

CRIA Occidente
Cadena de Tomate

**Sustratos locales para la producción de pilones de tomate
(*Solanum lycopersicum L.*), en dos localidades del departamento de
San Marcos.**



Ing. Agr. Leonel Alfredo Orozco
(Investigador Principal)

Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón
(Investigador Asociado)

Greta Ivania Angel Castillo
(Investigador auxiliar)

San Marcos, abril del 2019



CRIA Occidente
Cadena de Tomate

SUSTRATOS LOCALES PARA LA PRODUCCIÓN DE PILONES DE TOMATE (*Solanum lycopersicum L.*), EN DOS LOCALIDADES DEL DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.

Autores:

Ing. Agr. Leonel Alfredo Orozco
(Investigador Principal)

Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón
(Investigador Asociado)

Greta Ivania Angel Castillo
(Investigador auxiliar)

San Marcos, abril del 2019





Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). El contenido de esta publicación es responsabilidad de sus autores y de las instituciones a las que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan.

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

CRIA	Consortios Regionales de Investigación Agropecuaria
CUSAM	Centro Universitario de San Marcos
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Guatemala
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala
MMS	Microorganismos de Montaña Sólidos
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Por sus siglas en inglés, United States Department of Agriculture)

Índice de cuadros

Índice de gráficas

RESUMEN

ABSTRACT

	PÁGINA
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
3. OBJETIVOS	19
4. HIPÓTESIS	20
5. METODOLOGÍA	21
5.1. Descripción de las unidades de investigación	21
5.2. Tamaño de unidad experimental	22
5.3. Diseño experimental	22
5.4. Distribución del experimento	22
5.5. Tratamientos	23
5.6. Modelo estadístico	24
5.7. Variables de respuesta	24
5.8. Manejo del experimento	26
5.9. Análisis de información	27
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	28
6.1. Análisis de fertilidad de los sustratos evaluados	28
6.2. Análisis de resultados en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná	30
6.3. Análisis de resultados en la localidad de aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos	47
6.4. Análisis económico	64
7. CONCLUSIONES	68
8. RECOMENDACIONES	70
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
10. ANEXOS	73

INDICE DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1	Extracción de nutrientes del cultivo de tomate en fase de pilón.	15
Cuadro 2	Tratamientos experimentales	23
Cuadro 3	Escala de calidad de adobe utilizada en la evaluación de sustratos	25
Cuadro 4	Características físicas y químicas de los sustratos evaluados para la producción de pilones de tomate.	28
Cuadro 5	Análisis de varianza para la variable % de germinación, San Pablo Toaca del municipio de Tacaná	31
Cuadro 6	Prueba de medias de Tukey al 5 % , porcentaje de germinación, San Pablo Toaca del municipio de Tacaná	31
Cuadro 7	Análisis de varianza para la variable altura de planta, San Pablo Toaca del municipio de Tacaná	33
Cuadro 8	Prueba de medias de Tukey para la variable altura de planta en el cultivo de tomate, en la localidad de San Pablo Toaca del municipio de Tacaná	34
Cuadro 9	Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo, San Pablo Toaca del municipio de Tacaná	36
Cuadro 10	Prueba de medias de Tukey para la variable diámetro del tallo, San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná	36
Cuadro 11	Análisis de varianza para la variable calidad de adobe, San Pablo Toaca del municipio de Tacaná	38
Cuadro 12	Prueba de medias de Tukey para la variable calidad de adobe, San Pablo Toaca del municipio de Tacaná	38
Cuadro 13	Análisis de varianza para la variable Número de hojas en el cultivo de tomate a los 12 días después de germinación, San Pablo Toaca del municipio de Tacaná	40
Cuadro 14	Análisis de varianza para la variable Número de hojas en el cultivo de tomate a los 16 días después de germinación, San Pablo Toaca del municipio de Tacaná	41
Cuadro 15	Prueba de medias de Tukey para la variable número de hojas, en el cultivo de tomate a los 16 días después de germinación, San Pablo Toaca del municipio de Tacaná	41
Cuadro 16	Análisis de varianza para la variable longitud de la raíz, San Pablo Toaca del municipio de Tacaná	43
Cuadro 17	Prueba de medias de Tukey para la variable longitud de la raíz, San Pablo Toaca del municipio de Tacaná	43
Cuadro 18	Análisis de varianza para la variable incidencia de enfermedades, San Pablo Toaca del municipio de Tacaná	45
Cuadro 19	Prueba de medias de Tukey para la variable incidencia de enfermedades, San Pablo Toaca del municipio de Tacaná	45
Cuadro 20	Análisis de varianza para la variable % de germinación, aldea Cantel, municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	47
Cuadro 21	Prueba de medias de Tukey al 5 % de la variable porcentaje de germinación, aldea Cantel, municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	48
Cuadro 22	Análisis de varianza para la variable altura de planta, aldea Cantel, municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	49
Cuadro 23	Prueba de medias de Tukey para la variable altura de planta, aldea Cantel, municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	50
Cuadro 24	Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo, aldea Cantel, municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	52
Cuadro 25	Prueba de medias de Tukey para la variable diámetro del tallo, aldea Cantel, municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	52

Cuadro 26	Análisis de varianza para la variable calidad de adobe, aldea Cantel, municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	54
Cuadro 27	Prueba de medias de Tukey para la variable calidad de adobe, aldea Cantel, municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	55
Cuadro 28	Análisis de varianza para la variable Número de hojas en el cultivo de tomate a los 12 días después de germinación, aldea Cantel, municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	57
Cuadro 29	Prueba de medias de Tukey para la variable número de hojas a los 12 días después de germinación, aldea Cantel, municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	57
Cuadro 30	Análisis de varianza para la variable Número de hojas a los 16 días después de germinación, aldea Cantel, municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	58
Cuadro 31	Prueba de medias de Tukey para la variable número de hojas a los 16 días después de germinación, aldea Cantel, municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	59
Cuadro 32	Análisis de varianza para la variable longitud de la raíz, aldea Cantel, municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	60
Cuadro 33	Prueba de medias de Tukey para la variable longitud de la raíz, aldea Cantel, municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	60
Cuadro 34	Análisis de varianza para la variable incidencia de enfermedades, aldea Cantel, municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	62
Cuadro 35	Prueba de medias de Tukey para la variable incidencia de enfermedades, aldea Cantel, municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	62
Cuadro 36	Costos variables asociados a la elaboración de los tratamientos para la producción de pilones en ambas localidades.	64
Cuadro 37	Resumen de costos para la producción de pilones en seis diferentes sustratos	66
Cuadro 38	Análisis de presupuestos parciales y dominancia en la producción de pilones de tomate en seis diferentes sustratos	66
Cuadro 39	Indicador financiero relación beneficio/costo en la producción de pilones de tomate.	67

