



UNIVERSIDAD AUTNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM-TEMASCALTEPEC
LICENCIATURA DE INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

**USO DEL VERMICOMPOST CON HECES DE OVINOS EN LAS CARACTERISTICAS
FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO Y EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE
JITOMATE**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERA
AGRONOMA ZOOTECNISTA

PRESENTA:

BLANCA ALELY BARCENAS FLORES

ASESORA:

DRA. FRANCISCA AVILÉS NOVA

COASESOR:

ING. LUIS MANUEL RIOS GARCÍA

Temascaltepec México, Junio 2022.

CONTENIDO

I. INTRODUCCION.....	10
II. RESUMEN.....	12
III. HIPÓTESIS	13
IV. JUSTIFICACION.....	14
V. OBJETIVOS.....	16
5.1 Objetivo general.....	16
5.2 Objetivos específicos:.....	16
VI. REVISION DE LITERATURA.....	17
6.1 Antecedentes	17
6.2 Fertilización	18
6.3 Utilización de abonos orgánicos para mejorar los suelos	19
6.4 Efectos de los abonos orgánicos sobre las características físicas, químicas Y biológicas del suelo.	20
6.5 Uso de vermicompost como abono orgánico.....	21
6.6 Características químicas del vermicompost.....	23
6.7 Factores que influyen en la calidad del compost.....	25
6.8 Obtención del lombricompost utilizando lombriz roja californiana.	27
6.9 Fertilización convencional.....	29
6.10. La solución nutritiva para cultivo hidropónico en jitomate.	30
6.10 Comparación de las prácticas de producción orgánica y convencional	31
6.11 Impacto ambiental.....	32
6.12 Situación de la producción de cultivos en invernadero en México	34
6.13 Los invernaderos en la agricultura mexicana	35
6.14 Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato.	36
6.15 Panorama de invernaderos en el Estado de México.....	37
6.16 Taxonomía del jitomate.....	38
6.17 Morfología del jitomate	39
6.18 Distribución del jitomate.....	40

6.19 El jitomate, hortaliza mexicana de importancia mundial.	41
6.20 Importancia del jitomate.	43
6.21 Generalidades del jitomate.	44
6.22. Variedades del jitomate en México.	45
VII. MATERIALES Y METODOS.....	49
7.1 Lugar y periodo experimental.....	49
7.2 Mejorador y conservador de suelo que se utilizó.	50
7.3 Tratamientos	52
7.4 Parcela experimental	53
7.5 Manejo del cultivo del tomate:	53
7.5.1 Preparación del terreno	53
7.5.2 Aplicación de abonos orgánicos (vermicompost).	54
7.5.3 Producción de las plántulas.....	54
7.5. 4 trasplante. Se.....	55
7.5.5 Marco de plantación	55
7.5.6 Tutorado	55
7.5.7 Podas.....	55
7.5.8 Riego.	56
7.5.9 Aclareo de frutos.....	56
7.5.10. Polinizaciones. Las	57
7.5.11 Manejo y plaga de enfermedades.	57
7.5.12 Toma de registro del cultivo.....	57
7.5.13 Cosecha.....	57
7.6 Tratamientos	58
7.7 Variables del suelo.	63
7.8 Variables del cultivo	69
7.8.1 Longitud crecimiento y diámetro de tallo	69
7.8.2 Diámetro del tallo.....	70
7.8.2 Rendimiento.....	71

7.9 Diseño experimental	72
7.10 Análisis estadístico	72
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	73
8.1 Resultados	73
8.1.1 Análisis de la longitud de crecimiento y diámetro de tallo promedio	73
8.1.2 Análisis del rendimiento total	75
8.1.3 Análisis de las propiedades del suelo al finalizar el experimento.....	78
8.2 Discusión	80
IX. CONCLUSION	82
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83

Índice de imágenes.

IMAGEN 1. UTILIZACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS EN EL SUELO.	20
IMAGEN 2. VERMICOMPOST COMO ABONO ORGÁNICO.	23
IMAGEN 3. USO DE LA EISENIA FOETIDA PARA LA ELABORACIÓN DE LOMBRICOMPOSTA.	29
IMAGEN 4. COMPARACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA Y CONVENCIONAL.	32
IMAGEN 5. IMPACTO AMBIENTAL CON USO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS.	33
IMAGEN 6. PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN INVERNADERO.	35
IMAGEN 7. PRODUCCIÓN DE JITOMATE EN INVERNADERO.	37
IMAGEN 8. TAXONOMÍA DEL JITOMATE.	39
IMAGEN 9. MORFOLOGÍA DEL JITOMATE.	40
IMAGEN 10. DISTRIBUCIÓN DEL JITOMATE EN MÉXICO.	41
IMAGEN 11. JITOMATE EN HORTALIZA.	42
IMAGEN 12. JITOMATE DE BOLA.	45
IMAGEN 13. JITOMATE CHERRY.	46
IMAGEN 14. JITOMATE UVA.	46
IMAGEN 15. JITOMATE TOMATILLO.	47
IMAGEN 16. JITOMATE SALADET.	48
IMAGEN 17. JITOMATE AMARILLO.	48
IMAGEN 18. UBICACIÓN DE DONDE SE REALIZÓ EN EXPERIMENTO.	49
IMAGEN 19. TOMATE EL CID.	53
IMAGEN 20. PREPARACIÓN DEL TERRENO.	54
IMAGEN 21. PLÁNTULAS DE JITOMATE.	55
IMAGEN 22. PODA.	56
IMAGEN 23. ACLAREO DE FRUTOS DE JITOMATE.	57
IMAGEN 24. COSECHA.	58
IMAGEN 25. DETERMINACIÓN DE LA PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO.	60
IMAGEN 26. APLICACIÓN DEL VERMICOMPOST AL SUELO.	61
IMAGEN 27. DETERMINACIÓN DE PH.	63
IMAGEN 28. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO.	64

IMAGEN 29. DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO.....	65
IMAGEN 30. DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO.	66
IMAGEN 31. DETERMINACIÓN DE FOSFORO.....	66
IMAGEN 32. DETERMINACIÓN DE POTASIO.	67
IMAGEN 33. DETERMINACIÓN DE CALCIO.	68
IMAGEN 34. DETERMINACIÓN DE MAGNESIO.	69
IMAGEN 35. MEDICIÓN DE LA LONGITUD.	70
IMAGEN 36. MEDICIÓN DEL DIÁMETRO DEL TALLO.	71
IMAGEN 37. COSECHA Y MEDICIÓN DEL RENDIMIENTO DE JITOMATE.....	71

Índice de cuadros

CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS ABONOS ORGÁNICOS.	24
CUADRO 2. CANTIDADES DE NUTRIMENTOS REQUERIDOS EN EL CULTIVO DE JITOMATE EN INVERNADERO UTILIZANDO EL SUELO.....	30
CUADRO 3. RECOMENDACIONES DE MANEJO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA EN CUANTO A CONCENTRACIÓN PARA EL CULTIVO DE JITOMATE INDETERMINADO.....	31
CUADRO 4. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO.	50
CUADRO 5. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.	51
CUADRO 6. TIPOS DE MANEJO NUTRICIONAL.	52
CUADRO 7. PROPIEDADES DEL SUELO Y DE LOS ABONOS ORGANICOS (VERMICOMPOST) CON HECES DE OVINOS.....	59
CUADRO 8. DOSIS DE VERMICOMPOST CON HECES DE OVINOS.	60
CUADRO 9. CANTIDAD DE NUTRIMENTOS (G M ²) CORRESPONDIENTES A CADA NIVEL DE FERTILIZACIÓN CONVENCIONAL.	61
CUADRO 10. PREPARACIÓN DE UNA SOLUCIÓN STEINER NUTRITIVA CON INDICACIONES DE CANTIDADES A DISOLVER POR LITRO DE SOLUCIÓN.	62
CUADRO 11. RENDIMIENTO DE JITOMATE (G/PLANTA), BAJO LA APLICACIÓN COMBINADA DE DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN CONVENCIONAL Y VERMICOMPOST CON HECES DE OVINOS.	77
CUADRO 12. PROPIEDADES DEL SUELO AL FINALIZAR EL EXPERIMENTO.	78

Índice de figuras.

FIGURA 1. LONGITUD DE CRECIMIENTO TOTAL DE PLANTAS DE JITOMATE	74
FIGURA 2. DIÁMETRO DE TALLA PROMEDIO DE PLANTAS DE JITOMATE	75
FIGURA 3. RENDIMIENTO TOTAL DEL TOMATE	76

I. INTRODUCCION

La fertilidad del suelo no solo es importante en cara a su degradación, sino que también tiene una importancia capital para la salud de los cultivos, los animales, y los seres humanos que se sustentan en él (Lampikin, 1998). Las estrategias convencionales de manejo del suelo dependen principalmente de los fertilizantes químicos, lo cual genera una seria amenaza para la salud humana y el ambiente (Bhardwaj et al., 2014). El reciclado de residuos vegetales, otros biosólidos y estiércoles de animales, como enmiendas orgánicas en la agricultura, conlleva varias ventajas, tales como la mejora del crecimiento de las plantas, su rendimiento, el contenido de carbono del suelo, así como la masa y la actividad microbiana (Thangarajan et al., 2013).

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una hortaliza de gran importancia mundial y que extrae considerables cantidades de nutrientes del suelo; es una especie apropiada para el estudio de las aportaciones de nutrientes de las enmiendas orgánicas y de las técnicas para mantener la fertilidad del suelo explotado de manera intensiva. En México hay instalaciones que se han mantenido en la producción de tomate en suelo, como monocultivo, por más de 7 años menoscabo el rendimiento y si con un ahorro importante en el fertilizante y en el sistema de riego (Castellanos, 2011).

En el cultivo de tomate, el uso combinado de compost y fertilizante inorgánico produjo mayores rendimientos y mejor calidad de frutos que los suelos bajo el tratamiento con el solo uso de fertilizantes inorgánicos. Además, suelos con la fertilización inorgánica en un 40%, mientras que se obtuvieron frutos en similar calidad y cantidad, además de mejorar las características del suelo (Hernández et al., 2014^a).

Aunque los beneficios del compost y vermicompost son generalmente aceptados, existen trabajos con resultados divergentes; por ejemplo, Lazcano et al., 2009, al aplicar dosis bajas de compost (10 y 20%) y altas de vermicompost (50, 75 y 100%), obtuvieron incrementos significativos en la biomasa aérea y radicular de las plantas de tomate. Estos resultados difieren de los encontrados por otros autores citados por Lazcano et al., 2009 (Atiyeh et al., 2000 y Hashemimajd et al., 2004), quienes reportaron que el crecimiento de las plantas de tomate fue acrecentando

significativamente después de la adición de pequeñas dosis de vermicompost al sustrato de macetas (hasta un 30%).

La producción mundial de jitomate en fresco se elevó a 211 021 843 toneladas, según los datos de la Organización Mundial de la Alimentación (fao, 2012). China es el primer productor con 50 125 055 toneladas, es decir, 23.75% del total. Le sigue India, con un total de 17 500 000 169 toneladas (8.29%). El tercer lugar lo ocupa Estados Unidos, que en 2012 produjo más de 13 millones de toneladas, concretamente 13 206 950, 6.26% de la producción mundial.

México, por su parte, se encuentra en el décimo lugar con una producción de 3 433 567 toneladas, cifra que supone 1.63% de la producción mundial de jitomate para fresco (fao, 2012). Los rendimientos de jitomate en Estados Unidos Americanos son de 484 t/ha (24.2 t en 500 m²) y en México, 170 t/ha (8.5 t en 500 m² 9), (Morales Hernández et. al.,2017: J., González Razo, F et. al., 2017, Hernández Martínez, J. et. al., 2017).

En el Estado de México se ha incrementado su superficie bajo invernadero, principalmente en la zona norte con producción de flor para maceta y una porción importante de hortaliza. Es la misma situación de la segunda región, al sur del Estado de México, la cual incluye a los municipios de Tenancingo, Zumpahuacán, Santa Ana, Coatepec Harinas, Villa Guerrero e Ixtapan de Sal, donde se cultiva flor y hortaliza, incluido el jitomate. Finalmente se incorporan los municipios de Tejupilco, San Simón de Guerrero, Luvianos y Temascaltepec, con estos suman 155 ha bajo invernadero en el Estado de México, es decir, un total de 33 600 ha de hortalizas (Sánchez, 2014). Ante las nuevas tecnologías aplicables en invernaderos, las cuales suponen rendimientos de alta calidad y mayores producciones por m², el agricultor o inversionista tiene frente a sí un campo de inversión muy alentador (Morales Hernández et. al.,2017). El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de la aplicación del vermicompost en el cultivo de tomate en invernadero, su efecto en la fertilidad del suelo y en el rendimiento de la cosecha, con la finalidad de lograr un manejo más sostenible del suelo.

II. RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del vermicompost (VCC) con heces de ovinos en la producción de jitomate bajo invernadero, en donde se determinó en la planta el diámetro de tallo (DT), longitud de crecimiento (LC) y rendimiento, en suelo se evaluó pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), carbono orgánico (CO), fósforo (P), potasio (K), densidad aparente (DA), relación carbono: nitrógeno (C/N), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Se evaluaron tres tratamientos, T3; Fertilización convencional al 100%, T2; Fertilización convencional al 75% + vermicompost al 25% y T1; Fertilización convencional al 50% + vermicompost al 50 %. Esta investigación se realizó bajo el diseño de bloques completos al azar. Con tres repeticiones, en la unidad experimental se utilizaron camas de cada cultivo, cada cama representó una repetición (27 m de largo X 3.34 m de ancho) y será dividida en 3 segmentos de 9 m de largo, que corresponde al manejo nutricional. Los resultados obtenidos en el experimento realizado fue que la longitud de crecimiento en las plantas bajo el tratamiento con fertilización convencional al 75% y vermicompost al 25% (T2), fue aún mayor que con la fertilización convencional al 100% (T3), 14 y 17 %, respectivamente ($P \leq 0.05$). En la aplicación de la fertilización al 50% y vermicompost 50% (T1), no se detectó mejoría respecto con la fertilización al 100% (T3) ($P \leq 0.05$) y en el rendimiento total con fertilización convencional al 75% y vermicompost al 25% (T2) fue similar a la fertilización convencional al 100% (T3), mientras que este último fue mayor a la fertilización convencional al 75% y vermicompost al 25% (T2). En conclusión, el uso del vermicompost (VCC) de heces de ovinos, en combinación con la fertilización convencional (FC) al 50 %, aumentó el crecimiento de las plantas de tomate, en comparación con la fertilización convencional al 100% y con la reducción de la fertilización convencional al 50 % + vermicompost, se amortiguó el efecto de la fertilización convencional en algunas propiedades del suelo (pH, capacidad de intercambio catiónico, contenido de P y K).

III. HIPÓTESIS

- Las características físicas y químicas del suelo se conservan cuando es cultivado por jitomate bajo invernadero al ser abonado con vermicompost comparado con la fertilización convencional (química).
- La producción del fruto de jitomate bajo invernadero es mejor cuando se fertiliza con vermicompost elaborado con heces de ovino e *Eiseniafoetida* respecto a la fertilización convencional (química).

