

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Evaluación de Mezclas de Sustratos con Distintas Dosis de Composta Térmica en la
Producción de Tomate Orgánico (*Solanum Lycopersicum L.*) Tipo Saladette

Por:

DAVID GERARDO PLATA GONZÁLEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Marzo 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Evaluación de Mezclas de Sustratos con Distintas Dosis de Composta Térmica en la
Producción de Tomate Orgánico (*Solanum Lycopersicum L.*) Tipo Saladette

Por:

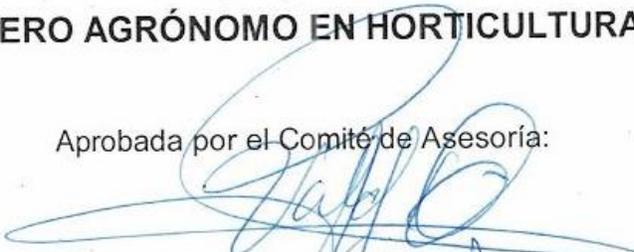
DAVID GERARDO PLATA GONZÁLEZ

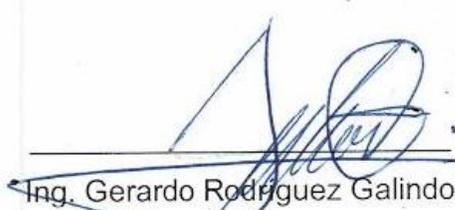
TESIS

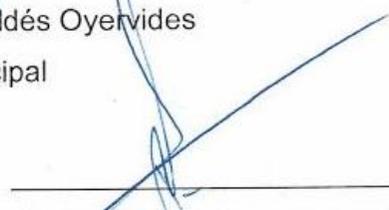
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

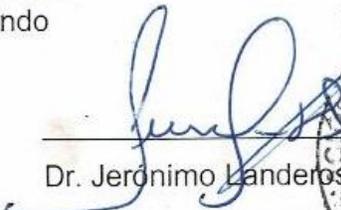
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Francisco Javier Valdés Oyervides
Asesor Principal


Ing. Gerardo Rodríguez Galindo
Coasesor


Dr. Víctor Manuel Reyes Salas
Coasesor


Dr. Jerónimo Landeros Flores
Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Marzo 2023

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir la verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos: Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (copia y pega; reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer la referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestado los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas. Utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo, utilizar material como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes. Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.



C. David Gerardo Plata González

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la vida y la capacidad de experimentar y amar el mundo, por colmarme de fe, amor, fortaleza, constancia y paciencia.

A mis padres, María del Socorro González Lara y Javier Plata Villarreal, por el apoyo que me han brindado durante toda la vida.

A la UAAAN, por todas las oportunidades y apoyo que brinda a sus estudiantes, por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de superarme a través de su formación y educación de excelencia y calidad.

A mi asesor, Dr. Francisco Valdés Oyervides, por la confianza, dedicación, tiempo, conocimiento y consejo brindado para realizar esta tesis.

A mis tíos, M.C. José María González Lara, Mons. Humberto A. González Galindo; y a mi primo, Dr. David Salvador González González. por su tiempo, compañía, apoyo, consejo, motivación y cariño durante mi formación y andar en la vida.

DEDICATORIA

A mis padres, Javier y Socorro, por ser la base de mi vida, el apoyo y amor incondicional.

A mis hermanos, Elena y Alejandro, por su amistad y cariño durante toda la vida.

RESUMEN

La tendencia actual hacia el consumo de productos orgánicos ha generado un cambio en la manera de cultivar y producir, especialmente en el cuidado del suelo y el tipo de fertilización. Un abono orgánico común y efectivo es la composta. El objetivo del presente experimento fue evaluar el efecto de diferentes sustratos con diferentes concentraciones de la misma. Los porcentajes de los sustratos fueron T1: 33% composta de estiércol de borrego, 33% vermicomposta, 33% composta de rastrojo de maíz; T2: 25% composta de residuos orgánicos de alimentos, 25% composta de estiércol de borrego, 25% vermicomposta, 25% composta de rastrojo de maíz; T3: 50% composta de residuos orgánicos de alimentos, 15% composta de estiércol de borrego, 15% vermicomposta, 15% composta de rastrojo de maíz; y T4: 75% composta de residuos orgánicos de alimentos, 8.33% composta de estiércol de borrego, 8.33% vermicomposta, 8.33% composta de rastrojo de maíz. Las variables a evaluar fueron altura de la planta al momento de la floración y al primer corte; y peso promedio de los frutos del primer corte. Los resultados no mostraron diferencia significativa en la altura de las plantas, sin embargo, en el peso promedio de los frutos hubo una diferencia en el tratamiento 4. Se muestra un rendimiento aceptable en todos los tratamientos considerando que no se fertilizó adicionalmente y que fue un cultivo en contenedor.

Palabras clave: Tomate, Fertilización orgánica, Composta, Estiércol, agricultura orgánica, agricultura regenerativa, cultivo orgánico.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
RESUMEN.....	I
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	II
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 Hipótesis.....	4
1.3 Objetivo	4
1.4 Objetivos específicos.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Panorama agroalimentario 2022-2050.....	4
2.2 Desperdicio de alimentos y pérdidas en la producción agrícola.....	5
2.3 Agricultura orgánica	5
2.3.1 Importancia de organismos y materia orgánica para los cultivos orgánicos.....	6
2.3.2 Beneficios de la materia orgánica.....	7
2.3.3 Sustancias húmicas y sus beneficios.....	7
2.3.4 Aplicación de composta para obtención de materia orgánica y microorganismos.....	8
2.3.5 Compostaje como una de las alternativas para la pérdida y desperdicio de alimentos.....	8
2.4 Cultivo del tomate.....	10
2.4.1 Importancia del tomate.....	10
2.4.2 Origen e historia.....	11
2.4.3 Clasificación taxonómica.....	11
2.5 Hábitos de crecimiento	12
2.5.1 Determinado	12
2.5.2 Semideterminado	12

2.5.3 Indeterminado	13
2.6 Morfología de la planta	13
2.6.1 Raíz.....	13
2.6.2 Tallo.....	13
2.6.3 Hoja.....	14
2.6.4 Inflorescencia	15
2.6.5 Flor.....	15
2.6.6 Fruto	16
2.6.7 Semilla.....	16
2.7 Requerimientos edafoclimáticos.....	16
2.7.1 Temperatura.....	17
2.7.2 Fotoperiodo y luminosidad.....	17
2.7.3 Humedad relativa.....	18
2.7.4 Riego	18
2.7.5 Suelo.....	19
3. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1 Localización del experimento	19
3.2 Material vegetal	20
3.3 Elaboración de la composta.....	20
3.3.1 Problemas que pueden presentarse en la elaboración de la composta	22
3.3.2 Calidad de la composta.....	22
4. METODOLOGÍA	23
4.1 Diseño experimental	23
4.2 Elaboración de sustratos	24
4.3 Producción de las compostas para las mezclas.....	24
4.3.2 Compósta de residuos de alimentos	24
4.3.3 Vermicomposta.....	25
4.3.4 Composta de estiércol de borrego	25
4.3.5 Composta de rastrojo	25
4.4 Riego	26

5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
	5.1 Altura de la planta en centímetros al momento de la floración	27
	5.2 Altura de la planta al primer corte	28
	5.3 Peso del fruto del primer corte por tratamiento, repetición y fruto.....	29
6.	CONCLUSIONES	29
7.	LITERATURA REVISADA	31
8.	Anexos.....	37

1. Introducción

Uno de los cultivos vegetales más importantes a nivel mundial, por su consumo, es el tomate (*Solanum Lycopersicum L.*). Las plantas de este vegetal se caracterizan por su crecimiento acelerado y rendimientos altos. Sus componentes nutricionales son ricos en antioxidantes como carotenos, licopeno y vitamina C; además de minerales, carbohidratos y fibras importantes para la salud de las personas (Palacio Rodriguez, Nava Reyes, et al., 2022). El antioxidante característico del tomate es el licopeno, un antioxidante es un compuesto que contrarresta los radicales libres e inhibe la oxidación del ADN, evitando, de esta manera, varios tipos de cáncer. También se caracteriza por la prevención de bloqueos arteriales y la degradación del sistema nervioso. (Salas-Pérez, González-Fuentes, 2016).

La producción de esta hortaliza va en aumento, aunado a esto, también crece el uso de agroquímicos como plaguicidas y fertilizantes que proporcionan protección y nutrición necesaria para obtener la producción deseada en la cosecha. El uso desmedido de agroquímicos genera acumulación residual de contaminantes tanto en los frutos cosechados como en el suelo y el agua, causando un daño al ambiente. La fertilización orgánica aparece como una alternativa limpia y amigable con el medio ambiente que además, reduce costos de producción. (Villanueva, Chaidez, Soto., 2020).