INDICE DE GRAFICAS

	Pág.
Gráfica 1	Distribución del diseño experimental 22
Gráfica 2	Porcentaje de germinación, en la localidad de San Pablo Toaca del municipio de Tacaná 32
Gráfica 3	Altura de planta en la localidad de San Pablo Toaca del municipio de Tacaná 34
Gráfica 4	Diámetro del tallo en el cultivo en la localidad de San Pablo Toaca del municipio de Tacaná 37
Gráfica 5	Calidad de adobe en la localidad de San Pablo Toaca del municipio de Tacaná 39
Gráfica 6	Número de hojas en el cultivo de tomate a los 16 días después de germinación, en la localidad de San Pablo Toaca del municipio de Tacaná 42
Gráfica 7	Longitud de la raíz en la localidad de San Pablo Toaca del municipio de Tacaná 44
Gráfica 8	Incidencia de enfermedades en la localidad de San Pablo Toaca del municipio de Tacaná 46
Gráfica 9	Porcentaje de germinación en la localidad de aldea Cantel, municipio de San Pedro Sacatepéquez 48
Gráfica 10	Altura de planta en el cultivo de tomate a los 30 días después de germinación, en la localidad de aldea Cantel, municipio de San Pedro Sacatepéquez 50
Gráfica 11	Diámetro del tallo en el cultivo de tomate a los 35 días después de germinación, en la localidad de aldea Cantel, municipio de San Pedro Sacatepéquez 53
Gráfica 12	Calidad de adobe en la localidad de aldea Cantel, municipio de San Pedro Sacatepéquez 55
Gráfica 13	Número de hojas en el cultivo de tomate a los 12 días después de germinación, en la localidad de aldea Cantel, municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos 58
Gráfica 14	Número de hojas en el cultivo de tomate a los 16 días después de germinación, en la localidad de aldea Cantel, municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos 59
Gráfica 15	Longitud de la raíz en la localidad de aldea Cantel, municipio de San Pedro 61
Gráfica 16	Incidencia de enfermedades en la localidad de aldea Cantel, municipio 63

RESUMEN

La investigación sustratos locales para la producción de pilones de tomate (*Solanum lycopersicum L*) consistió en la evaluación del efecto de diferentes sustratos locales a partir de la mezcla de materiales orgánicos para producir pilones de tomate de la variedad Retana, bajo condiciones de macrotunel, se realizó en dos localidades del departamento de San Marcos con el objetivo de evaluar los sustratos en diferentes condiciones agroclimáticas.

Para las dos localidades se utilizó un diseño completamente al azar, efectuando análisis de varianza y pruebas de medias a los resultados para evaluar las diferencias entre los tratamientos. Se trabajó con seis tratamientos realizados con mezclas en partes porcentuales: lombricompost (65%), compost (65%), bocashi (65%), carbón vegetal (10%), estiércol de caballo (30%), harina de roca (5%), microorganismos de montaña sólidos (20%), tierra negra (20%), el ultimo tratamiento restante fue el testigo (Peat moss al 100%).

La evaluación de sustratos locales para la producción de pilones demostró la existencia de significancia estadística entre los sustratos elaborados con materiales locales y el testigo respecto a: porcentaje de germinación, altura de la planta, diámetro del tallo, calidad de adobe, número de hojas, longitud de la raíz y mortalidad de plántulas en el semillero y como apéndice se generó un análisis de fertilidad a los sustratos evaluados, para conocer los contenidos nutricionales presentes en cada mezcla, mostrando diferencias marcadas e interesantes determinando que los tratamientos elaborados con materiales locales fueron los que presentaron los mejores resultados en las variables evaluadas.

De acuerdo con los resultados obtenidos se observó que el mejor porcentaje de germinación lo tienen los tratamientos T4 y T5 con promedio de 95%, la altura de planta lo presentaron los tratamientos T4 y T5 con promedios de 11.67cm y 11.33cm. En la localidad de San Pablo Toaca, Tacaná presento un crecimiento de planta muy lento y de forma dispareja. Los tratamientos T4, T5 Y T6 presentaron diámetro del tallo mayor al resto de los tratamientos con un promedio de 4mm.

La calidad de adobe los tratamientos T5, T4 y T1 fueron los que presentaron adecuadas propiedades físicas principalmente en porosidad del suelo, lo que permitió que las raíces de las plantas se agregaran al sustrato para un anclaje ideal y así su facilidad en la extracción del contenedor.

Los mejores tratamientos con buen desarrollo foliar fueron los tratamientos T4 y T5 con promedio de 4 hojas verdaderas. Para la longitud de la raíz los mejores tratamientos en donde la semilla desarrollo de una manera excelente la raíz fueron los tratamientos T4, T5 y T6 con un promedio de 12cm, en cuanto a la mortalidad de plantas en el semillero los tratamientos T1 y T3 fueron los que presentaron mayor número de plantas muertas.

Para determinar el tratamiento que ofrece el mayor beneficio económico se realizó un análisis económico utilizando la metodología de presupuestos parciales, determinando los costos variables por cada tratamiento y luego el beneficio neto, por lo que el tratamiento T5 ofrece los mejores resultados para la producción de pilones de tomate bajo condiciones controladas, obteniendo por cada Q1.00 invertido una ganancia de Q0.42 centavos.

ABSTRACT

The investigation of local substrates for the production of tomato pylons (*Solanum lycopersicum* L) consisted in the evaluation of the effect of different local substrates from the mixture of organic materials to produce tomato pillars of the Retana variety, under macrotunel conditions, It was carried out in two localities of the department of San Marcos with the objective of evaluating the substrates in different agroclimatic conditions.

For the two locations it is a completely randomized design, an analysis of variance and media tests are made to the results to evaluate the differences between the treatments. It was carried out with six treatments performed with mixtures in percentage parts: vermicompost (65%), compost (65%), bocashi (65%), vegetable charcoal (10%), horse manure (30%), rock meal (5%), and solid mountain microorganisms (20%), black earth (20%), the last treatment was kept as a control (Peat moss at 100%).

The evaluation of local substrates for the production of pylons demonstrated the existence of statistical significance between the substrates made with local materials and the control with respect to: percentage of germination, height of the plant, diameter of the stem, quality of adobe, number of leaves, length of the root and the citizenship of the seedlings in the seedbed and as an appendix a fertility analysis was generated and the evaluated substrates, to know the nutritional services present in each mixture, the marking differences and the determination of the treatments elaborated with Local materials were the following that presented the best results in the variables evaluated.

According to the results, the results, the results, the results, the T4 and T5 results, with an average of 95%, the height of the plant, treatments T4 and T5 with averages of 11.67cm and 11.33cm. In the town of San Pablo Toaca, Tacaná represents a very slow plant growth and uneven form. The treatments T4, T5 and T6 have an average diameter of 4 mm.

The quality of adobe treatments T5, T4 and T1 were those that presented adequate physical properties mainly in soil porosity, which allowed the roots of the plants to be added to the substrate for an ideal anchorage and thus its ease in the extraction of the container.

The best treatments with good leaf development were the T4 and T5 treatments with an average of 4 true leaves. For the length of the root the best treatments where the seed developed in an excellent way the root were the treatments T4, T5 and T6 with an average of 12cm, in terms of the mortality of plants in the seedbed the treatments T1 and T3 were those with the highest number of dead plants.

To determine the treatment that offers the greatest economic benefit, an economic analysis was carried out using the methodology of partial budgets, determining the variable costs for each treatment and then the net benefit, so that the T5 treatment offers the best results for the production of pylons of tomato under controlled conditions, obtaining for each inverted Q1.00 a gain of Q0.42 cents.