IV. JUSTIFICACION

El humus de lombriz es un fertilizante orgánico, que se obtiene de la transformación de residuos orgánicos por medio de la Lombriz Roja de California (*Eiseniafoetida*). Este producto tiene unas propiedades específicas que lo convierten en un fertilizante extraordinario.

El lombrihumus favorece la formación de micorrizas, acelera el desarrollo radicular y los procesos fisiológicos de brotación, floración, madurez, sabor y color. Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas al ataque de plagas y patógenos, así como la resistencia a las heladas. Entre otras características la lombriz (*Eiseniafoetida*) contribuye a la regulación del equilibrio ácido - básico, tendiendo a neutralizar los valores del pH del suelo. Estas y otras particularidades inherentes al proceso digestivo de la lombriz, hacen que el producto por ella elaborado tenga una acción como enmienda, fertilizadora y fitosanitaria muy superior a un compost que también tiene un mayor tiempo de elaboración.(<http://www.emison.com/5105.htm>, 2015)

El humus de lombriz es un fertilizante vio-orgánico de estructura coloidal, producto de la digestión, que se presenta como un producto desmenuzable, ligero e inodoro, similar a la borra del café. Es un producto terminado, muy estable, imputrescible y no fermentable.(<http://www.emison.com/5105.htm>, 2015)

El vermicompost es un abono rico en fitohormonas, sustancias producidas por el metabolismo de las bacterias, que estimulan los procesos biológicos de la planta. Estos agentes reguladores del crecimiento son:

- La Auxina, que provoca el alargamiento de las células de los brotes, incrementa la floración y la cantidad y dimensión de los frutos.
- La Gibberelina, favorece el desarrollo de las flores, aumenta el poder germinativo de las semillas y la dimensión de algunos frutos.
- La Citoquinina, retarda el envejecimiento de los tejidos vegetales, facilita la formación de los tubérculos y la acumulación de almidones en ellos.(<http://www.emison.com/5105.htm>, 2015)

El tomate o jitomate (*Solanumlycopersicum* L.) es una planta perenne en forma de arbusto que se cultiva anualmente y puede desarrollarse de forma rastrera, semi-erecta o erecta. Es uno de los frutos que contiene mayor cantidad de vitaminas y minerales, tiene bajo valor calórico y se caracteriza por un elevado contenido de agua, de 90 a 94%. Además, se reportan importantes contenidos de azúcares solubles (fructosa, glucosa y sacarosa), menor proporción de proteínas, fibra, ácidos orgánicos (cítrico y málico) y licopeno (Fernández-Ruiz et al., 2004).

México es de los mayores productores de tomate a nivel mundial y el primero en exportación de dicho fruto. El cultivo, la cosecha y la comercialización del tomate genera millones de empleos de manera directa e indirecta, sin embargo, es una de las hortalizas que presenta mayores pérdidas de hasta un 50% del total de la producción por deterioro, tanto por factores físicos como biológicos (Bombelli y Wright, 2006). El objetivo de la presente revisión es describir la importancia del tomate, así como las técnicas que se han estado empleando con el fin de prolongar su vida de anaquel.

La oferta de tomate en México, es sustentable con una producción de 2 millones de toneladas promedio al año, con activos rurales de un poco más de 70 mil hectáreas dedicadas a la siembra del tomate. Los tipos de tomate más importantes producidos, tanto a campo abierto como en agricultura protegida, son el tipo Saladette (el más producido), seguido por los tipos Bola (steak), Cherry, en Racimo y otras especialidades como los tipos Mimi y Campari (SAGARPA, 2011b), siendo el tomate Cherry el de mayor exportación, tanto a Estados Unidos y Canadá como a Japón (INEGI, 2009).

V. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

- ✓ Evaluar efecto del vermicompost elaborado con de heces de ovinos en el rendimiento de jitomate y en las características físicas y químicas del suelo cultivado bajo invernadero

5.2 Objetivos específicos:

- Evaluar en cuanto a rendimiento del jitomate:
 - ✓ Diámetro de tallo
 - ✓ Longitud de crecimiento
 - ✓ Rendimiento

En cuanto a las características físico-químicas del suelo, determinar:

Físicas:

- ✓ Densidad aparente
- ✓ pH

Químicas:

- ✓ Capacidad de intercambio catiónico
- ✓ Carbono orgánico
- ✓ Calcio
- ✓ Magnesio
- ✓ Nitrógeno
- ✓ Fosforo
- ✓ Potasio
- ✓ Relación carbono: nitrógeno

VI. REVISION DE LITERATURA

6.1 Antecedentes

México es centro de origen y/o domesticación y/o diversificación de diferentes hortalizas con importancia nacional e internacional, destacando el chile, jitomate, papa, tomate de cáscara, calabaza y chayote. De acuerdo con el SIAP (2015), estas hortalizas han presentado un incremento en la producción en los últimos 13 años. Las regiones del Noroeste y del Bajío del país son las principales productoras de hortalizas, en donde destacan los estados de Sinaloa, Sonora y Guanajuato. Por sus cualidades nutritivas las hortalizas juegan un papel trascendental en el equilibrio de la dieta de la población mundial. Tiene un alto contenido de agua, fibra, vitaminas y antioxidantes. Poseen una baja densidad calórica y carecen de grasas. En la dieta de los mexicanos, por lo menos un tipo de hortaliza es identificada en cada comida. Las hortalizas son consideradas por la FAO como el séptimo producto con mayor producción, con más de 275 millones de toneladas anuales (FAOSTAT, 2015).

La producción de jitomate en México creció a una tasa promedio anual de 3.3 % entre 2005 y 2015, para ubicarse en 3.1 millones de toneladas. Durante ese período, la superficie total destinada a este cultivo disminuyó a una tasa promedio anual de 3.8 %. En 1980 se sembraron 85,500 hectáreas, en 2000 se sembró un área de 75,900 hectáreas y en 2015 se sembraron 50,596 hectáreas. La tendencia a la baja en la superficie sembrada se deriva del decremento en la superficie cultivada a cielo abierto, mientras que el cultivo en condiciones de agricultura protegida (malla sombra e invernaderos) continúa en expansión constante. Así, el volumen de tomate rojo obtenido con el uso de estas últimas tecnologías pasó del 2.9 % en 2005 a 32.2 % en 2010, y hasta 59.6 % del volumen total en 2015 (FIRA, 2016). En el sector agrícola mexicano, la producción de frutas y hortalizas destaca por su dinamismo, nivel de desarrollo tecnológico y competitividad con relación a otros grupos de cultivos. En México, algunas ventajas comparativas, como la amplia diversidad de climas y de condiciones ambientales, favorecen el potencial productivo del país, lo que permite la

cosecha de una amplia gama de productos en diferentes épocas del año. Por otra parte, la posición geográfica, la apertura comercial y los altos estándares fitosanitarios, de calidad e inocuidad, han favorecido a la competitividad de este tipo de productos en comparación con otros países, lo que se ha reflejado en un alto grado de integración con los mercados externos a través de las exportaciones (Gaucín, 2015).

6.2 Fertilización.

Los fertilizantes se dividen aproximadamente en inorgánicos y orgánicos. Los primeros, también llamados convencionales, son obtenidos de procesos químicos sintéticos. Los orgánicos se obtienen de manera natural por tres fuentes principales: animal, vegetal y mineral (Mohamed, 2011). Dentro de los residuos orgánicos de origen animal se encuentran las deyecciones de los mismos ya sea de forma sólida o líquida, los más utilizados como abono en la producción vegetal son los estiércoles y purines. Los residuos vegetales, se refieren principalmente a los residuos agrícolas de cosechas y se definen como la fracción o fracciones de un cultivo que no constituyen la cosecha propiamente dicha y a aquella parte de la cosecha que no cumple con los requisitos de calidad mínima para ser comercializada como tal (Nieto et al., 2010).

Nieto et al. (2002) resaltan la importancia de este tipo de materiales en tres aspectos a: 1) El manejo de los abonos orgánicos ha sido tradicionalmente utilizado por los agricultores de pequeñas extensiones de tierra, incorporando directamente materiales orgánicos (estiércoles, desechos domésticos de frutas y verduras, desechos agrícolas verdes y secos) a su agro sistema; 2) ecológico, se ha incrementado la preocupación por fomentar las prácticas agrícolas que armonicen con el cuidado del ambiente. El uso de abonos orgánicos mejora las condiciones de suelos que han sido deteriorados por el uso excesivo de agroquímicos y su sobre-explotación; 3) económico, el uso de abonos orgánicos es atractivo por su menor costo en producción y aplicación, por lo que resulta más accesible a los productores, sobre todo en países donde la mayor parte de la producción de alimentos se logra a través de una agricultura no tecnificada tal como ocurre en América Latina.

6.3 Utilización de abonos orgánicos para mejorar los suelos

Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrimentos; el suelo, con la descomposición de estos abonos, se ve enriquecido con carbono orgánico y mejora sus características físicas, químicas y biológicas.

El uso de abonos orgánicos para mantener y mejorar la disponibilidad de nutrimentos en el suelo y obtener mayores rendimientos en el cultivo de las cosechas, se conoce desde la antigüedad (Madreno, 1986).

Entre los abonos orgánicos se incluyen los estiércoles, compostas, vermicompost, abonos verdes, residuos de las cosechas, residuos orgánicos industriales, aguas negras y sedimentos orgánicos. Los abonos orgánicos son muy variables en sus características físicas y composición química principalmente en el contenido de nutrimentos, la aplicación constante de ellos, con el tiempo, mejora las características físicas, químicas, biológicas, y sanitarias del suelo.

Antes de que aparecieran los fertilizantes químicos en sus diferentes formas, la única manera de abastecer nutrimentos a las plantas o reponer aquellos extraídos del suelo por cultivos, era mediante abonos orgánicos.

Este cambio del uso de abonos orgánicos por abonos químicos en la fertilización de cultivos, actualmente está propiciando que el suelo sufra de un agotamiento acelerado de materia orgánica y de un desbalance nutrimental, y que al transcurrir el tiempo pierda su fertilidad y capacidad productiva. Además, el uso inadecuado de fertilizantes químicos o el abuso de ellos, sin tomar en cuenta la falta de otros nutrimentos que limitan la productividad de los cultivos, conduce al surgimiento de problemas del medio ecológico y al deterioro de otros recursos naturales.

Los abonos orgánicos, por las propias características en su composición son formadores de humus y enriquecen el suelo con este componente, modificando algunas de las propiedades y características del suelo como su reacción (pH), cargas variables,

capacidad de intercambio iónico, quelación de elementos, disponibilidad de fósforo, calcio, magnesio y potasio, y desde luego la población microbiana, haciéndolo más propio para el buen desarrollo y en rendimiento de los cultivos. Por los efectos favorables que los abonos orgánicos proporcionan al suelo, se podría decir que estos deben ser imprescindibles en el uso y manejo de este recurso para mejorar y mantener su componente orgánico, sus características de una entidad viviente, su fertilidad física, química y biológica y finalmente su productividad (Madreno, 1986).



Imagen 1. Utilización de abonos orgánicos en el suelo.

6.4 Efectos de los abonos orgánicos sobre las características físicas, químicas Y biológicas del suelo.

Los abonos orgánicos influyen favorablemente sobre las características físicas del suelo (fertilidad física); estas características son: estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención de agua, infiltración, conductividad hidráulica y estabilidad de agregados. Un aumento en la porosidad aumenta la capacidad del suelo para retener agua incrementando simultáneamente la velocidad de infiltración de esa misma agua del suelo.(Madreno, 1986).

La composición química de los abonos orgánicos por supuesto varía de acuerdo al origen de estos. Las plantas, los residuos de cosecha, los estiércoles, etc. Difieren grandemente en cuanto a los elementos que contiene.

Las características químicas del suelo que cambian por efecto de la aplicación de abonos orgánicos son obviamente el contenido de materia orgánica; derivado de este aumenta el porcentaje de nitrógeno total, la capacidad de intercambio de cationes, el pH y la concentración de sales.

Las características biológicas se deben a que los estiércoles contienen grandes cantidades de fácil descomposición, cuya adición casi siempre resulta en un incremento de la actividad biológica. Los microorganismos influyen en muchas propiedades del suelo y también ejercen efectos directos en el crecimiento de las plantas. En la mayoría de los casos, el resultado del incremento de la actividad biológica, repercute en el mejoramiento de la estructura del suelo por efecto de la agregación que los productos de descomposición ejercen sobre las partículas de suelo: las condiciones de fertilidad aumentan lo cual hace que el suelo tenga la capacidad de sostener un cultivo rentable(Madreno, 1986).

6.5 Uso de vermicompost como abono orgánico.

Un residuo orgánico, con el adecuado laboreo y compostaje, que es puesto como sustrato y hábitat para la lombriz californiana es transformado por ésta en una extraordinaria enmienda fertilizadora.

El vermicompost es conocido con muchos nombres comerciales en el mundo de la lumbricultura: casting, lombricomposta y otros nombres comerciales dependiendo de la casa que lo produzca. Se le considera el mejor abono orgánico.

Está compuesto principalmente por carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, encontrándose también una gran cantidad de microorganismos. Las cantidades de

estos elementos dependerán de las características del sustrato utilizado en la alimentación de las lombrices.

Los gusanos de tierra consumen residuos en proceso de descomposición, es decir, pre digeridos por microorganismos especializados: bacterias, hongos y otros. Éstos degradan las proteínas y la celulosa transformándolas en sustancias más simples y de fácil asimilación.

El vermicompost es un abono rico en fitohormonas, sustancias producidas por el metabolismo de las bacterias, que estimulan los procesos biológicos de la planta. Estos agentes reguladores del crecimiento son:

La Auxina, que provoca el alargamiento de las células de los brotes, incrementa la floración y la cantidad y dimensión de los frutos.

- La Gibberelina, favorece el desarrollo de las flores, aumenta el poder germinativo de las semillas y la dimensión de algunos frutos.
- La Citoquinina, retarda el envejecimiento de los tejidos vegetales, facilita la formación de los tubérculos y la acumulación de almidones en ellos.

El vermicompost cumple un rol trascendente al corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos, de la siguiente manera:

- Incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y azufre.
- Incrementa la eficiencia de la fertilización, particularmente nitrógeno.
- Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder de tampón.
- Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción.
- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas.
- Mejora la estructura, dando soltura a los suelos pesados y compactos y ligando los sueltos y arenosos.
- Mejora la porosidad y, por consiguiente, la permeabilidad y ventilación.
- Reduce la erosión del terreno.
- Incrementa la capacidad de retención de humedad.

- Confiere un color oscuro en el suelo ayudando a la retención de energía calorífica.
- Es fuente de energía, la cual incentiva a la actividad microbiana.(Madreno, 1986).
- Al existir condiciones óptimas de aireación, permeabilidad, pH y otros, se incrementa y diversifica la flora microbiana.



Imagen 2. Vermicompost como abono orgánico.

