últimas son numerosas, potentes y no superan los 30 cm de profundidad (Monardes, 2009; INTA, 2014).

Hojas: Son compuestas formadas por más de nueve folíolos y se insertan sobre los diversos nudos en forma alterna y opuesta, su color es de un verde más o menos intenso, el número de hojas por tallo están determinados por el tipo de hábito de crecimiento de la planta y temperatura (Escobar y Lee, 2009).

Flores: El tomate posee una inflorescencia en forma de racimo, con flores pequeñas, medianas o grandes, de coloración amarilla en diferentes tonalidades. Las flores son hermafroditas, con 5 o 6 pétalos con igual número de estambres unidos en la base de la corola, dentro de la cual se encuentra el pistilo (Jiménez- Borjas, 2009).

Fruto: Baya roja, rosada o amarillenta, oblonga, globosa y deprimida o piriforme, de más de 2 cm de diámetro, lampiña y plurilocular (CENTA, 2018). López - Marín (2017), comentan que existen frutos cultivares de jitomate de color amarillo, rosado, morado, naranja y verde.

El fruto del tomate está constituido por un 94 – 95 % de agua y el 5 – 6 % restantes es una mezcla compleja en la que predominan los compuestos orgánicos, de los cuales dan al fruto su sabor característico y su textura, el fruto tarda de 60 a 70 días hasta el momento de la cosecha (Escobar y Lee, 2009).

4.2.3. Taxonomía

La taxonomía del tomate según Navarro-Lara (2011) se describe como:

Reino: Vegetal

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae

Género: Solanum

Especie: lycopersicum

Nombre científico: *Solanum lycopersicum*

Nombre común: jitomate o tomate

4.2.4. Requerimientos de clima y suelo

De acuerdo con SAGARPA (2017), en su planeación agrícola nacional, menciona que dentro de las condiciones edáficas y de clima, el jitomate se cultiva en zonas templadas y cálidas. El clima húmedo con temperaturas altas y humedad relativa superior a 75 % es poco apropiado. La temperatura optima es de 20 a 24 °C.

Suelos: Seminis (2017), indica que el tomate requiere suelos bien drenados y profundos, siendo las texturas francas, franco-limosas, franco-arenosas y limosas las más adecuadas.

pH: el tomate está clasificado como una hortaliza tolerante a la acidez, prefiere suelos de pH entre 5.0 y 7.0, aunque admite cierta tolerancia a valores de pH más altos que 7.0 (INFOAGRO, 2017). El pH óptimo para la producción de tomate está dentro del rango de 6.2 y 6.8 (Escobar y Lee, 2009).

Temperatura: Las temperaturas extremas pueden ocasionar diversos trastornos, ya sea en la maduración, precocidad o color, temperaturas bajo 10°C afectan la formación de flores y temperaturas mayores a 35°C pueden afectar la fructificación (Allende *et al.*, 2017).

La temperatura ideal para el desarrollo del tomate oscila entre 23 y 25 °C durante el día y entre 15 y 17 °C por la noche (Muñoz y Medina, 2004). Bugbee y White (1984), sugieren temperaturas de 25 °C en el día y 20. °C en la noche como temperaturas idóneas para el cultivo.

Humedad relativa: el desarrollo del tomate requiere que la humedad relativa oscile entre el 60 % y 80 % (Torres, 2017). Por su parte, Jasso *et al.* (2012), comenta que humedades relativas mayores a 80 % incrementan el desarrollo de enfermedades aéreas, así como el agrietamiento del fruto, dificulta la fecundación debido a que el polen se compacta provocando aborto floral y en humedades bajas dificulta la fijación de polen en el estigma de la flor.

Luminosidad: la calidad de la luz y el fotoperíodo no son tan importantes para el crecimiento del tomate como la radiación integral diaria. Se estima que para que el cultivo de tomate produzca con mínimas restricciones fotosintéticas, debe ocurrir una radiación incidente fuera del invernadero del orden de 14 a 16 MJm⁻¹ día⁻¹ (Castilla, 2005).

Radiación: los valores de radiación total diarios son de 0.85 MJm⁻², son los umbrales considerados mínimos para la floración y cuajado, siendo preferible mayor iluminación en menor periodo de tiempo que iluminaciones bajas durante un mayor tiempo (Jasso *et al.*, 2012).

4.2.5. Variedades del jitomate

Castellanos (2009), menciona que el alto consumo del tomate ha promovido la diversificación de esta hortaliza para satisfacer las exigencias del mercado global, a tal grado que hoy en día existe una gran segmentación del mercado y, por lo tanto, una gama amplia de tipos y variedades de tomate: bola o redondo, saladette o roma, racimo, grape o uva, cherry, cocktail, pera y heirloom

Nuez (1995), afirma que la creación constante de nuevas variedades o cultivares por medio de la manipulación genética tiene como objetivo principal mejorar distintos aspectos como productividad, calidad y adaptación a distintas condiciones de cultivo para cubrir un amplio rango de necesidades. Existen tres maneras de clasificar el tomate, según su forma, madurez y color, del más pequeño al más grande: cherry, saladette, tipo pera, bola estándar y bola grande. Los tomates se clasifican por su grado de madurez, es decir por el número de días

entre que es plantado y su cosecha. De madurez temprana, mediana maduración o los de mayor maduración, también pueden clasificarse en función de su color (Castro, 2010).

4.2.6. Hábitos de crecimiento del jitomate

Las variedades de tomate son clasificadas según su hábito de crecimiento (Cuadro 1).

Crecimiento determinado: son arbustos de porte bajo, compactos y con producción de frutos en corto tiempo. El jitomate de tipo determinado no requiere poda ya que es de floración apical (Meléndez *et al.*, 2002). Las plantas crecen, florecen y dan frutos en etapas bien definidas (CORPOICA, 2012). Aurelio *et al.* (2018), mencionan que estas plantas presentan en cada extremo de crecimiento una yema floral y tiene periodos definidos de floración y cuajado de frutos, el tamaño de la planta varía de acuerdo con la variedad.

Crecimiento indeterminado: su crecimiento vegetativo es continuo. La floración, fructificación y cosecha son de períodos largos (CORPOICA, 2012). Aurelio *et al.* (2018), mencionan que su tallo principal puede llegar a medir hasta uno 10 m de largo, si es manejado a un solo eje de crecimiento. Para evitar la proliferación de nuevos brotes deben podarse (Meléndez *et al.*, 2002).

Cuadro 1. Diferencia del tomate determinado e indeterminado.

DETERMINADO	INDETERMINADO
Plantas más compactas	Crece de manera ilimitada
Crecimiento limitado	Requiere tutorio
Mínimo de poda y desbrote	Produce durante toda la temporada de manera escalonada
No se necesita tutores	Podas constantes
Cosecha todo a la vez	3 a 4 hojas por simpodio
1 a 2 hojas por simpodio	

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos de CORPOICA (2012).

4.3. Ciclo fenológico

La fenología está determinada por la variedad y las condiciones climatológicas de la zona donde se establece el cultivo. Las etapas se dividen en cinco periodos (Chemicals, 2014).

El cultivo de tomate presenta varias etapas de desarrollo durante su crecimiento las cuales difieren en cuanto a las necesidades de agua y nutriente frente al desarrollo mismo de la planta. Es importante resaltar que los tiempos son indicativos, ya que pueden ser diferentes dependiendo de la variedad, del manejo del cultivo y de la zona en la cual se establece el cultivo (SQM, 2015).

- Establecimiento de la planta: el tomate es un cultivo que puede ser anual o perenne. Germina de cuatro a siete días después de sembrada la semilla. La raíz empieza a desarrollarse y comienza la formación de la parte aérea de la planta.
- Crecimiento vegetativo: en este período la planta crece rápidamente, floreciendo y desarrollando frutos. Pasados 70 días, el desarrollo vegetativo es mínimo, así como la acumulación de materia seca en hojas y tallos.
- Floración y cuaja: la floración y cuaja empiezan alrededor de 20 - 40 días después del trasplante (dependiendo de la variedad, las condiciones medioambientales y el manejo del cultivo) y continúan durante el resto del ciclo de crecimiento. Con el fin de promover la cuaja, se realiza la polinización por medio de abejas, viento y aplicación de hormonas (auxinas).
- Desarrollo del fruto: La fruta empieza a desarrollarse y a crecer acumulando en este periodo la mayor cantidad de materia seca en la fruta a un ritmo relativamente estable.
- Madurez fisiológica y cosecha: La madurez de la fruta se logra entre 80 a 120 días después del trasplante. La cosecha es permanentemente; sin embargo, se puede ver limitada por factores climáticos (heladas) o económicos (precio del tomate).

4.4. Calidad y rendimiento en invernadero en altas densidades

La manipulación de la densidad de plantas permite optimizar la radiación interceptada, importante para usarse como una estrategia para incrementar los rendimientos (Papadopoulos y Pararajasingham, 1997; Sánchez *et al.*, 1999). Una alta densidad de plantas aumenta la precocidad y reduce el ciclo biológico, pero los frutos producidos son de menor tamaño y calidad (Nuez, 1995).

En condiciones de invernadero y sin despunte, las densidades comerciales fluctúan de 2 a 2.5 plantas por m²; con 2.27 plantas por m² el tomate produce hasta 24.5 kg de materia fresca por planta, con un rendimiento de fruto de 20.6 kg⁻¹ planta que equivale a 46.8 kg m⁻² y representa 84 % del crecimiento total obtenido en 288 días después de siembra (Koning, 1989). Pero otros investigadores (Sánchez y Corona, 1994; Sánchez y Ponce, 1998) observaron que en invernadero los mejores rendimientos por unidad de superficie para cultivares de hábito de crecimiento semi determinado se logra con densidades de 25 plantas por m² despuntadas a un racimo, con 16 plantas por m² despuntadas a dos racimos y con 12 plantas por m² despuntadas a tres racimos. Similarmente, Santos y Sánchez (2003), al combinar cinco densidades de 6 a 36 plantas por m², con cuatro niveles de despunte de 1 a 3 racimos por planta y sin despunte, encontraron el mayor rendimiento de 25.5 kg m⁻² con 25 plantas por m².

4.5. Riego

El riego es un factor importante para considerar en el manejo de los sustratos, ya que tiene un volumen limitado para el crecimiento y desarrollo radical de la planta. Este condiciona el rendimiento y la calidad de la producción y si existe deficiencia de agua puede provocar la muerte de la planta (Al-Omran *et al.*, 2010; Helyes *et al.*, 2012). Harmanto *et al.* (2005) y Flores *et al.* (2007), mencionan que el agua debe ser proporcionada en cantidad y en tiempo exacto puesto que una mala programación del riego promueve la presencia de enfermedades y desórdenes fisiológicos. Por lo tanto, la elección oportuna del momento de riego permite obtener mayores rendimientos (Ismail *et al.*, 2008).

El cultivo de jitomate, al igual que el resto de los productos hortícolas, requiere una determinada cantidad de agua para obtener buenos rendimientos comerciales en épocas en las que la precipitación resulta insuficiente para el cultivo (Rojas y Castillo, 2007).

4.6. Nutrición

Los elementos principales son: C, H, O, N, y S constituyentes de la materia orgánica, K, Na, Mg, Ca, Mn y Cl absorbidos como iones de la solución del suelo, P, B y Si esterificados con alcoholes en las plantas y Fe, Cu, Zn, Mo adsorbidos como iones o quelatos (Meléndez y Molina 2002). De acuerdo con Rodríguez (2004), los minerales esenciales para la planta se distinguen los de mayor requerimiento y los que se encuentran en mayor proporción en ella. Entre los macronutrientes se consideran primarios: nitrógeno (N), potasio (K) y calcio (Ca), secundarios: fósforo (P), magnesio (Mg) y azufre (S). Aquellos con requerimiento en menor 10 proporción en la planta, denominados micronutrientes son: zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu), hierro (Fe), boro (B), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y por último no siendo tan necesario el níquel (Ni).

El jitomate requiere una alta disponibilidad de macronutrientes como N, P, K, Ca, Mg, S y micronutrientes como Fe, Mn, Cu, B y Zn. A partir del trasplante y hasta la floración, la relación de fertilización de nitrógeno y potasio debe ser 1:1. Al inicio del llenado del fruto la cantidad de K debe ser mayor (N/K 1:2 o 1:3) por su contribución en la maduración y el llenado de frutos. La absorción de macronutrientes se eleva a partir de la floración (45 días) y hasta el inicio de la maduración de los frutos (noventa días), donde se acumula la mayor cantidad de nutrientes (Jaramillo *et al.*, 2013).

Los micronutrientes se aplican al follaje para que sean absorbidos por las hojas. Las fuentes de fertilizantes foliares son sales o quelatos y compuestos orgánicos (Molina, 2016).

4.6.1. Solución nutritiva Steiner

Castellanos (2009), menciona que, en 1961, Steiner en Holanda, propuso el concepto de la solución nutritiva universal. Esta solución nutritiva clasifica a los nutrimentos según su carga eléctrica. Los aniones (carga negativa) considerados son el fosfato (H_2PO_4^-), el nitrato (NO_3^-) y el sulfato (SO_4^-), mientras los cationes (carga positiva) considerados son potasio

(K⁺), calcio (Ca²⁺) y magnesio (Mg²⁺). Steiner propuso que debe existir una relación entre estos aniones y cationes para que las plantas puedan aprovecharlos al máximo. Determinó que la relación entre los aniones debe de oscilar entre; 50-70 % de NO₃⁻, 3-20 % de H₂PO₄⁻ y 24-40 % de SO₄²⁻. Para el caso de los cationes 30-40 % de K⁺, 35-55 % de Ca²⁺ y 15-30 % de Mg²⁺. Finalmente, sugirió que la solución nutritiva universal debía contener las proporciones entre aniones y cationes como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Relaciones de concentraciones (me L⁻¹) para aniones y cationes.

Porcentaje (%) de me L ⁻¹		
NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻
60 %	5 %	35 %
Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺
45%	35 %	20 %

Fuente: Castellanos (2009).

4.6.2. Requerimiento nutricional del jitomate

Uno de los parámetros que se tiene que realizar es determinar la calidad el agua en donde se deben determinar: conductividad eléctrica, contenido de sodio, presencia de elementos tóxicos, contenido de nutrimentos, así como la concentración de elementos que puedan tapar los goteros. El pH determina la disponibilidad de nutrientes. Este se debe medir en el agua para conocer la concentración salina y con base a lo obtenido tomar acciones de ajuste de pH. Lo más común es acidificar utilizando ácidos como el sulfúrico, fosfórico y nítrico (Hochgmuth y Hochgmuth, 2015).

La conductividad eléctrica apropiada depende de las condiciones ambientales (humedad relativa, temperatura radiación), de acuerdo con esto se procura no superar la concentración salina a la cual se puede ver afectado el rendimiento del cultivo (Camacho, 2015).

Se han desarrollado diferentes soluciones nutritivas (Cuadro 3), dejando en claro que la solución nutritiva ideal para los cultivos no existe, ya que la nutrición de la planta está regulada por diferentes variables como: variedad del cultivo, estado fenológico y clima (INTAGRI, 2017).

Cuadro 3. Diferentes soluciones nutritivas para el cultivo de jitomate.

Solución Nutritiva	mmoles/L					
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺
Steiner	12	7	4.5	1	2	3.5
Sonneveld	10.5	7	3.75	1.5	1	2.50
Coic	12	5.20	3.10	1.65	0.75	0.75
Sur España	11	7.5	5	1.5	2	2

Fuente: (INTAGRI, 2017).

En el Cuadro 4 se presenta la solución nutritiva de referencia para el cultivo de jitomate en sustrato y de acuerdo con las diferentes etapas de crecimiento (Castellanos, 2009).

Cuadro 4. Solución nutritiva para tomate en sustrato.

Nutrimiento	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4
	DT a 1er cuaje	1er al 3er cuaje	3er al 5to cuaje	5to cuaje en adelante
	mel/L			
Nitratos	6	8	10	12
Amonio	0	0	0.5	1.0
Fosforo	1.5	1.5	1.5	1.5
Potasio	3.5	5.5	7	8.5
Calcio	8	8	8	9
Magnesio	2	3	4	5
Sulfatos	3-6	3-6	3-6	3-8
Bicarbonatos	1	1	1	1
Sodio	<5	<5	<5	<5
Cloro	2-6	2-6	2-6	2-6
CE	1.4	1.9	2.3	2.4

Fuente: Castellanos (2009).

4.7. Vermicomposta

El vermicompostaje es un proceso de biooxidación, degradación y estabilización de la materia orgánica mediada por la acción combinada de lombrices y microorganismos bajo condiciones aerobias y mesófilas, con el que se obtiene un producto final estabilizado (Vargas-Machuca, 2010). En el vermicompostaje los microorganismos son responsables de la degradación bioquímica de la materia orgánica, mientras que las lombrices actúan como conductores del proceso mediante la fragmentación y el acondicionamiento del sustrato para la actividad microbiológica (Gómez, 2012). Con el propósito de convertir residuos orgánicos en vermicomposta, que es un producto orgánico de alto valor agrícola (Moreno *et al.*, 2014).

4.7.1. Características de la vermicomposta

El vermicompost líquido, es un extracto en agua que contiene altos niveles de microorganismos benéficos y nutrientes solubles, además pueden suministrar ácidos orgánicos, regulares de crecimiento y nutrientes minerales tanto a la planta como al suelo (Arancon *et al.*, 2007; Fayed, 2010).

Atiyeh *et al.* (2002), menciona que le vermicompost tanto en solido como liquido contiene sustancias de composición química compleja, auxinas, ácidos húmicos y fúlvicos, órgano-minerales, de alto peso molecular.

El vermicompost contiene una elevada carga enzimática y bacteriana (Cuadro 5) que aumenta la solubilización de los nutrimentos haciendo que puedan ser inmediatamente asimilables por raíces de las plantas. Por otra parte, impide que los nutrientes sean lavados por agua de riego manteniéndolos por más tiempo en el suelo; lo que permite de la disponibilidad de los elementos nutritivos cuando la planta los requiera (SAGARPA, 2010).

Cuadro 5. Características químicas del vermicompost.

Características	Unidades	Concentración
pH	-	6.8 a 7.2
N	%	1.5 a 3.35
P	ppm	700 a 2500
K	ppm	4400 a 7700
C/N	ppm	10 a 13
CIC	-	75 a 81
Ca	me 100g ⁻¹	2.8 a 8.7
Mg	%	260 a 576
Mn	ppm	0.2 a 0.5
Cu	ppm	85 a 490
Zn	ppm	87 a 404

Fuente: (SAGARPA, 2010).

4.7.2. Organismos implicados en el proceso de la vermicomposta

El humus de lombriz es un fertilizante orgánico 100 % natural, que se obtiene de la transformación de residuos orgánicos por medio de la Lombriz Roja de California (Domínguez, 2010). Las especies más utilizadas en la lombricultura son *Eisenia fétida* y *Eisenia andrei* (SAGARPA, 2010).

4.8. Sustrato

Uno de los principales factores que determinan el éxito del cultivo es el sustrato, pues constituye el medio en que se desarrollaran las raíces las cuales tienen gran influencia en el crecimiento y desarrollo (Ortega-Martínez *et al.*, 2010).

Los sustratos deben servir de soporte a la planta, ser livianos, tener un alto porcentaje de espacio poroso (80 %), una elevada capacidad de retención de la humedad, una buena aireación y un drenaje apropiado, una baja tendencia a la compactación y ser libres de patógenos, semillas y malezas (Escobar y Lee, 2009).