1. INTRODUCCIÓN

Esta investigación forma parte del Programa “Fortalecimiento de las Capacidades de Consorcios Locales de Investigación –CRIA–, que tiene como objetivo fortalecer e integrar las acciones de consorcios de instituciones de investigación comprendidos por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas–ICTA- los centros regionales universitarios (Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de San Marcos), Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación –MAGA- y los consorcios de actores en cadenas de valor.

Una de las cadenas priorizadas para esta región es la del tomate (*Solanum lycopersicum L.*), este cultivo presenta oportunidades para su producción a los agricultores del altiplano occidental guatemalteco; pero también desafíos que necesitan ser resueltos a través de investigación, generando tecnologías que beneficien al sector agrícola rural.

La dependencia que actualmente tienen las zonas productoras de tomate del sustrato tipo Peat Moss para la producción de pilones, es una debilidad que afecta directamente a los productores de hortalizas y productores de pilones, que verán afectados los costos de producción por el incremento en el costo del sustrato y dicho impacto afectará principalmente a la sostenibilidad de la producción.

En la región de occidente se identificó la siguiente problemática relacionada con plántulas de tomate: poca vigorosidad, (tamaño y apariencia), el alto costo de los pilones, daños mecánicos derivados del transporte a largas distancias y que se traduce en la reducción del rendimiento, diseminación de plagas y enfermedades y falta de información relativa al uso de sustratos preparados con materiales locales. (Red Nacional de Grupos Gestores, 2016)

Debido a la necesidad de los agricultores se evaluó sustratos locales en la producción de plántulas de tomate, lo cual les dio alternativas de solución a la problemática de producción de pilones, principalmente a la reducción de costos de producción en la etapa de crecimiento inicial de la planta, debido que desde ahí se asegura una buena producción final del cultivo.

La investigación se realizó en dos localidades del departamento de San Marcos: Aldea Cantel, que se encuentra ubicada en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, es una zona con clima templado y con una precipitación pluvial de 1,500 a 1,275 mm anuales, los bosques son húmedos. Y aldea San Pablo Tóaca que se encuentra ubicada en el municipio de Tacaná, San Marcos, es una zona con clima frío-húmedo y con una precipitación pluvial de 1,200 a 1,800 mm anuales. Posee suelos de origen volcánico y bosques húmedos. Ya que estos son algunos de los municipios priorizados para la investigación en tomate (Miguel Gonzales 2016).

El área experimental de cada localidad fue de 56m². Cada unidad experimental fue de 8.25m² (parcela bruta) formada por ochenta plántulas de tomate (parcela chica). Se utilizó el diseño experimental completamente al azar. El experimento estuvo constituido por seis tratamientos y tres repeticiones y demandó 18 unidades experimentales por localidad, tomando en cuenta que se trabajó en dos localidades, el número total de unidades experimentales por ambas fue de 42 y para el levantamiento de datos la toma de muestras se hizo completamente al azar.

Las variables de respuesta evaluadas fueron: porcentaje de germinación, altura de la planta, diámetro del tallo, calidad de adobe, número de hojas, longitud de la raíz y mortalidad de plántulas en el semillero. Los resultados obtenidos muestran que los tratamientos T4 y T5 fueron los que presentaron los mejores resultados, superando al tratamiento T1 que fue el testigo y aceptando las hipótesis planteadas. La obtención de resultados positivos de este proyecto de investigación contribuyó significativamente a la solución de la problemática identificada.

La identificación de un sustrato preparado con materiales locales, de bajo costo y que permita un adecuado desarrollo de plántulas de tomate, con características de calidad que compitan con los ofrecidos por las casas comerciales, contribuyó no solo a la reducción de costos y mejora del rendimiento, sino también a la reducción del trasiego de plagas y enfermedades y de las implicaciones fitosanitarias que resultan de ello.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sustrato

El material en el cual se plantan semillas, se insertan brotes, o se establecen plantas, se le llama sustrato o medio. El medio da soporte, almacena y suministra nutrientes, agua y aire para el sistema radical (Alvarado y Solano 2002).

El propósito de un medio, es propiciar un buen crecimiento dentro del espacio limitado de un recipiente y preparar las plantas para un trasplante exitoso. Algunos medios son orgánicos y otros inorgánicos. Un medio sin tierra puede suministrar oxígeno, agua, nutrientes y soporte para las plantas, también como lo hace el suelo (Alvarado y Solano 2002).

Según Calderón (2006) el término sustrato, que se aplica en agricultura, se refiere a todo material, natural o sintético, mineral u orgánico, de forma pura o mezclado, cuya función principal es servir como medio de crecimiento y desarrollo a las plantas, permitiendo su anclaje y soporte a través del sistema radical, favoreciendo el suministro de agua, nutrientes y oxígeno.

Según García (2006) puede asegurarse, sin exageración, que el principal factor del que depende el éxito de un cultivo en contenedor es la calidad del sustrato elegido y la finalidad más importante de un sustrato es producir una planta de alta calidad en un tiempo menor y a bajo costo.

2.2. Funciones de los sustratos

El sustrato debe proveer un ambiente favorable para el desarrollo radicular y crecimiento vegetativo. Las funciones principales del medio para sostener el crecimiento son según (Leskovar 2001) al igual que (Pereira 2003).

- Proporcionar un anclaje y soporte la planta
- Retener humedad de modo que esté disponible para la planta
- Permitir el intercambio de gases entre las raíces y la atmósfera
- Servir como depósito para los nutrientes de la planta

Soporte de las plantas

Conforme las raíces crecen entre partículas del sustrato, ancla la planta y producen una base firme para el soporte del tallo en posición erguida (Alvarado y Solano 2002). El sustrato debe ser lo suficientemente pesado (suficiente densidad aparente) para mantener a la planta en posición vertical, evitando el volcamiento, y al mismo tiempo sin exceso de peso que dificulte el manejo de las plantas e incremente los costos de transporte (Pire y Pereira 2003).

2.3. Propiedades físicas de los sustratos

Según Nuez (2001) las propiedades físicas de los medios de cultivo son de primerísima importancia. Una vez que el medio esté en el contenedor, y la planta esté creciendo en él, no es posible modificar las características físicas básicas de dicho medio.

a. Granulometría

El tamaño de los gránulos o fibras condiciona el comportamiento del sustrato, ya que además de su densidad aparente varía su comportamiento hídrico a causa de su porosidad externa, que aumenta de tamaño de poros conforme sea mayor la granulometría.

De la naturaleza y del tamaño de partículas del sustrato dependerán principalmente sus propiedades físicas, como el reparto de aire y agua y la disponibilidad para las raíces (Gallo y Viana 2005).

b. Humedad

La retención de humedad por el sustrato en cantidades adecuadas y en forma homogénea, determina la posibilidad a la planta, de utilizar el agua como vehículo para sus funciones metabólicas. La retención es función de la granulometría del sustrato y de la porosidad de las partículas que lo componen.

c. Densidad

La densidad de un sustrato se puede referir bien a la del material sólido que lo compone y entonces se habla de densidad real, o bien a la densidad calculada considerando el espacio total ocupado por los componentes sólidos más el espacio poroso, y se denomina porosidad aparente.

d. Porosidad y drenaje

Conforme las raíces respiran, el oxígeno es removido de la atmosfera del sustrato y es liberado dióxido de carbono. Estos gases difunden hacia afuera y adentro del sustrato a través de los poros. La porosidad total es una medida de la capacidad del sustrato de retener aire y agua (Alvarado y Solano 2002).