6.6 Características químicas del vermicompost.

Las características químicas del vermicompost pueden variar en función del material empleado para hacer el vermicompost. Por otra parte, al tratarse de un producto natural no tiene una composición química constante. El Cuadro 1, presenta las características físicas y químicas de los abonos orgánicos, según Medreno (1986).

Cuadro 1. Características físicas y químicas de los abonos orgánicos.

Materia orgánica	65 - 70 %	pH	6,8 - 7,2
Humedad	40 - 45 %	Carbono orgánico	14 - 30%
Nitrógeno, como N ₂	1,5 - 2 %	Calcio	2 - 8%
Fósforo como P ₂ O ₅	2 - 2,5 %	Potasio como K ₂ O	1 - 1,5 %
Relación C/N	10 – 11	Ácidos húmicos	3,4 - 4 %
Flora bacteriana	2 x 10 ⁶ colonias/gr	Magnesio	1 - 2,5%
Sodio	0,02%	Cobre	0,05%

<http://www.emison.com/5105.htm>(Madreno, 1986) abonos orgánicos.

El humus de lombriz resulta rico en elementos nutritivos, rindiendo en fertilidad de 5 a 6 veces más que con el estiércol común.

Los experimentos efectuados con vermicompost en distintas especies de plantas, demostraron el aumento calidad y cantidad de las cosechas en comparación con la fertilización con estiércol o abonos químicos.

Se han realizado pruebas comparativas de fertilidad con terrenos tratados con abono químico y vermicompost. Los resultados, después de seis años de experimentación, muestran que el primer año el incremento logrado con vermicompost fue de 250%, el

segundo 100%, el tercero 70%. En experiencias realizadas con hortalizas se lograron berenjenas en 65 días, tomates en 55 días, y achicorias en 35.(Madreno, 1986).

6.7 Factores que influyen en la calidad del compost.

➤ Temperatura.

Las temperaturas que alcanza el sustrato durante el proceso de compostaje dependen del calor generado por la actividad microbiana y de la distribución y pérdida del mismo en el sistema. Durante el proceso de compostaje la temperatura ejerce una selección progresiva de las especies microbianas responsables de la degradación y transformación del sustrato. Elevadas temperaturas pueden tener efectos beneficiosos puesto que permiten eliminar organismos patógenos y parásitos termolábiles pero también pueden tener efectos negativos sobre el progreso del compostaje al eliminar los organismos necesarios o beneficiosos para el proceso de compostaje.

La evolución de la temperatura a lo largo del proceso debe permitir la conjunción entre tasas elevadas de biodegradación y la higienización del material, alcanzando niveles térmicos que permitan un adecuado desarrollo de ambos procesos. De este modo los requerimientos durante el compostaje, en términos de temperatura, deben conjugar: higienización (mayor que 55 °C), máxima degradación (45-55 °C) y máxima diversidad microbiana (35-40 °C), lo que ha sido ampliamente discutido en numerosos estudios, sin embargo, existe poco consenso sobre el mejor régimen o condiciones operativas a utilizar durante el compostaje. El rango de temperaturas comprendido entre los 35 y los 55 °C se considera óptimo para el proceso de compostaje.

➤ Aireación.

La función primordial de la aireación en el compostaje es el aporte de oxígeno, también permite un control de la temperatura de la masa, la eliminación de agua y la evacuación de CO₂ y otros gases generados durante la biodegradación de la materia orgánica. Una insuficiente aireación de la masa provoca un retardo del proceso de compostaje y, bajo

condiciones anaerobias, se generan metabolitos responsables de malos olores, junto con otros que pueden resultar tóxicos para el microbiota y para las plantas.

La demanda de oxígeno cambia a lo largo del compostaje, de forma que, al inicio del proceso y durante la fase termófila, existe mayor demanda debido al rápido crecimiento de las distintas poblaciones microbianas y en la mayoría de los casos resulta ser el factor limitante del mismo. Una concentración de oxígeno comprendida entre el 15 y el 20% se considera óptima.

➤ Humedad.

El agua es un elemento esencial para el desarrollo de la actividad microbiana y un factor importante en el intercambio gaseoso, a la vez que puede modificar la estructura física del material a compostar y actúa como un eficaz mecanismo de regulación térmica. El contenido en agua óptimo dependerá del tipo de sustrato, y en especial de sus características físicas y tamaño de partícula, pero puede situarse en el intervalo comprendido entre el 50 y el 60%.

Una excesiva humedad tapona los poros y limita el intercambio de gases y el aporte de oxígeno, dando lugar esto último al predominio de las condiciones anaerobias en la masa de compostaje, lo que se traduce en fenómenos de putrefacción, malos olores, etc. Además, un exceso de humedad combinado con una escasa retención hídrica del sustrato originará con toda probabilidad fenómenos de lixiviación, repercutiendo en pérdidas de agua y elementos nutritivos del sustrato, así como la necesidad de un control de los mismos para evitar la contaminación de las zonas adyacentes al área de tratamiento.

➤ Factores nutricionales y relación carbono orgánico total y nitrógeno total.

Durante el compostaje es necesario mantener un equilibrio entre los nutrientes de modo que el sustrato disponga de aquellos elementos esenciales para los microorganismos. En especial la relación entre el carbono orgánico y el nitrógeno total (relación carbono

orgánico total/nitrógeno total) del sustrato tiene un notable interés para controlar la dinámica del compostaje, de forma que valores bajos de la relación incrementan las pérdidas de nitrógeno por volatilización del amoníaco, especialmente a valores altos de pH y temperatura. Por el contrario, valores elevados de la relación carbono orgánico total/nitrógeno total (mayores de 35), propician numerosos ciclos vitales de microorganismos para degradar el exceso de carbono, con apreciable retardo del proceso de compostaje. Se acepta generalmente que valores de la relación comprendidos entre 25 y 35 en el material de partida pueden considerarse adecuados para el compostaje. Aunque la relación óptima dependerá de la composición del material y fundamentalmente de la biodisponibilidad del carbono presente en el mismo.

- pH
- Se consideran valores óptimos de pH los comprendidos entre 5,5 y 8,0. El pH condiciona el desarrollo microbiano, actuando como un factor selectivo para las poblaciones microbianas, y además controla las pérdidas de nitrógeno durante el proceso (pH mayor que 7,5 favorecen la pérdida de este nutriente por volatilización de amoníaco).(Tortosa, 2015)

6.8 Obtención del lombricompost utilizando lombriz roja californiana.

Además del humus (abono sólido) se obtienen dos productos más: abono líquido y carne. Las camas, lechos o canteros deben regarse permanentemente para mantener una humedad del 80%. El líquido residual proveniente del agua y secreciones de la orina, se deposita por gravedad al fondo del cantero. Por esta razón se construyen inclinados y con un orificio o manguera en la parte más baja que permita su recolección. Este líquido tiene una gran concentración de nitrógeno y muchos microelementos.

Por otra parte, se puede utilizar para la alimentación de animales en forma de harina como alimento concentrado para bovinos, porcinos, aves. Cabe resaltar que la carne de *Eiseniafoetida* posee un alto porcentaje en proteína.

Humus, materia orgánica en descomposición que se encuentra en el suelo y procede de restos vegetales y animales muertos. Al inicio de la descomposición, parte del carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno se disipan rápidamente en forma de agua, dióxido de carbono, metano y amoníaco, pero los demás componentes se descomponen lentamente y permanecen en forma de humus. La composición química del humus varía porque depende de la acción de organismos vivos del suelo, como bacterias, protozoos, hongos y ciertos tipos de escarabajos, pero casi siempre contiene cantidades variables de proteínas y ciertos ácidos urónicos combinados con ligninas y sus derivados. El humus es una materia homogénea, amorfa, de color oscuro e inodora. Los productos finales de la descomposición del humus son sales minerales, dióxido de carbono y amoníaco.

Al descomponerse en humus, los residuos vegetales se convierten en formas estables que se almacenan en el suelo y pueden ser utilizados como alimento por las plantas. La cantidad de humus afecta también a las propiedades físicas del suelo tan importantes como su estructura, color, textura y capacidad de retención de la humedad. El desarrollo ideal de los cultivos, por ejemplo, depende en gran medida del contenido en humus del suelo. En las zonas de cultivo, el humus se agota por la sucesión de cosechas, y el equilibrio orgánico se restaura añadiendo humus al suelo en forma de compost o estiércol (PEREZ, 2015).



Imagen 3. Uso de la *Eisenia foetida* para la elaboración de lombricomposta.

6.9 Fertilización convencional.

El uso de fertilizantes químicos en ningún caso endurece el suelo, no interfiere con el trabajo, ni reduce el rendimiento del suelo. En contraste, se puede introducir más humus y materia orgánica que se degrada rápidamente en el suelo mediante una fertilización química adecuada. Los suelos que han recibido fertilizantes químicos durante décadas tienen ahora los suelos de mayor rendimiento. Los cultivos bien fertilizados producen más de cultivos y más residuos, lo que hace que el suelo sea más fértil, cultivable y acumule más agua. Así, cultivos ayudan a resistir la pérdida de suelo debido a la erosión hídrica y eólica (Flores, 2006) La aplicación a corto plazo del fertilizante tiene excelentes resultados en la producción, pero a la larga tiene un impacto negativo en el medio ambiente y la salud humana. Algunos de estos productos están prohibidos y hay muchos más en proceso de prohibición (Colina et al., 20179).

6.10. La solución nutritiva para cultivo hidropónico en jitomate.

La solución Steiner está basada en las investigaciones de A. Steiner (1961) y se fundamenta en que mantiene una producción entre los nutrientes indispensables para las plantas. Generalmente, se prepara a pH de 5.5 y una presión osmótica 0.072 atmosferas, o su equivalente de 40 miliequivalentes de iones, lo cual equivale a aproximadamente 1 dS/m. para ajustar el pH y conocer la conductividad eléctrica de la solución, y del agua que se tiene para la solución se recomienda la compra de un medidor de pH y de la conductividad eléctrica.

Cuando se cultiva en invernadero se utiliza el suelo. En este caso, la fertilización se define en forma similar a la que se elabora la recomendación de fertilización para fertirriego a campo abierto donde se requieren las siguientes cantidades de nutrimento para un cultivo de jitomate en invernadero utilizando el suelo cuadro 2 (Néstor Bautista et, al; 2010).

Cuadro 2. Cantidades de nutrimentos requeridos en el cultivo de jitomate en invernadero utilizando el suelo.

NUTRIMENTO ->	N	P ₂ O ₅ kg ² ha ⁻¹	K ₂ O
	200	80	300
	Relación de los nutrimentos donde k ₂ O corresponde a		
	0.66	0.27	1

Las recomendaciones para el manejo de la solución nutritiva en concentración para el cultivo de jitomate se encuentran en el cuadro 3.

cuadro 3. Recomendaciones de manejo de la solución nutritiva en cuanto a concentración para el cultivo de jitomate indeterminado.

ETAPA	CONCENTRACION DE LA SOLUCION NUTRITIVA
CULTIVOS OTOÑO	25
PLANTULA A TRANSPLANTE	
TRANSPLANTE -PRIMERAS FLORES	40-50
DEL CUARTO RACIMO	
DESPUES DEL CUARTO RACIMO	85-90
CULTIVOS DE PRIMAVERA	
TRANSPLANTE- PRIMERAS FLORES	40-50
DE CUARTO RACIMO	
PRIMERAS FLORES DEL QUINTO RACIMO	85-90
SEXTO RACIMO Y TODO EL MES DE ABRIL	100
MAYO	75
JUNIO Y HASTA FINAL DEL CULTIVO	60

Fuente: Snyder, 1996.

6.10 Comparación de las prácticas de producción orgánica y convencional.

Choudhary y Walters, (2013), señalan que hay diferencias fundamentales entre las prácticas entre los sistemas de producción orgánica y convencional. Entre ellas, se tiene la fertilización, donde la primera se centra en materiales de síntesis química, y la segunda lo hace por materiales orgánicos (abonos, compostas, etc.). También son diferentes en cuanto a labranza y control sanitario. Lester y Crosby, (2002), han especificado que el tipo de suelo tiene una gran influencia en la calidad nutricional en frutos de las hortalizas. Los suelos arcillosos promueven mayor calidad en ácido ascórbico total y libre, así como de ácido dehidroascorbato. Las diferencias en prácticas y tipos de suelos pueden ser la diferencia en el contenido final de los vegetales. Otros

factores que pueden influir son: las variedades, clima, madurez de frutos a la cosecha, condiciones de post- cosecha, etc. (Choudhary y Walters, 2013).



Imagen 4. Comparación de la producción orgánica y convencional.

6.11 Impacto ambiental.

En general, los modelos de producción agrícola intensiva tienen como objetivo aumentar la producción en los cultivos, a pesar de que los plaguicidas dañan la salud y el medio ambiente, los insumos agrícolas como fertilizantes, insecticidas y herbicidas mejoran los rendimientos en los años iniciales que se aplican (Jaime et al., 2020). El uso indiscriminado de estos productos químicos agrava la crisis agrícola, dificulta la protección de los ecosistemas, los recursos naturales y afecta la salud de las comunidades rurales. En las últimas décadas, el ser humano ha estado buscando productividad a corto plazo en lugar de sostenibilidad ecológica, lo que ha creado un equilibrio para la contaminación, y el llamado tratamiento universal es peor que la

enfermedad (Del Puerto et al., 2014). Según Jaime (2015) la contaminación por fertilizantes ocurre cuando se aplica más fertilizante del que pueden absorber las plantas, o cuando el fertilizante es absorbido de la superficie del suelo por la acción del agua o el viento antes de que deje de estar disponible. El uso indiscriminado de fertilizantes químicos provoca la contaminación del agua generando un proceso llamado eutrofización, básicamente a través del aporte de Nitrógeno en sales de nitrato y amonio, además del fosforo como fosfatos. El ecosistema acuático se ha ido convirtiendo de manera progresiva en un ambiente anaerobio, debido a la acumulación de gases como anhídrido sulfuroso (H_2S), metano (CH_4) y anhídrido carbónico (CO_2), causando que el ecosistema sea inhabitable para diversas especies, además de causar mortandad en exceso de peces y la biota en general, disminuyendo la vida útil, acumulando el apareamiento de patógenos y vectores de enfermedades (Uruguay, 2010).



Imagen 5. Impacto ambiental con uso de fertilizantes químicos.

6.12 Situación de la producción de cultivos en invernadero en México

En los años correspondientes a la década de 1990 y lo que va del siglo XXI, la utilización de invernaderos para la producción de hortalizas, combinada con la hidroponía y el fertirriego, ha permitido a los agricultores aumentar la producción por unidad de superficie, incrementar la calidad de los productos y que esta sea constante a lo largo del año.