4.9. Tepojal

La piedra pómez o tepojal utilizada en la construcción principalmente, presenta características que pueden ser favorables para la producción agrícola, ya que tiene adecuado espacio poroso, capacidad de aireación, capacidad de retención de agua, es ligero y de costo accesible (Cruz-Crespo *et al.*, 2019).

Se utiliza comúnmente en los jardines para facilitar el drenaje de las plantas. Su ph es neutro, tiene la propiedad de oxigenar mucho y nunca pudrirá las raíces, el tepojal con características físicas es adecuada para su uso en la elaboración del sustrato y es más ligero que el tezontle.

4.10. Agricultura protegida

Se describe como un sistema de producción, para proteger cultivos, al minimizar restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos, realizado bajo diversas estructuras (Moreno-Reséndez *et al.*, 2011).

El principal objetivo es obtener altos rendimiento de productos agroalimentarios, inocuos, de calidad, a su vez contribuyen a una alternativa viable para enfrentar varios problemas como el control de plagas y enfermedades, así como condiciones climatológicas adversas o extremas (Juarez-López *et al.*, 2011).

García *et al.* (2011), mencionan que, en la agricultura protegida, la tecnología, es una variable que se identifica como un factor de importancia para mejorar la productividad y la calidad, hace hincapié que fomentando una mejora tecnológica en los invernaderos permitirá a los productores no ser vulnerables ante el entorno competitivo que representa la producción.

V. MATERIALES Y METODOS

5.1. Ubicación del experimento

Este trabajo de investigación se realizó en condiciones de invernadero dentro de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, perteneciente a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, en los meses de marzo - julio 2024 la cual se encuentra en la junta auxiliar de San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México, con coordenadas: 19° 49' 04" latitud norte y 97° 21' 39" longitud oeste (Figura 14). El clima es templado con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 15 °C y una precipitación media anual de 1,609 mm. Se localiza a una altitud de 1,675 msnm (INEGI, 2023).

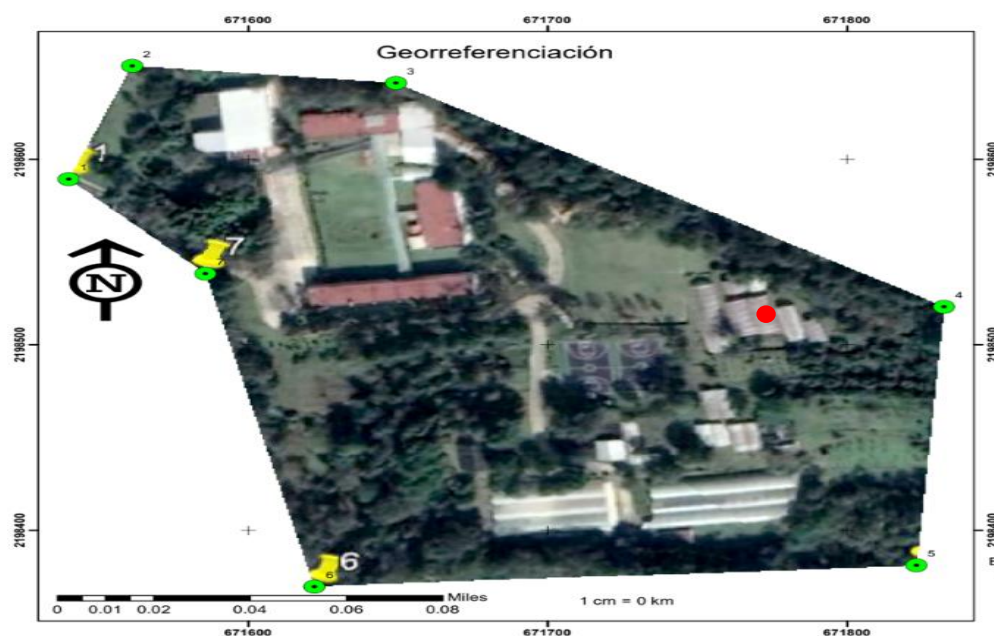


Figura 1. Localización del experimento, obtenida de Google Earth Pro.

5.2. Material vegetativo

El genotipo de jitomate tipo saladette que se evaluó fue INKA[®] de crecimiento indeterminado, presenta buen vigor, follaje semi abierto, de porte intermedio, el tamaño de los frutos va de XXL a XL manteniéndolos durante el ciclo. Presenta buena capacidad de cuaje en temporada de calor y cargas concentradas. Madura muy bien en color rojo, no hace “chichi”, mantiene buena homogeneidad de tamaños en el racimo. Posee excelente paquete

de resistencias. Esta variedad se ha adaptado bien a las zonas costeras y semiáridas del país donde se busca la precocidad.

5.3. Establecimiento del cultivo

La plántula fue adquirida de un vivero comercial con aproximadamente 30 días después de la germinación. La plántula de jitomate se trasplanto en bolsas de 40 x 40 cm llenadas con los sustratos que fueron evaluados.

El sistema de riego utilizado fue con goteros de 4.0 L h⁻¹ y cada planta fue abastecida por dos goteros, instalados antes de establecer el cultivo.

5.4. Manejo del cultivo

Tutorado: se realizó a los 15 días después del trasplante.

Podas: se realizaron al momento en que los brotes axilares tuvieron 5 a 10 cm de longitud, se realizó cada 15 días con tijeras especiales para poda y estas se fueron desinfectando al momento de ir realizar esta operación. También se realizó la poda de las hojas basales una vez que los tres primeros racimos de frutos alcanzaron el tamaño comercial.

Despunte: el ápice se cortó cuando éste alcanzó la altura del sistema de tutoreo localizado aproximadamente a 2.0 m.

Solución nutritiva: se utilizó la solución de Steiner (1964) en 2 etapas: al 50 % en la etapa vegetativa y al 100 % en la etapa productiva. La solución nutritiva Steiner al 100 % de concentración contiene en mEq L⁻¹: 12.0 NO₃⁻, 1.0 H₂PO₄⁻, 7.0 SO₄²⁻, 7.0 K⁺, 9.0 Ca²⁺ y 4.0 Mg²⁺; para prepararla se utilizaron los siguientes fertilizantes como se muestra en el siguiente (Cuadro 6), en cantidades g L⁻¹ para preparar la solución nutritiva.

Cuadro 6. Solución nutritiva

Fertilizantes	Cantidades en g L ⁻¹
KNO ₃	0.303
Ca (NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	1.062
KH ₂ PO ₄	0.136
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.492
K ₂ SO ₄	0.261

Control fitosanitario: se realizó en el marco del manejo integrado de plagas y enfermedades, es decir, incluyo el control a través de productos orgánicos y únicamente en casos de manifiesta severidad fueron empleados productos de síntesis química.

Antes del trasplante, las plántulas se desinfectaron de su sistema radicular con una solución a base de agua y fungicidas orgánicos cuya composición y dosis de aplicación fueron: polisulfuros y extractos vegetales (2 mL L⁻¹), fosfonato de aluminio y ácidos orgánicos (2.0 mL L⁻¹) y octanoato de cobre (1.0 mL L⁻¹). Además, se utilizó oxiclورو de cobre (2.0 g L⁻¹), también fueron empleados algunos fungicidas y bactericidas de síntesis química, como metalaxil y clorotalomil, manzate y cymoxalil como preventivo de enfermedades foliares.

5.5. Diseño experimental

El experimento se estableció mediante un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial 3x3, tomando en consideración los factores: Mezclas (M) y Densidades (D) de planta m⁻², con tres niveles cada uno, resultando 9 tratamientos de la combinación de factores y niveles.

El modelo matemático utilizado es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación de la variable respuesta (VR) obtenida del tratamiento con el i-ésimo nivel de A, el j-ésimo nivel de B y la repetición k-ésima

μ = Media general (respuesta media sin aplicar ningún tratamiento a las unidades experimentales)

A_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A

B_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor B

AB_{ij} = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A y el j-ésimo nivel del factor B en su repetición k

ε_{ijk} = Error asociado a y_{ijk} (explica las diferencias entre los efectos de los tratamientos y la media, respecto a las y_{ijk})

5.6. Factores de estudio

Se establecieron los siguientes factores de estudio.

FACTOR D: Densidades

D1: 3 plantas por metro cuadrado

D2: 4.5 plantas por metro cuadrado

D3: 6 plantas por metro cuadrado

FACTOR S: Sustrato (Tepojal : Vermicomposta, v : v)

S1: Testigo (Tepojal)

S2: 75:25

S3: 50:50

5.7. Tratamientos

Los tratamientos evaluados y su descripción se muestran en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Descripción de tratamientos.

Tratamiento	Combinación de factores	Descripción
1	D1S1	3 plantas m ⁻² y tepojal como sustrato
2	D1S2	3 plantas m ⁻² y como sustrato 75 %Tepojal : 25 % Vermicomposta
3	D1S3	3 plantas m ⁻² y como sustrato 50 %Tepojal : 50 % Vermicomposta
4	D2S1	4.5 plantas m ⁻² y tepojal como sustrato
5	D2S2	4.5 plantas m ⁻² y como sustrato 75 %Tepojal: 25 % Vermicomposta
6	D2S3	4.5 plantas m ⁻² y como sustrato 50 %Tepojal : 50 % Vermicomposta
7	D3S1	6 plantas m ⁻² y tepojal como sustrato
8	D3S2	6 plantas m ⁻² y como sustrato 75 %Tepojal: 25 % Vermicomposta
9	D3S3	6 plantas m ⁻² y como sustrato 50 %Tepojal : 50 % Vermicomposta

En cada tratamiento se tuvieron plantas conducidas a un tallo principal, 4 plantas constituyeron la unidad experimental y de cada una de estas se tuvieron 3 repeticiones. La parcela experimental cubrió una superficie de 2 m².

5.8. Variables evaluadas

5.8.1. Caracterización fisicoquímica de los sustratos

Del tepojal y las mezclas de sustratos (tepojal: vermicompost, v : v) se ocuparon 100gr de cada sustrato a una temperatura de secado a 60° grados durante 3 días en donde se determinaron: la curva granulométrica, el espacio poroso total (EPT, %) y capacidad de aireación (CA, %), y capacidad de retención de agua (CRA, %); además, la caracterización

química de la materia orgánica (MO, %), potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (dS m^{-1}) con los valores propuestos por Ansorena (1994).

5.8.2. Crecimiento y desarrollo

El crecimiento de la planta fue evaluado a 23, 38, 52 y 66 días después del trasplante.

Altura de planta (AP): se midió en centímetros (cm), con ayuda de un flexómetro el cual se colocó desde la base del tallo (a ras del suelo) hasta el ápice terminal de la planta.

Diámetro de tallo (DT): la medición se realizó con ayuda de un vernier digital marca Steren con precisión 0.2mm y se tomó como referencia la base del tallo, para tomar como referencia las siguientes mediciones y llevar a cabo un buen control.

Número de hojas (NH): se contó manualmente el número de hojas verdaderas bien desarrolladas.

5.8.3. Rendimiento y calidad de fruto

Se evaluaron a partir de la primera cosecha de fruto (Anexo 1), inicio a los 68 días después del trasplante.

Peso del fruto (g): el peso de cada fruto se determinó con una balanza electrónica de la marca VELAB con precisión de 0.1 g.

Diámetro polar y ecuatorial del fruto (mm): se utilizó un vernier digital marca Steren con precisión 0.2mm.

Número de frutos cosechados: se contabilizó el número de frutos presentes en la planta al momento de que este alcanzó su madurez fisiológica y se encontraba listo para cosecharse.

Grados brix ($^{\circ}\text{brix}$): se midió con un refractómetro digital marca ATAGO modelo PR-101.

5.8.4. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron analizados con las variables de respuesta de cada tratamiento se realizarán análisis de varianza (ANDEVA), y comparaciones múltiples de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) mediante el paquete estadístico SAS versión 9.0

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Caracterización física del sustrato

6.1.1. Granulometría

Los resultados mostrados en el Cuadro 8 indican que en los tres sustratos empleados estuvieron integrados principalmente por partículas con tamaño mayor a 4.76 mm y el tepojal (100:0) fue el de porcentaje más elevado, muy semejante al sustrato 75:25 y estos fueron superiores al sustrato 50:50; Estos resultados reflejan las proporciones empleadas al mezclar el tepojal y la lombricomposta, pues los tamaños de partículas mayores corresponden a los sustratos donde el porcentaje de tepojal empleado fue mayor, esta tendencia se mantuvo entre las mezclas de tepojal y vermicomposta y para partículas con tamaño mayor a 4.76 mm y hasta 2.00 mm. En los tamaños de partícula inferiores a 2.00 mm la composición de los sustratos con mezcla de tepojal y vermicomposta fue muy similar. La curva granulométrica fue construida conforme a (Martínez, 1993), el cual menciona que la suma de todas las fracciones no debe ser inferior en más de un 2 % al peso inicial, lo cual fue corroborado en esta investigación y cabe mencionar que la cantidad que ocupada de cada sustrato fueron 100g.

Cuadro 8. Porcentaje (%) de cada rango del tamaño de partícula en los sustratos a base de Tepojal : Vermicomposta (V : V) empleados en el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette.

Sustrato	Tamaño de partícula (mm)							
	>4.76	4.76-3.69	3.69-2.38	2.39-2.00	2.00-1.41	1.41-1.19	1.19-0.42	<0.42
	Porcentaje (%)							
100:0	47.1	13.1	15.0	6.7	7.1	1.5	5.3	4.3
75:25	45.4	5.1	7.2	5.3	9.2	1.1	8.4	18.4
50:50	35.0	8.5	11.6	5.7	9.3	1.7	10.7	17.3

100:0 = Tepojal; 75:25 = Tepojal : Vermicomposta; 50:50 Tepojal : Vermicomposta.

En la figura 2 podemos ver la variación de los porcentajes acumulados obtenidos de cada rango de tamaño de partícula que integraron a cada sustrato.

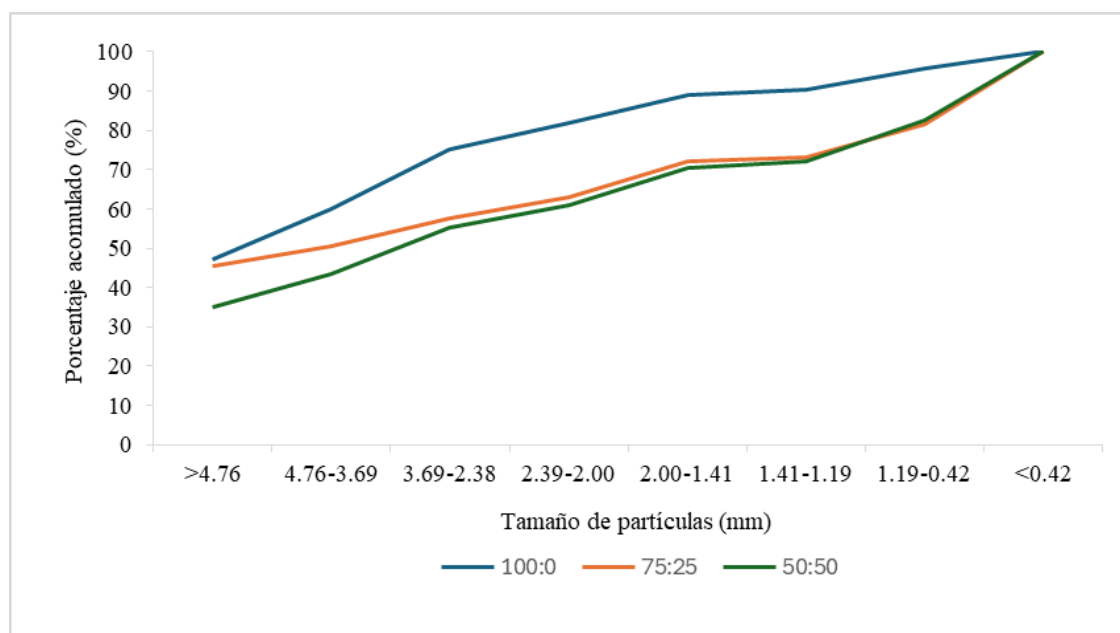


Figura 2. Curva granulométrica de los sustratos a base de Tepojal : Vermicomposta (V : V) empleados en el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette.

6.1.2. Densidad aparente

Para determinar la D_a fue utilizado el procedimiento de Bunt (1983) y los resultados son mostrados en la Figura 3, en esta gráfica se observa que el sustrato (50:50) obtuvo una D_a superior a los demás sustratos, lo cual generalmente no sucede cuando son mezclados materiales minerales con materiales orgánicos en la preparación de sustratos, pero como el tepojal tiene muy alta porosidad provocó que su D_a fuera la más baja. De acuerdo con Jiménez y Caballero (1990), el valor de la D_a para los sustratos debe estar entre 0.15 y $0.45 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, aunque Baudoin (2002) señalan como valores ideales de $0.22 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, en otros estudios realizados por Vargas *et al.* (2008) en muestras de tezontle del estado de Guanajuato encontraron valores de D_a de 0.67 , 0.62 y $0.73 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, respectivamente de tres yacimientos.

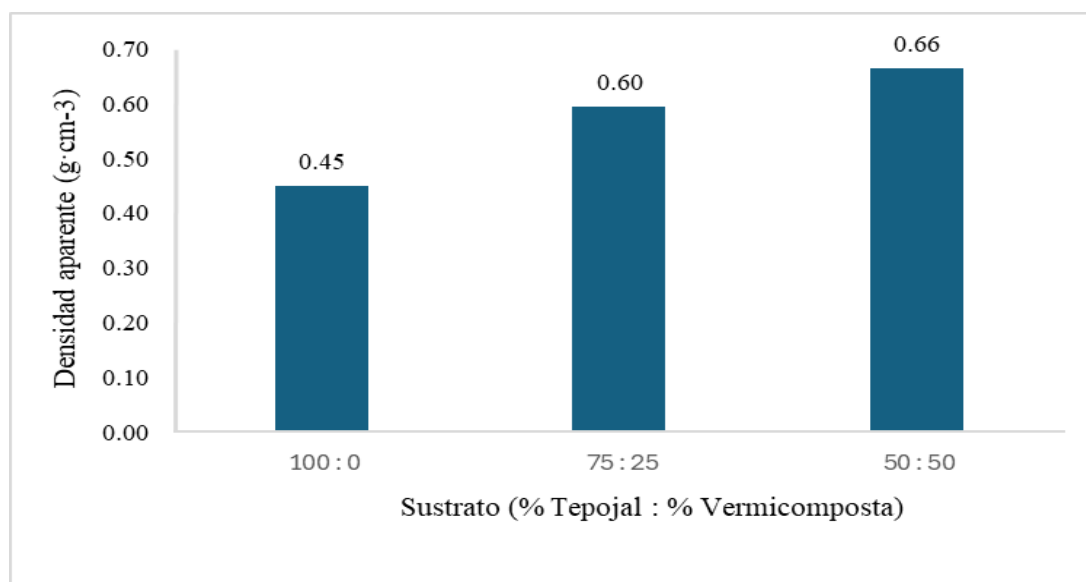


Figura 3. Densidad aparente de los sustratos a base de Tepojal : Vermicomposta (V : V) empleados en el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette.

6.1.3. Espacio poroso total

El EPT fue determinado de acuerdo al procedimiento descrito por Sánchez *et al.* (2004) y los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 9 y se observa que el EPT es mayor en el tepojal (100:0), mientras que en los sustratos a base de tepojal y vermicomposta el EPT fue muy similar. El EPT es el volumen del sustrato no ocupado por material sólido, lleno de aire en macroporos y de agua en microporos. De acuerdo con Farré (1994) se mide en muestras inalteradas y pulverizadas.