La administración de los flujos de agua y dentro de un sustrato dependerá, principalmente, de la calidad del espacio poroso del medio. Sin embargo, no es suficiente que el sustrato posea una elevada porosidad total, sino que es necesario que esta se encuentre convenientemente repartida entre poros de gran tamaño a macro poros, que se hallan ocupados por aire, y poros de menor tamaño o micro poros que alojan agua en su interior (Calderón 2006).

2.4. Propiedades químicas del sustrato

La reactividad química de un sustrato se define como la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimenta las plantas a través de las raíces. Esta transferencia es recíproca entre sustrato y solución de nutrientes y puede ser debida a reacciones de distinta naturaleza.

a. Salinidad

El efecto más común de la salinidad, es un retraso general en el crecimiento de la planta, aunque no todas las partes de la planta son afectadas igualmente, el crecimiento aéreo muy a menudo se suspende más que el crecimiento de la raíz. El efecto de salinidad afecta de diversas maneras a la plantas de tomate, la mayoría de los efectos son adversos. Por ejemplo, el porcentaje de germinación disminuye y se prolonga el tiempo en el cual las semillas llevan a cabo este proceso. A nivel de raíces, estas alcanzan una menor longitud de modo que el volumen del suelo que prospectan es menor. Los órganos del sistema aéreo también se alteran por efecto de las sales, los tallos alcanzan una menor altura y las hojas se reducen en número.

b. pH

Según Nuez (2001) la planta del tomate puede sobrevivir en un amplio intervalo de pH del sustrato sin sufrir desórdenes fisiológicos aparentes, siempre y cuando todos los nutrientes se suministren en forma asimilable. No obstante el crecimiento y el desarrollo de las plantas se ven reducidos de modo marcado en condiciones de acidez o alcalinidad extremas.

2.5. Requerimientos nutricionales del cultivo de tomate fase pilón

2.5.1. Macronutrientes

a. Nitrógeno (N)

Es el principal elemento nutritivo en la formación de órganos vegetativos de la planta. El tomate es sensible a la deficiencia del nitrógeno en la fase vegetativa y durante la maduración. La falta de este elemento afecta el desarrollo inicial de la planta, el follaje se vuelve verde pálido o amarillo.

b. Fósforo (P)

En el cultivo de tomate es necesario este elemento en la fase inicial de la planta, una buena disponibilidad de fósforo acelera el desarrollo radicular y crecimiento de la planta, mejora la producción y calidad del fruto.

c. Potasio (K)

Este elemento es necesario en el tomate para la formación del tallo, síntesis de carbohidratos y coloración. Ayuda a eliminar la acción perjudicial de otros elementos, favoreciendo la asimilación de los minerales esenciales. Su carencia se manifiesta en la reducción del crecimiento de los tallos.

d. Calcio (Ca)

Este elemento estimula la formación de raíces y hojas. Es esencial para las paredes celulares, provee energía a las células y regula el flujo de nutrientes hacia ellas. La deficiencia de calcio provoca marchitamiento de la planta, muerte de la parte superior del tallo y de los puntos de crecimiento.

e. Magnesio (Mg)

Es un componente de la clorofila, es el pigmento verde de las plantas. La clorofila es esencial para el proceso de fotosíntesis, en el cual las plantas combinan dióxido de carbono y agua para formar azúcares.

Las deficiencias se presentan con más frecuencia en la etapa de crecimiento aparece clorosis en la punta de las hojas inferiores, evidenciándose entre las nervaduras, pero en estados avanzados toda la hoja se torna de color amarilla.

2.5.2. Micronutrientes

Es un grupo de elementos necesarios para el buen desarrollo de las plantas. La carencia de un microelemento puede ser provocada por el exceso de otro, que realiza sobre la planta una acción de bloqueo.

a. Hierro (Fe)

El hierro tiene funciones específicas en la activación de los meristemáticos; la formación de la clorofila está relacionada con la presencia de este elemento, actúa como catalizador en muchos procesos de tipo metabólico. La deficiencia de este elemento se presenta primero en las hojas jóvenes de la planta; se detiene el crecimiento al no haber movimiento del elemento. Las primeras hojas verdaderas de la planta presenta una clorosis que se extiende a todas ellas; finalmente se presenta una coloración totalmente blanquecina.

b. Manganeso (Mn)

Además de fomentar resistencia con las plagas y enfermedades, el manganeso actúa como catalizador en las acciones enzimáticas y fisiológicas; además se relacionan con la respiración y síntesis de la clorofila. La deficiencia se observa como una decoloración verde pálido y manchas cloróticas de tejido muerto entre las nervaduras de las primeras hojas verdaderas.

c. Zinc (Zn)

Es un elemento de gran importancia en el crecimiento y producción. Actúa como elemento regulador de crecimiento, su deficiencia puede llegar a causar reducción en la longitud del tallo y alteraciones en el tamaño y forma de las hojas.

2.6. Principales plagas

Entre las principales plagas que atacan el cultivo de tomate, están: Mosca Blanca (*Bemisia sp*), Gusanos del fruto y del follaje (*Heliothis sp*) y (*Spodoptera sp*), Minador de la hoja (*Liriomyza sp*), y Araña roja (*Tetranychus sp*).

2.7. Principales enfermedades

Entre la principales enfermedades que atacan el cultivo del tomate, en esta zona están: Mal del talluelo (*Rhizoctonia sp*), Tizón Temprano (*Alternaria solani*), Tizón Tardío (*Phytophthora infestans*) y Virosis o Mosaicos.

2.8. Principales malezas

Entre las principales malezas y más difíciles de controlar tenemos: pasto Jhonson (*Sorghum halapense*), coyolillo (*Cyperus sp*) y el amaranto (*Amaranthus sp*).

2.9. Clasificación de los sustratos:

Materiales Orgánicos

De origen natural: se caracterizan por estos sujetos a descomposición biológica. El más empleado es la turba.

De síntesis: son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química (espuma de poliuretano y de urea formaldehído, poliestireno expandido, etc.).

Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, ganaderas, industriales, urbanas, etc. Muchos materiales de este grupo deberán someterse a un proceso de compostaje para su adecuación como sustratos (cascarilla de arroz, estiércoles, cortezas de árboles, serrín, virutas de madera, residuo de fibra de coco, residuo del corcho, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales, etc.).

Materiales Inorgánicos (Minerales)

De origen natural: se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso,

Modificándose muchas veces de modo ligero, mediante tratamientos físicos sencillos.

No son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica, etc.).

Transformados o tratados industrialmente: a partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos y a veces también químicos, más o menos complejos, que modifican notablemente las características iniciales de los materiales de partida (arcilla expandida, lama de roca, perlita, vermiculita, etc.).

Residuos y subproductos industriales: comprenden los materiales residuales procedentes de distintas actividades industriales (escorias de horno alto, estériles de carbón, ladrillo molido, etc.).