El uso del plástico agrícola comenzó, prácticamente, con la aplicación de acolchonados, en 1993, y ha derivado en sinnúmero de productos, entre los que se encuentran las cubiertas de invernadero; la malla-sombra, malla anti-insectos, las pantallas tejidas de polietileno y aluminio; las redes para soporte de la planta; los accesorios para la instalación de mallas, redes y soporte de frutos; las cubiertas de piso; los acolchonados; los túneles (comúnmente y mal designados macro y micro túneles); las cubiertas tejidas; las mallas anti-granizo, anti-pájaro y cubiertas para embalaje; y redes para control de erosión.(Nestor Bautista Martinez et al., 2005).



Imagen 6. Producción de cultivos en invernadero.

6.13 Los invernaderos en la agricultura mexicana

Un invernadero es un espacio delimitado por una estructura metálica cubierta por materiales tan diversos como vidrio, plásticos transparentes, placas de policarbonato, PVC o acrílico y cuyo objetivo es aislar el cultivo del medio (frio insectos y lluvia) y tener un mayor control de la fertilización, el riego, el clima interno (temperatura y humedad relativa). Los dos principales enfoques del uso del invernadero en México son:

1. Obtención de cosechas en épocas en que las condiciones climáticas no son favorables para conseguir desarrollo, floración, fructificación y producción adecuados y superiores a que los agricultores consideren aceptable.
2. Mejorar la calidad de los productos cosechados, aumentar la productividad d y reducir el riesgo de pérdidas debido a incidencia recurrente de enfermedades y plagas, así como disminuir el uso de pesticidas para evitar castigos por concentración de químicos específicos por arriba de límites permisibles.(Néstor Bautista Martínez, 2005).

6.14 Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato.

La producción de tomate, en condiciones protegidas incrementa la producción y calidad del fruto. La superficie empleada para cultivos de invernaderos en México asciende a 4900 ha y presenta una tasa de crecimiento anual de 25%; de esta superficie, 3450 ha se destinan a la producción de tomate (Fonseca, 2006). Los sistemas de producción varían en cuanto a variedades, sustratos de crecimiento, dosis de nutrientes, técnicas de control de plaga y enfermedades, entre otros factores.

El uso excesivo de productos químicos en la agricultura preocupa a los consumidores por el nivel de contaminantes que el fruto pudiera contener, los problemas ambientales y la presencia de compuestos residuales en los suelos agrícolas (Ezkenazi et. al., 2004; Hernández et. al., 2004). Para reducir el impacto de los agroquímicos sobre el ambiente y calidad de los productos vegetales, y obtener productos inocuos, se recomienda sistemas de producción orgánica que reduzcan o supriman el uso de fertilizantes, insecticidas, herbicidas, hormonas y reguladores de crecimiento inorgánicos (Ruiz, 1998, Milles y Peet 2002, FAO 2001b). debido a la aceptación de estos productos, la superficie destinada a la agricultura orgánica a registrados tasas de crecimientos mundiales superiores a 25% anual (Willer y Yussefi, 2000; Haring et. al., 2001); además los productos orgánicos tienen sobre precios de 20 a 40 % con respecto a los productos nacionales (FAO, 2001a; Sloan, 2002).



Imagen 7. Producción de jitomate en invernadero.

6.15 Panorama de invernaderos en el Estado de México.

El gobierno federal puso en marcha la Estrategia Nacional de Agricultura Protegida, con la que reconoce los beneficios y la rentabilidad de esta actividad en el sector agrícola (SAGARPA, 2009). En el país existen alrededor de 20 mil hectáreas bajo agricultura protegida, de las cuales aproximadamente 12 mil son de invernadero y las otras 8 mil corresponden a malla sombra y macro túnel (Valencia, 2014). Con base en lo anterior, el Grupo produce (2012) elaboró un proyecto denominado “Estudio diagnóstico y evaluación de los invernaderos establecidos en el Estado de México, con apoyos gubernamentales”; el área de estudio fue el Estado de México. En primer lugar, este territorio se dividió en tres regiones: norte (Atacomulco, Jilotepec, Tepotzotlán), oriente (Amecameca, Texcoco, Teotihuacán, Zumpango), y centro-sur (Ixtapan de la Sal, Metepec, Tejupilco). El universo estudiado en dichas regiones fue de 2 260 productores, quienes recibieron apoyo para la instalación de invernaderos mediante los programas establecidos con el gobierno federal y del estado por medio de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO), durante el periodo 2008-2011, y operados por la Dirección General de Desarrollo Rural y la Dirección de Cultivos Intensivos. En la

muestra considerada por el grupo produce se localizaron 2 108 invernaderos (93% del total); a 47 de ellos no se permitió el acceso, 33 fueron localizados en otro sitio, 125 no están operando y 52 están en proceso de instalación o no se han instalado, por lo que el número de invernaderos en operación es 1 931, esto es 96.5 ha (Valencia, 2014). Al respecto, entre las causas de la no operación de los invernaderos, Valencia (2014) menciona: falta de recursos monetarios para operar, daños en la infraestructura de los invernaderos y en los equipos, desinterés de los productores, falta de agua, diseño no acorde a las condiciones climáticas, falta de asesoría técnica especializada y planeación del proyecto en tiempos largos, (Morales Hernández et. al.,2017).

6.16 Taxonomía del jitomate.

En la actualidad el jitomate se clasifica en el Género *Solanum* y pertenece a la familia *Solanaceae*. Esta familia también incluye otras plantas cultivadas como el tabaco, el ají, la papa y la berenjena. Durante mucho tiempo los jitomates fueron conocidos como *Lycopersicon esculentum*, pero investigaciones recientes han demostrado que son parte del Género *Solanum* y ahora es nombrado como *Solanum lycopersicum*. El Género *Solanum* consta de aproximadamente 1,500 especies. Dentro de la sección *Lycopersicon* (anteriormente conocida como el Género *Lycopersicon*) se encuentra el jitomate cultivado y 12 parientes silvestres, todos nativos de América del Sur (Cuadro 1). Dentro de estas 12 especies, se hicieron agrupaciones de especies estrechamente relacionadas, las cuales fueron: *S. arcanum*, *S. huaylasense*, *S. peruvianum* y *S. corneliomulleri*, se agruparon en el *S. peruvianum*. También, cuatro especies de secciones *Juglandifolia* y *Lycopersicoides* son tradicionalmente considerados como parientes silvestres del jitomate las cuales son *S. juglandifolium*, *S. lycopersicoides*, *S. ochranthum* y *S. sitiens* (Knapp y Peralta, 2016). Los parientes silvestres del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) se encuentran distribuidos en Ecuador, Perú, el norte de Chile y las islas Galápagos (Peralta y Spooner, 2001). Los jitomates silvestres crecen en diversos hábitats, desde aquellos que se encuentran a nivel del mar hasta casi 3,300 msnm (Flores et al., 2017). En México la especie silvestre continúa diversificándose en

los trópicos y subtrópicos. Se distribuye en zonas de clima templado como bosques y áreas de transición, además es común encontrarle como planta pionera en áreas perturbadas (Olmedo et al., 2016).



Imagen 8. Taxonomía del jitomate.

6.17 Morfología del jitomate.

Los jitomates son frutos climatéricos y su maduración es acompañada por cambios en el sabor, textura, color y aroma. Cuando el fruto se destina a la agroindustria, sus principales variables de calidad son peso seco, sólidos solubles totales, acidez titulable (equivalente de ácido cítrico), pH, viscosidad (flujo bostwick) y color. La calidad del fruto se evalúa por la apariencia, el color, la textura, el valor nutricional, la composición en madurez de consumo, la sanidad, el sabor y el aroma. El sabor se mide por los sólidos solubles y ácidos orgánicos. El color es la característica externa más importante en la

determinación del punto de maduración y de la vida post-cosecha, y un factor determinante en la decisión de compra por parte de los consumidores (Mendoza et al., 2018).



Imagen 9. Morfología del jitomate.

6.18 Distribución del jitomate.

Su origen se encuentra en una región montañosa, estrecha y alargada de los Andes, que comprende Perú, Ecuador y Chile (Álvarez, 2012), desde donde fue llevado a México, país que actuó como centro de domesticación de la especie, siendo su nombre en lengua náhuatl "tomatl". En México comienza el proceso de domesticación de la especie con la posterior dispersión hacia otras partes del planeta. De este modo, y por medio de expedición de Hernán Cortés, es que esta especie llega a Europa (Vergani, 2002). En el caso de *S. lycopersicum* en México se distribuye desde Nayarit hasta Yucatán pasando por algunos estados de la costa del pacífico (Jalisco, Michoacán, Colima, Oaxaca, Chiapas), por el eje Neovolcánico y golfo de México (Chávez, 2011).



Imagen 10. Distribución del jitomate en México.

6.19 El jitomate, hortaliza mexicana de importancia mundial.

El jitomate fue domesticado por los pueblos mesoamericanos hace 2,600 años, por eso en México gozamos de una enorme variedad tanto de tamaño como de colores y por supuesto de sabores, algunos ejemplos son: redondo (bola), saladette o guajillo, pera, cereza o cherry, además por su calidad nos posiciona como líderes mundiales en exportación.

En el norte de México, se emplea el vocablo tomate, mientras que en el centro y sur se prefiere jitomate. Esto es así para, de alguna manera, diferenciarlo del tomate verde o tomate de cáscara, que en el norte se le conoce como tomatillo, por lo que allá no hay confusiones. Igualmente se utilizan mucho los vocablos tomate bola o tomate saladet, que hacen referencia a tipos de variedades.

El jitomate es uno de los cultivos más importantes de México y del mundo, tanto por su importancia económica como por ser fuente de vitaminas, minerales y antioxidantes, Los minerales que contiene son calcio, fósforo, potasio y sodio y las vitaminas que contiene son A, B1, B2, y C.

Además, tiene propiedades medicinales entre las que destacan las siguientes: antiséptico, alcalinizante, depurativo, diurético, digestivo, laxante, desinflamatorio y remineralizante.

El uso del jitomate es infinito: con él se prepara todo tipo de salsas rojas, caldillos, guisos, también puede comerse crudo en rebanadas, asado o cocido, etc., es el alma de la gastronomía mexicana; porque sin jitomate no hay salsa roja para los tacos ni mole para las fiestas, adivina qué más no habría sin jitomate... exacto, pizza (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022).



Imagen 11. Jitomate en hortaliza.

6.20 Importancia del jitomate.

El jitomate (*Solanumlycopersicum* conocido anteriormente como *Lycopersicumesculentum* Mill.) es una hortaliza muy popular en todo el mundo, con una producción que se incrementa año con año. Datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) muestran que, en el año 2008, México tuvo una producción de 2, 936 773 toneladas de jitomate ubicándose en el sitio número 10 entre los países con mayor producción (FAOSTAT, 2008). La popularidad del jitomate se debe a su color atractivo, versatilidad de uso, valor nutricional y a su aroma y sabor agradables. Es un fruto que se puede consumir crudo o como ingrediente de una gran variedad de alimentos y bebidas (enlatados, salsas, jugos, Ketchup, sopas, etc.). El fruto puede ser procesado solo o incorporado a varios alimentos para posteriormente ser enlatado, congelado, o deshidratado (Rick, 1978; Hobson y Grierson, 1993).

Como se mencionó, el jitomate, es una buena fuente de vitaminas y minerales además de contener una cantidad significativa de antioxidantes, tales como vitamina C, fenoles, tocoferoles y carotenoides (Beecher, 1997; Giovanucci, 1999). Está bien establecido que, debido a su capacidad antioxidante, estos compuestos previenen enfermedades cardiovasculares y cáncer (La Vecchia, 1997). El licopeno es el principal carotenoide presente en el jitomate, constituyendo más del 80% del total de carotenoides en el estado de madurez rojo, siendo este compuesto el responsable de su color rojo característico (Nguyen y Schwartz, 1999). En el jitomate comercial, el licopeno se encuentra en una concentración de 3.1-7.7 mg/100 g de fruto maduro. En los últimos años, se han incrementado los reportes donde se menciona al licopeno como un compuesto importante para la salud humana, otorgándole un papel relevante en la prevención de ciertos tipos de cáncer, especialmente el de próstata (Giovanucci, 1999; Nguyen y Schwartz, 1999; Bramley, 2002).

El jitomate contiene además una cantidad moderada de α y β carotenos y luteína. Se ha propuesto que el β -caroteno que es conocido como un precursor de la vitamina A y la luteína que reducen el riesgo de cáncer de pulmón. Los compuestos fenólicos son

metabolitos secundarios importantes en plantas, muchos de los cuales exhiben actividades antioxidantes, anticancerígenas, y antiinflamatorias (Di Mascio y col., 1991).

6.21 Generalidades del jitomate.

El jitomate es originario de la región andina que hoy comparten Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú. De ahí se distribuyó por varias regiones de América hasta llegar a México, donde se ha sugerido que fue domesticado y alcanzó gran popularidad. Sin embargo, no hay pruebas definitivas que apoyen que fue domesticado en nuestro país (Peralta y col., 2006).

El jitomate carece de nombre nativo en la región andina, en tanto que en México se le conoce en lengua náhuatl como tomatl, término que es sin duda el origen del nombre moderno. Las primeras crónicas sobre América son escasas en sus referencias a la producción y consumo de jitomate. El cronista peruano Guamán Poma menciona el consumo esporádico del fruto del jitomate silvestre en el imperio Inca. El jitomate alcanzó un avanzado estado de domesticación antes de ser conocido en Europa. Fueron los españoles después de la conquista quienes regresaron con la semilla a España, desde donde se distribuyó rápidamente por los países mediterráneos (España, Portugal e Italia) y posteriormente por toda Europa (Rick, 1978; Yilmaz, 2001). En Francia fue conocido como la “manzana del amor” y en Alemania como la “manzana del paraíso”. Éstos y otros nombres equivalentes persistieron hasta mediados del siglo XIX. La primera mención del jitomate en Europa fue en el año 1554, por el herborista Pietro Andrea Mattioli, quien afirmaba que el jitomate se comía en Italia con sal y pimienta (Peralta y col., 2006). Como el jitomate está emparentado con plantas venenosas como la belladona y la mandrágora, en un principio ni la planta ni su fruto tuvieron gran aceptación en Inglaterra y Estados Unidos, y sólo se utilizaba al jitomate como planta ornamental o como medicina (Rick, 1978). El jitomate pertenece a la familia Solanaceae, la cual incluye más de 3000 especies. La clasificación filogenética de las Solanaceae fue revisada recientemente y el género *Lycopersicum* se reintegró al género *Solanum*. En la actualidad el jitomate cultivado (*S. lycopersicum*) y otras 12

especies silvestres emparentadas pertenecen al género *Solanum* sección *Lycopersicum* (Peralta y col., 2006).

6.22. Variedades del jitomate en México.

Jitomate Redondo o bola: Son carnosos y de aspecto globoso, con una variedad de color que va desde el anaranjado al rojo. Suele tener pocas semillas. Es el ingrediente principal de las ensaladas e ideal para rellenarlos por su forma.



Imagen 12. Jitomate de bola.

Jitomate Cereza o Cherry: Ideal para consumo en fresco. Como su nombre lo indica, parece una cereza y es bastante dulce.



Imagen 13. Jitomate Cherry.

Jitomate Uva: Son pequeños y de color rojo o amarillo. Como los *cherry*, se pueden consumir crudos.