Cuadro 9. Espacio poroso total (%) de los sustratos a base de Tepojal : Vermicomposta (V : V) empleados en el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette.

Sustrato T : V	Espacio Poroso Total (%)
100 : 0	82.8
75 : 25	66.7
50 : 50	60.8

100:0 = Tepojal; 75:25 = Tepojal : Vermicomposta; 50:50 Tepojal : Vermicomposta.

6.1.4. Capacidad retención de agua

Los resultados de la CRA se muestran en la Figura 4, en la cual se observa una similitud entre los sustratos 50:50 y 75:25 y con un valor promedio aproximado de 45 %, mientras que el tepojal tuvo el menor EPT con aproximadamente 25 %. El volumen del sustrato ocupado por el aire a este nivel de humedad es la denominada porosidad de aireación o espacio drenable de poros (Ingram *et al.*, 1993).

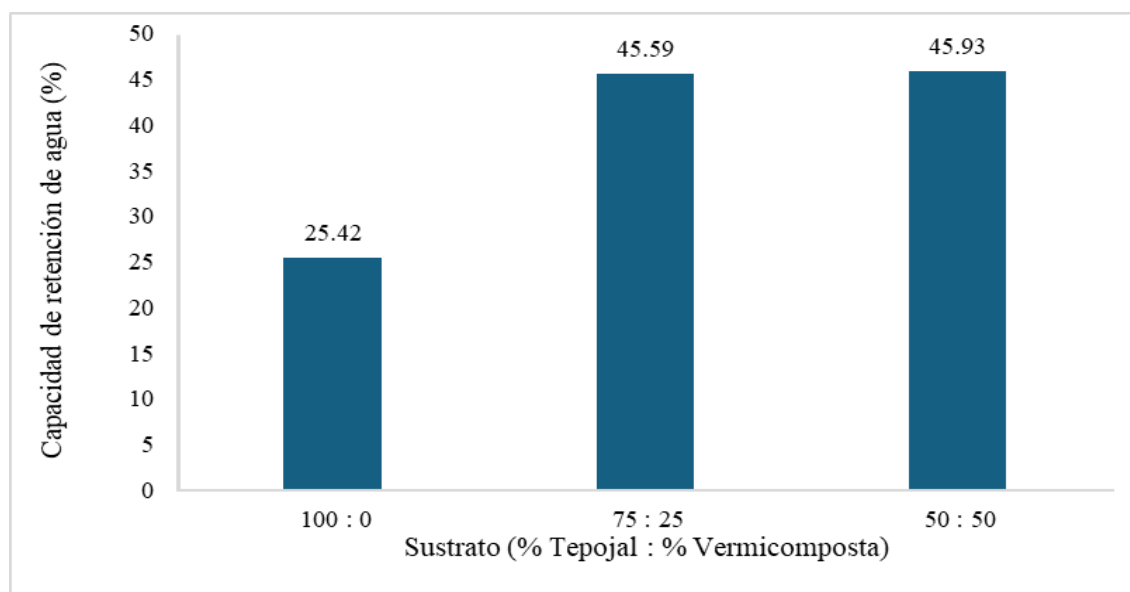


Figura 4. Capacidad de retención de agua en los sustratos a base de Tepojal : Vermicomposta (V : V) empleados en el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette.

6.1.5. pH y Conductividad eléctrica (CE)

Los valores de pH y CE para los tres sustratos evaluados se muestran en el Cuadro 10. Con respecto al pH los sustratos se clasificaron como alcalinos pero el sustrato 50:50 fue el de mayor pH y por cual durante el ciclo del cultivo fue empleado ácido sulfúrico para bajar el pH y favorecer la absorción nutrimental. El pH adecuado en la producción hortícola es de 5.3 a 6.5, ligeramente ácido (Abad *et al.*, 2001) y cuando los sustratos no tienen el pH adecuado, por ejemplo, la lana de roca (pH=7.5) y perlita (pH=7.0), se hacen tratamientos para corregir dichos niveles (Florián,1997).

Con respecto a la CE comprobamos que el sustrato con salinidad alta fue el 50:50, mientras que los otros sustratos presentan una salinidad menor y muy similar, no obstante, los valores obtenidos permanecieron en el rango aceptable propuesto por Canvis *et al.* (2000).

Cuadro 10. pH y conductividad eléctrica (CE) en los sustratos a base de Tepojal : Vermicomposta (V : V) empleados en el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette.

Sustrato T : V	pH	CE (dS m ⁻¹)
100 : 0	7.83	0.50
75 : 25	7.96	0.97
50 : 50	9.83	2.75

100:0 = Tepojal; 75:25 = Tepojal : Vermicomposta; 50:50 Tepojal : Vermicomposta.

6.2. Variables de crecimiento

En el Cuadro 11 se muestra el resumen de la significancia estadística ($Pr > F$) de los análisis de varianza realizados para las variables evaluadas del crecimiento y desarrollo como son: altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas.

Cuadro 11. Resumen del análisis de varianza para los parámetros de crecimiento y desarrollo en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) por efecto de la densidad de plantas (D), el sustrato empleado y la interacción (D x S).

Variable	F.V.	g.l.	Significancia estadística ($Pr > F$)			
			30/03/24	14/04/24	28/04/24	12/05/24
			23 DDT	38 DDT	52 DDT	66 DDT
AP	D	2	0.6516	0.3200	0.2212	0.2144
	S	2	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
	DxS	4	0.8821	0.6563	0.6155	0.8689
DT	D	2	0.8333	0.3465	0.0754	0.2655
	S	2	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
	DxS	4	0.5789	0.8854	0.7828	0.9702

NH	D	2	Nd	0.2043	0.4192	0.2791
	S	2	Nd	<.0001	<.0001	<.0001
	DxS	4	Nd	0.9939	0.9562	0.4532

AP = Altura de planta; DT = Diámetro tallo; NH = Numero de hojas; Nd = no determinado.

6.2.1. Altura de planta

En las cuatro fechas de muestreo, la AP no presentó significancia estadística por efecto de la densidad (Cuadros 11 y 12), pero si respecto al efecto del sustrato empleado (Cuadros 11 y 13). En el sustrato 75:25 y 50:50 fue obtenida la mayor AP, 22 cm de incremento semanal en promedio, mientras que en el tepojal (100:0) resultó la menor AP, 18 cm de incremento semanal en promedio, estos resultados también pueden observarse en la Figura 5. Al respecto, Vázquez *et al.* (2015) argumenta que el uso de compostas con nutrientes beneficia el crecimiento del tomate en invernaderos, aumentando la altura de la planta. Por su parte, Castellanos (2009) señaló que la temperatura tiene un efecto crucial y que la elongación ideal de los cultivares tipo saladette se sitúa entre 20 y 27 cm por semana, además, se ha confirmado que la característica fenotípica de altura de la planta varía dependiendo de la variedad (Van der Ploeg *et al.*, 2007),

Cuadro 12. Efecto de la densidad de planta m² en la altura en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Densidad	30/03/24	14/04/2024	28/04/2024	12/05/24
Plantas m ²	23 DDT	38 DDT	52 DDT	66 DDT
3	39.00 a	77.18 a	119.96 a	166.92 a
4.5	38.75 a	78.10 a	124.94 a	170.38 a
6	40.27 a	80.43 a	126.33 a	172.27 a
DMS	8.15	10.39	12.53	21.09

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

Cuadro 13. Efecto del sustrato empleado a base de Tepojal : Vermicomposta (v : v) en la altura en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Sustrato	30/03/24	14/04/2024	28/04/2024	12/05/24
T : V	23 DDT	38 DDT	52 DDT	66 DDT
100 : 0	31.27 b	68.25 b	111.54 b	147.36 b
75 : 25	42.56 a	83.01 a	128.25 a	182.08 a
50 : 50	44.18 a	84.45 a	131.44 a	180.13 a
DMS	3.98	5.23	7.07	7.57

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

T = Tepojal : V = Vermicomposta

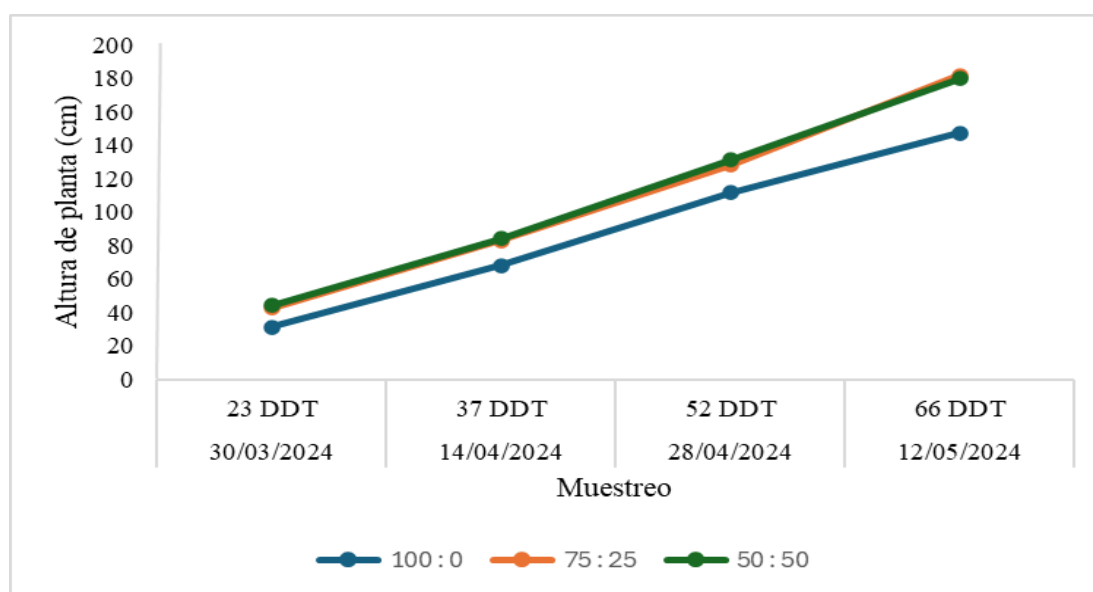


Figura 5. Efecto del sustrato empleado a base de (%Tepojal : % Vermicomposta) en la altura en plantas de jitomate.

En las diversas fechas evaluadas, la interacción entre la densidad y el sustrato no fue significativa, pero la mayor AP se obtuvo con las densidades de 4.5 y 6.0 planta m^{-2} y con los sustratos 75:25 y 50:50, mientras que con la densidad de 3.0 planta m^{-2} y con el sustrato 100:0 (tepojal) se obtuvieron las menores AP (Cuadro 14).

Cuadro 14. Efecto de la interacción densidad de plantas m² (D) x sustrato empleado (S) en la altura en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

DxS	30/03/24	14/04/2024	28/04/2024	12/05/24
	23 DDT	38 DDT	52 DDT	66 DDT
D1xS1	30.93 c	66.36 c	106.42 d	144.63 b
D1xS2	43.26 ab	82.33 ab	126.10 abc	178.86 a
D1xS3	42.70 ab	82.86 ab	127.36 abc	177.26 a
D2xS1	30.03 c	65.86 c	111.43 cd	147.26 b
D2xS2	41.63 ab	82.60 ab	130.13 ab	181.70 a
D2xS3	44.69 a	85.83 a	133.26 ab	182.20 a
D3xS1	32.86 bc	72.53 bc	116.76 bcd	150.20 b
D3xS2	42.70 ab	84.10 ab	128.53 ab	185.70 a
D3xS3	45.26 a	84.66 ab	133.70 a	180.93 a
DMS	10.59	13.03	16.60	19.50

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$). D1 = 3 plantas m²; D2 = 4.5 plantas m²; D3 = 6 plantas m²; S1 = 100 % Tepojal : 0 % Vermicomposta; S2 = 75 % Tepojal : 25 % Vermicomposta; S3 = 50 % Tepojal : 50 % Vermicomposta.

6.2.2. Diámetro de tallo

Para todas las fechas evaluadas, el DT de las plantas no reflejó el efecto de la densidad (Cuadros 11 y 15) y solo el sustrato empleado tuvo efecto significativo (Cuadros 11 y 16). El sustrato 75:25 y 50:50 resultaron con el mayor DT en comparación con el tepojal (100:0) que mostro el menor crecimiento del DT (Figura 5). Según Beltrano y Giménez (2015), un tallo delgado no tiene ningún efecto sobre la producción de frutos; más bien, hace que el tallo sea menos frágil y facilita el mantenimiento de la planta; por su parte Rodríguez *et al.* (1998), indican que el DT puede llegar a hasta 2.5 cm, además que un mayor diámetro incrementa el número de frutos y en consecuencia el rendimiento.

Cuadro 15. Efecto de la densidad de plantas m² en diámetro de tallo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette.

Densidad Plantas m ²	30/03/24	14/04/2024	28/04/2024	12/05/24
	23 DDT	38 DDT	52 DDT	66 DDT
3	4.38 a	6.96 a	8.52 a	8.87 a
4.5	4.47 a	7.05 a	8.52 a	8.87 a
6	4.50 a	6.96 a	8.18 a	8.62 a
DMS	1.07	0.99	0.94	0.81

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

Cuadro 16. Efecto del sustrato empleado a base de Tepojal : Vermicomposta (v : v) en diámetro de tallo en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Sustrato T : V	30/03/24	14/04/2024	28/04/2024	12/05/24
	23 DDT	38 DDT	52 DDT	66 DDT
100 : 0	3.36 b	5.93 b	7.50 b	7.96 b
75 : 25	5.13 a	7.54 a	8.88 a	9.17 a
50 : 50	4.86 a	7.30 a	8.84 a	9.23 a
DMS	0.45	0.48	0.53	0.39

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

T= Tepojal : V= Vermicomposta

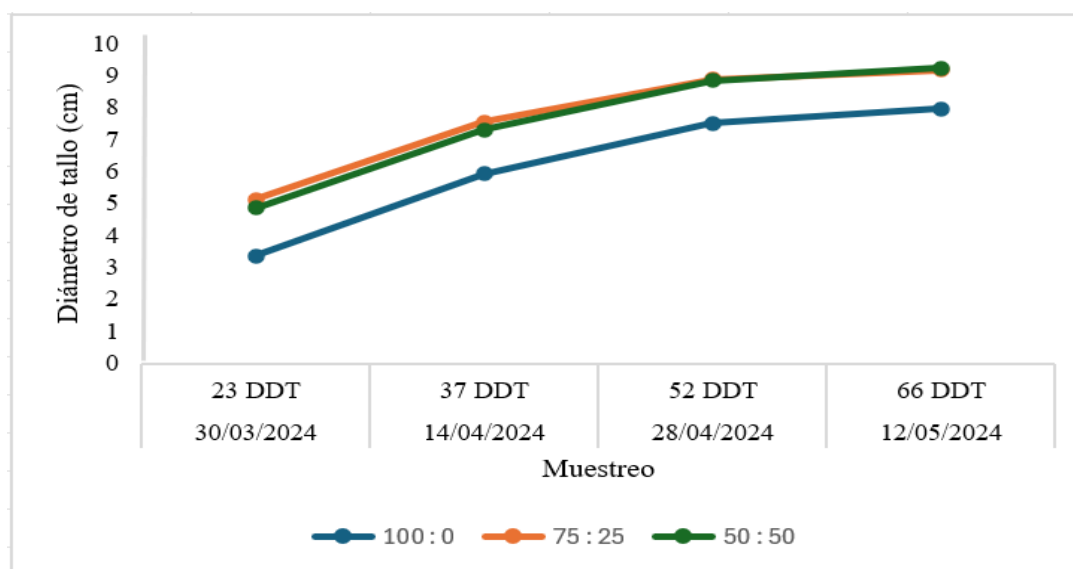


Figura 6. Efecto del sustrato empleado a base de (% Tepojal : % Vermicomposta) en diámetro de tallo en plantas de jitomate.

En el Cuadro 17 se muestran los tratamientos de la interacción entre densidad x sustrato y en donde se observa que prácticamente con las tres densidades y con los sustratos 75:25 y 50:50 se obtuvo el mayor crecimiento de DT en las plantas.

Cuadro 17. Efecto de la interacción densidad de plantas m² (D) x sustrato empleado (S) en diámetro de tallo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

DxS	30/03/24	14/04/2024	28/04/2024	12/05/24
	23 DDT	38 DDT	52 DDT	66 DDT
D1xS1	3.10 c	5.93 b	7.63 bc	8.00 b
D1xS2	5.13 a	7.60 a	9.06 a	9.33 a
D1xS3	4.93 c	7.36 a	8.86 ab	9.30 a
D2xS1	3.36 c	5.93 b	7.46 c	8.00 b
D2xS2	5.10 a	7.73 a	9.20 a	9.33 a
D2xS3	4.96 a	7.50 a	8.9 ab	9.30 a
D3xS1	3.63 bc	5.93 b	7.40 c	7.90 b
D3xS2	5.16 a	7.30 a	8.40 abc	8.86 ab
D3xS3	4.70 ab	7.03 ab	8.76 ab	9.10 a
DMS	1.17	1.24	1.28	0.97

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$)
D1 = 3 plantas m²; D2 = 4.5 plantas m²; D3 = 6 plantas m²; S1 = 100 % Tepojal : 0 % Vermicomposta; S2 = 75 % Tepojal : 25 % Vermicomposta; S3 = 50 % Tepojal : 50 % Vermicomposta.

6.2.3. Número de hojas

En las tres fechas de evaluación la significancia estadística del NH no fue afectado por efecto de la densidad (Cuadros 11 y 18) y únicamente el efecto del sustrato empleado provocó diferencias del NH entre los tratamientos (Cuadros 11 y 19). A 38 y 66 DDT, los sustratos con el mayor NH fueron 50:50 y 75:25; en la evaluación a 52 DDT el sustrato 50:50 superó con una hoja en promedio al tepojal.

Cuadro 18. Efecto de la densidad de plantas m² en número de hojas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette.

Densidad Plantas m ²	14/04/2024	28/04/2024	12/05/2024
	38 DDT	52 DDT	66 DDT
3	11.15 a	15.41 a	15.63 a
4.5	10.85 a	15.82 a	14.91 a
6	10.64 a	15.35 a	15.44 a
DMS	1.66	1.84	2.16

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

Cuadro 19. Efecto del sustrato empleado a base de Tepojal : Vermicomposta (v : v) en número de hojas en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Sustrato T : V	14/04/2024	28/04/2024	12/05/2024
	38 DDT	52 DDT	66 DDT
100 : 0	9.13 b	13.73 c	13.24 b
75 : 25	11.92 a	15.97 b	16.02 a
50 : 50	11.60 a	16.87 a	16.72 a
DMS	0.65	0.87	1.14

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

T= Tepojal : V= Vermicomposta

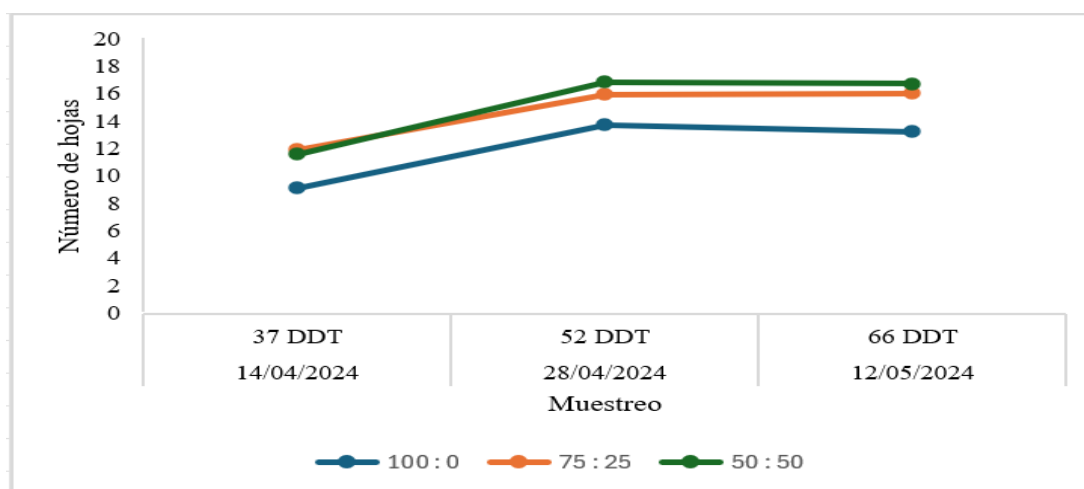


Figura 7. Efecto del sustrato empleado a base de (% Tepojal : % Vermicomposta) en diámetro de tallo en plantas de jitomate.