2.10. Abonos Orgánicos

Son productos que se obtienen después de un proceso de descomposición de la materia orgánica; en este proceso los microorganismos son importantes porque son quienes descomponen la materia orgánica, de tal manera que la planta pueda usarlo para su nutrición. (Dimas et al. 2001)

2.10.1. Importancia de los abonos orgánicos

- Disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos, está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles
- Mejora el suelo, física (tierra suave), química (aumenta los nutrientes), y biológicos (mayor cantidad de microorganismos benéficos).
- Mejora el rendimiento y la calidad del producto.

2.10.2. Efecto de los abonos orgánicos sobre las características físicas 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 capacidad de del suelo para retener el agua incrementando simultáneamente la velocidad de infiltración de esa misma agua en el suelo (Trinidad Santos A. 1987).

2.10.3. Efecto de los abonos orgánicos sobre las características químicas del suelo

La composición química de los abonos orgánicos por supuesto variara de acuerdo al origen de estos. Las plantas, los residuos de cosecha, los estiércoles, etc. Difieren grandemente en cuanto a los electos que contienen las características químicas del suelo que cambian por efecto de la aplicación de abonos orgánicos son obviamente el contenido de materia orgánica; derivado de esto aumento el porcentaje de nitrógeno total, la capacidad de intercambio catiónico y la concentración de sales. (Trinidad Santos A. 1987).

2.10.4. Efecto de los abonos orgánicos sobre las características biológicas del suelo

Se debe a que los estiércoles contienen grandes cantidades de compuestos 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. Así mismo, se logra tener un medio biológicamente activo, en donde existe una correlación positiva entre el número de microorganismos y el contenido de materia orgánica del suelo. (Trinidad Santos A. 1987).

2.11. Uso de semilleros

Un semillero es un lugar destinado a la producción en forma controlada de plántulas de calidad antes del trasplante definitivo (Pulido y Guzmán 2002).

La realización del semillero o almácigo es una práctica necesaria en la producción de muchas hortalizas, debido a que las semillas son muy pequeñas y requieren cuidados especiales para lograr su efectiva germinación (Guzmán 2002).

La producción de plántulas sanas y vigorosas depende básicamente de una adecuada desinfección del suelo utilizado para los semilleros, pues tanto la semilla como la plántula pueden ser atacadas por hongos, bacterias, nemátodos, insectos y malezas, que pueden afectar sus procesos de germinación, crecimiento y desarrollo, y causar, la mayoría de las veces, graves pérdidas económicas. (Guzmán 2002).

2.12. Proceso de germinación

Es el proceso mediante el cual, a partir de una semilla, comienza el desarrollo de una nueva planta. Según Nuez (2001); en la germinación pueden distinguirse tres etapas. En la primera, que dura unas 12 h, se produce una rápida absorción de agua por la semilla. Le sigue un periodo de reposo de unas 40 h durante el cual no se observa ningún cambio en la anatomía ni en la actividad metabólica de la semilla. Posteriormente, la semilla comienza a absorber agua de nuevo, iniciándose la etapa de crecimiento asociada con la emergencia de la radícula.

2.13. Plántula

Se denomina plántula, a la planta en sus primeros estadios de desarrollo, desde que germina hasta que se desarrollan las primeras hojas verdaderas. (WILLIAMS et al. 1987).

Avalos Manso (2008) nos dice la producción de plántulas de hortalizas es una práctica común. En la mayoría de los campos agrícolas producen su propia plántula, aunque existen invernaderos privados dedicados a la producción y venta de plántulas. Las razones para producir sus propias plántulas son varias: el costo de la semilla, control sobre sus materiales, sanidad de las plántulas, desarrollo de raíces, el tamaño de las plántulas, etcétera.

2.14. Edad de trasplante

Gallo y Viana (2005) mencionan que en condiciones normales los pilones deben estar listos para el trasplante entre los 20 y 40 días después de germinación, dependiendo de la temperatura y de la iluminación.

Las plantas óptimas para el trasplante deben tener de 10 a 15 cm de alto y de 6 – 8 hojas verdaderas formadas. El envejecimiento de los pilones se manifiesta con clorosis, pérdida de cotiledones y ahilamiento del tallo, cuando se retrasa el momento del trasplante.

2.15. Investigaciones relacionadas con el tema

Picón (2013), realizó la evaluación de sustratos alternativos para la producción de pilones del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en los municipios de Esquipulas y Chiquimula, departamento de Chiquimula. El objetivo general de la investigación fue generar alternativas tecnológicas para la producción de pilones de calidad en el cultivo de tomate a nivel de invernadero. Concluyó que el sustrato testigo T0 (compuesto por peat moss) obtuvo el mayor porcentaje de rendimiento (93.88%), es decir, el número de plantas de calidad producidas por unidad experimental (bandeja de espumaplast de 200 celdas) en el municipio de Chiquimula. En el municipio de Esquipulas, el sustrato testigo T0 y el sustrato T1 (compuesto por fibra de coco 40%, cascarilla de arroz 20%, carbón 15%, bocashi 15% y Semolina 10%), obtuvieron los mayores valores en la variable porcentaje de rendimiento con (97.88% y 96.63%) respectivamente. Finalmente recomienda el estudio del comportamiento de las plantas de tomate producidas con la utilización del sustrato T1 en el campo definitivo, para determinar la cosecha producida y analizar su desempeño.

Díaz *et al.* (2010), evaluaron el efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate, con el objetivo principal de determinar el efecto de estos en el crecimiento y distribución de materia seca en plántulas de tomate. Los sustratos evaluados presentaron efectos diferentes en la dinámica del crecimiento de las plántulas de tomate y acumulación de materia seca, donde destacaron la turba, lombricomposta y el aserrín. La CAA (capacidad de absorción de agua) en los sustratos fue de las propiedades determinantes en la emergencia de las plántulas y la turba fue la que destacó en esta propiedad, sin embargo, el aserrín y la lombricomposta tuvieron suficiente CAA. Los sustratos aserrín y lombricomposta presentaron efectos similares a la turba en el crecimiento de las plántulas de tomate, por lo que son una alternativa a utilizar como sustratos para la producción de plántulas en invernadero.

Fernández, Urdaneta, Silva, Poliszuk y Marín (2006), investigaron sobre la germinación de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en distintos sustratos, el objetivo fue evaluar el efecto del uso de las mezclas de compost y aserrín de coco como sustrato en la germinación de semillas de tomate cv Río Grande, en bandejas plásticas, bajo condiciones de umbráculo. El mejor sustrato para sustituir a la turba (peat moss) fue la mezcla de compost de cachaza de caña de azúcar y aserrín de coco molida en relación 2:1. Además recomendaron evaluar frecuencias de riego sobre las mezclas de sustratos para determinar el efecto del exceso de humedad.