Los fertilizantes orgánicos ejercen un efecto multifactorial en las propiedades agronómicas de los suelos y, al ser utilizados éstos de manera correcta, incrementan de manera importante la cosecha de los cultivos agrícolas (Acevedo-Alcalá et al., 2020)

Con el objetivo de mantener los niveles de producción, se utilizan grandes cantidades de fertilizantes sintéticos; lo que aumenta los costos de producción y perjudica el ambiente y la salud humana (Salas-Pérez, González-Fuentes, et al, 2016).

Lo anterior ha promovido el desarrollo de sistemas sustentables de producción que disminuyan los costos de producción sin reducir el rendimiento y la calidad. Para esto; uno de los factores determinantes es el sustrato; debido a que compone el medio en que se desarrollan las raíces; cuya influencia trasciende en el desarrollo y crecimiento del cultivo.

(Salas-Pérez, González-Fuentes, et al, 2016)

Muchos sustratos son traídos de otros países o regiones lejanas al sitio de cultivo, por lo que su costo puede elevarse. Por esto, los materiales locales y de origen natural, obtenidos de desechos de cierta región, pueden ser utilizados óptimamente en la obtención de sustratos y cultivos agrícolas. (Salas-Pérez, González-Fuentes, 2016)

Por lo anterior, se justifica la evaluación de alternativas naturales que fungen como sustratos, como lo son compostas de residuos de cosecha y de alimentos, estiércol, lombricomposta y lixiviados para aumentar el rendimiento de los cultivos, al incrementar los niveles de materia orgánica en el suelo (Vázquez et al., 2015).

Algunos de los abonos orgánicos más utilizados son la composta y la lombricomposta, porque su obtención a partir de métodos biológicos que se encargan de transformar residuos orgánicos de distintas fuentes en materiales estables. Los beneficios de estos son notables, han mejorado las condiciones de los suelos como la fertilidad, capacidad de retención de agua, mineralización del nitrógeno, fósforo y potasio, equilibrio del pH y la estimulación de la microbiota. (De la Cruz-Lázaro, Estrada-Botello, et al. 2009)

El uso frecuente de abonos orgánicos en los suelos de uso agrícola, aporta materia orgánica que es utilizable en el mediano y largo plazo, derivando en la disponibilidad de nutrientes. Es decir, el cultivar contará con más disponibilidad de nutrientes como lo son N, P, K, Ca, Mg y S; micronutrientes como Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, B, Mo y Cl; además de mayor capacidad de intercambio catiónico (CIC). (Macías Duarte, Grijalva Contreras; et al, 2021).

Los abonos orgánicos participan de manera positiva en la estructura del sustrato y aumenta su capacidad para retener cationes intercambiables. El tiempo que toma la

mineralización de la materia orgánica, depende de la naturaleza física y química de los componentes de la composta, los microorganismos que participaron en el proceso de descomposición y de las condiciones fisicoquímicas del proceso (humedad, aireación, temperatura y pH) (Macías Duarte, Grijalva Contreras; et al, 2021).

Por otro lado, añadir materia orgánica al suelo o sustrato, estimula la proliferación de microorganismos benéficos, como bacterias, hongos y actinomicetos; que participan en la degradación de la materia orgánica, en la oxidación y reducción de nutrientes y la inhibición de ciertos patógenos presentes en el suelo, por lo que puede contribuir a su control. (Macías Duarte, Grijalva Contreras; et al, 2021)

Otra parte importante de las prácticas orgánicas es que, en las últimas décadas, se han presentado cambios notables en la producción y el consumo de alimentos en todo el mundo. Esta tendencia es producida en su mayoría por la gran preocupación por la salud, nuevos estándares de calidad en los gustos de los consumidores y mayor conciencia de la protección del medio ambiente y el planeta. La agricultura orgánica es un sistema de producción pertinente con un alto uso de mano de obra y con un mercado potencial aún sin explotar. (Vazquez et al 2015) Esto debido a que los consumidores buscan cada vez más alimentos inocuos y frescos, como las hortalizas, prefiriendo los libres de agroquímicos y con alto contenido nutracéutico, y de preferencia, amigables con el medio ambiente. (Cruz-Lázaro, Osorio-Osorio, et al, 2010)

En los sistemas de producción orgánica, el cultivo de hortalizas con el uso de enmiendas orgánicas, es una práctica que se ha extendido por todo el mundo, por el mínimo daño al ambiente que conlleva y los resultados satisfactorios que se han obtenido; esto ha reanimado la idea del tratamiento eficiente de los desechos orgánicos de la actividad agropecuaria, incluyendo el uso de los abonos orgánicos, de tal modo que el uso de fertilizantes químicos se reduzca al mínimo. (Rodríguez Dimas, Cano Ríos, et al. 2009)

1.2. Hipótesis

Es posible cultivar tomate de calidad a cielo abierto con el uso de sustratos orgánicos.

1.3. Objetivo

Evaluar la composta térmica hecha a base de residuos orgánicos de hogares de Saltillo y residuos de forrajes, contrastando con un sustrato sin dicha composta.

Determinar cuál de los tratamientos de las mezclas de sustratos orgánicos, aplicados al cultivo del tomate (*Solanum Lycopersicum* var. Saladette) proporciona el mejor rendimiento.

1.4. Objetivos específicos

- Evaluar fertilizante orgánico (composta) en el crecimiento de la planta y la producción de fruto.
- Producir tomate de calidad con sustrato orgánico a cielo abierto

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Panorama agroalimentario 2022-2050

La población actual mundial en 2019 era de 7.7 mil millones y se proyecta que aumente a 9.7 mil millones para 2050. El crecimiento poblacional global combinado con otros factores como desarrollo económico, aumento del ingreso, aumento de la esperanza de vida, urbanización, entre otros; deriva en una creciente demanda alimentaria global. (Feodorov, et al. 2022)

Aunque casi 690 millones de personas padecen de desnutrición en 2019, alrededor de un tercio de la producción mundial de alimentos fue desperdiciada. Esto refleja la desigualdad entre prácticas de desperdicio y la pobreza alimentaria, que tiene un significado social, económico y ambiental. El desperdicio alimentario es asociado con pérdidas económicas sustanciales, exacerba inseguridad alimentaria e incrementa los problemas de cambio climático y de recursos como el agua y el suelo; contribuyendo a la depredación y contaminación ambiental. (Feodorov, et al. 2022)

La completa eliminación de desperdicio puede que no sea realista. Por esto, el desperdicio de alimentos que no puede ser reducido puede, en su lugar, ser valorado y tratado con métodos biológicos como el compostaje y la digestión anaeróbica. (Feodorov, et al. 2022)

2.2 Desperdicio de alimentos y pérdidas en la producción agrícola

Las pérdidas y el desperdicio de productos agrícolas y alimentos ocurren por varias razones y en varias maneras, en la cadena de suministros agroalimentaria, esto es considerado una manifestación obvia de la ineficiencia que se hace notar en cada uno de los eslabones de tal cadena. De hecho es obvio que los costos por pérdidas y desperdicios no solamente tienen un impacto en la producción pero también en los problemas ambientales y sociales que causan. (Riley, 2016).

De acuerdo, a datos de la FAO en 2019, se desperdicia anualmente, aproximadamente el 14% del total de la producción mundial de alimentos solamente entre la cosecha y el anaquel. Al mismo tiempo, se estima que el 17% de los alimentos son desperdiciados en el anaquel y a nivel de consumidor. Estimando un total de \$400 mil millones de dólares en pérdida económica. (FAO, 2019). Mientras tanto, se estima que 820 millones de personas sufren de hambre y malnutrición (Brenes Peralta, et al. 2021)

2.3 Agricultura Orgánica

El suelo agrícola ha sufrido grandes repercusiones por el uso desmedido de agroquímicos como fertilizantes, pesticidas y maquinaria pesada. Se ha observado que después de varios años, los suelos dejan de responder en cuanto a productividad. Por otro lado, la consciencia sobre la salud humana y de los suelos ha ido incrementando, por lo tanto el mercado internacional ha estado demandando la producción de cosechas orgánicas, lo que resulta en una fuente atractiva de recursos económicos. (Kumar, 2021)

La agricultura orgánica es un sistema que evade la utilización de materiales sintéticos en los cultivos y todos sus procesos. Se basa en el uso de residuos de cosechas anteriores, estiércoles de animales, residuos orgánicos de alimentos; siempre teniendo en cuenta los procesos biológicos (Akansha, 2020).

Para esto, se busca acercarse a la agricultura sustentable utilizando técnicas como combinación de cultivos, acolchado natural, rotación de cultivos e integración de cultivos. Aunque lo principal es solo agregar elementos de origen natural y no-sintéticos, cuidando la fertilidad del suelo y su estructura. Para que un sistema productivo sea orgánico, necesita: mejorar la diversidad biológica de todo el sistema, intensificar la actividad del suelo, sostener el suelo a largo plazo, reciclar residuos orgánicos de plantas y de origen animal, así como también devolver los nutrientes al suelo y reducir el uso de recursos no renovables, usar recursos renovables a nivel local, explorar el uso saludable del aire, agua y suelo para reducir la contaminación, incentivar los procesos seguros para procesar los productos agropecuarios. (Akansha, 2020).