Imagen 14. Jitomate uva.

Jitomate Tomatillo: Son tomates verdes, pequeños y redondos, revestidos de una cascarilla marrón como de papel. Su sabor es ácido, y usualmente se cuecen antes de comerlos. Los tomatillos se usan con más frecuencia en las salsas del Bajío mexicano.



Imagen 15. Jitomate tomatillo.

Jitomate Roma (saladet): Son rojos y tienen forma de huevo. Su pulpa abundante es buena para sopas, salsas y guisos. Este tomate se puede comer crudo. También se venden enlatados. Su forma es ovalada en la punta.



Imagen 16. Jitomate saladet.

Jitomate Amarillos: Son muy dulces y se pueden comer crudos, en ensaladas o rebanadas en emparedados como sustituto del tomate rojo.



Imagen 17. Jitomate amarillo.

VII. MATERIALES Y METODOS

7.1 Lugar y periodo experimental.

El experimento se realizó en un invernadero propiedad de un productor, ubicado en la localidad El Peñón, municipio de Temascaltepec, en las coordenadas geográficas 100°02' longitud oeste y 19°03' de altitud norte. A una altura de 1,740 metros sobre el nivel del mar.

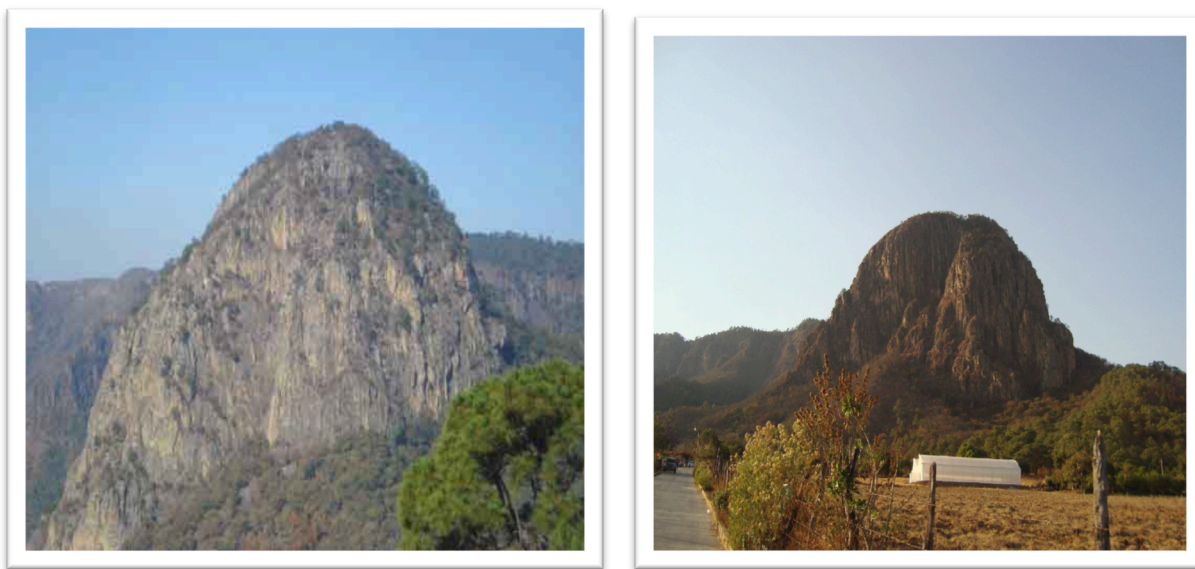


Imagen 18. Ubicación de donde se realizó el experimento.

El experimento se desarrolló en la comunidad del Peñón, perteneciente al municipio de Temascaltepec. La temperatura media anual osciló entre los 18°C y 22°C. La precipitación pluvial anual va de los 800 a los 1,600 milímetros. El clima es cálido subhúmedo.

El trabajo experimental se realizó durante los meses de julio a enero. El tipo de suelo del invernadero se determinó un mes antes del establecimiento del experimento. Los

análisis de las propiedades físicas, químicas se realizaron en el laboratorio de suelos del Centro Universitario UAEM-Temascaltepec.

Las plántulas de jitomate con cuatro semanas de edad se adquirieron en el vivero Acatitlan, en el municipio de Valle de Bravo. La plantación se realizó con acolchonado de plástico, en hilera sencilla con una distancia de 0.25 entre plantas y 1.42m entre hileras (densidad de 2.8 m). En el riego se efectuó con cinta de goteo (un riego diario de una hora). La ventilación se hizo con cortinas de apertura manual. La poda realizada a las plantas consistió en dejar solo el tallo principal. La polinización se realizó con sopladora, tres veces por semana.

Los materiales utilizados fueron:

- Fertilizantes: convencional y orgánicos.
- Plántulas de jitomate.

Las fuentes de nutrientes orgánicas utilizadas fueron las siguientes:

- Vermicompost de heces de ovinos (VCC).
- Fertilizante convencional: fertilización química.

7.2 Mejorador y conservador de suelo que se utilizó.

Se utilizó Vermicompost de ovinos, obtenido en el área del lombricario del rancho El Salitre del Centro Universitario UAEM-Temascaltepec. Las propiedades físicas y químicas del vermicompost son las siguientes (cuadro 4 y cuadro 5).

Cuadro 4. Propiedades químicas del suelo.

1	Ph
2	Capacidad de intercambio catiónico

3	Carbono orgánico
4	Materia orgánica
5	Conductividad eléctrica
6	Nitrógeno
7	Fosforo
8	Potasio
9	Relación carbono: nitrógeno
10	Calcio
11	Magnesio

Cuadro 5. Propiedades físicas del suelo.

1	Densidad aparente
2	pH

Además, se utilizó fertilización inorgánica, por el cual se elaboró solución nutritiva siguiendo los pasos propuestos por Fernández y Camacho, 2008.

Las fuentes de fertilizantes solubles fueron las siguientes:

- Nitrato de calcio
- Nitrato de potasio
- Sulfato de potasio

- Sulfato de magnesio
- Ácido fosfórico
- Ácido nítrico

7.3 Tratamientos

Los tratamientos fueron 3, los cuales consideraron la fertilización mixta (Convencional y fertilización orgánica (Cuadro 6).

Cuadro 6. Tipos de manejo nutricional.

Tratamientos	Descripción
T1	fertilización convencional 50% + vermicompost al 50%
T2	fertilización convencional al 75 % + vermicompost al 25%
T3	fertilización convencional al 100 %

Las dosis utilizadas por hectárea de acuerdo a los resultados que arrojó el análisis de suelo inicial en cuanto a la cantidad de materia orgánica presente en el suelo, los requerimientos de los cultivos de acuerdo a la producción.

7.4 Parcela experimental

Se establecieron 3 camas de cada cultivo, cada cama represento una repetición (27 m de largo X 3.34 m de ancho) y se dividió en 3 segmentos de 9 m de largo, que corresponde al manejo nutricional (tratamientos).

7.5 Manejo del cultivo del tomate:

Se utilizó la variedad de tomate El Cid, de crecimiento indeterminado.



Imagen 19. Tomate el cid.

7.5.1 Preparación del terreno. Se formaron camas de cultivo con un ancho de 0.8 m y una distancia entre camas de 1.7 m de centro a centro.



Imagen 20. Preparación del terreno.

7.5.2 Aplicación de abonos orgánicos (vermicompost). Se aplicó en las camas de cultivo tres semanas antes del trasplante, enterrándose a 15 cm de profundidad, debajo de la franja acolchonada en que se realizó la plantación.

7.5.3 Producción de las plántulas. Las plántulas se de jitomate de 28 días de edad se obtuvieron en el invernadero Acatitlan, en el municipio de Valle de Bravo.



Imagen 21. Plántulas de jitomate.

7.5. 4trasplante. Se realizó en la primera semana de noviembre.

7.5.5 Marco de plantación. Se plantó en hilera sencilla, con una distancia de 0.25 m entre plantas y 1.42 m entre hileras, lo que dio una densidad de 2.8 plantas m², se colocó acolchonado de platico.

7.5.6 Tutorado. Se realizó con apoyo en hilos de rafia colgados de tutores de alambre acerado, cada planta se enredó.

7.5.7 Podas. Estas se llevaron a cabo cuando las plantas lo necesitaron, eliminando los brotes laterales y podando las hojas más viejas, las cuales se ubican en la parte inferior de la planta, por debajo del racimo que va madurando.



Imagen 22. Poda.

7.5.8 Riego.

1. Para los tratamientos con manejo nutricional convencional (100% de fertilización inorgánica), se utilizó la solución química, cuyo pH se mantuvo entre 5.5 y 6.2, su conductividad eléctrica entre 1.8 y 2.5 de dS m.
2. En la fertilización convencional al 75 % se siguió la secuencia de aplicación de tres riegos con solución nutritiva y una con solo agua.
3. En la fertilización convencional al 50% se aplicó un riego con solución nutritiva y una con solo agua sucesivamente.

7.5.9 Aclareo de frutos. Se realizó después de que los frutos se formaran, se eliminaron los frutos malformados, así como los que tengan un retraso significativo respecto al resto del racimo solo se dejaron los frutos de mejor calidad.



Imagen 23. Aclareo de frutos de jitomate.

7.5.10. Polinizaciones. Las polinizaciones se realizaron con sopladora, tres veces por semana.

7.5.11 Manejo y plaga de enfermedades.

Se llevó un manejo integrado de las plagas y enfermedades, dejando como opción final el control químico, esto es para evitar la afectación excesiva de las propiedades del suelo.

7.5.12 Toma de registro del cultivo.

Se llevó un registro técnico básico del cultivo, en el cual se contemplaron, los riegos de productos para mejorar la nutrición y sanidad, trabajos de cultivo (como podas, tutoreo y polinización), así como posibles eventualidades.

7.5.13 Cosecha. La cosecha se realizó cuando los frutos alcanzaron la madurez y se identificaron por sus estados en base al color: entre el rosa y el rojo claro.



Imagen 24. Cosecha.

7.6 Tratamientos

Las fuentes de nutrientes en los tratamientos fueron: a) abonos orgánicos (vermicompost con heces de ovinos) b) fertilizantes químicos y c) suelo; este último fue el mismo para todos los tratamientos, el cual se logró mezclándolo y distribuyéndolo de manera homogénea en todo el terreno destinado para el experimento.

Los abonos orgánico y propiedades del suelo empleados, se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Propiedades del suelo y de los abonos orgánicos (vermicompost) con heces de ovinos.

Propiedades	Unidad medida	Suelo	VCC
densidad aparente	g cm	0.83	
pH		6.12	8.01
capacidad de intercambio catiónico	cmol kg	17.22	36.40
carbono orgánico	%	3.51	28.86
nitrógeno total	%	0.32	3.14
Relación C: N	C/N	11.00	9.19
Fosforo	mg kg	132.00	507.59
Potasio	mg kg	24.71	1442.76
Calcio	mg kg	1706.32	8506.89
Magnesio	mg kg	43.06	669.21

Las propiedades del suelo del invernadero y del vermicompost, se determinaron en el laboratorio dos semanas antes de iniciar el experimento, el terreno se dividió en cuatro cuadrantes, y de cada uno se tomó una muestra del suelo, a 20 cm de profundidad. En la cual se tomó la densidad aparente (método de parafina), pH (potenciómetro HANNA 8521), capacidad de intercambio catiónico (cloruro de bario), carbono orgánico (Wakley y Black), nitrógeno (micro Kjeldahl), relación carbono: nitrógeno, fosforo (Bray y Kurtz), potasio (flamómetro), calcio (método de jabón) y magnesio (amarillo titan). El análisis se realizó en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAEMEX.

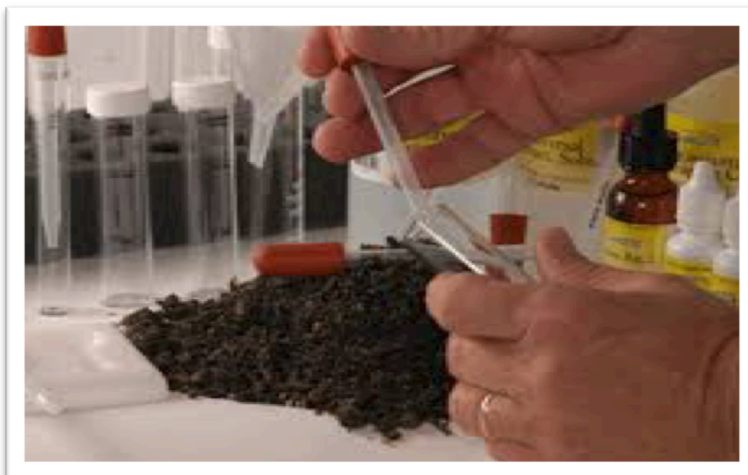


Imagen25. Determinación de la propiedades físicas y químicas del suelo.

La aplicación del vermicompost se realizó una semana antes del trasplante del jitomate y se mezclaron con el suelo con una profundidad de 15 cm, las cantidades aplicadas de vermicompost requerido por el cultivo se pueden observar en cuadro 8.

cuadro 8. Dosis de vermicompost con heces de ovinos.

Fuente	Dosis 1		Dosis 2	
	Aporte de N (%)	(kg m ⁻²)	Aporte de N (%)	(kg m ⁻²)
VCC	25 ⁺	1.16	50 ⁺	2.32

⁺ Este es el % que aporta la fuente, respecto al total de nitrógeno requerido por el cultivo.

Las cantidades de nutrientes suministrados mediante la fertilización convencional se puede observar en el cuadro siguiente:

cuadro 9. Cantidad de nutrientes ($g\ m^{-2}$) correspondientes a cada nivel de fertilización convencional.

Nivel de FC (%)	N	P	K	Ca	Mg
	gm^{-2}				
100	50.34	7.02	73.70	48.56	12.43
75	37.76	5.27	55.28	36.42	9.33
25	25.17	3.51	36.85	24.28	6.22



Imagen 26. Aplicación del vermicompost al suelo.

La dosis de vermicompost, se calculó para aportar 25 o 50% del nitrógeno requerido por el cultivo del jitomate durante 90 días en crecimiento y 60 días en producción (Castellanos et al., 2009). En el tratamiento de fertilización convencional al 100% todos

los riegos fueron con solución nutritiva, el tratamiento con fertilización convencional al 75% se siguió una secuencia de aplicación de tres riegos con solución nutritiva y uno solo con agua y la fertilización convencional al 50% se aplicó un riego de solución nutritiva y uno con solo agua, sucesivamente. La fertilización convencional consistió en la solución Steiner (cuadro 10), cuyo pH se mantuvo entre 5.5 y 6.2 y su conductividad eléctrica entre 1.8 y 2.5 dS m⁻¹.

cuadro 10. Preparación de una solución Steiner nutritiva con indicaciones de cantidades a disolver por litro de solución para el cultivo de jitomate.