Quesada y Méndez (2005), realizaron la evaluación agronómica de sustratos para almácigos de hortalizas (tomate, pepino, lechuga y brócoli), en Alajuela, Costa Rica, bajo condiciones de invernadero. A la edad de trasplante se evaluaron variables de vigor en germinación, desarrollo de planta y calidad de adobe. El objetivo del trabajo fue evaluar la respuesta de las plantas en almácigo de las hortalizas escritas anteriormente, establecidas en distintos tipos de sustratos. Las conclusiones obtenidos fueron que las mezclas de abono orgánico Juan Viñas + granza; lombricompost + abono orgánico Juan Viñas + granza y abono orgánico Juan Viñas produjeron los mejores almácigos de brócoli, pepino y tomate. Sin embargo para aplicaciones comerciales es imprescindible mejorar la calidad de adobe que brindan estos medios. Los mejores almácigos de lechuga se presentaron en los sustratos *peat moss* + perlita y suelo + aserrín melina madurado + granza. El primero de estos sustratos brinda excelente adobe, mientras que la mezcla de suelo + aserrín de melina madurado + granza da un adobe de calidad intermedia. La mezcla de la fibra de coco + aserrín de melina madurado + ceniza; abono orgánico Juan Viñas + aserrín melina madurado + granza; y bagazo + aserrín melina madurado + abono orgánico Juan Viñas presentaron adobes de buena calidad, pero con un bajo aporte nutricional que limita el desarrollo de las plantas en todo su potencial.

Gallo y Viana (2005), en su investigación evaluaron sustratos orgánicos y compost, para la producción de plántulas de tomate, elaboradas por empresas comerciales, instituciones (municipios) y productoras, de Montevideo, Uruguay. En la cual se concluye que los mayores valores en porcentaje y tasa de emergencia se observaron en sustratos con mayor porosidad total y menor contenido en sales, lo que ocurrió en aquellos que presentaron en su composición cáscara de arroz. A partir de los 40 días después de la siembra, todos los sustratos presentaron limitantes químicas. En este momento comienza a observarse efecto de la interacción entre las características físico-químicas del sustrato y el nivel de fertilización.

2.16. Plántula de estudio.

Tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Origen

El origen del género *Lycopersicum* se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile. Probablemente desde allí fue llevado a Centroamérica y México donde se domesticó y ha sido por siglos parte básica de la dieta. Luego, fue llevado por los conquistadores a Europa.

Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos y para entonces ya habían sido traídos a España y servían como alimento en España e Italia. En otros países europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos, y de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá.

Características de la planta

Villela (1993), menciona que la planta de tomate posee tallos herbáceos y ramificados. Sus hojas son compuestas imparipinnadas de formas alargadas y alternas, conformadas por 7 a 9 folíolos, con bordes dentados. Las hojas compuestas alcanzan longitudes de 10 a 40 cm. La planta de tomate puede alcanzar diferentes alturas pero depende de su hábito de crecimiento, estas alturas oscilan entre los 0.40 a 2.50 metros.

2.17. Requerimientos nutricionales para las plántulas de tomate.

La disponibilidad de nutrientes, el pH y la salinidad son las más importantes ya que las propiedades químicas de un sustrato establecen la transferencia de materia entre el sustrato y la disolución, el contenido nutricional entre sustratos es notoriamente variable, pero las materiales compostados, en su mayoría, son los que presentan elevado nivel de nutrientes asimilables.

Cuadro 1. Extracción de nutrientes en fase de pilón del cultivo de tomate mg/planta.

Edad (días)	Concentración de sales (Cs)	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
15	0.5-1.5ds/m	0.50	0.10	0.5	0.50	0.60	300	90	15
30	1.5-3.5 ds/m	1	0.60	0.50	22.3	1.3	450	200	73

Fuente: Gallo y Viana 2005.

2.18. Genotipo

Para efecto de este estudio se utilizó la variedad Retana, debido a que es uno de los materiales más utilizados por los agricultores para su producción en condiciones de macro túnel. Es un tomate semideterminado tipo oval (alargado-pera) altamente rendidor, muy vigoroso, buena estructura de planta, excelente floración y buena producción de frutos. Ciclo promedio de 85 a 90 días después del trasplante (Bejo 2012).

2.19. Análisis Económico

Método para separar, examinar y evaluar tanto cuantitativa como cualitativamente, las interrelaciones que se dan entre los distintos agentes económicos, así como los fenómenos y situaciones que de ella se derivan; tanto al interior de la economía, como en su relación con el exterior.

2.20. Materiales para la elaboración de los sustratos

Un tratamiento está conformado por la mezcla de uno o más materiales, un solo material no puede proporcionar todas las características necesarias para obtener buenos pilones, por lo que hubo necesidad de realizar mezclas para complementar las carencias entre un material y otro. Como se muestra en el cuadro 2 se utilizaron esos materiales principalmente por la disponibilidad que existe en las localidades.

Descripción de los materiales:

Turbas (Peat Moss)

Las turbas son materiales de origen vegetal, cuyas propiedades físicas y químicas varían en función de su origen. Las turbas rubias tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas, las turbas negras están más mineralizadas teniendo un menor contenido en materia orgánica. La inestabilidad de su estructura y su alta capacidad de intercambio catiónico interfiere en la nutrición vegetal, presentan un pH que oscila entre 3.5 y 8.5 (Gallo y Viana 2005).

Compost

Son residuos orgánicos de estructura fina y descompuesta. Se usan excrementos animales, residuos de plantas, etc. Físicamente aumentan la aireación y el contenido de humedad y, químicamente, absorben los nutrientes evitando su lavado (nitrógeno y potasio) y liberando lentamente la solución en forma de nutrientes. El compost debe contener entre 35% y 50% de materia orgánica con relación al peso volumétrico, se emplea en mezcla con sustratos inactivos o inorgánicos como la turba, la perlita, la fibra de coco o la cascarilla de arroz.

Lombricompost

El abono de lombriz, es un abono orgánico 100% natural, que se obtiene de la transformación del estiércol procesado de animales como: vacas, ovejas, caballos, por medio de la lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*). Contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que aumenta la solubilización de los nutrientes haciendo que puedan ser inmediatamente asimilables por las raíces (Gallo y Viana 2005).

Bocashi

La elaboración del abono tipo Bocashi se basa en procesos de descomposición aeróbica de los residuos orgánicos y temperaturas controladas orgánicos a través de poblaciones de microorganismos existentes en los propios residuos, que en condiciones favorables producen un material parcialmente estable de lenta descomposición, aunque presenta en su composición mayor contenido de sales, pH y fósforo (Gallo y Viana 2005).

El objetivo principal del Bocashi es incorporar al suelo materia orgánica y nutrientes esenciales como: nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro; las cuales mejoran las condiciones físicas y químicas de suelo. (Ramírez y Restrepo, sf.).

Estiércol de Caballo

Es el menos rico en nitrógeno, pero a la vez también más rico en celulosa (materia orgánica). Al tener menos nitrógeno concentrado se consigue que no sea tan fuerte y no queme las plantas. También una de sus propiedades es que mejora la estructura de la tierra al esponjarla y al añadir restos orgánicos de paja. Las bacterias descomponedoras consiguen en la mezcla de tierra y estiércol el sustrato ideal para la descomposición y la creación del humus orgánico (Abad and J. 2009).

Harina de roca de rio (basalto)

Las harinas integrales de rocas molidas fueron la base de los primeros fertilizantes usados en la agricultura para asegurar el equilibrio nutricional de las plantas. Muchas rocas contienen minerales de alta calidad para la elaboración de las harinas de rocas, ricas en elementos necesarios como el silicio, aluminio, hierro, calcio, magnesio, sodio, potasio, manganeso, cobre, cobalto, zinc, fósforo, azufre (Bracho 2005).