2.3.1 Importancia de organismos y materia orgánica para los cultivos orgánicos

El desarrollo de las plantas, cultivos y la fertilidad del suelo, mucho depende de los organismos presentes, que pueden tener cierto grado de relación de acuerdo a las actividades que ejecutan, como pueden ser la descomposición de materia orgánica, transformación de sustancias en compuestos asimilables para las plantas, producción de antibióticos, degradación de partículas del suelo, entre otras. (Restrepo, 2014)

Se considera materia orgánica (MO), al conjunto de compuestos heterogéneos con base en el carbono que se forman por la acumulación de materiales de origen vegetal y animal, parcial o totalmente descompuestos. (Restrepo, 2014)

Una parte pequeña de la materia orgánica se constituye por biomoléculas como proteínas, lípidos, carbohidratos, aminoácidos, etc. que conforman también las llamadas sustancias húmicas, que son compuestos de alto peso molecular. (Restrepo, 2014)

2.3.2 Beneficios de la materia orgánica

La materia orgánica, en forma de nitrógeno, fósforo y azufre; contribuye a la fertilidad del suelo. Estos nutrientes son tomados y liberados por la materia orgánica por medio de procesos biológicos para el nitrógeno, fosforescente y azufre; y por procesos químicos para el magnesio y el potasio. (Restrepo, 2014)

El proceso de mineralización incluye varios procesos en los que el nitrógeno y el fósforo se combinan con la materia orgánica y se transforman en moléculas inorgánicas de composición simple que son disponibles para las plantas. (Restrepo, 2014)

La materia orgánica posee cargas positivas y negativas, dependiendo del pH, aunque por lo general es negativa. Por esto, el calcio, magnesio y fósforo se ligan electrostáticamente a la materia orgánica. Por consiguiente, la materia orgánica contribuye a la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de los suelos. (Restrepo, 2014)

2.3.3 Sustancias húmicas y sus beneficios

El humus es utilizado como sinónimo de materia orgánica, está conformado en su mayoría por carbono. No es una molécula en particular, sino, muchas de ellas que tienen en común un centro aromático rodeado de cadenas alifáticas, se puede definir como la parte final del proceso de descomposición de la necromasa de los suelos. (Restrepo, 2014)

Las sustancias húmicas son importantes porque ayudan a la granulación del suelo, mejoran su estructura y su porosidad. Son de color café, solubles en medios ácidos y alcalinos, con buena capacidad de intercambio catiónico y complejan el fósforo, cobre, zinc, manganeso y magnesio. Interfieren con los minerales del suelo y ayudan a la absorción de nutrientes en las plantas. (Restrepo, 2014)

Se obtienen a partir de cualquier material que contenga humus como el suelo, composta o lombricomposta y se someten a la acción de sustancias álcalis como NaOH o KOH. (Restrepo, 2014)

2.3.4 Aplicación de composta para obtención de materia orgánica y microorganismos

En la actualidad, se usan alternativas que permiten recuperar y conservar la actividad microbiana en el suelo, optimizando la producción y sin deteriorar el medio ambiente. Algunas de estas alternativas son el uso de abonos orgánicos, biofertilizantes, abonos verdes y coberturas. La aplicación de los mismos incrementa los contenidos de materia orgánica, favorecen el desarrollo radicular y la biomasa de los cultivos, así como la reducción de plagas y enfermedades de los mismos. (Restrepo, 2014)

2.3.5 Compostaje como una de las alternativas para la pérdida y desperdicio de alimentos.

Existen diferentes métodos para lograr reciclar y recuperar recursos valiosos del desperdicio de alimentos, como la biorefinería, digestión anaerobia, compostaje y biosecado. (Brenes Peralta, et al. 2021).

La composta es el resultado sólido del proceso biológico de transformación de restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable mediante la

acción de algunos microorganismos sobre la materia orgánica en condiciones controladas, y que sirve como abono para los cultivos. Para la elaboración de la composta se puede emplear cualquier materia orgánica con la condición que no se encuentre contaminado con metales pesados o altas poblaciones de microorganismos provenientes de heces fecales. Algunas materias primas se pueden obtener de restos de cosechas, abonos verdes, hojas y ramas picadas, deshechos de cocina, estiércol de animales, plantas marinas, algas y plantas acuáticas (Restrepo et al., 2014).

La degradación, en el caso de la composta, es solamente parcial y como resultado, la masa de desperdicio es reducida y estabilizada. Esto facilita el transporte y reduce las emisiones de gases que se tendrían sí solamente se acumulara el desperdicio sin el proceso de compostaje. Una vez obtenida la composta seca, se puede usar directamente como sustrato o como abono dependiendo de las características originales de los materiales utilizados. (Brenes Peralta, et al. 2021).

El uso de abonos orgánicos trae varios beneficios, debido a que, además de aportar materia orgánica humificada y nutrientes al suelo, se ha demostrado que influyen en el control, prevención y severidad de ataques de patógenos en el suelo. (Morón y Alayón, 2014).

Debido a la alta necesidad de rendimientos agrícolas, es necesario mantener un balance en la salud del suelo y sus nutrientes. Para esto, reciclar y reusar residuos orgánicos renovables para coincidir con el escenario es una prioridad en el presente. Hay varias fuentes de residuos orgánicos, desde estiércoles, residuos industriales y residuos municipales. Los residuos sólidos agrícolas son una de las principales fuentes para la generación de composta orgánica. Esto permite el reciclaje de nutrientes vegetales, así como un menor impacto en el medio ambiente local. (Byakodi y Babu, 2022).

El compostaje de residuos de alimentos juega un papel importante en la transición a una economía circular al reducir el volumen de desperdicio, promoviendo el reciclaje, protegiendo recursos primarios, promoviendo la regeneración agrícola. La composta

comunitaria es considerada una manera sustentable de manejar la fracción orgánica de desperdicio sólido en las ciudades. (Feodorov, et al. 2022)

El compostaje local tiene varios beneficios como bajo costo de recolección y transporte, bajo riesgo de contaminación, separación más efectiva de residuos, incremento de conciencia social sobre residuos orgánicos y usos múltiples de la composta resultante. (Feodorov, et al. 2022)

El uso sostenible de la composta como fertilizante en la agricultura o mejorador de suelo cumple las condiciones necesarias para obtener composta de calidad, protegiendo el suelo y el medio ambiente y aprovechando los efectos benéficos de la aplicación constante de composta. (Feodorov, et al. 2022)

2.4 El cultivo del tomate

2.4.1. Importancia del tomate

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.), es una de las hortalizas que encabeza la mayor producción por volumen y consumo a nivel mundial (CEDRSSA, 2020). En el 2020 se produjeron en el mundo 186,821,216 t, donde la mayor producción se concentró en los países de: China (34.67%); con 64,768,158 t y un rendimiento de 5.85 kg/m² , India (11.01%); con 20,573,000 t y un rendimiento de 2.53 kg/m² , Turquía (7.07%); con 13,204,015 t y un rendimiento de 7.26 kg/m² y Estados Unidos (6.54%); con 12,227,402 t alcanzando el mayor rendimiento de 11.07 kg/m² (FAO,2020).

En el 2020, México ocupó el noveno lugar de producción de tomate a nivel mundial, cubriendo el 2.21% con 4,137,342 t con un rendimiento promedio de 4.87 kg/m² , siendo la hortaliza de mayor producción (FAO, 2020). Es cultivada para atender la demanda nacional y de exportación, en el 2020 el volumen exportado alcanzó 1,662,000 ton y en el 2021 la mayor demanda se realizó en estos cuatro países: Estados Unidos, Canadá, Japón y Emiratos Árabes Unidos (SIAP, 2021).

2.4.2 Origen e historia

El tomate tiene su origen geográfico al oeste de América del Sur, desde el norte de Chile atravesando Perú hasta el norte de Ecuador, incluyendo las Islas Galápagos, donde se han encontrado los parientes silvestres del cultivo (Nakazato, Warren y Moyle, 2010; Gallo et al., 2011; Flores et al., 2017).

Se distribuyó por diferentes tipos de hábitats incluyendo el desierto de la costa del Pacífico a nivel del mar, los valles interandinos y las regiones montañosas andinas a una altitud de 3,300 msnm (Blanco et al., 2012). Continuó por el centro del continente americano, viajando hasta México (Nakazato, Warren y Moyle, 2010). Posteriormente, se extendió hacia el norte probablemente como maleza en la época precolombina, no fue domesticada hasta que llegó a México, y desde allí se difundieron las formas cultivadas (Pacheco, Chávez y Carrillo, 2014). Por lo que se ha considerado esta zona “centro de domesticación”, especialmente en los estados de Veracruz y Puebla (Saavedra, Figueroa, & Cauih, 2017).

2.4.3 Clasificación taxonómica

En 1753 Linneo clasificó al tomate cultivado como *Solanum Lycopersicum*, y en 1768, Miller, le asignó el género *Lycopersicon* y especie *Esculentum*, posteriormente se habitó el nombre de *Solanum Lycopersicum* L. (Fernández, Cámara y Quintela, 2007, citado en Antonio Hernandez, 2022).