El efecto de la interacción densidad por sustrato empleado no fue significativa (Cuadro 20), pero con las tres densidades evaluadas y los sustratos 75:25 y 50:50 se tuvo un mayor NH, mientras que para todas las densidades y el sustrato 100:0 tuvieron el menor NH.

Cuadro 20. Efecto de la interacción densidad de plantas m² (D) x sustrato empleado (S) en número de hojas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

DxS	14/04/2024	28/04/2024	12/05/2024
	38 DDT	52 DDT	66 DDT
D1xS1	9.33 b	13.46 c	13.36 bc
D1xS2	12.20 a	16.10 ab	16.93 a
D1xS3	11.93 a	16.66 a	16.60 a
D2xS1	9.10 b	14.13 bc	12.60 c
D2xS2	11.86 a	16.13 ab	15.43 ab
D2xS3	11.60 a	17.20 a	16.70 a
D3xS1	8.96 b	13.60 c	13.76 bc
D3xS2	11.70 a	15.70 abc	15.70 ab
D3xS3	11.26 a	16.76 a	16.86 a
DMS	1.67	2.29	2.74

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$). D1 = 3 plantas m²; D2 = 4.5 plantas m²; D3 = 6 plantas m²; S1 = 100 % Tepojal : 0 % Vermicomposta; S2 = 75 % Tepojal : 25 % Vermicomposta; S3 = 50 % Tepojal : 50 % Vermicomposta.

6.3. Rendimiento de frutos

A continuación, en el Cuadro 21 se muestra el resumen de la significancia estadística ($P > F$) de los análisis de varianza realizados para las variables evaluadas del rendimiento como son: el rendimiento de frutos por racimo cosechado, el rendimiento por racimo y por m², el número de frutos, el rendimiento total por planta y el rendimiento total por m².

Cuadro 21. Resumen del análisis de varianza para los parámetros de rendimiento de los frutos cosechados de plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) por efecto de la densidad de plantas (D), el sustrato empleado y la interacción (D xS).

Variable	F.V.	g.l	Significancia estadística (Pr > F)								Prom,
			1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	
Rr	D	2	0.6211	0.2129	0.7950	0.2091	0.3802	0.1983	0.5773	0.2590	Nd
	S	2	0.5288	0.0117	0.0010	0.0206	0.0055	0.0012	0.5997	0.0264	Nd
	D x S	4	0.7026	0.4052	0.6057	0.7791	0.0729	0.6929	0.2532	0.2629	Nd
Rr/m ²	D	2	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	Nd
	S	2	0.5524	0.0082	0.0009	0.0221	0.0046	0.0017	0.5869	<.0001	Nd
	D x S	4	0.7501	0.1515	0.1329	0.5966	0.0704	0.6359	0.2819	<.0001	Nd
NF	D	2	0.4624	0.6359	0.9431	0.5431	0.8001	0.1342	0.9116	0.2497	0.5229
	S	2	0.9912	0.5399	0.0006	0.0379	0.8001	0.6523	0.9116	0.0846	0.0445
	D x S	4	0.8990	0.9214	0.5271	0.6463	0.3672	0.7798	0.4505	0.3207	0.6067
RxP	D	2					0.5966				
	S	2					<.0001				
	D x S	4					0.6881				
Rxm ²	D	2					<.0001				
	S	2					<.0001				
	D x S	4					0.0123				

Rr = Rendimiento por racimo; Rr/m² = Rendimiento por racimo por m²; NF = Número de frutos;
 RxP = Rendimiento por planta; Rxm² = Rendimiento por m²; Nd = no determinado

6.3.1. Rendimiento por racimo (Rr)

El Rr (g) fue variable en cada uno de los ocho racimos evaluados, pero de acuerdo con el análisis de varianza realizado (Cuadro 21), el efecto del sustrato empleado fue mayormente significativo en el 2°, 3°, 4°, 5°, 6° y 8° racimo que el efecto provocado por la densidad de plantas. En el Cuadro 22 se muestra que el sustrato 75:25 provocó los racimos con mayor peso promedio (561.1 g), pero estadísticamente similar a los resultados con el sustrato 50:50, mientras que con el sustrato con 100 % tepojal se obtuvo el menor peso promedio por racimo en las plantas (497 g).

Cuadro 22. Efecto del sustrato empleado a base de Tepojal : Vermicomposta (v : v) en el rendimiento promedio de frutos cosechados por racimo en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Sustrato (%) T : V	Rendimiento total
100 : 0	497.0 b
75 : 25	561.1
50 : 50	537.1
DMS	

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

T= Tepojal : V= Vermicomposta

La variación en el peso de cada racimo cosechado de la planta y por efecto del tipo de sustrato empleado se muestra en la Figura 8, en la cual se observa un incremento en el primer al segundo racimo y por todos los sustratos evaluados, pero posteriormente el peso de los racimos subsecuentes tiende a disminuir y es notoria la diferencia del peso de los racimos entre los tratamientos de tepojal con vermicomposta como sustrato y el tratamiento a base de puro tepojal. Al respecto, se ha reportado que con un mayor número de racimos por planta el tamaño de los frutos tiende a ser menor, por el aumento de la competencia entre los frutos por los recursos de la planta; además, con más racimos por planta el tallo presenta mayor longitud y aumenta la demanda de asimilados para su crecimiento, lo cual genera competencia con los frutos (Mueller y Wamser, 2009).

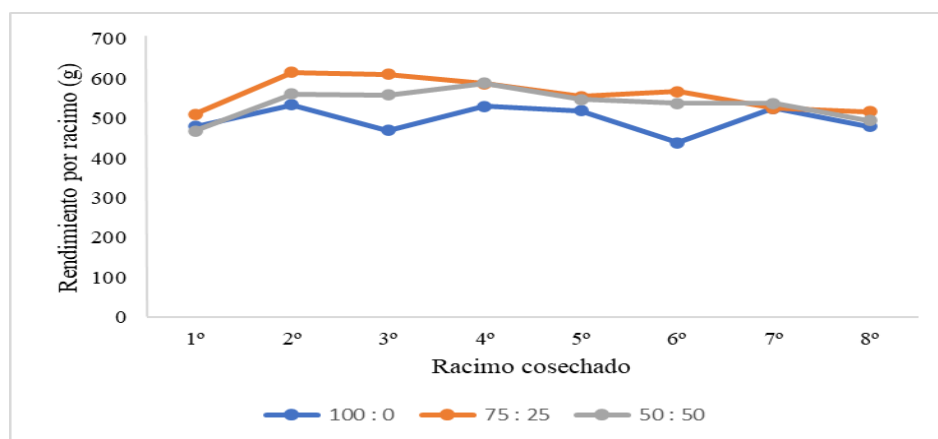


Figura 8. Variación del rendimiento en cada racimo cosechado por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta).

6.3.2. Rendimiento por planta (RxP)

En el RxP (kg planta^{-1}) y en promedio de los ocho racimos evaluados no presentó diferencia significativa por efecto de la densidad (Cuadro 23), sin embargo, el efecto del sustrato empleado fue muy significativo (Cuadro 24) y los tratamientos con el sustrato 75:25 tuvo el mayor RxP (4,489 g), pero estadísticamente similar a los resultados con el sustrato 50:50 (4297.2 g), mientras que con el tepojal (100:0) se obtuvo el menor RxP (3,976.2 g), el detalle de estos resultados se muestran en la Figura 9. Los rendimientos obtenidos en este experimento fueron similares a los reportados por Cuiris (2005) de 4.4 a 5.2 kg planta^{-1} con fertilización química.

Cuadro 23. Efecto de la densidad de plantas m^2 en el rendimiento total de frutos cosechados por planta de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Densidad Plantas m^{-2}	Rendimiento total
3	4246.8 a
4.5	4301.1 a
6	4214.4 a
DMS	328.4

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

Cuadro 24. Efecto del sustrato empleado a base de Tepojal : Vermicomposta (v : v) en el rendimiento total de frutos cosechados por planta de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Sustrato (%) T : V	Rendimiento total
100 : 0	3976.2 b
75 : 25	4489.0 a
50 : 50	4297.2 a
DMS	200.1

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

T= Tepojal : V= Vermicomposta

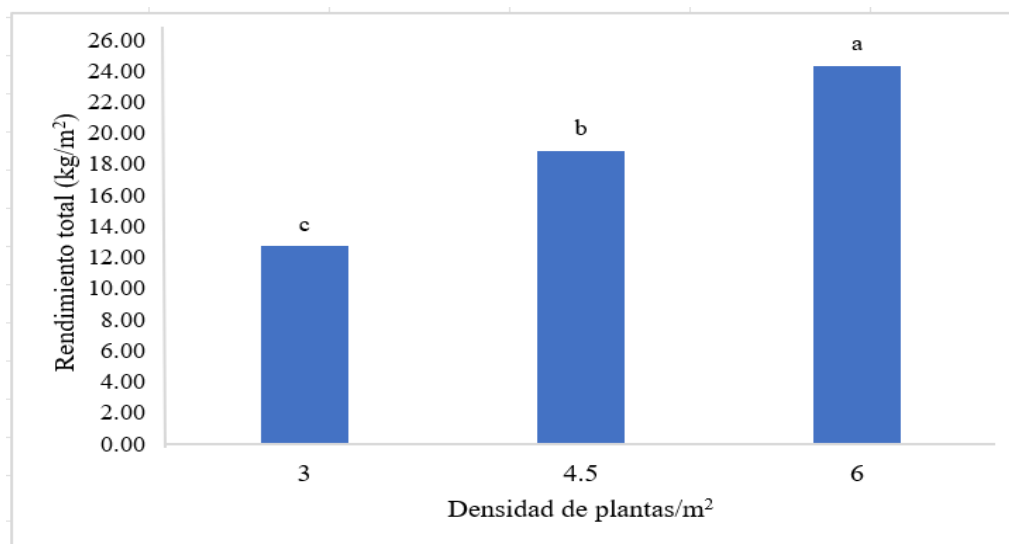


Figura 9. Rendimiento por planta por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta).

En el Cuadro 25 se muestra el efecto de la interacción densidad x sustrato y se observa que el tratamiento de 4.5 y 6.0 planta m⁻² con sustrato 75:25 fueron similares y presentaron el mayor rendimiento, superando en 16 % al tratamiento de 6.0 plantas m⁻² con tepojal (100:0).

Cuadro 25. Efecto de la interacción densidad de plantas m⁻² (D) x sustrato empleado (S) en el rendimiento de frutos cosechados por planta de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

DXS	Rendimiento total
D1xS1	4066.9 abc
D1xS2	4435.4 ab
D1xS3	4238.3 abc
D2xS1	3955.4 bc
D2xS2	4546.3 a
D2xS3	4401.6 abc
D3xS1	3906.2 c
D3xS2	4485.4 a
D3xS3	4251.6 abc
DMS	515.6

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

D1 = 3 plantas m⁻²; D2 = 4.5 plantas m⁻²; D3 = 6 plantas m⁻²; S1 = 100 % Tepojal : 0 % Vermicomposta; S2 = 75 % Tepojal : 25 % Vermicomposta; S3 = 50 % Tepojal : 50 % Vermicomposta.

En la Figura 10 se muestra la variación del rendimiento por planta por el efecto de la interacción (no significativa) entre la densidad x sustrato empleado, en la gráfica se observa un mayor RXP con el sustrato 75:25, seguido de 50:50 y muy abajo el rendimiento del sustrato 100:0. Al respecto, Subler *et al.* (1998) determinaron que un mejor desarrollo del cultivo fue empleando proporciones menores de vermicomposta.

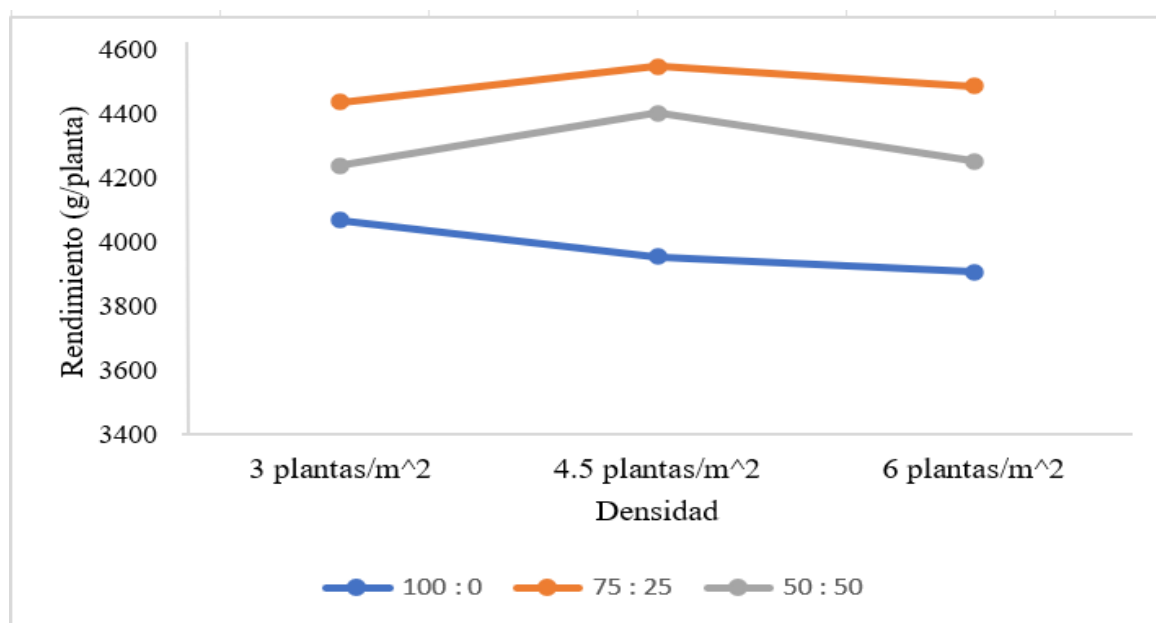


Figura 10. Efecto del sustrato (% Tepojal : % Vermicomposta) en el rendimiento por planta de jitomate tipo saladette en invernadero.

6.3.3. Rendimiento por racimo y por m² (Rr/m²)

En la figura 11 se muestra la variación del Rr/m² y en la gráfica se observa claramente la diferencia obtenida entre las densidades evaluadas y por cada racimo cosechado. El Rr/m² fue notoriamente mayor con 6.0 planta m⁻² y menor con 3.0 planta m⁻². En la investigación de Ortega *et al.* (2010), obtuvieron un rendimiento de 25 kg m⁻² al utilizar como sustrato una mezcla de aserrín y lombricomposta (1:1), resultado correspondiente a 6.0 planta m⁻².

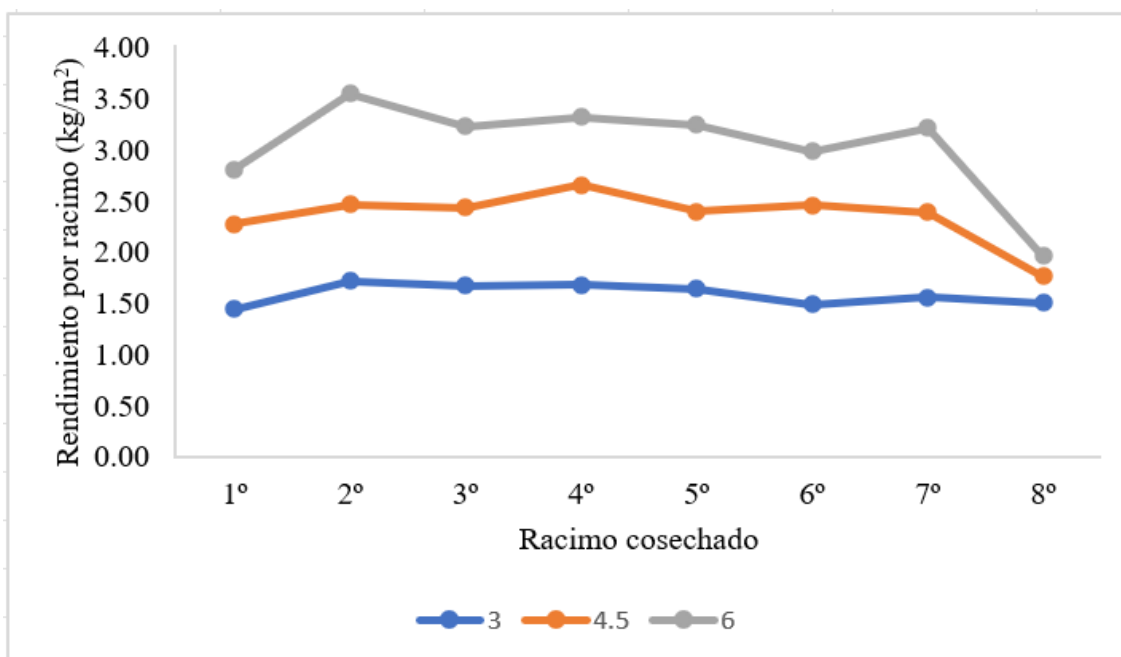


Figura 11. Variación del rendimiento por racimo y por m^2 , según el efecto de la densidad de plantas en cada racimo cosechado.

6.3.4. Rendimiento por m^2 (Rxm^2)

El Rxm^2 ($g\ m^{-2}$) fue igual en cada uno de los ocho racimos evaluados, pero de acuerdo con el análisis de varianza realizado (Cuadro 21), el efecto de la densidad fue altamente significativo los ocho racimos cosechados, lo cual provocó diferencias significativas en el Rxm^2 (Cuadro 26) y el detalle de estos resultados también pueden observarse en la Figura 12. Contrariamente, el efecto del sustrato empleado no fue significativo (Cuadro 27). El rendimiento con densidad 4.5 y 6 planta m^{-2} fue mayor en 39 % al de 3 planta m^{-2} . En el cuadro 28 se presentan resultados de los tratamientos evaluados y con la densidad de 6 planta m^{-2} y sustrato 75:25 fue obtenido el mayor rendimiento. Al respecto, Cruz *et al.* (2003) evaluaron el rendimiento de tomate tipo saladette en distintas densidades de plantación y con 4.2 planta m^{-2} reportaron 17.37 $kg\ m^{-2}$, similar a lo obtenido en la presente investigación con 4.5 planta m^{-2} .