Microorganismos de Montaña Sólidos (MMS)

La tecnología de los microorganismos de montaña (MM), es una tecnología relativamente nueva que permite acelerar los procesos de compostaje, entre otras cosas. Se trata de reproducir los microorganismos naturalmente presentes en el mantillo del bosque (de preferencia bosque primario), activarlos e inocularlos al compost, bioles y purines. Los microorganismos más comúnmente utilizados durante este proceso son hongos como las Micorrizas y Trichoderma, así como también bacterias de los géneros Azotobacter y Bacillus subtilis (Paniagua 2005).

Tierra negra

Es aquella que se utiliza en el ámbito de la productividad para hacer referencia a un determinado tipo de suelo que es apto para todo tipo de cultivos y plantaciones. Ajenjo (1964), menciona que las propiedades más relevantes de la tierra negra son: la retención de humedad, textura franco arcilloso, reserva de bases intermedias, capacidad de suministro de nitrógeno, azufre y otros elementos nutritivos a las plantas.

3. OBJETIVOS

3.1. GENERAL

1. Evaluar sustratos locales para la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum L*) en dos localidades, aldea Cantel del municipio San Pedro Sacatepéquez y San Pablo Tóaca del municipio de Tacaná del Departamento de San Marcos.

3.2. ESPECIFICOS

1. Comparar el porcentaje de germinación de semillas, altura de planta, diámetro del tallo, desarrollo foliar, calidad de adobe y longitud de la raíz, en sustratos locales respecto al testigo (Peat moss).
2. Determinar cuál de los tratamientos presenta las propiedades que garantizan la producción de plántulas de tomate, de calidad aceptable a través de un análisis nutricional del sustrato.
3. Realizar análisis económico de los sustratos a evaluar, para determinar la alternativa que genere mayores beneficios.

4. HIPOTESIS

- Al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta diferencia estadística significativa en el porcentaje de germinación de semillas de tomate.
- Al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta diferencia estadística significativa en la altura de plantas de tomate.
- Al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta diferencia estadística significativa en el diámetro del tallo de plantas de tomate.
- Al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta diferencia estadística significativa en el desarrollo foliar de plantas de tomate.
- Al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta diferencia estadística significativa en la calidad de adobe de plantas de tomate.
- Al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta diferencia estadística significativa en la longitud de la raíz de plantas de tomate.
- Al menos uno de los sustratos locales evaluados, presentará una alternativa que genere mayores beneficios económicos para los pequeños productores de las dos localidades.
- Al menos uno de los sustratos locales evaluados, ofrecerá las mejores condiciones en contenidos nutricionales.

5. METODOLOGÍA

5.1. Descripción de las unidades de investigación

5.1.2. Aldea Cantel, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos

A. Localización y extensión: Se encuentra ubicada en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, del departamento de San Marcos, con una distancia de 7 kms de la cabecera municipal y a 8 kms de la cabecera departamental. Su latitud Norte es 14° 56' 02'' y la longitud Oeste es 91° 46' 05''; la localidad está ubicada a una altura de 2,080 msnm (Miguel Gonzáles 2016).

B. Vías de acceso: cuenta con una carretera principal que la comunica con el municipio de San Pedro Sacatepéquez, transitable todo el año por transporte pesado y liviano. Esta carretera es asfaltada y pavimentada hasta aldea Mavil con una distancia de 3 kms, luego una carretera de terracería con una distancia de 5 kms hasta el centro de la comunidad (Miguel Gonzáles 2016).

C. Clima: es templado, los meses de diciembre a enero se registran fríos intensos con temperaturas mínimas de 4°C y la máxima de 20°C, con una precipitación pluvial de 1,275 a 1,500 mm anuales, con 150 días de lluvia comprendidos entre los meses de mayo a finales del mes de octubre (Miguel Gonzáles 2016).

5.1.3. San Pablo Toaca, Tacaná, San Marcos

A. Localización y extensión: Se encuentra ubicada en el municipio de Tacana, San Marcos, con una distancia de 14 kms de la cabecera municipal y a 68 Kms de la cabecera departamental de San Marcos. Su latitud Norte 15°, 11' 39.2'' y la longitud Oeste 92° 00' 16.4'', se encuentra a una altura de 2,904 msnm (Miguel Gonzáles 2010).

B. Vías de acceso: cuenta con una carretera principal que la comunica con el municipio de San Marcos, transitable todo el año por transporte pesado y liviano. Esta carretera es asfaltada con una distancia de 68 kms, luego una carretera empedrada con una distancia de 2kms hasta el centro de la comunidad (Miguel Gonzáles 2016).

C. Clima: es frío-húmedo, con una temperatura promedio anual de 12 °C, con temperaturas mínimas de 1°C y la máxima de 15°C durante los meses de noviembre a febrero, con una

precipitación pluvial de 1,200 a 1,800 mm anuales, con 150 días de lluvia comprendidos entre los meses de mayo a finales del mes de octubre (Miguel Gonzáles 2016).

5.2. Tamaño de la unidad experimental

El área experimental de cada localidad fue de 56 m². Cada unidad experimental fue de 8.25m² (parcela bruta), formada por ochenta plántulas de tomate (parcela chica). Debido al número de tratamientos y repeticiones establecidas en la figura 1, el experimento demandó 18 unidades experimentales por localidad, tomando en cuenta que se trabajó en dos localidades, el número total de unidades experimentales por ambas fue de 42 y para el levantamiento de datos la toma de muestras se hizo completamente al azar.

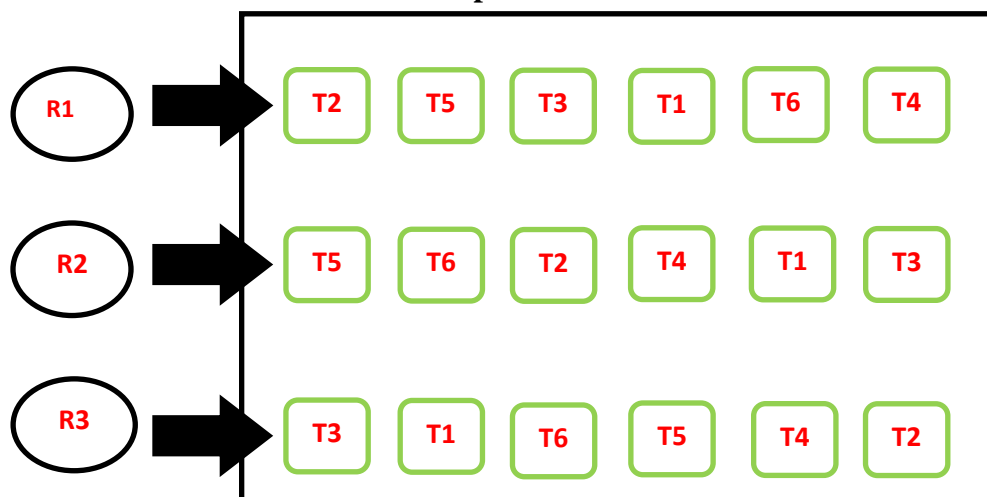
5.3. Diseño Experimental

Para realizar el experimento se utilizó el diseño completamente al azar, con la utilización de seis tratamientos y tres repeticiones. La utilización de este diseño nos permitió flexibilidad completa.