La taxonomía actual se denomina: (Peralta, Spooner, y Knap, 2008; Mata, 2021):

- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Subclase: Asteridae

- Orden: Solanales
- Familia: Solanaceae
- Subfamilia: Solanoideae
- Género: Solanum
- Especie: Lycopersicum L.

2.5 .- Hábitos de crecimiento

Las plantas de tomate poseen hábitos de crecimiento que se clasifican en tres grupos: determinado (crecimiento limitado), semideterminado (crecimiento intermedio) e indeterminado (crecimiento potencialmente ilimitado), cada uno posee morfología distinta. (Monardes, 2009 citado en Antonio, 2022)

2.5.1.Determinado

Para manejar este tipo de cultivar, se dejan varios tallos que se van desarrollando al mismo tiempo, tales tallos suelen ser cortos y compactos, produciendo frutos por un periodo relativamente corto. (Escobar, 2009 citado en Antonio, 2022). La primera inflorescencia se desarrolla luego de producir de 7 a 12 hojas y los racimos florales suelen intercalarse entre cada hoja y en ocasiones hasta dos hojas. En la tercera o cuarta inflorescencia, el ápice terminal se diferencia en racimo floral (dependiendo de la variedad cultivada), cuando esto sucede, el crecimiento vegetativo puede continuar en los brotes axilares que inmediatamente se convierte también en reproductivo. Suelen cultivarse en campo abierto. (Iglesias, 2006 citado en Antonio, 2022)

2.5.2.- Semideterminado

La característica que lo distingue es que el crecimiento de sus tallos se interrumpe después de un número determinado de inflorescencias, generalmente en una etapa muy avanzada del ciclo del cultivo. (López-Marín, 2017)

2.5.3.- Indeterminado

Este tipo de plantas crecen vegetativa y reproductivamente a la par y dependiendo de la variedad, la primer inflorescencia aparece después de haber diferenciado entre 7 y 12 hojas y posteriormente intercalar un racimo floral entre cada dos, tres o cuatro hojas, lo cual depende de la interacción genotipo y fotoperiodo. (Iglesias, 2006; Escobar, 2009; Monardes, 2009 citado en Antonio, 2022). Los racimos florales se presentan en la parte lateral del tallo y el ápice terminal siempre se mantiene en crecimiento vegetativo, puede llegar a alcanzar longitudes de más de cinco metros. Los brotes axilares entre las hojas y el tallo se deben de podar para evitar su proliferación. (Escobar, 2009; Monardes, 2009 citado en Antonio, 2022). Son plantas perennes que pueden mantenerse por periodos muy largos de tiempo, es recomendable cultivarlos en invernadero y es necesario soportarlas por medio de tutores para mantenerlas erectas. (Iglesias, 2006; Escobar, 2009 citado en Antonio, 2022).

2.6 Morfología de la planta

2.6.1. Raíz

Posee una raíz pivotante, que puede llegar a profundidades de hasta tres metros si las condiciones son las adecuadas. De la raíz principal se desarrolla un sistema denso de raíces laterales fibrosas, que pueden alcanzar un radio de hasta 150 centímetros. Pueden desarrollarse raíces adventicias en los nudos de las partes inferiores del tallo y las ramas principales (Fornaris, 2007).

2.6.2. Tallo

Es levemente anguloso, color verde, semileñoso y con pilosidades simples y glandulares. Puede medir hasta cuatro centímetros de diámetro y se va haciendo más delgado en la parte superior. En el tallo se desarrollan hojas, brotes apicales e inflorescencias. Entre las hojas y el tallo se desarrollan los meristemos apicales donde se forman primordios

foliares y florales. (Escobar, 2009; Monardes, 2009; López-Marín, 2017 citado en Antonio, 2022).

En el inicio de su desarrollo posee porte erecto para después rastrear por el suelo, aparentemente es herbáceo, su epidermis posee pelos y debajo de la misma se ubica el córtex donde las células más externas contienen clorofila y son activas fotosintéticamente, también se encuentran los tejidos vasculares, como xilema y floema y el tejido medular.

El tallo, al principio tiene un porte erguido, 7 posteriormente rastrea por el suelo, tiene una apariencia herbácea, la cual está compuesta de epidermis con pelos, debajo de ella se encuentra el córtex cuyas células más externas tienen clorofila y son fotosintéticamente activas, cilindros vasculares (xilema y floema) y tejido medular (Escobar, 2009; López-Marín, 2017 citado en Antonio, 2022).

2.6.3. Hoja

La hoja, generalmente de color verde, está compuesta por siete a nueve folíolos alternos que miden de 4 a 60 mm por 3 a 40 mm, terminando en un solo folíolo en la parte apical (Escobar, 2009 y López Marín, 2017). Su hoja tiene dos superficies, es decir, es bifacial, la epidermis cubre el mesófilo, la superficie superior es llamada 'haz' y presenta pelos glandulares, la epidermis inferior es llamada 'envés' y posee bastantes estomas que se encargan del intercambio gaseoso (Nuez, 2001 citado en Antonio, 2022). Las hojas se encuentran en posición alterna con relación al tallo, pueden estar semierectas, horizontales o inclinadas. (Monardes, 2009).

Las primeras dos hojas poseen menor tamaño, menos folíolos, las posteriores pueden alcanzar hasta 50 centímetros de largo con un folíolo terminal grande y hasta ocho folíolos laterales. (Garza y Molina, 2008).

El hábito de crecimiento es lo que determina, principalmente, la frecuencia de aparición y el número de hojas por tallo. Generalmente, aparecen en intervalos de dos a tres días,

dependiendo del ambiente, aunque se puede potencializar con la irradiación diaria y la temperatura, que pueden permanecer constantes en óptimas condiciones ambientales. (Escobar, 2009).

2.6.4. Inflorescencia

Puede ser simple, bifurcada o ramificada. El número de flores puede variar y las flores van abriendo de forma secuencial dentro de un mismo racimo. (Fornaris, 2007). El racimo floral se forma cuando la primera flor se desarrolla en la yema apical y las demás se van disponiendo lateralmente por debajo de la primera; está compuesto por varios ejes y cada uno contiene una flor amarillo brillante (Monardes, 2009). El proceso de la floración es complejo y pueden intervenir varios factores, principalmente, el cultivar, la iluminación, la temperatura, la competencia con otros órganos del mismo individuo, la nutrición y las fitohormonas. (Nuez, 2001 citado en Antonio, 2022).

2.6.5 Flor

Es completa, actinomorfa y contiene un ovario súpero. La corola y el cáliz se componen de cinco o más sépalos pubescentes en el lado distal, poseen el mismo número de pétalos de color amarillo que componen una hélice. Los pétalos, sépalos y estambres están insertos en la base del estigma. Posee de cinco a seis estambres, que se sueldan por las anteras formando un cono estaminal que, envolviendo al gineceo, evita la polinización cruzada. El ovario puede ser bi o plurilocular (Monardes, 2009; López-Marín, 2017 citado en Antonio, 2022). El pedicelo es corto y curvado hacia abajo, con una zona de abscisión que se muestra como un engrosamiento en el medio. La flor posee un diámetro aproximado de dos centímetros (Fornaris, 2007 citado en Antonio, 2022). En las etapas previas de la fructificación y sucede la diferenciación y el desarrollo de la flor, debido a esto, los factores que intervienen en la floración influyen sobre la precocidad, rendimiento y calidad de los frutos (Nuez, 2001).

2.6.6. Fruto

El fruto es una baya bi o plurilocular de color amarillo, rosado o rojo por su contenido de licopina y carotina, en diferentes cantidades y proporciones. Dependiendo el cultivar, puede ser periforme, redondo o achatado, con superficie lisa o asurcada y su tamaño es muy variable (López Marin, 2017). El peso puede variar desde miligramos hasta 600 gramos. Está formado por el pericarpio, mesocarpio, endocarpio carnoso, placenta y las semillas (Monardes, 2009). A partir de la antesis, puede demorar hasta 70 días para la cosecha. Se constituye por aproximadamente 95% de agua y el restante es una mezcla de constituyentes orgánicos en su mayoría, los cuales dan las principales características al fruto como su sabor y textura. (Escobar, 2009 citado en Antonio, 2022).

2.6.7.- Semilla

La semilla tiene forma ovoide, es comprimida y de color pardo, con medidas de 5 x 4 x 2 mm, aproximadamente. Se conforma por el embrión, endospermo y la testa (López-Marín, 2017). El embrión es el que da lugar a las plantas adultas, se constituye por la yema apical y dos cotiledones, hipocotilo y radícula. El endospermo contiene la nutrición necesaria para la etapa inicial del embrión. La testa es la cubierta seminal que se conforma por un tejido duro e impermeable, recubierto de pelos que tienen la función de proteger el embrión y el endospermo. (Rodríguez-Manzano, 2019)

2.7 Requerimientos edafoclimáticos

El medio ambiente es el factor principal, compuesto por muchos otros factores, que determinan el índice de rendimiento y calidad del cultivo. (Antonio, 2022).