Cuadro 26. Efecto de la densidad de plantas m^{-2} en el rendimiento total de frutos cosechados por m^2 en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Densidad Planta m^{-2}	Rendimiento total
3.0	12.74 c
4.5	18.87 b
6.0	24.35 a
DMS	1.97

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

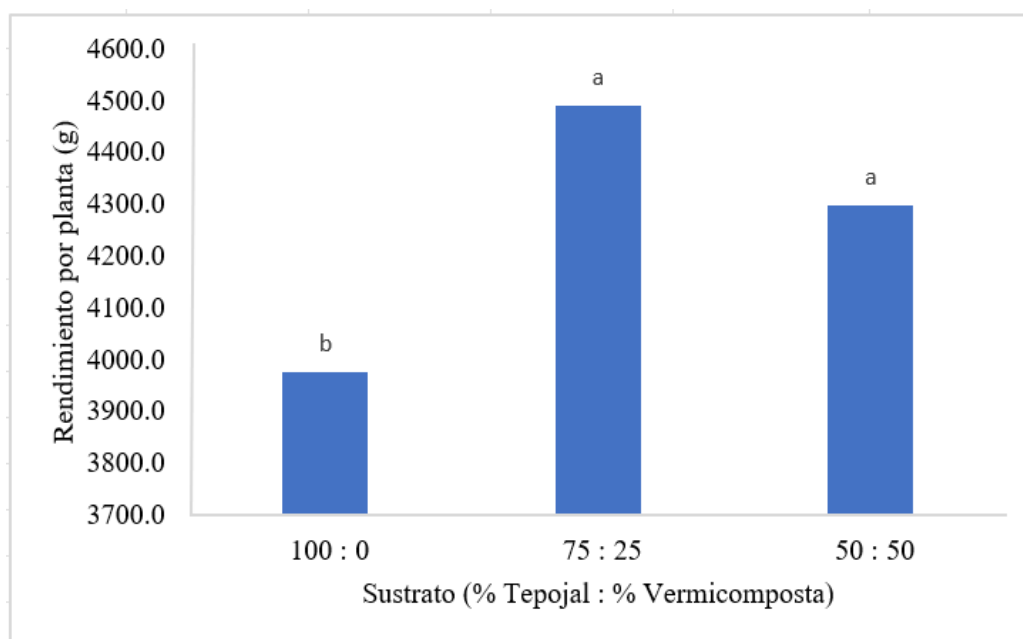


Figura 12. Rendimiento total por efecto de la densidad de plantas/ m^2

Cuadro 27. Efecto del sustrato empleado a base de Tepojal : Vermicomposta (v : v) en el rendimiento total de frutos cosechados por m² en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Sustrato (%) T : V	Rendimiento total
100 : 0	17.1 a
75 : 25	20.2 a
50 : 50	18.6 a
DMS	6.0

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).
T= Tepojal : V= Vermicomposta

Cuadro 28. Efecto de la interacción densidad de plantas m⁻² (D) x sustrato empleado (S) en el rendimiento de frutos cosechados por m² en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

DXS	Rendimiento total
D1xS1	12.20 f
D1xS2	13.31 f
D1xS3	12.71 f
D2xS1	17.07 e
D2xS2	20.49 cd
D2xS3	19.04 de
D3xS1	22.00 bc
D3xS2	26.91 a
D3xS3	24.13 b
DMS	2.32

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).
D1 = 3 plantas m⁻²; D2 = 4.5 plantas m⁻²; D3 = 6 plantas m⁻²; S1 = 100 % Tepojal : 0 % Vermicomposta; S2 = 75 % Tepojal : 25 % Vermicomposta; S3 = 50 % Tepojal : 50 % Vermicomposta.

La variación en el rendimiento por m^2 por efecto de la interacción (no significativa) entre densidad por sustrato empleado se muestra en la Figura 13, la gráfica muestra claramente que a mayor densidad se obtuvo mayor rendimiento en cada tratamiento. Hochmuth (1995), menciona como densidad óptima una planta en 3.5 pies (100 cm), por otra parte, Fonseca (2006) menciona que para que la producción sea redituable se deben obtener por lo menos 15 kg m^{-2} , lo cual fue inferior a los resultados de esta investigación.

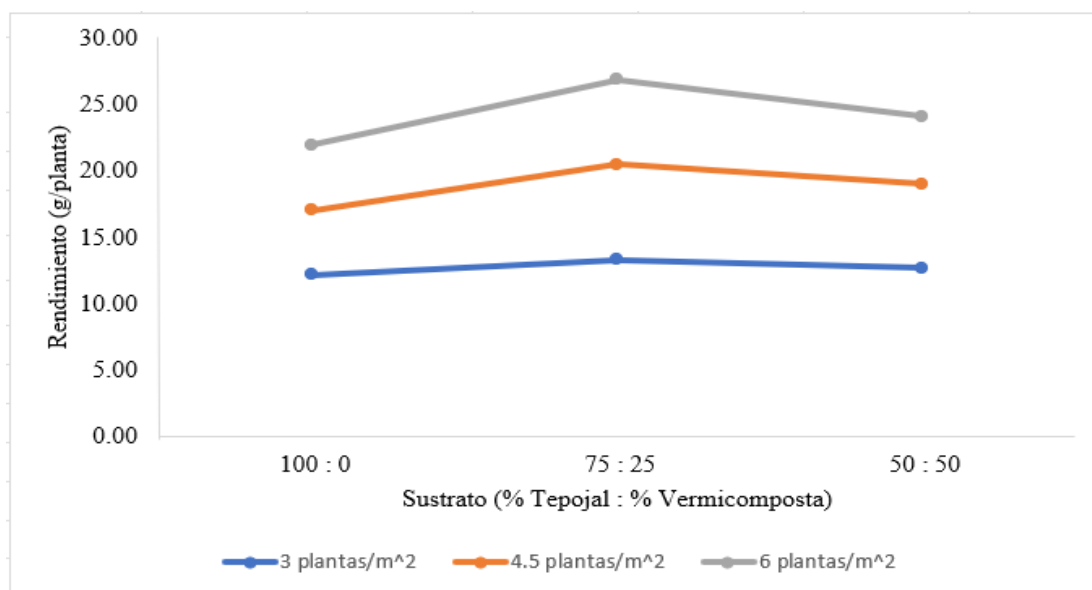


Figura 13. Efecto de la densidad de plantas m^2 en el rendimiento total de jitomate tipo saladette en invernadero.

6.3.5. Número de frutos (NF)

El NF fue evaluado en cada uno de los 8 racimos cosechados y de acuerdo con los análisis de varianza realizados (Cuadro 21) fue muy variable, el efecto del sustrato empleado mostro significancia en los tratamientos de los sustratos, en el Cuadro 29, el sustrato 75:25 tuvo el mayor NF (46.58) con un 06 % de diferencia al sustrato 50:50 y con un 2 % de diferencia al sustrato 100:0. Russell y Morris (1983) mencionan que el número de frutos está muy relacionado con la cantidad de hojas que actúan como fuente de asimilados de acuerdo con su filotaxia; además, señalan que al realizar la poda de frutos, los asimilados son atraídos por los frutos presentes y adyacentes que aumentan su peso y tamaño. Murillo *et al.* (2015) reportó mayor número de frutos cuajados con el uso de vermicompost.

Cuadro 29. Número de frutos por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta) y en cada racimo cosechado.

Sustrato (%) T : V	SUMA
100 : 0	44.74 b
75 : 25	46.58 a
50 : 50	45.83 ab
DMS	1.62

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

En la Figura 14 se muestra la varianza de los NF en cada racimo cosechado de la planta por efecto del sustrato, donde se observa el incremento de NF en el racimo 3° para los sustratos 75:25, 50:50 y en donde se muestran decrementos en el 3° y 4° racimo en el sustrato 100:0, mientras que en todos los sustratos para el 8° racimo muestran decremento de NF.

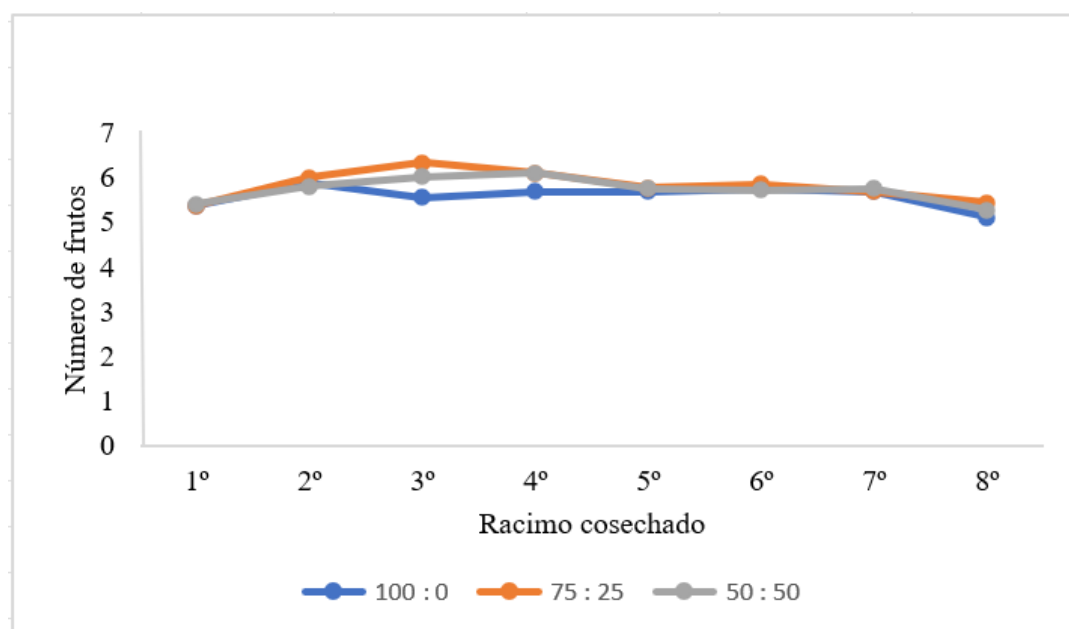


Figura 14. Variación del número de frutos por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta) y en cada racimo cosechado.

6.4. Calidad física de frutos

En el Cuadro 30 se muestra la significancia estadística ($Pr > F$) de los análisis de varianza realizados para los parámetros de calidad de los frutos cosechados como son: diámetro ecuatorial, diámetro polar, peso del fruto y total de sólidos solubles.

Cuadro 30. Resumen del análisis de varianza para los parámetros de crecimiento de los frutos cosechados de plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) por efecto de la densidad de plantas (D), el sustrato empleado y la interacción (D x S).

Variable	F.V.	g.l.	Significancia estadística ($Pr > F$)								
			1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	Prom,
DE	D	2	0.6500	0.9743	0.5123	0.4455	0.5711	0.8845	0.4828	0.1976	0.8137
	S	2	0.3098	0.4309	0.1612	<.0001	<.0001	0.0005	0.6297	0.3972	0.0539
	D x S	4	0.8550	0.1543	0.9675	0.0008	0.1621	0.5532	0.3882	0.4758	0.9202
DP	D	2	0.7634	0.0003	0.7991	0.9168	0.2727	0.8138	0.4420	0.1173	0.0322
	S	2	0.6282	<.0001	0.1706	0.0368	0.0531	0.1263	0.5591	0.1812	0.0004
	D x S	4	0.7787	0.2876	0.9755	0.4521	0.5672	0.1306	0.4956	0.3521	0.8753
PF	D	2	0.7253	0.0686	0.4852	0.2273	0.1808	0.2273	0.5852	0.8278	0.8923
	S	2	0.1671	0.0015	0.0471	0.4186	0.2180	0.0002	0.1964	0.1647	0.0004
	D x S	4	0.5250	0.2808	0.8120	0.4303	0.4960	0.3915	0.6489	0.8374	0.9588
TSS	D	2	0.9307	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	0.6554	0.8507
	S	2	0.0021	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	0.0812	0.0029
	D x S	4	0.9924	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	0.4658	0.9680

DE = Diámetro ecuatorial; DP = Diámetro polar; PF = Peso de fruto; TSD = Total de sólidos disueltos; Nd = no determinado.

6.4.1. Diámetro ecuatorial (DE)

El DE fue muy variable en cada uno de los ocho racimos evaluados (Figura 30) y de acuerdo con el resumen del análisis de varianza mostrado en el Cuadro 30, el efecto del sustrato empleado fue altamente significativo en el 4°, 5° y 6° racimo, lo cual influyó en el promedio general de cada tratamiento (Cuadro 31). El sustrato 75:25 provocó mayor DE de los frutos (52.75 mm), mientras que los sustratos 75:25 y 100:0 fueron estadísticamente iguales y menores en DE (51.579) mm en promedio). Al respecto De la Cruz *et al.* (2010) obtuvieron un valor promedio de 56 mm diámetro al evaluar el efecto de tres compostas y tres vermicompost mezclados en diferentes proporciones (100, 75 y 50 %) con arena, bajo condiciones de invernadero.

Cuadro 31. Diámetro ecuatorial por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta) y en cada racimo cosechado.

Sustrato (%) T : V	Promedio
100 : 0	51.57 b
75 : 25	52.75 a
50 : 50	51.58 b
DMS	1.10

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).
T = Tepojal : V = Vermicomposta

La variación del DE de cada racimo cosechado de la planta y por efecto del tipo sustrato empleado se muestra en la Figura 15, en ésta se observa un incremento del 1° al 5° racimo por los sustratos 75:25 y 50:50, pero posteriormente tienden a disminuir el DE en los últimos racimos cosechados; por su parte, en el sustrato 100:0, la tendencia de variación del DE es muy irregular del 1° al 8° racimo.

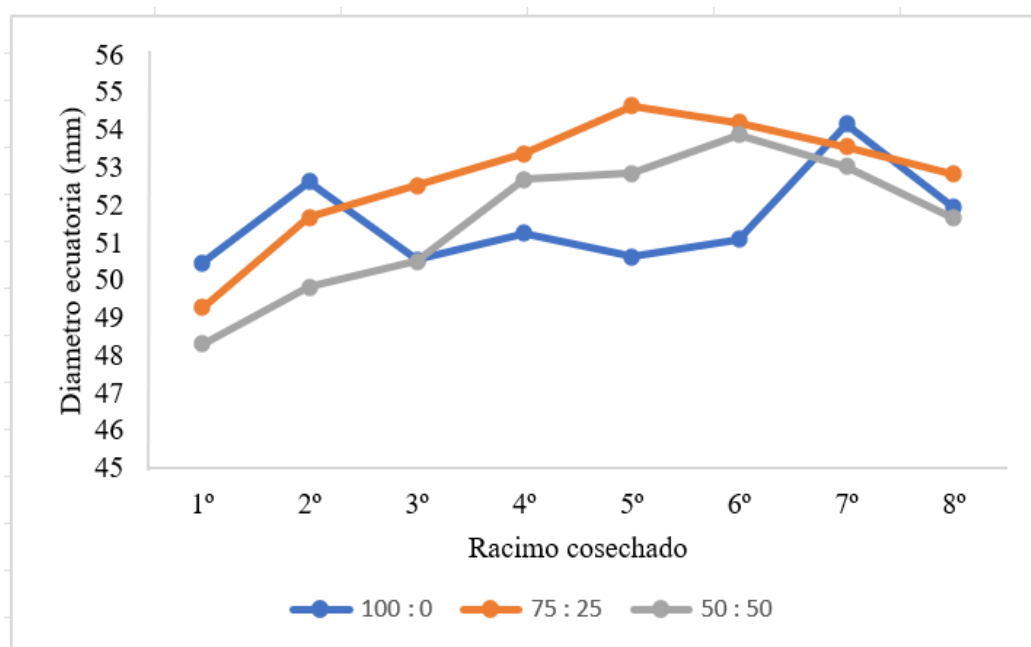


Figura 15. Variación del diámetro ecuatorial por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta) y en cada racimo cosechado.

6.4.2. Diámetro polar (DP)

El DP de los frutos fue evaluado en cada uno de los 8 racimos cosechados y de acuerdo con los análisis de varianza realizados (Cuadro 30), el efecto del sustrato empleado fue significativo en el 2º, 4º y 5º racimo, lo cual se reflejó en el promedio de los ocho racimos (Cuadro 32). El sustrato 75:25 provocó que los frutos tuvieran un mayor DP (81.31 mm), mientras que en el sustrato con 50:50 y 100 % tepojal fueron obtenidos los frutos con el menor DP (78.85 mm en promedio). Al respecto, Rodríguez-Dimas *et al.* (2008), al evaluar sustratos con arena + fertilizantes orgánicos (1:1, v:v) y arena + vermicopost de estiércol bovino + micronutrientes (4 % Fe, 2 % Zn, 1 % Mn), obtuvieron valores promedio en el diámetro de 54 y 61 mm, respectivamente en los híbridos Miramar y Big Beef (Seminis Vegetable Seeds®) establecidos en condiciones de invernadero. En otra investigación, Ortega- Farías *et al.* (2003) determinaron diámetros polares de 54, 58, 61 y 62 mm, al evaluar el cultivo de tomate con diferentes frecuencias de riego durante el día. Además, Galvez (2015) reportó frutos de jitomate saladette con DP de 39.6, 36.9 y 34.9 mm, valores muy inferiores a los de la presente investigación.

Cuadro 32. Diámetro polar por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta) y en cada racimo cosechado.

Sustrato (%) T : V	Promedio
100 : 0	78.48 b
75 : 25	81.31 a
50 : 50	79.34 b
DMS	1.63

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).
T = Tepojal : V = Vermicomposta

La variación del DP de los frutos en cada racimo cosechado de la planta y por efecto del tipo sustrato empleado se muestra en la Figura 16, en la cual se observa una tendencia general al incremento del DP entre el 1º y 8º racimo, pero observando decrementos intermedios para todos los sustratos evaluados.

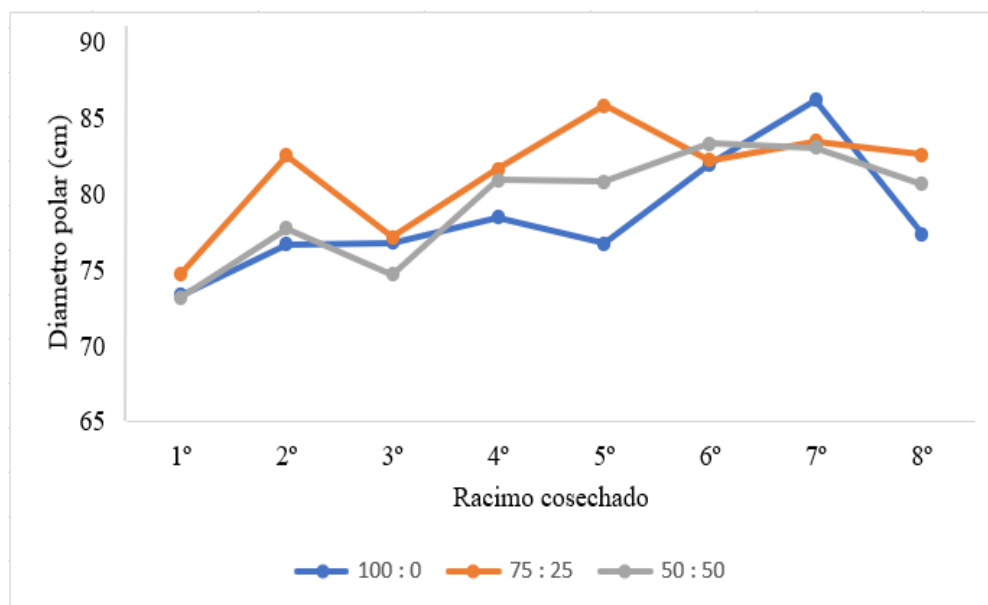


Figura 16. Variación del diámetro polar por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta) y en cada racimo cosechado.