FERTILIZANTE O SAL	PESO MOLECULAR	PESO EQUIVALENTE	SOLUCION STEINER (me/L)	SOLUCION STEINER (g/L)	GRAMOS PARA 1000 LITROS
Tanque nitratos (1)					
Ca (NO ₃) ₄ H ₂ O (15.5% N, 19% Ca)	236	118	9	1.062	1062
KNO ₃	101	101	3	0.303	303
Tanque sulfatos (2)					
K ₂ SO ₄ (52% K ₂ O)	174	87	4	0.348	348
MgSO ₄ 7H ₂ O (9.8% Mg)	246.3	12.15	4	0.493	493
H ₃ PO ₄ 85%, densidad 1.7 g/ml	98	32.7	1	0.23	23 mL

En este mismo cuadro se indica en que tanque se debe mezclar los fertilizantes para evitar precipitación de la solución patrón. Las soluciones patrón se concentran en función de la capacidad de inyectores o venturis. Por ejemplo, si se tiene inyector de 8.5 L m³ de aguas que se inyecta a la línea de riego. Se obtiene un valor proveniente de 1000/8.5=117.64, por lo tanto, las cantidades que aparecen en la penúltima columna se multiplican por este factor.

7.7 Variables del suelo.

El muestreo del suelo, se llevó a cabo en dos momentos:

1. Antes de la aplicación de las enmiendas.
2. Al finalizar el ciclo productivo.

El método de muestreo es el sistemático que consiste en hacer una cuadrícula en cada terreno que se usara como una unidad experimental y cada cuadro obtener una muestra simple y luego una muestra compuesta. La profundidad de muestreo será de 0-30 cm.

Las muestras del suelo se tomaron al finalizar el experimento a 20 cm de profundidad, en donde se determinaron las siguientes propiedades del suelo:

1. pH

Se empleó un potenciómetro marca HANNA, modelo 8521.



Imagen 27. Determinación de pH

2. Capacidad de intercambio catiónico.

Se determino con el método de cloruro de calcio donde se tomó una muestra simple y realizaron 3 repeticiones, en 1 g de muestra con cloruro de calcio normal 25 ml, se lavó el exceso se sal con agua destilada y etanol. Dando como resultado 17.22 cmol kg.



Imagen 28. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico.

3. Carbono orgánico

El carbono orgánico se calculó con el método Walkley y Black, en donde se tomó una muestra simple, de la cual se derivaron 3 repeticiones. Para la determinación se utilizó una muestra de 1000g, donde se adicionaron los reactivos $K_2Cr_2O_7$ 1N(Dicromato potásico) y H_2SO_4 (ácido sulfúrico concentrado) con 100 ml de agua destilada. Para realizar la cuantificación se adicionó 1 ml de ácido fosfórico concentrado(H_3PO_4) y 5 gotas de ortofenantrolina, donde dio un resultado de 17.22cmol kg de CIC.



Imagen 29. Determinación de carbono orgánico.

4. Nitrógeno

Se utilizó la técnica micro Kjeldahl, en donde se tomó una muestra simple y se derivaron 3 repeticiones, se emplean tres etapas principales: digestión, destilación y titulación. Donde se tomaron 0.5 g de suelo, se añadieron 1.5 g de la muestra catalizadora y 5 ml de ácido sulfúrico concentrado, para realizar el proceso en donde su resultado fue 0.32 % de Nitrógeno.



Imagen 30. Determinación de nitrógeno.

5. Fosforo

Para la determinación de fosforo se utilizó el método Bray y Kurtz. En donde se tomó una muestra simple de suelo a una profundidad de 20 cm, se realizaron 3 repeticiones de la muestra se pesó 1.5g de muestra, se le adicono 15 ml de solución extractante (Fluoruro de amonio 0.03 N en ácido clorhídrico 0.025 N) de esto se tomó una muestra de 1ml se adicono agua y 1 ml de solución reductora (ácido ascórbico) donde dio de resultado 132.00 mg kg de fosforo.



Imagen 31. Determinación de fosforo.

6. Potasio

Se determinó usando un Flamómetro, donde se toman 20 mg de la muestra (tres repeticiones) y se diluye con 100 ml de agua deionizada, para dar lectura con el flamómetro. El resultado alojó 24.71 mg/kg de potasio.



Imagen32. Determinación de potasio

7. Relación Carbono: Nitrógeno

Bray y Kurtz.

8. Calcio

El calcio se tomó con un Espectrofotómetro, se utilizaron 5 gotas de muestra de suelo (diluida) donde se mezcló con una solución aprueba de calcio (0.05 de CaCO_3 + 50 ml de agua) para tomar lectura con el Espectrofotómetro.



Imagen 33. Determinación de calcio.

9. Magnesio

El magnesio fue determinado por el método amarillo de Titan. En donde se realizó una muestra con tres repeticiones usando la solución de amarillo titánico (0.5 ml de alcohol metílico y 50 ml de agua destilada) y solución NaOH (hidróxido de sodio) al 15%. Dando como resultado 43.06 mg/kg de Magnesio.



Imagen 34. Determinación de magnesio.

7.8 Variables del cultivo

7.8.1 Longitud de crecimiento y diámetro de tallo.

Se evaluó la longitud de crecimiento (LC), diámetro de tallo (DT) y rendimiento. La LC y el DT se midieron utilizando la metodología propuesta por Castellanos et al. (2009), se realizaron mediciones durante el experimento con un tiempo de 30 días cada una, días después del trasplante (ddt). En el rendimiento fueron tres mediciones de 21 días cada uno a partir de la primera cosecha.

En la longitud de crecimiento se tomaron mediciones de 30 días cada una, midiendo la altura de las plantas en la última vez de medición y restando la altura que tenían en la primera medición del experimento. La longitud de crecimiento total fue la suma de todos los resultados en las mediciones.



Imagen 35. Medición de la longitud.

7.8.2 Diámetro del tallo

El diámetro de tallo se determinó midiendo el tallo por su perfil más delgado, usando un vernier marca GENERAL cada 21 días. El punto de medición se ubicó tomando como referencia el ápice de la planta, de allí hacia abajo se descontó el crecimiento que en promedio tuvo la planta durante el periodo de medición, que fueron cuatro veces durante el experimento. El diámetro de tallo promedio se obtuvo promediando el diámetro de tallos de las cuatro mediciones.



Imagen 36. Medición del diámetro del tallo.

7.8.2 Rendimiento

El rendimiento se obtuvo por unidad experimental y se calculó el promedio por planta (en kg) durante cada 21 días. El rendimiento total por planta se obtuvo sumando el rendimiento obtenido durante el experimento. La cosecha se hizo una o dos veces por semana (en función de la madurez de los frutos). La primera cosecha se efectuó en noviembre, haciendo un total de 14 cosechas durante nueve semanas.



Imagen 37. Cosecha y medición del rendimiento de jitomate.

7.9 Diseño experimental

La investigación se realizó bajo el diseño de bloques completamente al azar, en donde se tomó una muestra de cada tratamiento a 20 cm de profundidad del suelo y por cada muestra obtenida se realizaron tres repeticiones. Los tratamientos fueron: fertilización convencional 50% + vermicompost 50% (tratamiento 1), fertilización convencional al 75% + vermicompost 25% (tratamiento 2) y fertilización convencional al 100 % (tratamiento 3). %. La unidad experimental se consistió en camas de cada cultivo, cada cama represento una repetición (27 m de largo X 3.34 m de ancho) y será dividida en 3 segmentos de 9 m de largo, que corresponde al manejo nutricional.

7. 10 Análisis estadístico

Los datos se realizaron en el programa JMP versión 10, el ANDEVA se hizo con el modelo lineal general y cuando hubo diferencias, se aplicó la prueba Tukey (p 0.05). El análisis de la longitud de crecimiento y diámetro de tallos se llevó a cabo para cada periodo de 30 días, también se analizaron la longitud de crecimiento total y diámetro de tallo promedio. El rendimiento se analizó cada 21 días, también se realizó el rendimiento total por planta.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 Resultados

8.1.1 Análisis de la longitud de crecimiento y diámetro de tallo promedio

La longitud de crecimiento en las plantas bajo el tratamiento con fertilización convencional al 75% y vermicompost al 25% (T2), fue aún mayor que con la fertilización convencional al 100% (T3), 14 y 17 %, respectivamente ($P \leq 0.05$).

En la aplicación de la fertilización al 50% y vermicompost 50% (T1), no se detectó mejoría respecto con la fertilización al 100% (T3) ($P \leq 0.05$). Pudo deberse a que las plantas con la aplicación de la vermicompost al 100 % al trasplante, fue el que presentó menor producción. El bajo rendimiento de las plantas de los tratamientos orgánicos fue debido a una insuficiencia del nitrógeno en el vermicompost. (RODRÍGUEZ-DIMAS., et al 2007). El diámetro de tallo promedio no mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos.

En los días 1- 30 el diámetro de tallo, en el los tratamientos 1 y 2, fue mayor que el tratamiento 1, en un 20%, lo cual pudo deberse a que el vermicompost a su paso por el tracto digestivo de las lombrices, adquiere vitaminas, hormonas y enzimas promotoras del crecimiento vegetal (Doan et. al., 2015).

La longitud de crecimiento en los días 31-60, hubo un incremento de vermicompost en los tratamientos 1 y 2 a comparación con el tratamiento 3 (FC 100%), 16, 20, 14 Y 19 % respectivamente. En estos días el tratamiento 1 fue superior al tratamiento 3, pudo deberse a que el vermicompost ya tenía más de un mes en el suelo, lo cual permito avanzar en los procesos de mineralización que vuelve disponibles a los nutrientes y a su vez son tomados más fácil por las plantas, cuyas raíces seguían creciendo.

En los días 61-90, las plantas del tratamiento 2 mantuvieron mayor longitud de crecimiento que en el tratamiento 3, 18 y 22 % respectivamente. La longitud de crecimiento y el diámetro de tallo se redujeron en todos los tratamientos, posiblemente debido a que en este periodo se presentaron temperaturas bajas. Los días 91-120, la

longitud de crecimiento con la fertilización convencional al 75% fue superior que con la fertilización convencional al 50 %, con la fertilización convencional al 100 y 75 %, el diámetro de tallo fue superior que con la fertilización convencional al 50 %, con un % que oscilo entre 20 y 24, lo cual puede deberse en la limitación de nutrientes en el tratamiento 1, ya que en este ciclo la exigencias nutrimentales en las plantas eran mayores, debido a que presentan cuatro racimos de frutos en crecimiento, a pesar que el cálculo de aportación de nitrógeno se hizo a la recomendada para mantener a las plantas tres meses en crecimiento y dos en producción, no se pudo considerar que la etapa de crecimiento del cultivo se alargó un mes a causa de las bajas temperaturas presentes durante el experimento, además de que una parte de los nutrientes del vermicompost (incluido el N) son disponibles hasta el segundo o tercer periodo después de la aplicación en el suelo (Well y Magdoff, 2004; Jouquet et. al 2011).

En la aplicación de vermicompost + fertilizante convencional en los días 1-30 y 160, genero diferencias significativas ($p \leq 0.05$) de diámetro de tallo, respecto a la fertilización convencional al 100%.

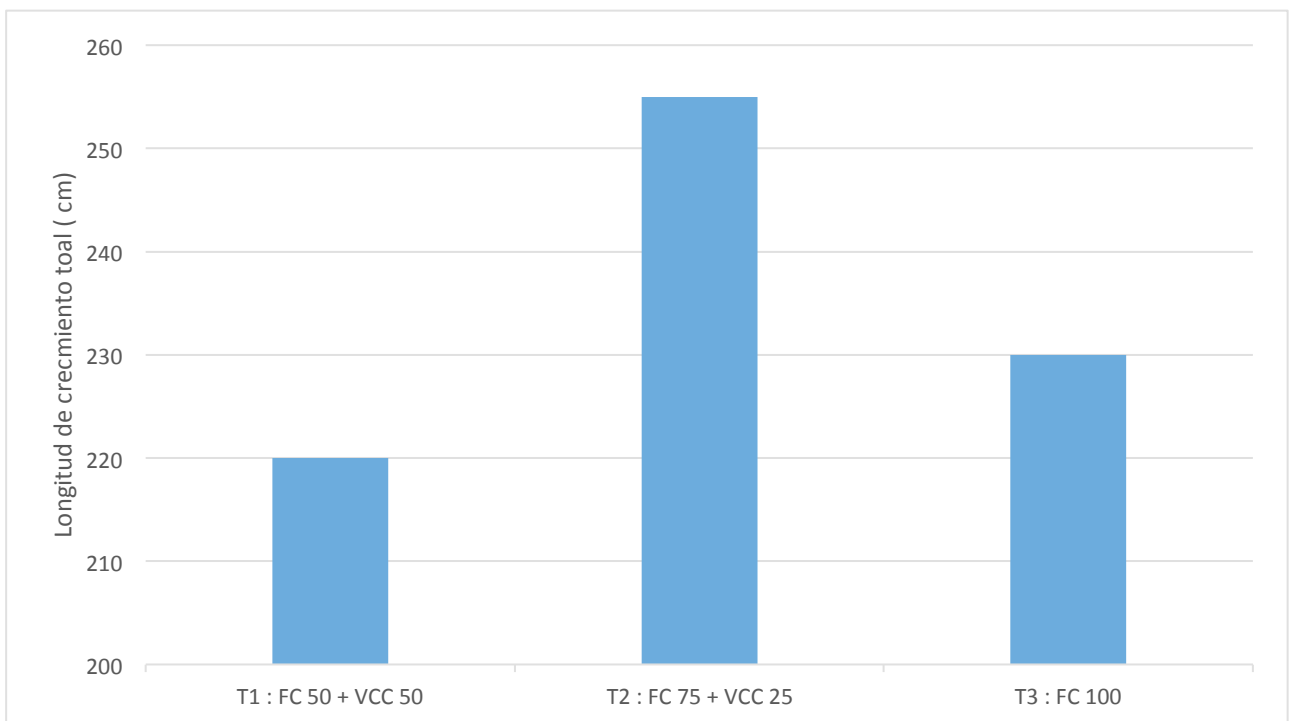


Figura 1. Longitud de crecimiento total de plantas de jitomate (\pm error estándar de la media) 120 días después del trasplante.