2.7.1. Temperatura.

En las plantas, la temperatura afecta la fotosíntesis, la respiración, división y crecimiento celular, interviene en las actividades enzimáticas, la capacidad de absorción de las raíces y la disponibilidad de los nutrientes en el suelo. (Antonio, 2022). Temperatura muy alta

provoca que los estomas se cierren, reduciendo la tasa de transpiración y la fotosíntesis, por lo que se reduce la tasa de transporte de nutrientes a través del xilema, por lo tanto se reduce también la producción de biomasa, lo que puede mermar la producción y/o calidad del fruto. (Mazuela, Acuña, Álvarez y Fuentes, 2010, citado en Antonio, 2022).

Según Saunders y Coto (2008) los rangos óptimos para el desarrollo del cultivo van de los 28° a los 30° C diurnos y de 15°-18° C nocturnos. Temperaturas más altas de 35° y menores a 10° C durante el período de floración provocan caída de flor y aborto del fruto, actualmente existen variedades resistentes a altas y bajas temperaturas.

2.7.2. Fotoperiodo y luminosidad

Las plantas responden de acuerdo a la duración de la luz en el día, es decir, responden al fotoperíodo. En el caso del tomate, el fotoperíodo es neutro, puede desarrollarse en fotoperíodo corto (menos de 14 horas de luz) y en fotoperíodo largo (mayor a 14 horas de luz). (Syngenta, 2010). Uno de los factores más importantes es la luz solar, por que es la energía que pone en marcha el aparato fotosintético. No obstante, no toda la radiación solar es aprovechable, el rango en el que los fotones incidentes tienen la capacidad de convertirse en energía en forma de ATP (adenosín trifosfato), es la Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR). Para conseguir el desarrollo óptimo del cultivo, es necesaria una longitud de onda de entre 400 y 700 nm, en este rango, los fotones se transfieren efectivamente a los productos fotosintetizadores lo que influye de manera directa el crecimiento y la calidad de los productos (Jarquín, 2013 citado en Antonio, 2022).

Según Carrillo et al. (2007), los valores de luminosidad bajos, afectan negativamente los procesos de la floración, la fecundación y el desarrollo de la planta en general. La relación entre la temperatura diurna, nocturna y la luminosidad, es un factor determinante en el período vegetativo.

La luz solar, según Corpeño (2004), es un factor determinante para el crecimiento de la planta debido a que se genera por la fotosíntesis, que es funcional solamente cuando la luz es absorbida por la clorofila en las partes verdes de las plantas, principalmente en las hojas, por lo que los días soleados y sin interferencias de nubes estimulan el crecimiento y desarrollo del cultivo.

2.7.3. Humedad relativa

La humedad relativa es de suma importancia y el rango óptimo va del 50% al 60 %, según Garza y Velásquez (2008). Cuando es menos a este rango puede presentarse aborto floral y cuando es mayor, hay probabilidad de infección por hongos y bacterias.

Según Olvera y Rodriguez (2016), humedades relativas altas, promueven el desarrollo de enfermedades en las partes aéreas, agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación por que el polen se compacta, produciendo aborto floral. El problema de rajado del fruto puede originarse por un exceso de humedad en el suelo, o riegos pesados intercalados con periodos de estrés hídrico.

2.7.4. Riego

El riego es la aplicación suficiente, oportuna, eficiente y uniforme de agua a un suelo para reponer el agua que las plantas han consumido durante un tiempo determinado. Su propósito es crear un ambiente adecuado en la zona de las raíces para que las plantas rindan a la máxima producción. Se considera un buen riego no al agua que moja uniformemente la superficie del suelo, sino al que moja adecuadamente el perfil del suelo donde se encuentra la totalidad de las raíces (Jaramillo et al., 2011). La cantidad de agua que se aplica al cultivo del tomate es variable y depende de diferentes factores como: las condiciones climáticas del lugar, tipo de suelo, estado de desarrollo del suelo. Como recomendaciones generales, el primer riego se debe realizar inmediatamente después del trasplante de las plántulas para luego aplicar riegos periódicamente. Los riegos no deben de ser realizados en las horas centrales, debido a que la evaporación del agua

umenta la humedad relativa lo que puede generar enfermedades en la planta (Jaramillo et al.,2006).

2.7.5. Suelo

Las condiciones extremas de suelos muy arenosos y arcillosos, según Estela et al (2009), no se aconsejan. Más bien se recomiendan suelos con textura media y tendencia arcillosa para favorecer la calidad organoléptica. Los límites de reacción de pH van desde 5 hasta 8. Se debe procurar un suelo bien ventilado, trabajado y nivelado para tener un buen drenaje de agua y prevenir enfermedades fúngicas.

El tomate es muy noble en cuanto a requerimientos del suelo, a excepción de la tendencia a encharcamientos. La profundidad debe de ser suficiente para desarrollar un buen sistema radicular. La textura puede ser casi cualquiera. Se recomienda evitar suelos pesados y mal estructurados. (Arostegui, 2005)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del experimento

El experimento se realizó a campo abierto en el terreno de 'Forrajera La Aurora', ubicado en La Aurora, Saltillo, Coahuila, México. Con coordenadas 25°44'85.72" Latitud Norte 100°91'97.28" Longitud Oeste, a una altitud de 1678 msnm. Se utilizaron contenedores de 15 litros, con una estructura de carrizo para el tutoreo.

3.2.- Material vegetal y establecimiento del experimento

Se utilizó semilla de tomate tipo Roma 3748 determinado de la marca Ezra Zaden Quality Seeds. La germinación se llevó a cabo el 12 de julio de 2022, en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando una mezcla de sustrato de 60% peat moss, 20% perlita y

20% composta. El trasplante se realizó el 16 de agosto de 2022, a una planta por contenedor, separación de 30 cm entre contenedores.

Se instaló una estructura de carrizo como guía y tutor para las plantas. Al ser plantas determinadas y no necesitan de podas de estructura, las plantas iban sujetándose a la estructura tipo espaldera.

3.3 Elaboración de composta.

Para elaborar composta se pueden emplear diferentes materiales orgánicos con las condiciones de que no tengan materiales pesados ni altas poblaciones de microorganismos que provengan de heces fecales. Comúnmente se obtienen de restos de cosechas, residuos de jardinería, hojarasca, ramas picadas, residuos de cocina, estiércol de animales de granja, plantas marinas y acuáticas y algas. (Restrepo, 2014)

Para elaborar una buena composta, se debe de tener en cuenta la humedad que inicialmente es superior al 60%, debemos de buscar la manera de equilibrarlo para llegar al 40-55%. (Restrepo, 2014)

También se debe de tomar en cuenta la temperatura, que puede ser manejada de acuerdo a los objetivos del productor. Las temperaturas que optimizan la sanidad del producto son mayores a 55° , las temperaturas entre 45° y 55° aumentan la velocidad de descomposición y las menores a 45° estimulan la diversidad de microorganismos y disminuyen la utilización del nitrógeno. Siendo la temperatura ideal entre 40 y 50° (Restrepo, 2014).

Se debe de procurar que el proceso sea aeróbico, es decir, en presencia de oxígeno por lo que hay que airear la composta constantemente. La concentración de este elemento depende de los materiales utilizados, la textura, humedad y la frecuencia de la aireación, es decir, el número de volteo del material. Siendo el nivel óptimo de oxigenación del 5%. (Restrepo, 2014)

El pH ideal oscila entre el 6 y 8. Debido a que los hongos toleran un pH entre 5 y 8 y las bacterias de 6 a 7.5 (Restrepo, 2014)

La relación carbono/nitrógeno, se considera inicialmente de 20/35. El nitrógeno es esencial para la síntesis de las proteínas y el carbono es el recurso de energía para los microorganismos (Restrepo, 2014).

Se debe de escoger un lugar adecuado que cuente con buen drenaje y espacio que facilite el volteo, seleccionar los materiales que se tengan a la mano para construir una pila en forma piramidal con una mezcla rica en celulosa, lignina (podas, hojarasca, pajas) y en carbohidratos (residuos de hortalizas y frutas), también debe de agregarse estiércol o restos de matadero. (Restrepo, 2014)

Se deben de realizar volteos frecuentes para garantizar la oxigenación, estos volteos se inician después de 15 días de construida la pila y se repiten 2 o 3 veces cada dos semanas. Es importante mantener la humedad adecuada, sin dejar que esté demasiado húmeda o apelmazada, ni tampoco demasiado seca, esto provoca que se pierda la actividad microbial. Para esto, el nivel de humedad debe oscilar entre 40-60%, para evaluarlo se puede tomar un puño de composta y apretarlo, no debe de escurrir más de dos gotas de agua. (Restrepo, 2014).

La temperatura se debe medir cada 15 días, oscilando, idealmente, entre 45°-60° C. (Restrepo, 2014).

De acuerdo a las condiciones climáticas, se debe esperar tres meses o menos, para obtener composta de buena calidad. Es recomendable medir la relación C/N en el laboratorio para garantizar la calidad. (Restrepo, 2014).