6.4.3. Peso del fruto (PF)

El PF fue determinado en cada uno de los ocho racimos cosechados y de acuerdo con los análisis de varianza realizados (Cuadro 30), el efecto del sustrato empleado fue muy significativo en el 2°, 3° y 6° racimo, lo cual afectó el resultado general del PF (Cuadro 33). Con el sustrato 75:25 fueron obtenidos los frutos de mayor peso (96.53 g), mientras que los sustratos 50:50 y 100:0 se tuvieron los frutos con menor peso con 91.48 g en promedio. Ho, (1996) menciona que el tamaño potencial del fruto está definido por el número de células del ovario fijado en pre-antesis, mientras que su tamaño real es consecuencia de la elongación celular durante el período de crecimiento rápido. Por otra parte, Cancino (1990) encontró que el tamaño de fruto, estrechamente relacionado con el peso del fruto, depende de tres a cinco pares de genes, aspecto que concuerda con lo señalado por Ashcroft *et al.* (1993), en que el tamaño del fruto está controlado por factores genéticos y fisiológicos tales como maduración, despunte y defoliación.

Cuadro 33. Peso del fruto por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta) y en cada racimo cosechado.

Sustrato (%) T : V	Promedio
100 : 0	91.11 b
75 : 25	96.53 a
50 : 50	91.84 b
DMS	2.61

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).
T = Tepojal : V = Vermicomposta

La variación del PF de cada racimo cosechado de la planta y por efecto del tipo sustrato empleado se muestra en la Figura 17, en la cual se observa una tendencia de los tres sustratos muy uniforme con peso de los frutos entre 90 y 100 g, pero con el mayor PF en el sustrato 75:25.

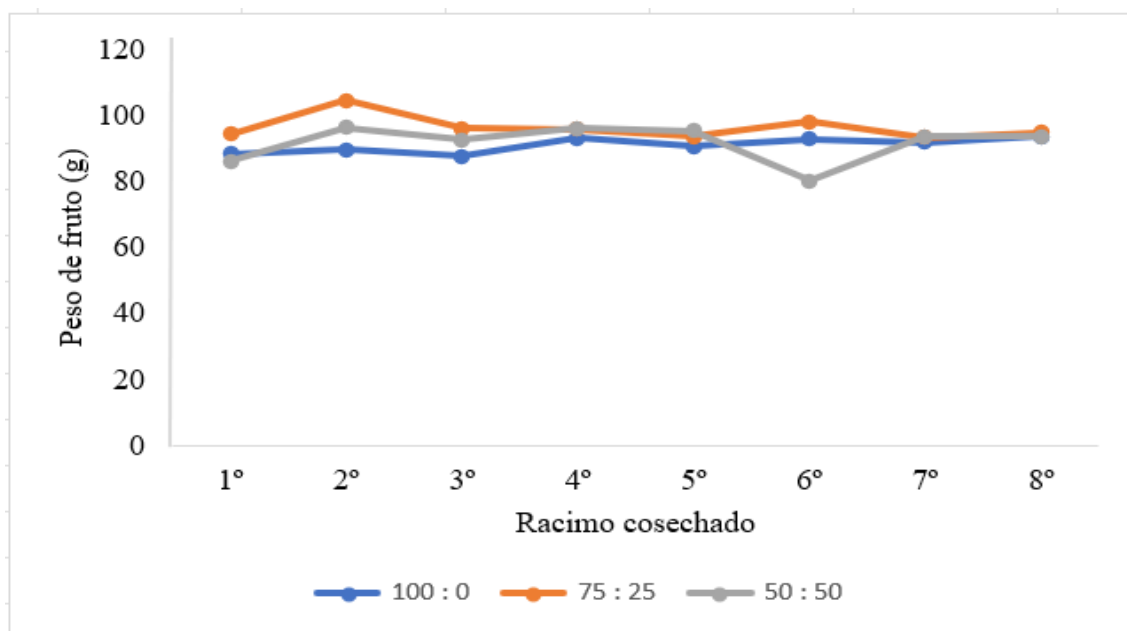


Figura 17. Variación del peso de fruto por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta) y en cada racimo cosechado.

6.4.4. Total de sólidos solubles (TSS)

El total de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) fue evaluado en el 1 $^{\circ}$ y 8 $^{\circ}$, la variación fue más notoria con los sustratos 100:0 y 75:25 y puede observarse en la Figura 18. De acuerdo con los análisis de varianza realizados (Cuadro 30), el efecto del sustrato empleado fue significativo únicamente en el 1 $^{\circ}$ racimo y en la Figura 19 se muestra el promedio de las dos evaluaciones realizadas. El sustrato 50:50 provocó que los frutos tuvieran 5.29 $^{\circ}$ Brix, valor que representa 14.5 % más $^{\circ}$ Brix que con los sustratos 75:25 y 100:0 cuyo promedio fue de 4.62 $^{\circ}$ Brix.

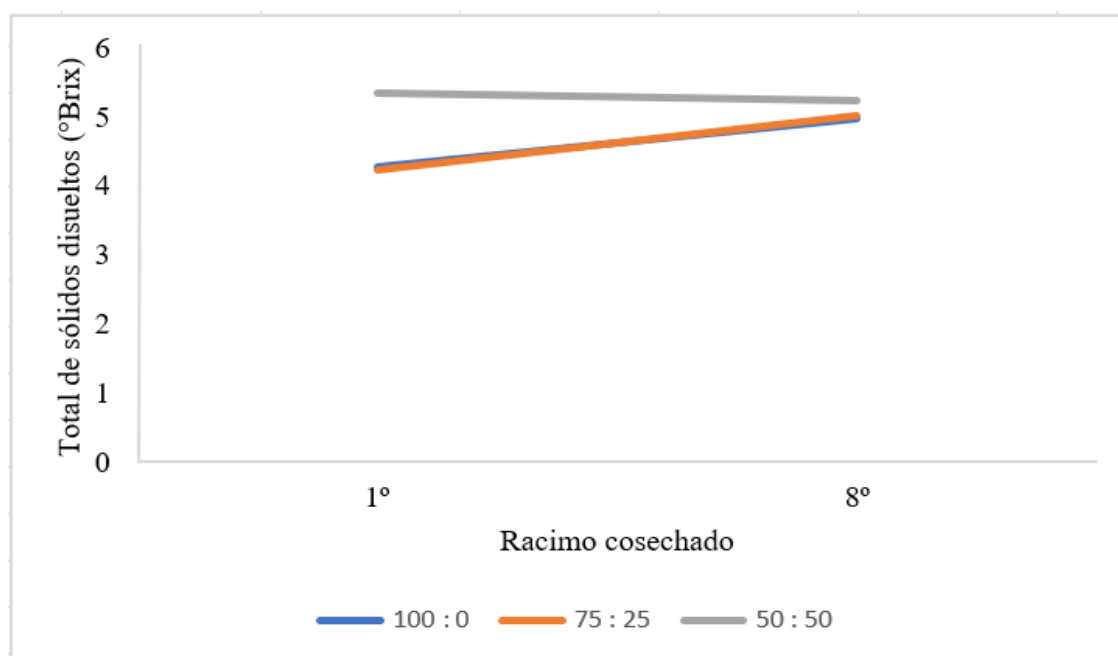


Figura 18. Variación del total de sólidos disueltos ($^{\circ}$ Brix) del fruto por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta) y en cada racimo cosechado.

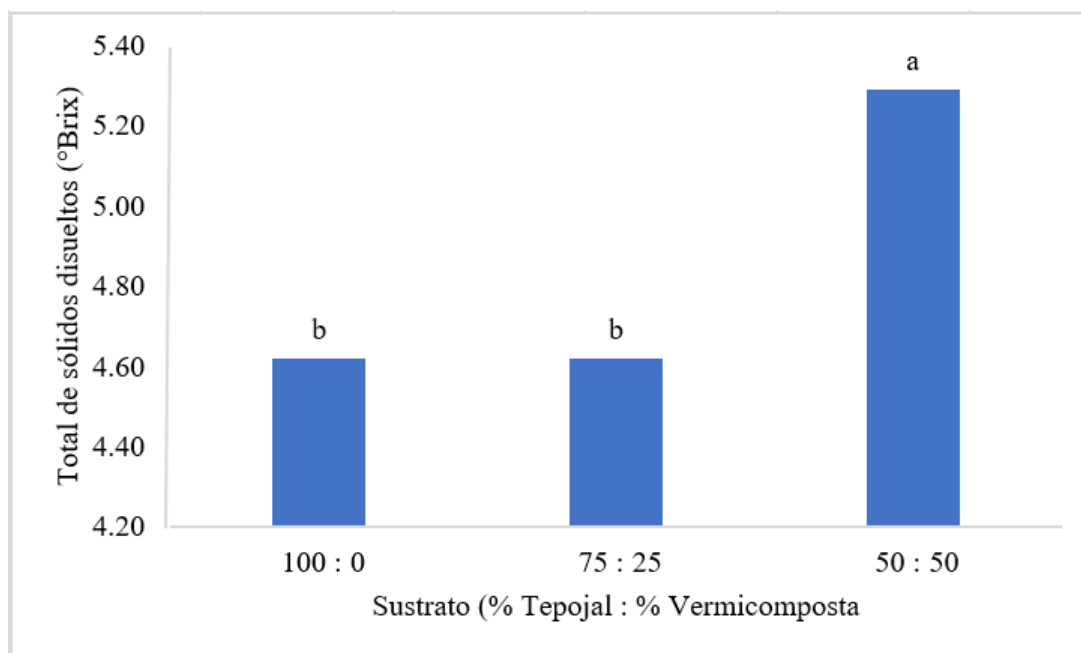


Figura 19. Promedio del total de sólidos disueltos (°Brix) del fruto por efecto del sustrato empleado (% Tepojal : % Vermicomposta).

Con respecto al TSS, Moreno-Reséndez *et al.* (2005) al evaluar el desarrollo del tomate en mezclas de vermicompost y arena (50:50, % en volumen), reportaron valores promedio de 5.3 °Brix; Acosta (2003) evaluó el cultivo de tomate en invernadero y no encontró diferencias significativas entre los tratamientos y determinó un valor promedio de 4,0 °Brix; Goykovic y Saavedra (2007) indicaron que los jitomates afectados por la salinidad presentaron valores mayores de °Brix, semejante a Dorais *et al.* (2001), quienes mencionan que al incrementar la salinidad en los medios de crecimiento también se incrementa el contenido de sólidos solubles de los frutos; por su parte Plaut *et al.* (2004) destacan que la mayor acumulación de sólidos solubles en el fruto pudiera deberse, por una parte, a una menor absorción y acumulación de agua por los frutos, y para superar este problema los frutos acumulan solutos orgánicos como azúcares simples (glucosa, fructosa y sacarosa), con lo que se logra disminuir el potencial osmótico, facilitando así la absorción de agua en los frutos.

VII. CONCLUSIÓN

1. En el cultivo de jitomate tipo saladette en condiciones de invernadero, el sustrato empleado con mezclas de tepojal y vermicomposta, provocó un efecto altamente significativo ($P < 0.01$) en las variables de crecimiento de la planta, rendimiento y calidad de los frutos cosechados, mientras que los efectos de la densidad de plantas m^{-2} y la interacción de estos factores no fueron significativos ($P > 0.05$) y por lo cual, la mayor densidad (6.0 plantas m^{-2}) resultó con el mayor rendimiento sin afectar negativamente el tamaño y calidad del fruto.
2. El sustrato que maximizó los parámetros de crecimiento, rendimiento y calidad de frutos fue el conformado volumétricamente por tepojal y vermicomposta en la proporción (%) 75:25, sin embargo, con el sustrato 50:50 los resultados fueron similares, pero en éste la cantidad de vermicomposta empleada fue del doble, lo cual incrementa los costos de producción.
3. El empleo de tepojal (100:0) como sustrato para la producción de jitomate, presentó inconvenientes relacionados con su baja capacidad de retención de agua, originada por el alto porcentaje (47 %) de partículas con tamaño mayor a 4.76 mm, lo cual implica tener buen control de la cantidad y frecuencia de riego para evitar el estrés hídrico que afecte significativamente la productividad de cultivo.
4. El uso de vermicomposta en mezcla con el tepojal favorece la calidad de los frutos de jitomate en términos de tamaño, peso y uniformidad, parámetros importantes que definen los estándares comerciales del fruto, además, el mayor crecimiento en altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas, sugiere que con la combinación de estos materiales los sustratos resultantes mejoraron sus propiedades hidro físicas y la disponibilidad de nutrientes al cultivo. Por lo anterior, el uso de mezclas de tepojal y vermicomposta resultó una estrategia eficaz para la producción de jitomate tipo saladette en condiciones de invernadero.

VIII. LITERATURA CITADA

- Abad B. M.; Noguera P. & Burés S. 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. *Bioresource Technology* 77(2):197-200 p.
- Acosta B. B. 2003. Producción orgánica de hortalizas con vermicomposta bajo condiciones de invernadero en la comarca lagunera. Tesis de Licenciatura. UAAAN-UL, Torreón, Coahuila, México.
- Allende M.; Salinas L. & Torres A. 2017. "Manual de Cultivo del tomate bajo invernadero". Boletín INIA. En línea: <https://web.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/12%20Manual%20de%20Tomate%20Invernadero.pdf>. Consultado: 23/03/2024.
- Al-Omran A. M.; A. R. Al-Harbi; M. A. Wahb-Allah; M. Nadeem and A. Al-Eter. 2010. Impact of irrigation water quality, irrigation systems, irrigation rates and soil amendments on tomato production in sandy calcareous soil. *Turk. J. Agric. For.* 34: 59-73.
- Ansorena, M. J. 1994. Sustratos. Propiedades y caracterización. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Arancon Q. N.; Edwards A. C.; Dick R. and L. Dick. 2007. Vermicompost tea production and plant growth impacts. *Biocycle* 48 (11): 51-52.
- Aristondo W. 2015. Evaluación de la tolerancia a marchitez bacteriana, causada por *Ralstonia solanacearum* e.f. smith, de dos porta injertos comerciales de tomate (*Solanum lycopersicum* l), bajo condiciones protegidas de casa malla, en el municipio de camotán, Chiquimula. Chiquimula, Guatemala.: Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Ashcroft W.; Gurban R.; Wares C. and Nick H. 1993. Arcadia and Goulbum: Determinate fresh market tomatoes for arid production areas. *HortiScience* 28 (8): 854-857
- Atiyeh R. M.; Edwards C. A.; Metzger J. D.; Lee S. & Arancon N. Q. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology*, 84: 7-14.
- Aurelio L. M; Alfonso D. L; Flor de Serrano R. y Fuentes E. F. 2018. Cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*). En línea: de http://centa.gob.sv/gocs/guias/hortalizas/Guia%20Centa_Tomate%202019. Consultado:03/06/2023
- Baudoin, W. C. 2002. El cultivo protegido en clima mediterráneo, WC Baudoin. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo Uruguay, Dirección de Producción y Protección Vegetal, P. imprenta FAO Roma. 27 p.

- Beltrano J.; O. Gimenez D. 2015. Cultivo en hidroponía, Universidad de la plata. Libro digital en PDF. En línea: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?squence=1&isAllowed=. Consultado:29/06/2022.
- Bugbee B. and J. W. White.1984. Tomato growth as affected by root-zone temperature and the addition of gibberellic acid and kinetin to nutrient solutions. *American Society for Horticultural Science* 109:121-125.
- Bunt A.C. 1983. Physical properties on mixtures of peats and minerals of different particle size and bulk density for potting substrates. *Acta Horticulturae* 150:143-153.
- Camacho F. F. 2015. El Cultivo de Tomate. Conferencia del Diplomado Internacional en Horticultura Protegida. Intagri. Gto. México.
- Cancino B. 1990. Efecto del despunte y la densidad de población sobre dos variedades de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en hidroponía bajo invernadero. *Revista. Chapingo serie horticultura* 73-74: 26-30.
- Castellanos J. C. 2009. Manual de Producción de tomate en invernadero. Primera Edición. Ediciones Intagri. Celaya Guanajuato México. 458p.
- Castilla N. 2005. Invernaderos de plástico, tecnología y manejo. 2da edición. Mundi-Prensa. España – Madrid.
- Castro P. 2010. Monografía del Jitomate. México: Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios. En línea: <https://www.sagarpa.gob.mx/Documentos/pablo/Documentos/Monografias/jitomate/pdf>. Consultado: 10/01/2023
- Cavins T. J.; Whipker B. E.; Fonteno W. C.; Harden B.; McCall I.; & Gibson J. L. (2000). Monitoring and managing pH and EC using the pourthru extraction method. *Horticulture information leaflet* 590. North Carolina State University.
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). 2018. Guía Técnica Programa (*Solanum Lycopersicum* L). En línea: <https://centa.gob.sv/download/guia-tecnica-del-cultivo-de-tomate/>. Consultado: 25/05/2024.
- Chemicals. 2014. Recomendaciones nutricionales para tomate en campo abierto, acolchado o túnel e invernadero. Miami, Estados Unidos de América. 39 p.
- CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). 2012. Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. En línea: <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13320>. Consultado 05/05/2023.
- Cruz C. J.; Jiménez F.; Ruiz J.; Díaz G., Sánchez P.; Perales C.; & Arellanes, A. (2003). Evaluación de densidades de siembra en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero. *Agronomía Mesoamericana* 14(1):85-88.

- Cruz-Crespo E.; A. Can-Chulim; J. Pineda-Pineda; D. Moreno-Velázquez; G. Aguilar-Benítez and J. D. García-Paredes. 2019. Relationship between the physical properties of the lombricompost mixtures with tuff, pumice, and rice husk. *Agrociencia* 53: 1-12.
- Cuiris P. H. 2005. Rendimiento de tres variedades de jitomate *In: IX Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas Memorias de Artículos, en resumen*. Chihuahua Chihuahua, México.
- De la Cruz L. E.; Osorio O. R.; Martínez M. M. E.; Lozano R. L.; Gómez V. A. y Sánchez H. R. 2010. Uso de Compostas y Vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Inverciencia*. 35(5): 363-368.
- Domínguez J. 2010. Las lombrices de tierra y los microorganismos:desentrañando la caja negra del vermicompostaje. *Acta Zoológica Mexicana, (n.s.) Número Especial 2*. Pp:A 385-395.
- Dorais M.; Papadopoulos A.P. and Gosselin A. 2001. Influence of electrical conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomie* 21: 367-383.
- Escobar H. y R. Lee. 2009. Manual de Producción de Tomate bajo invernadero. 2ed. Fundación Universidad de Bogotá. Bogotá, Colombia. 180 p.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2020. FAOSTAD, datos, cultivos. Roma, Italia. En línea: en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>. Consultado: 06/05/2022.
- Farré M. X. 1994. Cultivos sin suelo: Hortalizas en clima mediterráneo. *Compendios de horticultura*. Num. 3.
- Fayed T. A. 2010. Effect of compost tea and some antioxidant applications on leaf chemical constituents, yield and fruit quality of pomegranate. *World Journal of Agricultural Sciences* 6 (4): 402-411.
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). 2019. Tomate Rojo. Panorama Agroalimentario. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. En línea: <https://sursureste.org.mx/estudios/panorama-agroalimentario-2020-tomate-rojo-2019/>. Consultado 23/11/23.
- Flores J.; Ojeda B. W.; López I.; Rojano A. y Salazar I. 2007. Requerimientos de riego para tomate de invernadero. *Terra Latinoam*. 25(2):127-134.
- Florián M. P. 1997. Sustratos: Propiedades, ventajas y desventajas. *In: Conferencia Internacional en Hidroponía Comercial*. Universidad nacional agraria La Molina. Lima, Perú.
- Fonseca A. E. 2006. Producción de tomate en invernadero. *In: Cuarto Simposio Internacional de Producción de cultivos en Invernadero*. Olivares, S. E. (Ed.). UANL. Facultad de Agronomía. Monterrey, N. L. México.
- Gálvez G. M. 2015. Producción de tomate saladette (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con soluciones nutritivas orgánicas en invernadero. Tesis de ingeniero agrónomo en irrigación. Universidad Autónoma Agraria, Antonio Narro, Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.