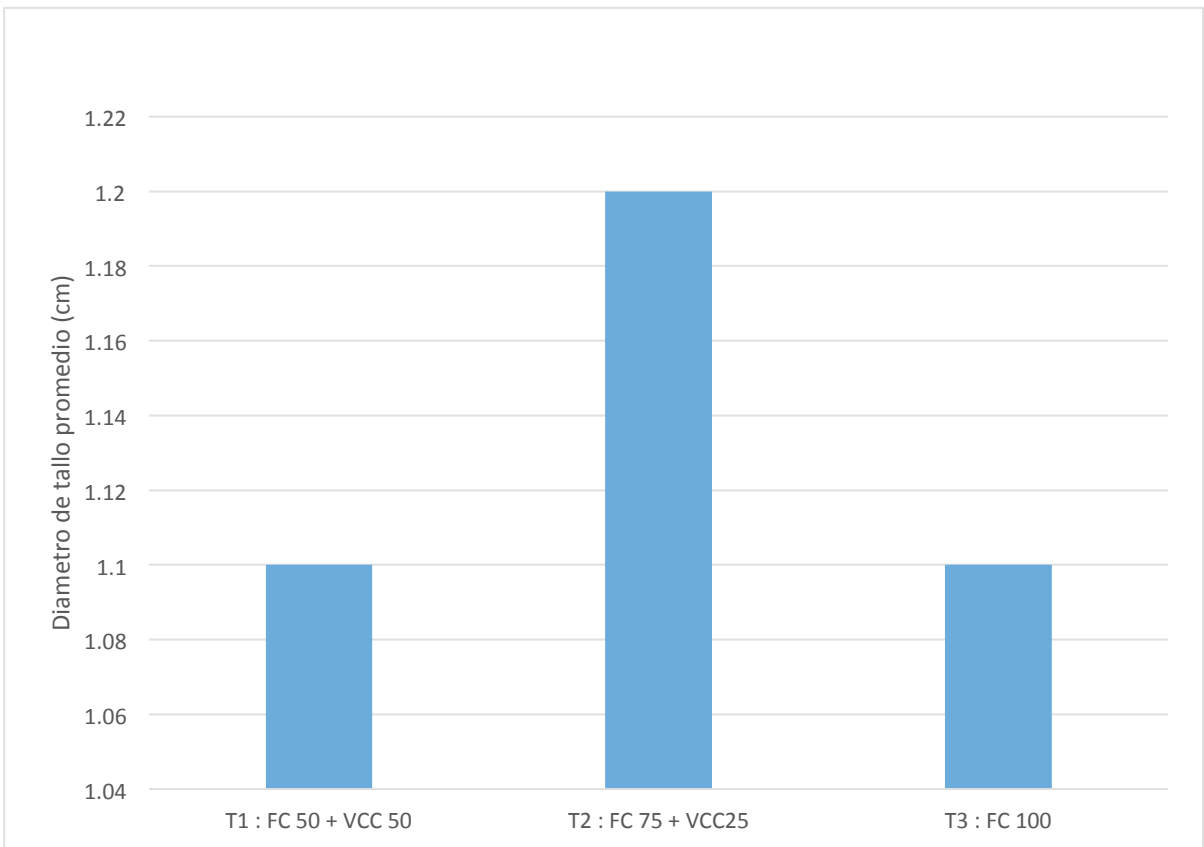


Figura 2. Diámetro de talla promedio de plantas de jitomate (+_ error estándar de la media) 120 días después del trasplante.

8.1.2 Análisis del rendimiento total.

El rendimiento total con fertilización convencional al 75% y vermicompost al 25% (tratamiento 2) fue similar a la fertilización convencional al 100% (tratamiento 3), mientras que este último fue mayor a la fertilización convencional al 75% y vermicompost al 25% (tratamiento 2).

En las plantas del jitomate, se utilizó la fertilización convencional y el vermicompost, en el inicio del experimento el vermicompost obtuvo un rendimiento similar a la de la fertilización convencional. Con los resultados obtenidos en este experimento se cuestionó el uso del vermicompost a un largo plazo en el cultivo para el manejo sustentable en la fertilidad del suelo, en el cual se tendría que definir la cantita y momento oportuno de la aplicación del vermicompost para diferente cultivo.

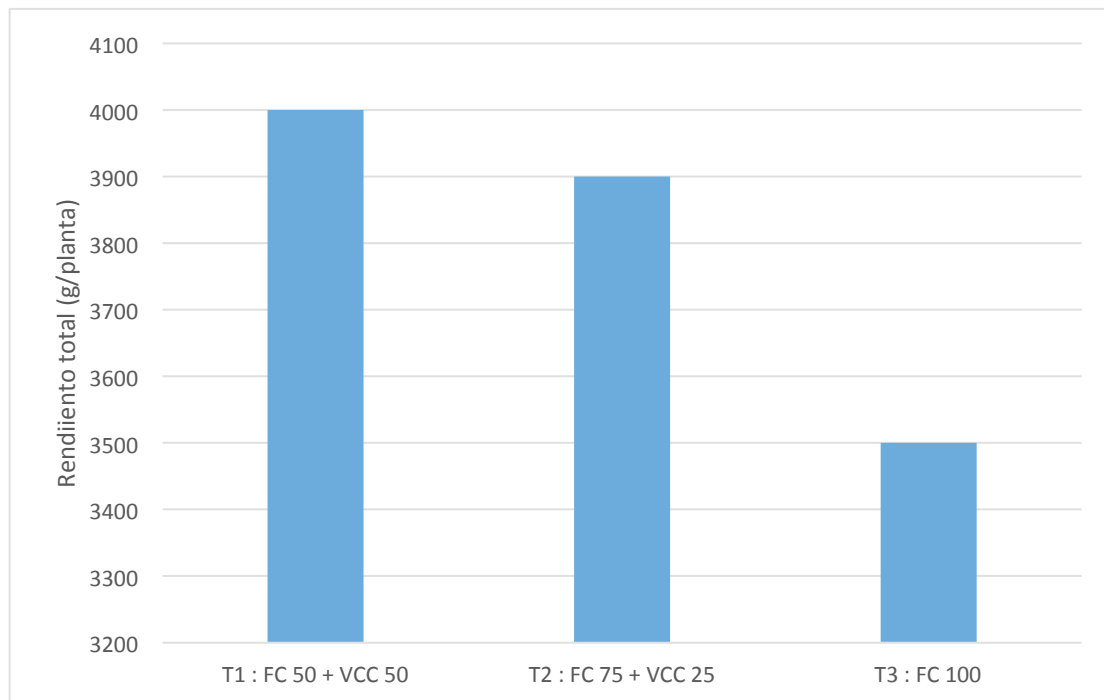


Figura 3. Rendimiento total del tomate (\pm error estándar media) 63 días a partir de la primera cosecha.

En los días 1-21, el tratamiento T2 tuvo un rendimiento mayor que el T1, puede deberse a que a aplicación d fertilizante convencional 75% + vermicompost 25%, mejora el rendimiento al iniciar la cosecha y que al contrario en la fertilización convencional al 50 % + vermicompost 50 %, tiene un bajo rendimiento inicial. Esto puede deberse a que los frutos de T2 maduraron tres días antes que los frutos del resto de los tratamientos, lo cual indica que la fertilización convencional al 75 % y vermicompost al 25 % aportaron una adecuada cantidad de nutrientes, sumando los aportes del suelo y del vermicompost, el cual es rico en enzimas, hormonas y ácidos húmicos benéficos para las plantas y capaces de acelerar el ciclo productivo de los cultivos (Hernandez et. al., 2015).

Durante los días 22-42, se presentó el pico productivo de frutos y no se presentaron diferencias significativas en los tratamientos. En los días 43-63, los tratamientos 2 y 3

mostraron un rendimiento similar y superior al tiramiento 1 (oscilando entre 15 y 19 %) cuadro 11.

Lo cual muestra que la combinación de una dosis baja en fertilización convencional 50% + vermicompost 25 % condujo a una caída rendimiento, el cual también se observó que los tratamientos redujeron su rendimiento respecto a los días 1- 4, lo cual puso ocasionarse por una disminución de la polinización, debido a las bajas temperaturas y a la curva de producción del tomate.

Un estudio realizado por Moreno Resendez et. al.,2005, en donde realizaron un experimento del uso del vermicompost en el cultivo de jitomate, utilizaron una composición de mezcla de vermicompost/arena, tomando como base un peso de 15 kg, fue de 25:75, 50:50, 75:50 y 100:0 (% en peso). Las mezclas de vermicompost/arena con niveles 25:75 y 50:50 (% en peso), correspondiente al vermicompost preparado a partir de a) estiércol de caballo, b) estiércol de caballo+ estiércol de cabra con paja de alfalfa, c) estiércol de cabra con paja de alfalfa, d) estiércol de cabra con paja de alfalfa + residuos de jardín (principalmente pasto y hojas), lograron satisfacer la demanda nutritiva del cultivo de tomate.

Cuadro 11. Rendimiento de jitomate (g/planta), bajo la aplicación combinada de diferentes dosis de fertilización convencional y vermicompost con heces de ovinos.

* PERIODO/ DIAS	T1 FC 50% +VCC 50 %	T2 FC 75 % + VCC 25 %	T3 FC 100 %
DIAS 1-63 (TOTAL)	3245.0	387.7	4210.0
DIAS 1-21	847.7	1063.3	1026.7
DIAS 21-42	148.3	1570.0	1801.7
DIAS 42-63	915.0	1238.3	1381.7

FC100, FC75 y FC50 - fertilización convencional al 100%, 75% y 50 % respectivamente; VCC25 Y VCC50 – vermicompost de heces de ovinos que aporta el 25% y 50% del N, respectivamente. * El periodo de observación se consideró días a partir de la primera cosecha.

8.1.3 Análisis de las propiedades del suelo al finalizar el experimento

En los tratamientos se mostraron diferencias significativas en cuanto al pH, conductividad de intercambio catiónico (CIC), fosforo(P) y potasio(K) del suelo.

En cambio, a la densidad aparente (DA), carbono orgánico (CA), relación carbono: nitrógeno, calcio (Ca) y magnesio (Mg), no se observaron diferencias significativas (cuadro 12).

cuadro 12. Propiedades del suelo al finalizar el experimento.

Tratamientos	DA (g cm ⁻³)	pH	CIC (cmol kg ⁻¹)	CO (%)	N (%)	CN	P	K	Ca	Mg
								mg kg ⁻¹		
T1: FC 50% + VCC 50%	0.82	6.14	19.45	3.71	0.34	11.04	128.55	233.49	1559.80	416.45
T2: FC 75% + VCC 25%	0.80	6.12	18.32	3.61	0.34	10.77	131.46	243.53	1775.51	450.33
T3: FC 100%	0.80	5.95	16.89	3.25	0.33	10.06	14.01	269.39	1824.00	500.35

FC 100, FC 75 Y FC 50 = Fertilización convencional al 100, 75 y 50 % y VCC = Vermicompost al 25 % (1.16kg m²) y vermicompost al 50 % (2.32 kg m²).

El pH y la conductividad de intercambio catiónico del suelo en el tratamiento 3 (FC 50% + VCC 50%) fue mayor que en el tratamiento 1 (FC 100%), con un pH de 3.4 y 3.2 % y en la conductividad de intercambio catiónico fue de 14.2 y 15.2 %. Esto pudo deberse de que en la fertilización convencional al 100% conduce un pH más ácido comparada a la fertilización convencional al 50% + vermicompost al 50% ya que la materia orgánica ayuda a amortiguar los cambios en el pH y así mismo favorece a la conductividad de intercambio catiónico.

Lo que es al contrario entre la fertilización convencional al 75% + vermicompost 25% y la fertilización convencional al 100%, la diferencia entre ambos no fue significativa, este pudo deberse en que la dosis de fertilización convencional fue alta comparada a la del vermicompost que fue baja, siendo que en el suelo se encontraba una alta cantidad de carbono orgánico que puso haber amortiguado la eficacia de estos tratamientos sobre el pH y la conductividad de intercambio catiónico.

En el tratamiento 3 (FC 100%) la diferencia del fósforo (P) y el potasio (K) fue aún mayor que en tratamiento 1 (FC 50% + VCC 50%), con el fósforo 12 y 11 % y en potasio 17 y 15 %. Lo cual pudo deberse a que una parte de la fertilización convencional no es aprovechada por las plantas y esta se va acumulando en el suelo, y con el paso del tiempo en la fertilización convencional puede haber una acumulación en exceso de estos elementos u otros elementos.

En cambio, en el tratamiento 1 (FC 50% + VCC 50%), las plantas obtuvieron una restricción de fósforo y potasio y se aprovechó en mayor medida el suministro de vermicompost y del suelo, lo que al final del experimento el tratamiento 1 (FC 50% + VCC 50%) obtuvo menores cantidades de fósforo y potasio al contrario del tratamiento 3 (FC 100%), en comparación con el tratamiento 2 (FC 75% + VCC 25%), no hubo diferencias significativas.

Consuelo Huerres y Caraballo, (1996), indican que el cultivo del tomate requiere pH de 5.5 a 7. Estero, y Villa María., (2005), señalan que la absorción de nutrientes a lo largo del ciclo de cultivo del tomate, es muy baja en los primeros estadios de desarrollo (1,5 a 2 meses) hasta el cuajado del primer racimo, en este periodo la planta absorbe un 15 %

del total de los nutrientes. A partir de ese momento y hasta el final del ciclo, absorbe el 85 % restante, período que dura entre 3 a 3,5 meses.

8.2 Discusión

La longitud de crecimiento de las plantas de jitomate que recibieron la fertilización convencional al 75%, fue mayor que con la fertilización convencional al 100%, lo cual pudo deberse a que la reducción de fertilización convencional fue moderada y a que el vermicompost estimulo la actividad microbiana del suelo y la mineralización de nutrientes, además del aporte de materia orgánica, nutrientes, vitaminas, hormonas y enzimas del crecimiento vegetal (Thangaranjan et. al., 2013; Doan et. al., 2015).

El rendimiento total del jitomate con fertilización convencional al 75%, fue similar que con fertilización convencional al 100%, este último fue mayor (22%) que con fertilización convencional al 50%, se obtuvo un rendimiento similar entre la fertilización combinada y a la fertilización convencional del jitomate. Hernández et. al., (2014), se utilizó vermicompost combinado con fertilización convencional al 60 y 20%. Los tratamientos con fertilización convencional al 60% + compost, tuvieron un rendimiento similar al obtenido con la fertilización convencional al 100% (5.6 kg/planta). Los tratamientos con un 20% de fertilización convencional + compost, tuvieron 3kg/planta. Estos resultados coinciden con nuestros resultados obtenidos y sugieren que hay limitación de nutrientes en las tasas más bajas de fertilización convencional.

Durante los días 1-21, el tratamiento 2 obtuvo un rendimiento 28% mayor, esto sugiere que en la aplicación de fertilizante convencional al 75% + vermicompost 25%, mejora el rendimiento inicial. Lo cual puede estar ligado a que en los primeros frutos del tratamiento 2 maduraron tres días antes que los frutos de resto de los tratamientos, lo que indica que la fertilización convencional 75%, apporto una adecuada cantidad de nutrientes sumados a los aportes del suelo y del vermicompost, el cual puede acelerar el ciclo productivo de los cultivos (Atiyeh et. al.,2015). En los días 43-63, el tratamiento 1 y tratamiento 3 mostraron un rendimiento similar entre estos tratamientos y superior al tratamiento 2 (oscilando entre 15 y 19%).

Respecto al suelo, el pH y la capacidad de intercambio catiónico con el tratamiento 2 fue mayor que con el tratamiento 3, el pH 3.4 y CIC 14.2 y 15.2%. El cual pudo deberse a que la fertilización convencional al 100% condujo la acidificación de pH, en contraste con los tratamientos con fertilización convencional al 50% y vermicompost al 25%, en el que la materia orgánica pudo amortiguar los cambios de pH e incrementaron la conductividad de intercambio catiónico (Martínez et. al.,2008). El contenido de P y K del suelo con fertilización convencional al 100%, fue mayor que con fertilización convencional al 50%, el P 12 y 11% y K 17 y 15%. Lo anterior pudo deberse a que una parte de la fertilización convencional no es aprovechada en mayor medida del suministro proveniente dl vermicompost y del suelo.