3.3.1 Problemas que pueden presentarse en la elaboración de composta.

Uno de los problemas más comunes es la presencia de moscas, que se puede disminuir con el volteo frecuente y con ayuda de control biológico o trampas eléctricas. (Restrepo, 2014).

También puede presentarse la presencia de olores, que es proporcional a la presión de vapor, que aumenta hasta 103 veces cuando la temperatura pasa de los 20° a los 60° C. Los olores se deben, generalmente, a la reducción del proceso de descomposición. Es posible controlar los malos olores manteniendo una buena oxigenación. Otra manera de reducirlos es cubriendo el material con composta vieja, aserrín, carbón molido o cal en pequeñas cantidades. (Restrepo, 2014).

Los lixiviados pueden ser un problema si no se tiene un sistema de captación, para eso es necesario construir tanques de sedimentación. Las lixiviaciones pueden contaminar aguas subterráneas con nitratos, sobre todo si se trabaja con excretas de animales. (Restrepo, 2014).

3.3.2 Calidad de la composta

Los laboratorios de suelos han optado por analizar la composta con digestión total, para obtener información sobre el contenido total de nutrientes. No obstante, este tipo de análisis sobreestima los nutrientes disponibles a corto plazo, debido a que las tasas de liberación son más lentas. (Restrepo, 2014).

Las maneras más comunes para determinar la calidad de la composta final en el laboratorio son el contenido total de nutrientes por digestión total de materia orgánica (donde se trata como una muestra foliar); el contenido disponible de nutrientes, donde se utilizan soluciones extractoras para simular la capacidad de absorción de las plantas y así determinar los nutrientes disponibles a corto plazo; los indicadores de humificación, el humus derivado del compostaje se puede extraer con álcalis como hidróxido de sodio o pirofosfato sódico y se puede medir por oxidación de su carbono, el carbono húmico se llama tasa de extracción; por último, la prueba de fitotoxicidad, que se evalúa a través

de la germinación de semillas, elongación de raíces y/o midiendo el crecimiento de plántulas en la composta o adherido al suelo. (Restrepo, 2014).

IV. METODOLOGÍA

4.1. Diseño experimental

El diseño experimental bajo el que se desarrolló el experimento fue el de bloques completamente al azar (Mead et al., 2003), considerando cuatro tratamientos con doce repeticiones en las que un contenedor o maceta de polietileno de 15 kg de peso fue considerado una repetición, resultando un total de 48 unidades experimentales. Los tratamientos (sustratos) evaluados fueron:

- T1 $\frac{1}{3}$ composta de estiércol de borrego, $\frac{1}{3}$ vermicomposta, $\frac{1}{3}$ composta de rastrojo de maíz
- T2 $\frac{1}{4}$ composta de residuos orgánicos de alimentos, $\frac{1}{4}$ composta de estiércol de borrego, $\frac{1}{4}$ vermicomposta, $\frac{1}{4}$ composta de rastrojo de maíz
- T3 $\frac{1}{2}$ composta de residuos orgánicos de alimentos, $\frac{1}{6}$ composta de estiércol de borrego, $\frac{1}{6}$ vermicomposta, $\frac{1}{6}$ composta de rastrojo de maíz
- T4 $\frac{3}{4}$ composta de residuos orgánicos de alimentos, $\frac{1}{12}$ composta de estiércol de borrego, $\frac{1}{12}$ vermicomposta, $\frac{1}{12}$ composta de rastrojo de maíz

4.2 Elaboración de sustratos

Las mezclas de sustratos se formularon en base a volumen, utilizando cubetas de 19 litros, cuidando las proporciones para cada tratamiento. Quedando la composición de los sustratos de la siguiente manera:

Tabla 1. Composición de mezclas de sustratos orgánicos según tratamiento

	CRO	VC	CEB	CR
Testigo	0	1/3	1/3	1/3
T2	1/4	1/4	1/4	1/4
T3	1/2	1/6	1/6	1/6
T4	3/4	1/12	1/12	1/12

Donde CRO: composta de residuos orgánicos; VC: vermicomposta; CEB: Composta de estiércol de borrego; CR: Composta de rastrojo.

4.3 Producción de compostas para las mezclas

Para este experimento se produjeron todos los sustratos utilizados, que son distintos tipos de composta.

4.3.1 Composta de residuos orgánicos de alimentos.

Esta composta se logró a través de un programa de recolección semanal o quincenal en la ciudad de Saltillo. Donde 70 familias están inscritas y se recolectan los residuos orgánicos de alimentos que se generan en la cocina de sus hogares.

Una vez obtenidos, se hace una composta con una parte de los residuos, por una parte de estiércol de borrego (previamente compostado por 6 a 18 semanas), y una parte de rastrojo (paja) compostado por 4-6 meses.

Quedando su composición final:

- $\frac{1}{3}$ residuos orgánicos

- $\frac{1}{3}$ composta de estiércol de borrego
- $\frac{1}{3}$ composta de rastrojo

Luego, se airea cada 2 o 3 días en la primera fase (termófila) y luego reduciendo la frecuencia conforme baja la temperatura y entra en su etapa de maduración.

4.3.2 Vermicomposta

Esta composta se obtuvo con una parte de estiércol de borrego madurado por 5 meses, combinado por una parte de residuos orgánicos (sin cítricos, cárnicos, lácteos, chile, ajo, cebolla) y otra parte de composta de rastrojo madurada por 3 meses. Añadiendo lombrices californiana (*Eisedia Fetida*) hasta obtener la materia degradada, llamada hummus. Se obtuvo en aproximadamente 6 semanas. Para este tipo de composta no es necesario airear, las lombrices se encargan de la dinámica de la misma.

4.3.3. Composta de estiércol de borrego

Esta composta está compuesta solamente por estiércol de borrego, aireando frecuentemente hasta reducir su temperatura y estabilizar. Se humedece frecuentemente para favorecer su descomposición. Al final quedan gránulos finos, sin olor a amoníaco.

4.3.4 Composta de rastrojo

Se obtuvo solamente dejando reposar el rastrojo y humedeciendo hasta lograr su descomposición.

Tabla 2. Composición de los diferentes tipos de compostas utilizados en este experimento

	Composta de residuos orgánicos	Vermicomposta	Composta estiércol de borrego	Composta de rastrojo
Residuos orgánicos	1/3	1/3*	0	0
Composta estiércol de borrego	1/3	1/3	1	0
Composta de rastrojo	1/3	1/3	0	1

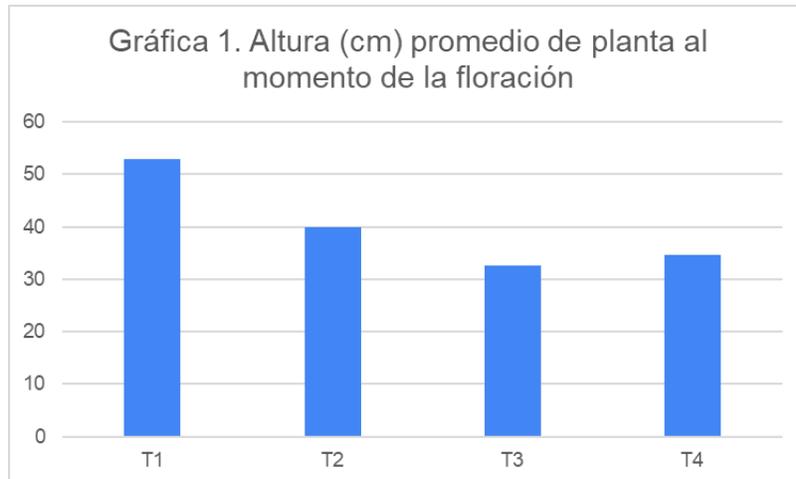
*Sin añadir material orgánico de tipo cárnico o lácteo, ni material vegetal de chiles, ajo, cebolla o cítricos.

4.4 Riego

La irrigación se dio de acuerdo a la demanda del cultivo, debido a que se realizó en cielo abierto. Se regó de 3 a 5 veces por semana dependiendo de la temperatura y humedad aparentes, aplicando 2-5 litros de agua por planta.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Altura de la planta en centímetros al momento de la floración

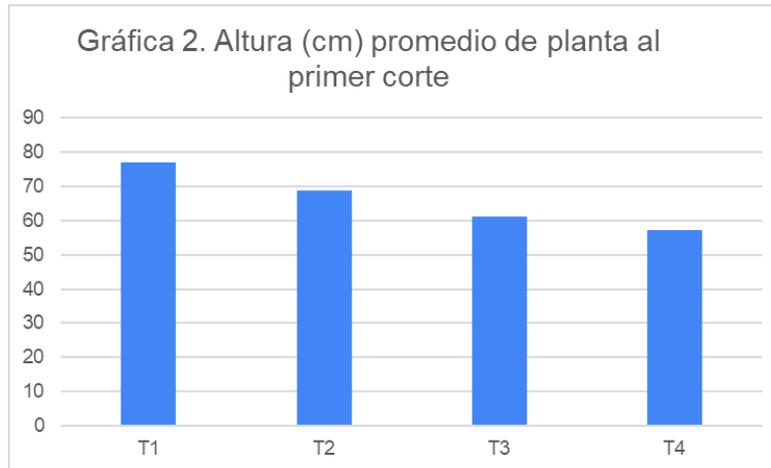


En la gráfica 1, se observa que la altura mayor por tratamiento es el tratamiento 1 (vermicomposta, composta de estiércol de borrego y composta de rastrojo).