- García S. E. I.; Aguilar Á. J.; Bernal M. R. 2011. La agricultura protegida en Tlaxcala, Méjico: La adopción de innovaciones y el nivel de equipamiento como factores para su categorización. *Teuken Bidikay 02* (Argentina, Colombia, Méjico) 193 – 212.
- Gómez B. J.G. 2012. El tomate, un éxito hortícola del país. *Agricultura Moderna. Edición e Información Agrícola Especializada*.
- Gómez-Brandón J.G. 2012. El tomate, un éxito hortícola del país. *Agricultura Moderna. Edición e Información Agrícola Especializada*.
- Goykovic C. V. y Saavedra D. G. 2007. Algunos Efectos de la Salinidad en el Cultivo del Tomate y Prácticas Agronómicas de su Manejo. *IDESIA (Chile)*. 25 (3): 47-58.
- Harmanto V. M.; Salokhe M.; Babel S. and Tantau H. J. 2005. Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment. *Agric. Water Manag.* 71:225-242.
- Helyes L.; Lugasi A. and Pék S. 2012. Effect of irrigation on processing tomato yield and antioxidant components. *Turk J Agric For.* 36:702-709.
- Ho L. 1996. The mechanism of assimilate partitioning and carbohydrate compartmentation in fruit in relation to the quality and yield of tomato. *J. Exp. Bot.* 47: 1239-1243 p.
- Hochmuth G. J.; Hochmuth R. C. 2015. *Nutrient Solution Formulation for Hydroponic (Perlite, Rockwool, NFT) Tomatoes in Florida. HS796. Univ. Fla. Coop. Ext. Serv., Gainesville.*
- Hochmuth J. 1995. Coir as an alternative to peat in media for tomato transplant production. *Hort Science* 37: 309-312 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2023. Directorio Nacional de Unidades Económicas. En línea: <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/Default.aspx?idee=3481882>. Consultado: 25/09/2024
- INFOAGRO (Información agronómica). 2017. El cultivo del tomate (1° parte). <https://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>. Consultado 21/03/2022
- Ingram D.; Henley R.; and Yeager T. 1993. Growth media for container grown ornamental plants. Florida Coop. Extension Service, IFAS. University of Florida. Bulletin. 241. 26 p
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2014. Manejo Integrado de Plagas en tomate, Managua. Nic. 1era ed. La prensa. Managua. Nicaragua. pp 6.
- INTAGRI (Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura). 2017. Tipos y Especialidades de Tomate. Serie Hortalizas Núm. 13. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.
- Ismail S. M.; Ozawa K. and Khondaker N. A. 2008. Influence of single and multiple water application timings on yield and water use efficiency in tomato (var. First power). *Agric. Water Manag.* 95:116-122.

- Jaramillo J; Rodríguez V; Guzmán M; Zapata M; Rengifo T. 2007. Buenas prácticas agrícolas (BPA) en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Manual técnico. CORPOICA-FAO-MAMA. Antioquia, Colombia. 314 p.
- Jasso C. C; Martínez G. M. A; Chávez V. J. R; Ramírez T. J.A. & Graza E. 2012. Guía para cultivar jitomate en condiciones de malla sombra en. Campo experimental San Luis Potosí. San Luis Potosí: INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico No.5
- Jiménez R. y M. Caballero. 1990. El Cultivo Industrial de Plantas en Maceta. Ediciones de Horticultura SL. Barcelona, España. pp: 90-100.
- Jiménez-Borjas J. 2009. Manejo integral del cultivo de tomate en Invernadero. Universidad Univer del Pacifico nueva Hortitec Fertri Invernaderos y Casas sombras. Ed. Primera Edición.
- Juárez-López P.; Bugarín-Montoya R.; Sánchez-Monteón A.; Balois-Morales R.; Juárez-Rosete C. y Cruz-Crespo E. 2011. Horticultura protegida en Nayarit, México situación actual y perspectivas. Revista Bio Ciencias. 1 (4):16-24.
- Koning A. N. M. 1989. Development and growth of a commercially grown tomato crop. Acta Hort. 260:268-273
- Lesur L. 2006. Manual del cultivo del tomate: una guía paso a paso. Editorial Trillas. Primera edición 2006. México. 79 p.
- Lopez-Marin L. 2017. Manual técnico del cultivo de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.). Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. San José, Costa Rica. 125 p.
- Martínez, F.X. 1993. Propuesta de metodología para la determinación de las propiedades físicas de los substratos. Actas de Horticultura. 11:55-66.
- Márquez-Hernández C.; Cano-Ríos P. y Rodríguez-Dimas N. 2008. Uso de sustratos orgánicos en la producción de tomate en invernadero Agricultura Técnica en México 34 (1): 69-74.
- Meléndez H. G. y Molina C. E. 2002. Fertilización foliar de cultivos frutícolas. Memoria, fertilización foliar: principios y aplicaciones. pp: 85-100. Laboratorio de Suelos y Foliare. Centro de investigaciones agronómicas, Universidad de Costa Rica, San José.
- Molina E. 2016. Fertilización de tomate. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 51 p.
- Monardes H. 2009. Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill): Características botánicas. Chile. Universidad de Chile pp13.
- Moreno R. A.; García G. L.; Cano R. P.; Martínez C. V.; Márquez H. C. y Rodríguez D. N. 2014. Desarrollo del cultivo de melón (*Cucumis melo*) con vermicompost bajo condiciones de invernadero. Ecos. Rec. Agrop. pp :163-173.
- Moreno-Reséndez A.; Aguilar-Durón J. y Luévano-González A. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. Revista Mexicana de Agronegocios 15(29): 763-774.

- Moreno-Reséndez A.; Valdés-Perezgasga M. y Zarate-López T. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de Vermicompost/Arena Bajo condiciones de Invernadero. *Agricultura técnica de Chile*. 65 (1): 26:34.
- Mueller S. y A. F. Wamser. 2009. Combinação da altura de desponete e do espaçamento entre plantas de tomate. *Hortic. Bras.* 27 : 64-69.
- Muñoz J. J. y G. Medina. 2004. Condiciones agroclimáticas de México y la horticultura protegida. Manual de producción hortícola en invernadero. *Intagri*. pp: 40-60.
- Murillo R. A. L.; Reyes P. J. J.; López B. R. J.; Reyes B. M.; Murillo C. G. y Sarmaniego A. C. 2015. Abonos orgánicos y su efecto en el crecimiento y desarrollo del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Centro Agrícola* 42(4): 67-74.
- Navarro-Lara P. 2011. Caracterización y evaluación de variedades de tomate en invernadero ecológico. Trabajo de investigación. Universidad Almería, España.
- Nuez F. 1995. El cultivo de Tomate. Ediciones Mundi Prensa. España – Madrid.
- Ortega M. L. D.; Sánchez O. J.; Ocampo M. J.; Sandoval C.E.; Salcido R. B. y Manzo R. F. 2010. efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. *Ra Ximhai* (3): 339-346.
- Ortega-Farías S.; Ben-Hur L.; Valdés H. y Paillán H. 2003. Efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y calidad de tomates de invernadero producido en primavera-verano. *Rev. Agri. Téc. Chile*. 63(4):479-487.
- Ortega-Martínez L. D.; Sánchez-Olarte J.; Ocampo-Mendoza J.; Sandoval-Castro E.; Salcido-Ramos B. y Manzo-Ramos F. 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento en tomate bajo condiciones de invernadero. *Revistas científicas de América Latina* 339-336.
- Papadopoulos A. P.; S. Pararajasingham. 1997 The influence of plant spacing on light interception and use in greenhouse tomato (*Ly copersicon esculentum* Mill.) A review. *Scientia Hort.* 69:1-29.
- Peet M. & Welles G. 2005. Greenhouse tomato production. *In: Tomatoes* Heuvelink, E. (Ed). Cambridge, England: CABI Publishing. pp: 257-304.
- Pérez G. M. 1997. Mejoramiento genético de hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 380 p.
- Plaut Z.; Grava A.; Yehezkel Ch.; and Matán E. 2004 How do salinity and water stress affect transport of water assimilates and ions to tomato fruits? *Physiol. Plant.* 122: 429-442.
- Ponce P.; Molina A.; Cepeda P.; Lugo E. & Maccleery B. 2015. Greenhouse design and control. The Netherlands: CRC Press.
- Resh H. M. 2004. Cultivos Hidropónicos. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

- Rodríguez M. M. N.; Alcántar G. G.; Aguilar S. A.; Etchevers B. J. D. y Santizó R. J. A. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra*. 16 (2): 135 - 141.
- Rodríguez S. M. y Flores R. V. J. 2004. Elementos esenciales y beneficiosos. Facultad de agronomía universidad nacional de Colombia.
- Rodríguez-Dimas N.; Cano-Ríos P.; Figueroa-Viramontes U.; Palomo-Gil A.; Favela-Chávez E.; Álvarez-Reyna V.; Márquez-Hernández C. y Moreno-Reséndez A. 2008. Producción de tomate en invernadero con Humus de Lombriz como sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 31 (3): 265-272.
- Rojas J; Castillo M. 2007. Diagnóstico de la Agro Cadena del cultivo de tomate de la Región Central Sur (en línea). MAG. San José, Costa Rica. 72 p.
- Ruiz-Morales M. 2011. Taller de elaboración de lombricomposta: porque tener lombrices nos beneficia a todos. México: Universidad Iberoamericana. pp: 23.
- Russell C. R.; A. D. Morris. 1983. Patters of assimilates distribution and source-sink relationships in the young reproductive tomato plants. *Ann. Bot.* 52:357-36.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación). 2017. Jitomate Mexicano. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Ciudad de México. En línea: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257077/Potencial-Jitomate.pdf>. Consultado 03/11/23.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, ganadería, desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2010. Lombricultura. En línea: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737318/14_Humus_de_lombriz.pdf. Consultado: 18/10/23
- Sánchez del C. F.; J. Ortiz; M. C. Mendoza; V. A. González; M. T. Colinas. 1999. Características morfológicas asociadas con un arquetipo de jitomate para un ambiente no restrictivo. *Agrociencia* 33:21- 29.
- Sánchez del C. F.; J. Ponce. 1998. Densidad de plantación y nivel de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en hidroponía. *Rev. Chapingo S. Hort.* 4 (2):89-93.
- Sánchez del C. F.; T. Corona. 1994. Evaluación de cuatro variedades de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo un sistema hidropónico a base de despuntes a altas densidades. *Rev. Chapingo S. Hort.* 2:109-114.
- Sánchez R. F; Moreno R. J. L.; Puente M y Araiza J. 2004. In: Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura, Invernaderos: Diseño, manejo y Producción. Torreón, Coah., México, Octubre pp: 13, 14 y 15.
- Sánchez-del Castillo F.; Moreno-Pérez E. C. & Contreras-Magaña E. 2012. Development of alternative crop systems for commercial production of vegetables in hydroponics - I: tomato. *Acta Horticulturae* 947; 179-187.

- Santos M. J.; F. Sánchez. 2003. Densidades de población, arreglos de dosel y despuntes en jitomate cultivado en hidroponía bajo invernadero. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 26 (4):257-2003
- Seminis. 2017. Recomendaciones para sembrar tomate saladette. En línea: <https://www.seminis.mx/blog-recomendaciones-para-sembrar-tomate> (Octubre 2020).
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Atlas agropecuario. SIAP-SAGARPA. En línea: <https://www.gob.mx//siap/prensa/atlas-agroalimentario-2017>. Consultado 23/10/23.
- SIAP. 2023. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cultivos de agricultura protegida. Información estadística sobre cultivos, tipo de instalación, superficie cosechada y número de instalaciones. En línea: <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>. Consultado 05/11/23.
- SQM (Speciality Plant Nutrition). 2015. Ciclo fenológico del cultivo de tomate. En línea: <http://www.sqm.com/es-es/productos/nutricionvegetaldeespecialidad/cultivos/tomate.aspx#tabs-4>. Consultado 20/01/2024
- Subler S.; Edwards, C. A.; Metzger J. 1998. Comparing vermicomposts and composts. *Biocycle* 39: 63-66.
- Torres A. 2017. Manual del cultivo de tomate bajo invernadero. Boletín INIA /N°377 Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile. 111p.
- Van der Ploeg A.; Van der Meer M. and Heuvelink E. 2007. Breeding for a more energy efficient greenhouse tomato: past and future perspectives. *Euphytica* 158(1-2):129-138.
- Vargas T. P; Castellano R. J. Z; Muñoz R. J. J; Sánchez G. P; Tijerina C. L; López R. R. M; Martínez S. C; Ojodeagua A. J. L. 2008. Efecto del tamaño de la partícula sobre algunas propiedades físicas del tezontle de Guanajuato, México. *Agricultura Técnica en México*. 34 (3): 323-331.
- Vargas-Machuca R. N. 2010. Vermicompostaje en el reciclado de residuos agroindustriales. *In: XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*. Santo Domingo, 17-19 de noviembre del 2010. Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. 43 p.
- Vázquez P. V.; López M. Z. G.; Cortez M. C. N. y Hernández D. G. 2015. Efecto de la composta y té de composta en el crecimiento y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Revista Mexicana de Agronegocios* 36; 1351-1356.

IX. ANEXOS

I. Primer racimo cosechado.

Cuadro 54. Efecto de la densidad de plantas m⁻² en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del primer racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette.

Densidad	DE	DP	PF	Rr	Rm-2	NF	TSD
Plantas m-2	mm	mm	g	g planta-1	g planta-1		°brix
3	48.63 a	74.04 a	88.17 a	483.57 a	1.45 c	5.50 a	4.67 a
4.5	49.90 a	74.30 a	91.59 a	506.11 a	2.27 b	5.47 a	4.62 a
6	49.44 a	73.06 a	89.40 a	469.25 a	2.81 a	5.22 a	4.55 a
DMS	3.24	4.10	11	88.84	0.37	0.53	0.93

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$). DE = Diámetro ecuatorial; DP = Diámetro polar; PF = Peso de fruto; Rr = Rendimiento por racimo; Rm⁻² = Rendimiento por m²; NF = Número de frutos; TSD = Total de sólidos disueltos.

Cuadro 55. Efecto del sustrato empleado a base de Tepojal : Vermicomposta (v : v) en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del primer racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Sustrato	DE	DP	PF	Rr	Rm ⁻²	NF	TSD
%	mm	mm	g	g planta ⁻¹	g planta ⁻¹		°brix
100 : 0	50.45 a	73.37 a	88.57 a	479.43 a	2.14 a	5.38 a	4.27 b
75 : 25	49.27 a	74.79 a	94.54 a	510.50 a	2.28 a	5.38 a	4.22 b
50 : 50	48.30 a	73.24 a	86.14 a	469.00 a	2.11 a	5.41 a	5.35 a
DMS	3.12	4.06	10.25	88.13	0.79	0.55	0.66

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$). DE = Diámetro ecuatorial; DP = Diámetro polar; PF = Peso de fruto; Rr = Rendimiento por racimo; Rm⁻² = Rendimiento por m²; NF = Número de frutos; TSD = Total de sólidos disueltos.

Cuadro 56. Efecto de la interacción densidad de plantas m^{-2} (D) x sustrato empleado (S) en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del primer racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

D x S	DE	DP	PF	Rr	Rm ⁻²	NF	TSD
	mm	mm	g	g planta ⁻¹	g planta ⁻¹		°brix
D1xS1	50.42 a	74.95 a	90.23 a	502.30 a	1.50 bc	5.58 a	4.41 a
D1xS2	47.41 a	74.28 a	92.52 a	511.96 a	1.53 bc	5.50 a	4.15 a
D1xS3	48.06 a	72.89 a	81.75 a	436.44 a	1.31 c	5.41 a	5.45 a
D2xS1	50.27 a	72.97 a	84.70 a	459.30 a	2.06 abc	5.41 a	4.17 a
D2xS2	50.83 a	76.60 a	100.33 a	536.88 a	2.41 ab	5.33 a	4.20 a
D2xS3	48.60 a	73.33 a	90.80 a	522.14 a	2.35 ab	5.66 a	5.29 a
D3xS1	50.66 a	73.50 a	90.80 a	476.69 a	2.86 a	5.16 a	4.23 a
D3xS2	49.43 a	73.88 a	90.50 a	482.65 a	2.87 a	5.33 a	4.29 a
D3xS3	48.24 a	73.88 a	86.91 a	448.41 a	2.69 a	5.16 a	5.32 a
DMS	8.28	10.73	26.05	228.03	0.98	1.46	1.84

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

DE = Diámetro ecuatorial; DP = Diámetro polar; PF = Peso de fruto; Rr = Rendimiento por racimo; Rm⁻² = Rendimiento por m²; NF = Número de frutos; TSD = Total de sólidos disueltos.

II. Segundo racimo cosechado.

Cuadro 57. Efecto de la densidad de plantas m⁻² en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del segundo racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Densidad Plantas m ⁻²	Diámetro ecuatorial mm	Diámetro Polar mm	Peso de Fruto g	Rendimiento de racimo g planta ⁻¹	Rendimiento m ⁻² g planta ⁻¹	Numero de fruto
3	51.29 a	81.27 a	98.32 a	573.37 a	1.72 c	5.77 a
4.5	51.64 a	76.56 b	92.30 a	546.83 a	2.47 b	5.97 a
6	51.21 a	79.28 ab	100.61 a	592.11 a	3.55 a	5.80 a
DMS	5.73	3.89	11.42	73.35	0.37	0.39

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey P≤0.05).

Cuadro 58. Efecto del sustrato empleado a base de Tepojal : Vermicomposta (v : v) en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del segundo racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Sustrato %	Diámetro ecuatorial mm	Diámetro Polar mm	Peso de Fruto g	Rendimiento de racimo g planta ⁻¹	Rendimiento m ⁻² g planta ⁻¹	Numero de fruto
100 : 0	52.61 a	76.74 b	89.82 b	534.01 b	2.38 a	5.88 a
75 : 25	51.66 a	82.59 a	104.81 a	616.56 a	2.80 a	6.00 a
50 : 50	49.80 a	77.78 b	96.60 ab	561.72 ab	2.55 a	5.80 a
DMS	5.55	3.29	9.54	63.91	0.98	0.39

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey P≤0.05).

Cuadro 59. Efecto de la interacción densidad de plantas m⁻² (D) x sustrato empleado (S) en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del segundo racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

D x S	Diámetro ecuatorial	Diámetro polar	Peso de fruto	Rendimiento de racimo	Rendimiento m ⁻²	Numero de fruto
	mm	mm	g	g planta ⁻¹	g planta ⁻¹	
D1xS1	50.97 a	78.75 bc	92.42 ab	554.23 a	1.66 f	5.75 a
D1xS2	52.39 a	85.42 a	106.30 ab	610.88 a	1.83 ef	5.75 a
D1xS3	50.33 a	79.65 bc	96.25 ab	555.00 a	1.66 f	5.91 a
D2xS1	57.59 a	75.77 c	89.41 ab	529.39 a	2.38 de	6.16 a
D2xS2	50.06 a	78.93 bc	99.29 ab	597.06 a	2.72 cd	5.83 a
D2xS3	47.27 a	75.01 c	88.20 ab	514.00 a	2.31 edc	5.91 a
D3xS1	49.29 a	75.72 c	87.63 b	518.42 a	3.11 bc	5.91 a
D3xS2	52.54 a	83.46 ab	108.83 a	641.75 a	3.83 a	6.08 a
D3xS3	51.80 a	78.68 bc	105.37 ab	616.17 a	3.6 ab	5.83 a
DMS	13.061	5.53	20.84	150.35	0.71	1.04

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey P≤0.05).