En general, el vermicompost mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Lo cual no hace la fertilización convencional. Estos beneficios también se dan al aplicar abonos orgánicos combinados con fertilización convencional (Pérez et al., 2008; Jouquet et al., 2010; Zhao y Zhou, 2011; Pareek et al., 2015). Sin embargo, en nuestro experimento, no se registraron diferencias significativas en cuanto a la densidad aparente (DA,) carbono orgánico (CO),nitrógeno (N) y relación C/N del suelo, posiblemente debido a que el efecto de los tratamientos fue amortiguado por el alto contenido de carbono orgánico y nitrógeno que el suelo ya tenían al montar el experimento; por lo que, para que se manifiesten diferencias en dichas propiedades, se requiere aplicar mayores cantidades de abonos orgánicos (vermicompost) y esperar más tiempo. Tampoco hubo diferencias de calcio (Ca) y magnesio (Mg) del suelo, lo cual pudo deberse a que los abonos orgánicos contenían altas cantidades de estos nutrimentos y esto equilibró su presencia en el suelo tratado con bajas dosis de fertilización convencional.

IX. CONCLUSION

EL uso del vermicompost (VCC) de heces de ovinos, en combinación con la fertilización convencional (FC) al 50 %, aumento el crecimiento de las plantas de tomate, en comparación con la fertilización convencional al 100%.

El uso del vermicompost puede reducir la fertilización convencional y sostener el rendimiento de jitomate similar al 100 % por un periodo cuya duración es mayor en los tratamientos con fertilización convencional al 75 %, respecto a los que tenían la fertilización convencional al 50%.

Con la reducción de la fertilización convencional al 50 % + vermicompost, se amortiguo el efecto de la fertilización convencional en algunas propiedades del suelo (pH, capacidad de intercambio catiónico, contenido de P y K).

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-Benítez, G., C. B. Peña-Valdivia¹, J. R. García-Nava, P. Ramírez-Vallejo, S. G. Benedicto-Valdés, J. D. Molina-Galán. 2012. Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en relación con la concentración de vermicompost y déficit de humedad en el sustrato. *Agrociencia* 46: 37-50.
- Aguiñaga-Bravo, A., Medina-Dzul, K., Garruña-Hernández, R., Latournerie-Moreno, L., & Ruíz-Sánchez, E. (2020). Efecto de abonos orgánicos sobre el rendimiento, valor nutritivo y capacidad antioxidante de tomate verde (*Physalis ixocarpa*). *Acta universitaria*, 30.
- Atiyeh, R. M., S. Subler, C.A. Edwards, G. Bachman, J. D. Metzger, and W. Shuster. 2000b. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia* 44: 579-590.
- Azarmi, R., P. S. Ziveh, and M. R. Satari. 2008. Effect of vermicompost on growth, yield and nutrition status of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Pak. J. Biol. Sci.* 11: 1797-1802.
- Castellanos, J. 2011. Manual de producción de tomate en invernadero. Editorial Intagri. Celaya México.
- Castellanos, J.Z., Editor., 2009. Manual de producción de tomate en invernadero. Intagri, Celaya, México. pp: 76-79, 187-190.
- Colina, E., Castro, C., Sánchez, H., & Troya, G. (2017). Evaluación de fertilizantes de liberación controlada con fertilización convencional, sobre el rendimiento de maíz duro (zeamays) en la zona de Febres-Cordero, Provincia de los Ríos. *Revista AI*
- Cruz Madreno, S. Hernández Abonos Orgánicos. Universidad Autónoma de Chapingo (UACh), Chapingo, Edo. De México, 129 p.
- Cruz-Lázaro, E., M. A. Estrada-Botello, V. Robledo-Torres, R. Osorio-Osorio, C. MárquezHernández, y R. Sánchez-Hernández. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y Ciencia* 25: 59-67.
- Cruz-Lázaro, E., M. A. Estrada-Botello, V. Robledo-Torres, R. Osorio-Osorio, C. MárquezHernández, y R. Sánchez-Hernández. 2009.

Daza-Torres, M. C., Ladino-Tabarquino, G. S., & Urrutia-Cobo, N. (2018). Beneficios agronómicos y ambientales de fuentes de fertilizantes nitrogenados en *Ocimum basilicum* L. *Dyna*, 85(206), 294-303.

Deepak Bhardwaj, Mohammad Wahid Ansari, Ranjan Kumar Sahoo and Narendra Tuteja, 2014. Biofertilizer function as key player in sustainable agricultura by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. *Microbial Cell Factories*.

Demelash, N., W. Bayu, S. Tesfaye, F. Ziadat, and R. Sommer. 2014. Current and residual effects of compost and inorganic fertilizer on wheat and soil chemical properties. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 100: 357-367.

Doan, T. T., D. M. Jusselme, J. C. Lata, B. V. Nguyen, and P. Jouquet. 2013a. The earthworm species *Metaphire posthumus* modulates the effect of organic amendments (compost vs vermicompost from buffalo manure) on soil microbial properties. A laboratory experiment. *Eur. J. Soil Biol.* 59: 15-21.

Durán-Umaña, L. y C. Henríquez-Henríquez. 2010. El vermicompost: su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en planta. *Agron. Mesoam.* 21: 85-93

Esta página se encuentra disponible <http://www.emison.com/5105.htm> desde el 20 de mayo de 2015.

Factores que influyen en la calidad del compost se encuentra disponible en la pagina <http://www.compostandociencia.com/2013/04/factores-influyen-compostaje-html/>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1991. Manejo del suelo: producción y uso del compostaje en ambientes tropicales y subtropicales. Boletín (56): 180. Roma, Italia

FAO: <https://bit.ly/2S8eFci> septiembre 2018. Nota FAO: Los datos son un agregado que puede incluir datos oficiales, semi-oficiales, estimados o calculados, según informan los países.

Fernando O. García NPOFOS/PPI/PPIC Cono Sur Av. Santa Fe 910 – (B1641ABO) Acassuso – Argentina Disponible en: <http://www.fertilizando.com/articulos/criteriosmanejo-fertilizacion-cultivo-maiz.pdf>

Ferrera-Cerrato, R. y Alarcón, A., 2007. Microbiología agrícola. Trillas. México, D.F. pp. 85-88, 170-173

Ferrera-Cerrato, R. y Alarcón, A., 2007. Microbiología agrícola. Trillas. México, D.F. pp. 85-88, 170-173.

- Flores, E. (2006). Fertilización Orgánica Vs Fertilización Química En El Cultivo De Maíz. Universidad Nacional De Loja, 82. http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17025/1/TESIS_WILSON_FERNANDO.pdf
- Fortis H., M., J. A. Leos R., I. Orona C., J. L. García H., E. Salazar S., P. Preciado R., J. A. Orozco V. y M. A. Segura C. 2009. Uso de estiércol en la Comarca Lagunera. pp. 104-127. In: Libro de Agricultura Orgánica. I. Orona C., E. Salazar S., M. Fortis H., H.I. Trejo E., y C. Vázquez V. (eds.). FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango. México
- González-Fuentes, J. A., Lozano-Cavazos, C. J., Preciado-Rangel, P., Troyo-Diéguez, E., Rojas-Duarte, A., & Rodríguez-Ortiz, J. C. (2021). Fertilización orgánica contra convencional en el rendimiento, atributos morfológicos y calidad de fruto de tomate uva en un sistema de subirrigación no recirculante. *Terra Latinoamericana*, 39.
- Iglesias Carreño, B. E. (2018). *Modelo de producción de Jitomate en invernadero en la empresa Vivero Agroforestal Rubí, Chilpancingo, Guerrero* (Master's thesis, Universidad Autónoma de Guerrero (México)).
- Inzunza-Ibarra, M. A., E. A. Catalán-Valencia., M. Villa-Castorena, R. López-López y E. Sifuentes-Ibarra. 2017. Respuesta del tomate a tipos de acolchado plástico y niveles de riego con cinta. *Rev. Fitotec. Mex.* 40: 9-16.
- Jaime, F. (2015). Evaluación del impacto ambiental por uso inadecuado de fertilizantes químicos en cultivo de maíz de la Parroquia el Anegado. Propuesta De Manejo Ambiental. In Universidad De Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/26466>.
- Jhalawar District. J. Plant Nutr. 39: 942-948. Pérez, A., C. Céspedes, y P. Núñez. 2008. Caracterización física-química y biológica de abonos orgánicos aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. *J. Soil Sc. Plant Nutr.* 8: 10-29.
- Mandujano B. A.; Paredes M. R.; Alamilla G. M. P.; Buenrostro R. J. F. 2013. "Guía técnica para la producción de maíz, frijol, trigo y sorgo en Guanajuato" Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agropecuarias y Pecuarias. Libro Técnico No. 4. ed 1ª. Agosto.
- Márquez Hernández, C., Cano Ríos, P., & Rodríguez Dimas, N. (2008). Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. *Agricultura técnica en México*, 34(1), 69-74.
- Márquez-Hernández, C., Cano-Ríos, P., Figueroa-Viramontes, U., Avila-Diaz, J. A., Rodríguez-Dimas, N., & García-Hernández, J. L. (2013). Rendimiento y calidad de tomate con fuentes orgánicas de fertilización en invernader. *Phyton (Buenos Aires)*, 82(1), 55-61.

- Márquez-Quiroz, C., Cano-Ríos, P., Moreno-Reséndez, A., Figueroa-Viramontes, U., Sánchez-Chávez, E., De la Cruz-Lázaro, E., & Robledo-Torres, V. (2014). Efecto de la fertilización orgánica sobre el rendimiento y contenido nutricional de tomate saladette en invernadero. *ITEA*, 110, 3-17.
- Martínez, J. R., Vicente, A. A., Saenz, J. C. M., Herrera, R. R., & González, C. N. A. (2012). Un tesoro percedero en México: el tomate, tecnologías para prolongar su vida de anaquel. *Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (54), 57-63.
- Mendoza P., C., C. Ramirez A., A. Martinez R., J. E. Rubiños P., C. Trejo, A. G. Vargas O. 2018. Efecto de número de tallos en la producción y calidad de jitomate cultivado en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 9: 355-366.
- Morales Hernández, J., González Razo, F., & Hernández Martínez, J. (2017). Análisis de rentabilidad del cultivo de jitomate bajo invernadero en San Simón de Guerrero, Estado de México. *Paradigma Económico*, 9(2), 167-187. Consultado de <https://paradigmaeconomico.uaemex.mx/article/view/9389>.
- Moreno M. T., E. Carmona, A. Santiago, J. Ordovás, and A. Delgado. 2016. Olive Husk Navarrete A., G. Vela, J. López y M. L. Rodríguez. 2011. Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. *ContactoS* 80: 29-37. *Nutr.* 8: 10-29.
- Moreno Reséndez, A., & Valdés Perezgasga, M. T. (2005). Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica*, 65(1), 26-34.
- Néstor Bautista Martínez et al., producción de jitomate en invernadero, 2005.
- Nyamangara, J., L.F. Bergstrom, M.I. Piha, K.E Giller. 2003. Fertilizer use efficiency and nitrateleaching in a Tropical Sandy Soil. *J. Environ. Qual.* 32: 599-606
- Obtención Del Lombricompost Utilizando Lombriz Roja Californiana se encuentra disponible en la pagina <http://www.monografias.com/trabajos71/humus-liquido-lombriz-roja-californiana/humus-liquido-lombriz-roja-californiana2.shtml>
- Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y Ciencia* 25: 59-67.
- . Pareek, P K., P. Bhatnagar, J. Singh, M. C. Jain, and M.K. Sharma. 2015. Nitrogen and Pérez, A., C. Céspedes, y P. Núñez. 2008. Caracterización física-química y biológica de abonos orgánicos aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. *J. Soil Sc. Plant* pp. 1–45.

- RaymaThangarajan, Nanthi S. Bolan, Guanglong Tian, Ravi, 2013. Role or organic amendment application on greenhouse gas. Scienceofthe Total Environment.
- Reascos Castillo, J. F. (2022). *Efecto de la fertilización convencional y biofertilizantes sobre la cantidad y calidad de las pasturas* (Bachelor'sthesis, Quito: UCE).
- Reyes-Pérez, J. J., Luna-Murillo, R. A., Reyes-Bermeo, M. D. R., Vázquez-Morán, V. F., Zambrano-Burgos, D., & Torres-Rodríguez, J. A. (2018). Efecto de abonos orgánicos sobre la respuesta productiva en el tomate (*Solanumlycopersicum* L.). *Rev. Fac. Agron.(Luz)*, 35(1), 26-39.
- Rodríguez, D., N, P. Cano R., U. Figueroa V., A. Palomo G., E. Favela C., V. P. Álvarez R., C. Márquez H. y A. Moreno R. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Rev. Fitotec. Mex.* 31: 265-272.
- Rodríguez-Dimas, N., Cano-Ríos, P., Favela-Chávez, E., Figueroa-Viramontes, U., De Paul-Álvarez, V., Palomo-Gil, A., ... & Moreno-Reséndez, A. (2007). Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 13(2), 185-192.
- Román, S., Ojeda-Granados, C., & Panduro, A. (2013). Genética y evolución de la alimentación de la población en México. *Revista de endocrinología y nutrición*, 21(1), 42-51.
- SEDEMA 2012. Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011. Requerimientos mínimos para la producción de composta a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, agrícolas, pecuarios y forestales, así como las especificaciones mínimas de calidad de la composta producida y/o distribuida en el distrito federal. Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. Gaceta Oficial del Distrito Federal. 30 de noviembre de 2012
- Serrato S., R., A. Ortiz A., J. D. López y S. Berúmen P. 2002. Aplicación de lavado y estiércol para recuperar suelos salinos en la Comarca Lagunera, México. *Terra* 20: 329-336
- SMA. 2006. Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2006. Requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos. Secretaria de Medio Ambiente. Gaceta del Gobierno. 9 de octubre de 2006.
- Solis Medel, V. (2020). Análisis de los avances en la conservación y aprovechamiento sostenible de jitomate en México.
- Urrieta Velázquez, J. A. (2011). Crecimiento, desarrollo, extracción nutrimental, rendimiento y calidad del jitomate de costilla (*Solanumlycopersicum* Mill).

Vidal, I. O. R. L. Estado oxidativo y producción de volátiles del jitomate en función de los estados de maduración.

Villarreal-Romero, M., Parra-Terraza, S., Sánchez-Peña, P., Hernández-Verdugo, S., Osuna-Enciso, T., & Basilio Heredia, J. (2010). Cobertura vegetal, vermicompost y actividad microbiana del suelo en la producción de tomate. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(2), 217-231.

Zavala Sierra, D. (2019). Producción, calidad comercial y nutracéutica de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado con fertilización orgánica y convencional.