Los resultados en la prueba ANOVA indican una diferencia significativa entre los promedios de los cuatro tratamientos con $p < 0.001$.

La prueba de Tukey, muestra que todas las combinaciones de tratamientos son diferentes significativamente excepto por T3 y T4. Por lo tanto, podemos concluir que el tratamiento 1 tiene la mayor altura al momento de la floración, seguido por T2, T4 y T3.

5.2 Altura de la planta al primer corte



En la gráfica 2 se muestra la altura promedio de la planta al primer corte. El análisis ANOVA muestra que hay una diferencia significativa entre los cuatro tratamientos, asumiendo el nivel de significancia de 0.05.

El análisis de la prueba de Tukey muestra que los tratamientos T1 y T2 no son significativamente diferentes pero los tratamientos T1 y T3, T1 y T4, T2 y T3 y T3 y T4 sí son significativamente diferentes entre ellos. El tratamiento 1 tiene la mayor y el tratamiento 4 tiene la menor altura promedio.

Es posible que la mayor altura obtenida haya resultado en el tratamiento 1 debido a que la composición de la mezcla de sustrato sea alta en contenido de nitrógeno, elemento esencial para el desarrollo vegetativo de las plantas.

5.3 Peso del fruto del primer corte por tratamiento, repetición y fruto



La prueba de Tukey muestra que hay una diferencia significativa entre los Tratamientos 3 y 2, y también entre los tratamientos 4 y 2 pero no en ningún otro par de tratamientos en comparación. El tratamiento 4 es el que muestra mayor peso promedio. el tratamiento con $\frac{3}{4}$ de volumen de composta térmica.

Es posible que en esta variable se haya obtenido mayor peso promedio en el fruto fresco debido a que la composta térmica posee más diversidad de nutrientes por el contenido de materiales diferentes con los que se elabore.

6. Conclusiones

De los resultados obtenidos de este experimento y de la interpretación de los mismos se puede concluir lo siguiente:

- A. El tratamiento que mayor altura obtuvo al momento de la floración y al momento del primer corte fue el tratamiento 1, el tratamiento testigo cuya mezcla consistía en vermicomposta, composta de estiércol de borrego y composta de rastrojo.

- B. El tratamiento cuyo mayor peso tuvo en los frutos del primer corte fue el tratamiento 4, cuya mezcla consistió en 75% de composta térmica y el 25% restante de vermicomposta, composta de estiércol de borrego y composta de rastrojo en partes iguales.

Se puede concluir que la composta térmica, al tener más diversidad de materiales en su elaboración, contiene más elementos minerales que favorecen la producción de frutos, más no hay una diferencia significativa en la producción vegetativa de las plantas.

Aunque el peso promedio de los frutos fue muy por debajo del promedio, se considera aceptable para el fin de este experimento debido a que no se aplicó fertilización adicional a los sustratos elaborados, es posible que utilizando las compostas en cultivo directamente en el suelo se muestren mejores resultados o al aplicar fertilización adicional en el cultivo en contenedor.

La hipótesis: es posible cultivar tomate de calidad a cielo abierto con sustratos orgánicos, queda descartada sin la fertilización, debido a que el tomate producido en este experimento no cumple con los requisitos de calidad. Sin embargo, el uso de este tipo de sustratos puede ser muy viable al utilizar fertilización de tipo orgánica, ie. Lixiviado de lombriz, guano de murciélago, roca fosfórica, harina de hueso de pescado, tierra de diatomeas, etc.

7. LITERATURA REVISADA

Akansha Singh. (2020). *Organic and Conventional Agriculture*. Delve Publishing.

Aróstegui, D. U. (2005). "El Tomate (Manual para su cultivo en agricultura ecológica." Ekonekazaritza.

Byakodi, A. S., & Babu, B. T. S. (2022). Effective Utilization of Stabilized Spent Wash Bio-Compost for Tomato Crop and Comparison of its Yield with Commercial Composts. *Nature Environment & Pollution Technology*, 21(2), 509–516.

<https://doi.org/10.46488/NEPT.2022.v21i02.009>

Brenes-Peralta, L., Jiménez-Morales, M. F., & Campos-Rodríguez, R. (2021). Food waste valorization through composting and bio-drying for small scale fruit processing agro-industries. *Ingeniería y Competitividad*, 23(1), 2–14.

<https://doi.org/10.25100/iyc.23i1.9623>

Carrillo, M., R. Hernández, et al. (2007). "Agro cadena de Tomate".

Corpeño, B. (2004). "Manual Del Cultivo De Tomate". IDEA.

Cruz-Lázaro, Efraín de la , & Sánchez-Hernández, Rufo , & Martínez-Moreno, Eusebio , & Gómez-Vázquez, Armando , & Osorio-Osorio, Rodolfo , & Lozano del Río, Alejandro J. (2010). USO DE COMPOSTAS Y VERMICOMPOSTAS PARA LA PRODUCCIÓN DE TOMATE ORGÁNICO EN INVERNADERO. *Interciencia*, 35(5),363-368.[fecha de Consulta 3 de Octubre de 2022]. ISSN: 0378-1844. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33913153008>

Cruz-Lázaro, E. D. L., Estrada-Botello, M., Robledo-Torres, V., Osorio-Osorio, R., Márquez-Hernández, C., & Sánchez-Hernández, R. (2009). PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO CON COMPOSTA Y VERMICOMPOSTA COMO

SUSTRATO. Universidad y Ciencia, 25(1),59-67.[fecha de Consulta 8 de Marzo de 2023]. ISSN: 0186-2979. Recuperado de:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15416335004>

Escobar, H. (2009). Manual de producción de tomate bajo invernadero. (H. Escobar, & R. Lee, Edits.) Republica de Colombia: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
FAO. (2020). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de FAOSTAT: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>

Food Loss and Waste, Nutrition. 2019. FAO. [https://www.fao.org/nutrition/capacity-development/food-loss-and-waste/en/#:~:text=Across%20the%20globe%2C%20approximately%2014,levels%20\(U NEP%2C%202021\).](https://www.fao.org/nutrition/capacity-development/food-loss-and-waste/en/#:~:text=Across%20the%20globe%2C%20approximately%2014,levels%20(U NEP%2C%202021).)

Feodorov, C., Velcea, A. M., Ungureanu, F., Apostol, T., Robescu, L. D., & Cocarta, D. M. (2022). Toward a Circular Bioeconomy within Food Waste Valorization: A Case Study of an On-Site Composting System of Restaurant Organic Waste. *Sustainability* (2071-1050), 14(14), N.PAG. <https://doi.org/10.3390/su14148232>

Fernández, V., Cámara, M., & Quintela, J. C. (2007). Ingredientes bioactivos de tomate: el licopeno. *Nutrición clínica y dietética hospitalaria*, 27(3), 36-40.

Flores, L. A., Lobato, R., García, J. J., Molina, J. D., Sargerman, D. M., & Velasco, M. d. (2017). Parientes silvestres del tomate como fuente de germoplasma para el mejoramiento genético de la especie. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40(1), 83-91.

Garza, A. M., y M. Molina – Velázquez. (2008). Manual para la producción de tomate en invernadero en suelo en el estado de Nuevo León. México. 183p.

Iglesias, N. (2006). Producción de hortalizas bajo cubierta: Estructura y manejo de cultivo para la Patagonia Norte (tercera ed.). (C. Bellés, Ed.) Centro Regional Patagonia Norte: INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria).

Jaramillo, N., J. E. Rodríguez, V. P. Aguilar, A., P. A. 2016. Factores climáticos y su influencia en la producción de tomate.

Jaramillo. J., Rodríguez, V., P., Guzmán M., A., Zapata M., A. 2006. El cultivo de tomate Bajo Invernadero (*Lycopersicon Esculentum* Mill) Boletín Técnico 21 (CORPOICA) Centro De Investigación La Selva Rionegro, Paginas 48, Antioquia, Colombia. Pag. 27-30.

Kumar, R., Chadha, S., Upadhyay, R. G., Sharma, G. D., & Kanwar, S. (2021). Evaluation of Different Enriched Composts under Protected Organic Farming in Capsicum-pea based Cropping System. *Legume Research: An International Journal*, 44(8), 929–935. <https://doi.org/10.18805/LR-4300>

López-Marín, L. M. (2017). Manual técnico del cultivo del tomate: *Solanum lycopersicum*.

Mata, E. (2021). Utilización de una colección de germoplasma de tomate para la identificación de genes de interés. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.