III. Tercer racimo cosechado.

Cuadro 60. Efecto de la densidad de plantas m⁻² en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del tercer racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Densidad Plantas m ⁻²	Diámetro ecuatorial mm	Diámetro Polar mm	Peso de Fruto g	Rendimiento de racimo g planta ⁻¹	Rendimiento m ⁻² g planta ⁻¹	Numero de fruto
3	51.55 a	76.57 a	93.82 a	558.97 a	1.67 c	6.00 a
4.5	50.46 a	75.72 a	90.05 a	541.89 a	2.44 b	5.97 a
6	551.16 a	76.58 a	92.96 a	539.08 a	3.23 a	5.94 a
DMS	2.26	3.24	8.50	103.74	0.53	0.55

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

Cuadro 61. Efecto del sustrato empleado a base de Tepojal : Vermicomposta (v : v) en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del tercer racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Sustrato %	Diámetro ecuatorial mm	Diámetro Polar mm	Peso de Fruto g	Rendimiento de racimo g planta ⁻¹	Rendimiento m ⁻² g planta ⁻¹	Numero de fruto
100 : 0	50.53 a	76.81 a	87.71 b	469.14 b	2.07 a	5.55 b
75 : 25	52.51 a	77.17 a	96.35 a	611.25 a	2.76 a	6.33 a
50 : 50	50.50 a	74.71 a	92.77 ab	559.56 a	2.51 a	6.02 a
DMS	2.13	2.98	7.53	74.19	0.88	0.38

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

Cuadro 62. Efecto de la interacción densidad de plantas m⁻² (D) x sustrato empleado (S) en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del tercer racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

D x S	Diámetro ecuatorial	Diámetro polar	Peso de fruto	Rendimiento de racimo	Rendimiento m ⁻²	Numero de fruto
	mm	mm	g	g planta ⁻¹	g planta ⁻¹	
D1xS1	51.08 a	77.58 a	88.46 a	501.58 ab	1.50 e	5.75 ab
D1xS2	52.72 a	76.86 a	97.24 a	608.92 ab	1.82 cde	6.25 ab
D1xS3	50.85 a	74.79 a	95.75 a	566.42 ab	1.70 de	5.91 ab
D2xS1	49.45 a	75.89 a	87.16 a	486.08 ab	2.19 cde	5.58 ab
D2xS2	51.63 a	76.68 a	91.88 a	591.75 ab	2.66 bc	6.41 a
D2xS3	50.31 a	74.59 a	91.10 a	547.83 ab	2.46 bcd	6.00 ab
D3xS1	51.06 a	76.98 a	87.50 a	547.83 b	2.52 bcd	5.33 b
D3xS2	52.09 a	77.98 a	99.92 a	633.08 a	3.80 a	6.33 a
D3xS3	50.34 a	74.76 a	91.46 a	564.42 ab	3.39 ab	6.16 ab
DMS	5.58	8.17	19.54	191.67	0.92	0.98

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey P≤0.05).

IV. Cuarto racimo cosechado.

Cuadro 63. Efecto de la interacción densidad de plantas m⁻² (D) x sustrato empleado (S) en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del cuarto racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Densidad Plantas m ⁻²	Diámetro ecuatorial mm	Diámetro Polar mm	Peso de Fruto g	Rendimiento de racimo g planta ⁻¹	Rendimiento m ⁻² g planta ⁻¹	Numero de fruto
3	52.25 a	80.46 a	93.15 a	561.24 a	1.68 c	6.02 a
4.5	52.70 a	80.10 a	93.51 a	590.78 a	2.65 b	6.02 a
6	52.31 a	80.58 a	94.92 a	554.14 a	3.32 a	5.86 a
DMS	1.73	3.30	6.08	58.15	0.27	0.46

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey P≤0.05).

Cuadro 64. Efecto del sustrato empleado a base de Tepojal : Vermicomposta (v : v) en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del cuarto racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Sustrato %	Diámetro ecuatorial mm	Diámetro Polar mm	Peso de Fruto g	Rendimiento de racimo g planta ⁻¹	Rendimiento m ⁻² g planta ⁻¹	Numero de fruto
100 : 0	51.23 b	78.49 b	93.29 a	530.92 b	2.38 a	5.69 b
75 : 25	53.35 a	81.67 a	95.97 a	587.08 a	2.64 a	6.11 a
50 : 50	52.67 a	80.98 ab	96.31 a	588.16 a	2.64 a	6.11 a
DMS	1.36	2.83	6.26	51.57	0.87	0.40

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey P≤0.05).

Cuadro 65. Efecto de la interacción densidad de plantas m⁻² (D) x sustrato empleado (S) en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del cuarto racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

D x S	Diámetro ecuatorial	Diámetro polar	Peso de fruto	Rendimiento de racimo	Rendimiento m ⁻²	Numero de fruto
	mm	mm	g	g planta ⁻¹	g planta ⁻¹	
D1xS1	50.31 d	77.51 a	91.10 a	531.00 a	1.59 e	5.83 a
D1xS2	54.64 a	82.42 a	95.87 a	582.58 a	1.75 e	6.08 a
D1xS3	51.79 bcd	81.45 a	92.47 a	570.15 a	1.71 e	6.16 a
D2xS1	52.30 bcd	79.62 a	98.19 a	548.42 a	2.47 d	5.58 a
D2xS2	52.14 bcd	79.72 a	94.77 a	593.08 a	2.66 cd	6.16 a
D2xS3	53.65 ab	80.97 a	99.57 a	630.83 a	2.83 bcd	6.33 a
D3xS1	51.10 cd	78.34 a	90.59 a	513.33 a	3.08 abc	5.66 a
D3xS2	53.26 abc	82.88 a	97.29 a	585.58 a	3.51 a	6.08 a
D3xS3	52.56 abc	80.53 a	96.88 a	563.50 a	3.38 ab	5.83 a
DMS	2.27	7.20	14.84	127.55	0.59	1.03

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey P≤0.05).

V. Quinto racimo cosechado.

Cuadro 66. Efecto de la densidad de plantas m⁻² en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del quinto racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Densidad Plantas m ⁻²	Diámetro ecuatorial mm	Diámetro Polar mm	Peso de Fruto g	Rendimiento de racimo g planta ⁻¹	Rendimiento m ⁻² g planta ⁻¹	Numero de fruto
3	52.82 a	84.43 a	95.30 a	547.67 a	1.64 c	5.77 a
4.5	52.32 a	78.93 a	90.47 a	533.31 a	2.39 b	5.69 a
6	52.94 a	80.17 a	94.20 a	541.42 a	3.24 a	5.75 a
DMS	2.58	9.29	6.6	33.44	0.15	0.30

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey P≤0.05)

Cuadro 67. Efecto del sustrato empleado a base de Tepojal : Vermicomposta (v : v) en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del quinto racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Sustrato %	Diámetro ecuatorial mm	Diámetro Polar mm	Peso de Fruto g	Rendimiento de racimo g planta ⁻¹	Rendimiento m ⁻² g planta ⁻¹	Numero de fruto
100 : 0	50.61 c	76.79 b	90.76 a	519.28 b	2.32 a	5.69 a
75 : 25	54.63 a	85.86 a	93.78 a	554.72 a	2.49 a	5.77 a
50 : 50	52.83 b	80.88 ab	95.44 a	548.39 a	2.46 a	5.75 a
DMS	1.60	8.57	6.68	28.3	0.82	0.30

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey P≤0.05).

Cuadro 68. Efecto de la interacción densidad de plantas m⁻² (D) x sustrato empleado (S) en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del quinto racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

D x S	Diámetro ecuatorial	Diámetro polar	Peso de fruto	Rendimiento de racimo	Rendimiento m ⁻²	Numero de fruto
	mm	mm	g	g planta ⁻¹	g planta ⁻¹	
D1xS1	51.18 bc	77.79 a	91.84 a	543.50 ab	1.63 d	5.83 a
D1xS2	53.74 ab	93.84 a	98.26 a	556.83 a	1.67 d	5.83 a
D1xS3	53.53 ab	81.66 a	95.82 a	542.67 ab	1.62 d	5.66 a
D2xS1	49.52 c	74.93 a	89.25 a	490.00 b	2.20 c	5.50 a
D2xS2	49.52 ab	80.90 a	87.05 a	547.08 ab	2.46 bc	5.66 a
D2xS3	52.94 abc	80.97 a	95.12 a	562.83 a	2.53 b	5.91 a
D3xS1	51.14 bc	77.65 a	91.18 a	524.33 ab	3.14 a	5.75 a
D3xS2	55.66 a	82.85 a	96.03 a	560.25 a	3.36 a	5.83 a
D3xS3	52.03 abc	80.01 a	95.39 a	539.67 ab	3.24 a	5.66 a
DMS	3.70	20.92	15.83	61.16	0.28	0.76

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey P≤0.05).

VI. Sexto racimo cosechado.

Cuadro 69. Efecto de la densidad de plantas m^{-2} en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del sexto racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Densidad Plantas m^{-2}	Diámetro ecuatorial mm	Diámetro Polar mm	Peso de Fruto g	Rendimiento de racimo g planta ⁻¹	Rendimiento m^{-2} g planta ⁻¹	Numero de fruto
3	52.96 a	82.53 a	89.34 a	547.22 a	1.49 c	5.61 a
4.5	52.96 a	82.34 b	94.11 a	498.50 a	2.46 b	5.94 a
6	53.24 a	82.76 ab	88.12 a	497.81 a	2.98 a	5.77 a
DMS	2.38	1.84	12.76	97.54	0.43	0.36

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

Cuadro 70. Efecto del sustrato empleado a base de Tepojal : Vermicomposta (v : v) en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del sexto racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Sustrato %	Diámetro ecuatorial mm	Diámetro Polar mm	Peso de Fruto g	Rendimiento de racimo g planta ⁻¹	Rendimiento m^{-2} g planta ⁻¹	Numero de fruto
100 : 0	51.08 b	82.02 a	93.06 a	438.36 b	1.98 a	5.75 a
75 : 25	54.18 a	82.26 a	98.33 a	567.39 a	2.54 a	5.86 a
50 : 50	53.86 a	83.34 a	80.18 b	537.78 a	2.42 a	5.72 a
DMS	1.64	1.71	9.08	73.83	0.83	0.39

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

Cuadro 71. Efecto de la interacción densidad de plantas m⁻² (D) x sustrato empleado (S) en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del sexto racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

D x S	Diámetro ecuatorial	Diámetro polar	Peso de fruto	Rendimiento de racimo	Rendimiento m ⁻²	Numero de fruto
	mm	mm	g	g planta ⁻¹	g planta ⁻¹	
D1xS1	51.20 ab	82.65 a	94.43 ab	427.42 b	1.28 c	5.50 a
D1xS2	53.79 ab	81.02 a	93.92 ab	547.75 ab	1.64 c	5.83 a
D1xS3	53.90 ab	83.92 a	79.66 b	520.33 ab	1.56 c	5.50 a
D2xS1	50.15 b	82.16 a	91.74 ab	443.83 b	2.00 bc	5.91 a
D2xS2	54.20 ab	82.00 a	107.33 a	631.33 a	2.84 a	5.91 a
D2xS3	54.40 a	82.86 a	83.25 b	566.50 ab	2.55 ab	6.00 a
D3xS1	51.88 ab	81.25 a	93.00 ab	443.83 b	2.66 ab	5.83 a
D3xS2	54.57 a	83.77 a	93.74 ab	523.08 ab	3.13 a	5.83 a
D3xS3	53.27 ab	83.25 a	77.62 b	526.50 ab	3.16 a	5.66 a
DMS	4.23	3.95	21.39	182.65	0.82	0.95

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey P≤0.05).

VII. Séptimo racimo cosechado.

Cuadro 72. Efecto de la densidad de plantas m⁻² en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del séptimo racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Densidad Plantas m ⁻²	Diámetro ecuatorial mm	Diámetro Polar mm	Peso de Fruto g	Rendimiento de racimo g planta ⁻¹	Rendimiento m ⁻² g planta ⁻¹	Numero de fruto
3	52.78 a	83.00 a	92.42 a	521.19 a	1.56 c	5.69 a
4.5	53.76 a	86.63 a	93.41 a	531.81 a	2.39 b	5.69 a
6	54.19 a	83.00 a	93.27 a	536.33 a	3.21 a	5.75 a
DMS	2.87	7.63	2.54	37.16	0.14	0.35

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey P≤0.05).

Cuadro 73. Efecto del sustrato empleado a base de Tepojal : Vermicomposta (v : v) en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del séptimo racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Sustrato %	Diámetro ecuatorial mm	Diámetro Polar mm	Peso de Fruto g	Rendimiento de racimo g planta ⁻¹	Rendimiento m ⁻² g planta ⁻¹	Numero de fruto
100 : 0	54.15 a	86.24 a	91.93 a	525.85 a	2.36 a	5.69 a
75 : 25	53.54 a	83.50 a	93.56 a	525.11 a	2.39 a	5.69 a
50 : 50	53.01 a	83.10 a	93.62 a	538.42 a	2.42 a	5.75 a
DMS	2.90	7.76	2.41	37.22	0.85	0.35

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey P≤0.05).

Cuadro 74. Efecto de la interacción densidad de plantas m^{-2} (D) x sustrato empleado (S) en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del séptimo racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

D x S	Diámetro ecuatorial	Diámetro polar	Peso de fruto	Rendimiento de racimo	Rendimiento m^{-2}	Numero de fruto
	mm	mm	g	g planta ⁻¹	g planta ⁻¹	
D1xS1	54.47 a	84.04 a	90.89 a	537.83 a	1.61 c	5.83 a
D1xS2	53.53 a	87.72 a	92.23 a	492.42 a	1.47 c	5.58 a
D1xS3	50.34 a	82.24 a	94.06 a	533.33 a	1.60 c	5.66 a
D2xS1	53.29 a	93.17 a	92.75 a	509.75 a	2.29 b	5.50 a
D2xS2	52.38 a	82.95 a	94.69 a	536.58 a	2.41 b	5.66 a
D2xS3	54.60 a	83.78 a	92.81 a	549.08 a	2.47 b	5.91 a
D3xS1	54.68 a	81.51 a	92.14 a	529.83 a	3.18 a	5.75 a
D3xS2	53.81 a	84.52 a	93.67 a	536.58 a	3.27 a	5.83 a
D3xS3	54.09 a	83.29 a	94.00 a	532.83 a	3.20 a	5.66 a
DMS	7.08	19.91	6.81	88.61	0.82	0.90

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

VIII. Octavo racimo cosechado.

Cuadro 75. Efecto de la densidad de plantas m² en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del octavo racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Densidad	DE	DP	PF	Rr	Rm ⁻²	NF	TSD
Plantas m ⁻²	mm	mm	g	g planta ⁻¹	g planta ⁻¹	g planta ⁻¹	°brix
3	51.98 a	82.22 a	94.19 a	502.33 a	1.50 a	5.50 a	5.12 a
4.5	53.02 a	75.73 a	93.85 a	503.17 a	1.76 a	5.47 a	5.02 a
6	51.38 a	81.73 a	94.24 a	484.25 a	1.96 a	5.22 a	5.08 a
DMS	2.18	8.62	1.70	36.49	0.63	0.53	0.29

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey P≤0.05).

DE = Diámetro ecuatorial; DP = Diámetro polar; PF = Peso de fruto; Rr = Rendimiento por racimo; Rm⁻² = Rendimiento por m²; NF = Número de frutos; TSD = Total de sólidos disueltos.

Cuadro 76. Efecto del sustrato empleado a base de Tepojal : Vermicomposta (v : v) en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del octavo racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

Sustrato	DE	DP	PF	Rr	Rm ⁻²	NF	TSD
%	mm	mm	g	g planta ⁻¹	g planta ⁻¹	g planta ⁻¹	°brix
100 : 0	51.93 a	77.39 a	93.77 a	479.19 b	1.43 b	5.11 a	4.97 a
75 : 25	52.82 a	82.61 a	94.88 a	516.42 a	2.31 a	5.44 a	5.02 a
50 : 50	51.64 a	80.68 a	93.62 a	494.14 ab	1.48 b	5.27 a	5.23 a
DMS	2.26	8.79	1.56	32.95	0.45	0.36	0.26

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey P≤0.05).

DE = Diámetro ecuatorial; DP = Diámetro polar; PF = Peso de fruto; Rr = Rendimiento por racimo; NF = Número de frutos; TSD = Total de sólidos disueltos.

Cuadro 77. Efecto de la interacción densidad de plantas m^{-2} (D) x sustrato empleado (S) en los parámetros de calidad y rendimiento de frutos del octavo racimo cosechado en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette en invernadero.

D x S	DE	DP	PF	Rr	Rm ⁻²	NF	TSD
	mm	mm	g	g planta ⁻¹	g planta ⁻¹		°brix
D1xS1	52.85 a	81.02 a	93.76 a	469.00 a	1.40 c	5.00 a	5.15 a
D1xS2	51.83 a	83.37 a	95.35 a	524.08 a	1.57 c	5.50 a	5.07 a
D1xS3	51.28 a	82.26 a	93.45 a	513.92 a	1.54 c	5.50 a	5.15 a
D2xS1	51.90 a	66.46 a	93.11 a	488.58 a	1.46 c	5.25 a	4.83 a
D2xS2	53.85 a	81.90 a	94.62 a	512.50 a	2.30 b	5.41 a	5.06 a
D2xS3	53.34 a	78.82 a	93.81 a	508.42 a	1.52 c	5.41 a	5.18 a
D3xS1	51.03 a	81.68 a	94.44 a	480.00 a	1.44 c	5.08 a	4.95 a
D3xS2	52.80 a	82.57 a	94.68 a	512.67 a	3.07 a	5.41 a	4.94 a
D3xS3	50.32 a	80.95 a	93.61 a	460.08 a	1.38 c	4.91 a	5.34 a
DMS	5.36	19.94	4.19	75.98	0.25	0.84	0.67

Medias con la misma letra por columna no son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

DE = Diámetro ecuatorial; DP = Diámetro polar; PF = Peso de fruto; Rr = Rendimiento por racimo; NF = Número de frutos; TSD = Total de sólidos disueltos.



Oficio No. FCAyP/830/2024

Ángel Jair Juárez Córdova
Egresado de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
PRESENTE

Con base en el dictamen emitido por el Dr. Juan Manuel Barrios Díaz (**Director de Tesis**), M.C. Benjamín Barrios Díaz (**Asesor**), Dr. Sigfrido David Morales Fernández (**Asesor**) y M.C. Esteban Joaquín Medina (**Asesor**) en su calidad de Consejo Particular, se autoriza la elaboración digital de la tesis titulada:

“Sistemas de producción de jitomate en altas densidades con sustrato de tepojal y vermicomposta”

Correspondiente a la Licenciatura en Ingeniería Agrohidráulica.

Sin otro particular por el momento me despido de Usted.

Atentamente

“Pensar bien, para vivir mejor”

San Juan Acateno, Teziutlán, Pue., a 26 de Noviembre de 2024.

Dr. Armando Ibáñez Martínez

Director de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias



c.c.p. - Archivo y Minutario
Dr. AIM/mlsm