Morón, Alejandro y José Armando Alayón. 2014. Productividad del cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) con manejo orgánico o convencional en Calakmul, Campeche, México. *Redalyc*. 18.Pp. 35-40. Disponible en: <http://www.uco.mx/revaia/portal/pdf/2014/sept/2.pdf> .

Monardes, H. (2009). 2. Características Botánicas. En V. Escalona, P. Alvarado, H. Monardes, C. Urbina, & A. Martín, Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (págs. 10-12). Facultad de CS. Agronomicas, Universidad de Chile

Nakazato, T., Warren, D. L., & Moyle, L. C. (2010). Ecological and geographic modes of species divergence in wild tomatoes. *American Journal of Botany*, 97(4), 680–693.

Gallo, M., Rodríguez, G. R., Zorzoli, R., & Pratta, G. R. (2011). Ligamiento genético entre variables asociadas a calidad del fruto de tomate y polipéptidos expresados en dos estados de madurez. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 43(2), 145-156.

Nuez F. (2001). *El cultivo del tomate*. Primera edición. reimp. Madrid, Mundi-Prensa. Pag:793.

Olvera-Rodríguez, V. (2016). *Invernadero hidropónico automatizado en riego, con monitoreo de pH, conductividad eléctrica y control de variables climáticas*. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de la Ciudad de México, Colegio de Ciencia y Tecnología: Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Electrónicos Industriales, Ciudad de México

Palacio-Rodríguez, R. ., Nava-Reyes, B. ., Sánchez-Galván, H. ., Quezada-Rivera, J. J. ., & Sáenz-Mata, J. . (2022). Efecto de la inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal de tomate en condiciones de casa sombra comercial. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 13(28), 231–242.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3278>

Peralta, I. E., Spooner, D. M., & Knap, S. (2008). Taxonomy of wild tomatoes and their relatives (*Solanum* sect. *Lycopersicoides*, sect. *Juglandifolia*, sect. *Lycopersicon*; *Solanaceae*). *Systematic botany monographs*, 84, 1-186.

Acevedo-Alcalá, P., J. Cruz-Hernández, y O. Taboada-Gaytán. 2020. Abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales y fertilización química en la producción de plántula de chile poblano. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 43(1):35-44.

Villanueva, Oscar Gilberto, Betancourt Chaidez, Beatriz, Uribe Soto, José Natividad, Efecto del té de compost en tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Tecnológico Nacional de México, Durango, 2020.

<https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/3905>

García Hernández, David , & Navarro Cortez, Merle C. , & Vázquez Vázquez, Pedro , & García López, Martina Z. (2015). EFECTO DE LA COMPOSTA Y TÉ DE COMPOSTA EN EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE TOMATE (*LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL.) EN INVERNADERO. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 36(),1351-1356.[fecha de Consulta 27 de Septiembre de 2022]. ISSN: 1405-9282.

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14132408020>

Pacheco, I. A., Chávez, ,. J., & Carrillo, J. C. (2014). Relación entre variación ecológica-orográfica y variabilidad morfológica de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Oaxaca. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 1(1), 28-39.

Rodríguez Dimas, Norma, Cano Ríos, Pedro, Figueroa Viramontes, Uriel, Favela Chávez, Esteban, Moreno Reséndez, Alejandro, Márquez Hernández, Cándido, Ochoa Martínez, Esmeralda, & Preciado Rangel, Pablo. (2009). Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 319-327.

Recuperado en 03 de octubre de 2022, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792009000400006&lng=es&tlng=es.

Rodríguez-Manzano, M. T. (2019). Evaluación de líneas de mejora de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) de la pera en distintas condiciones de cultivo. Tesis de maestría, Universidad Miguel Hernandez del Elche , Ingeniería agronomica.

Restrepo, J.M., Gómez, J., Escobar, R. (2014). Utilización de los residuos orgánicos en la Agricultura. FIDAR-Fundación para la investigación y desarrollo agrícola.

Riley, G. L. (2016). *Food Waste : Practices, Management and Challenges*. Nova Science Publishers, Inc.

de la Cruz-Lázaro, E, Estrada-Botello, MA, Robledo-Torres, V, Osorio-Osorio, R, Márquez-Hernández, C, &

Saavedra, T. M., Figueroa, G. A., & Cauih, J. G. (2017). Origin and evolution of tomato production *Lycopersicon esculentum* in México. *Ciência Rural*, 47(3), 1-8.

Sánchez-Hernández, R. (2009). Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y ciencia*, 25(1), 59-67. Recuperado en 03 de octubre de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792009000100004&lng=es&tlng=es.

SIAP. (2020). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Obtenido de Avance de siembra y cosecha : https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/

SIAP. (2021). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Obtenido de Escenario mensual de productos agroalimentarios. Tomate rojo (Jitomate).: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/621464/Escenario_Tomate_rojo__Jitomate__feb_2021.pdf

Macías Duarte, Rubén, Grijalva Contreras, Raúl Leonel, Robles Contreras, Fabián, López Carvajal, Arturo, & Núñez Ramírez, Fidel. (2020). Respuesta de la composta sobre la fertilidad, humedad del suelo, contenido nutrimental en hojas y productividad en olivo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(8), 1879-1890. Epub 13 de diciembre de 2021. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i8.2141>

8. Anexos

Tabla 3. Altura de la planta al momento de floración.

	T1	T2	T3	T4
R1	46	43	22	37
R2	52	46	32	42
R3	65	50	39	26
R4	56	27	27	33
R5	66	28	29	48
R6	54	49	30	42
R7	53	51	28	31
R8	57	47	40	23
R9	48	43	41	44
R10	49	23	47	26
R11	35	33	24	28
R12	43	49	31	30
Altura promedio	52.81818182	40	32.63636364	34.54545455

Tabla 4. Altura de la planta (cm) al primer corte.

	T1	T2	T3	T4
R1	67	66	47	53
R2	69	71	55	68
R3	87	84	70	42
R4	74	-	65	65

R5	89	53	53	71
R6	88	78	68	62
R7	73	79	60	62
R8	72	74	75	49
R9	76	76	61	62
R10	75	51	75	45
R11	-	56	44	49
R12	71	79	-	55
Altura promedio	77	68.8	61.18181818	57.09090909

Tabla 5. Pesos de frutos (gr) del primer corte del Tratamiento 1

T1	Fruto 1	Fruto 2	Fruto 3	Fruto 4
R1	60.72	71.21	66.87	61.53
R2	61.89	65.82	62.41	61.03
R3	70.34	63.41	65.82	72.99
R4	67.25	61.61	71.21	63.82
R5	69.87	61.53	72.99	61.54
R6	67.09	61.16	61.47	61.82
R7	60.09	61.03	63.82	61.33
R8	68.9	62.41	68.82	62.16
R9	61.57	66.87	68.24	67.29
R10	64.56	58.79	69.07	63.11
R11	-	-	-	-
R12	67.56	59.08	61.5	66.4
Peso promedio	65.44	62.99272727	66.56545455	63.91090909

Tabla 6. Pesos de frutos (gr) del primer corte del Tratamiento 2

T2	F1	F2	F3	F4
R1	61.49	69.21	66.87	61.53
R2	63.24	61.02	62.41	61.03
R3	71.57	61.23	65.82	72.99
R4	-	-	-	-
R5	61	63.21	72.99	61.54
R6	61.97	64.52	61.47	61.82
R7	74.34	62.35	63.82	61.33
R8	61.06	67.26	68.82	62.16
R9	61.56	65.32	68.24	67.29
R10	61.89	62.32	69.07	63.11
R11	61.53	61.32	-	-
R12	59.63	68.95	61.5	66.4
Peso promedio	63.57090909	64.24636364	66.101	63.92

Tabla 7. Pesos de frutos (gr) del primer corte del Tratamiento 3

T3	F1	F2	F3	F4
R1	61.73	62.41	61.03	61.82
R2	63	66.87	61.16	61.57
R3	65.45	63.94	61.53	62.03
R4	64.87	69.12	61.61	61.54
R5	67.12	61.28	63.41	62.16

R6	61.23	64.5	65.82	65.64
R7	71.62	73.52	71.21	71.23
R8	73.98	61.99	72.99	72.56
R9	61.09	61.27	61.47	61.5
R10	75	63.87	63.82	69.07
R11	69.38	61.57	68.24	62.32
R12	-	-	-	-
Peso promedio	66.77	64.57636364	64.75363636	64.67636364

Tabla 8. Pesos de frutos (gr) del primer corte del Tratamiento 4

T4	F1	F2	F3	F4
R1	62.87	62.53	62.74	64.19
R2	63.36	62.32	62.98	64.53
R3	64.49	62.15	63.12	65.21
R4	65.23	61.96	63.33	65.55
R5	66.12	61.93	63.46	65.72
R6	67.81	61.89	63.72	65.89
R7	68.93	61.89	63.86	66.06
R8	69.75	61.34	64.02	66.23
R9	70.5	61.03	64.19	66.4
R10	71.36	76	64.36	66.57
R11	72.12	75.23	64.53	66.74
R12	73.98	74.16	64.7	66.91
Peso promedio	68.04333333	65.2025	63.75083333	65.83333333