5.4. Distribución del experimento

Dado que el diseño utilizado fue el de completamente al azar con seis tratamientos y tres repeticiones, el experimento quedó distribuido en las localidades según la figura 1.

Gráfica 1. Distribución del diseño experimental



Cuadro 2. Tratamientos experimentales.

Tratamiento	Materiales	Porcentajes (%)
T1 Testigo	Peat Moss	100%
T2	Lombricompost	65%
	Tierra negra	20%
	Harina de roca	5%
	Carbón vegetal	10%
T3	Bocashi	65%
	Tierra negra	20%
	Harina de roca	5%
	Carbón vegetal	10%
T4	Compost	65%
	Tierra negra	20%
	Harina de roca	5%
	Carbón vegetal	10%
T5	Tierra negra	45%
	Estiércol de caballo	30%
	Harina de roca	5%
	Microorganismos de montaña solidos (MMS)	20%
T6	Bocashi	30 %
	Estiércol de caballo	50 %
	Harina de roca	5 %
	Microorganismos de montaña solidos (MMS)	15%

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 2 describe los tratamientos que se utilizaron con la lista de los materiales, porcentajes de la mezcla y el código. El código se estableció aleatoriamente para facilitar la identificación de los tratamientos.

En los tratamientos se aclara que el concepto tierra negra y carbón vegetal se refiere al suelo y carbón predominante en cada una de las localidades ya que se promovió el uso de los recursos locales, también que los diversos porcentajes de cada uno de los materiales fueron de acuerdo con las recomendaciones de la investigación de sustratos de Rigoberto Picón en el año 2,013 y las recomendaciones del programa IICA, utilizada por los agricultores en Costa Rica.

5.5. Modelo Estadístico del Diseño Completamente al Azar.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} = Variable respuesta de la ij-esima unidad experimental

μ = efecto de la media general

τ_i = efecto del i-esimo tratamiento

E_{ij} = efecto del error experimental asociado a la ij-esima unidad experimental

5.6. Variables respuesta

Para determinar la significancia de los tratamientos/sustratos sobre el desarrollo de las plántulas de tomate, se evaluaron las variables durante el crecimiento y desarrollo de las plantas, por un periodo de 35 días después de la siembra en las dos localidades.

5.6.1. Germinación (%)

La evaluación del porcentaje de germinación es una de las variables importantes porque de ella depende el buen rendimiento, además es el primer paso para lograr producir un pilón de calidad. La germinación se determinó en porcentaje (%), para lo cual se realizó un conteo de las plantas emergidas en cada bandeja a los 10 días después de la siembra.

Para los cálculos de esta variable se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% G = \frac{NPG}{NTS} * 100$$

%G = porcentaje de germinación

NPG = número de plantas germinadas

NTS = número total de semillas sembradas

5.6.2. Altura de la planta (cm)

Con el propósito de evaluar la respuesta vegetativa de las plántulas de tomate en los diferentes sustratos, se midió la variable altura de planta desde la base del tallo hasta el ápice utilizando una regla graduada a los 30 días después de la siembra con el propósito de identificar el efecto de los tratamientos. Tomando 5 muestras al azar de cada unidad experimental para el análisis de resultados.

5.6.3. Diámetro del tallo (mm)

Con el propósito de evaluar la respuesta vegetativa de las plantas de tomate en los diferentes sustratos se midió la variable diámetro del tallo. Se midió el diámetro de la base del tallo en cada una de las repeticiones utilizando un vernier a los 30 días después de la siembra. Tomando 5 muestras al azar de cada unidad experimental para el análisis de resultados.

5.6.4. Calidad de Adobe (%)

Se evaluó la calidad de adobe que conformaba cada tratamiento tomando en cuenta el número de pilones a muestrear por repetición, con el propósito de identificar el efecto de los tratamientos en respuesta al desempeño de los pilones en los diferentes sustratos. Por adobe se entiende el agregado que forma las raíces de la planta con el sustrato y para que sea considerado como apropiado debe permitir un buen desarrollo radical, mantener la integridad de las raíces y la facilidad para la extracción de la celda sin dañar la plántula al tirar de la base del tallo. Tomando 5 muestras al azar de cada unidad experimental para el análisis de resultados. Para determinar la calidad de adobe, se consideró la siguiente escala visual de evaluación:

Cuadro 3. Escala de calidad de adobe utilizada en la evaluación de sustratos para la producción de plantas de tomate

Calidad de Adobe	Porcentaje de Adobe
Excelente	Sale del 95% al 100% del adobe
Buena	Sale del 85% al 94% del adobe
Regular	Sale del 75% al 84% del adobe.
Pésima	Sale menos del 50% del adobe o la raíz desnuda.

Fuente: Elaboración propia.

5.6.5. Número de hojas

Con el propósito de identificar el efecto de los tratamientos en respuesta al desarrollo foliar de las plántulas en los diferentes sustratos, se evaluó la variable número de hojas completamente abiertas por planta a los 12 y 16 días después de la germinación. Tomando 5 muestras al azar de cada unidad experimental para el análisis de resultados.

5.6.6. Longitud de la raíz

Con el propósito de identificar el efecto de los tratamientos en respuesta al desarrollo radicular de los pilones en los diferentes sustratos se evaluó la variable longitud de la raíz, se tomó la raíz, se cortó por el extremo donde se une al tallo y se lavó. Con una regla graduada en milímetros se midió la longitud de la raíz pivotante a los 35 días después de la siembra. Tomando 5 muestras al azar de cada unidad experimental para el análisis de resultados.

5.6.7. Mortalidad de plantas en el semillero

Con el propósito de identificar el efecto de los tratamientos, en respuesta a la resistencia de las plántulas en el semillero, se evaluó la variable mortalidad de plántulas a los 35 días después de la siembra. Esta variable se refirió al número de plantas muertas durante el tiempo que estuvieron en las bandejas. Se tomó en cuenta el número de plantas muertas por cada tratamiento. Realizando el conteo de plantas muertas de cada unidad experimental para el análisis de resultados durante el tiempo de la investigación.

5.7. Manejo del experimento

5.7.1. Preparación de los sustratos

- a. **Obtención de los insumos:** recolección de material vegetativo, estiércol, harina de rocas, broza, lombricompost y demás insumos a utilizar.
- b. **Elaboración de los materiales a utilizar:** se elaboraron los sustratos a utilizar en el experimento.
- c. **Análisis de fertilidad:** Se realizó el análisis de fertilidad para conocer los elementos presentes en cada sustrato. La empresa a donde se mandaron a realizar el análisis fue “Soluciones Analíticas”.

- d. **Restauración del macrotúnel:** se realizó la restauración del macrotúnel en ambas localidades.
- e. **Colocación de mesas:** se colocaron las mesas dentro del macrotúnel y sobre ellas las bandejas de duroport.
- f. **Desinfección de sustrato:** se realizó la desinfección de los sustratos con el objetivo de eliminar agentes patógenos que pudieran dañar a la plántula. El método de desinfección fue el de solarización por un período de 15 días.
- g. **Desinfección de bandejas:** posteriormente se realizó una desinfección a las bandejas por 24 horas con solución de cloro. Utilizando una cucharada de cloro por un litro de agua con el objetivo que las bandejas quedarán totalmente desinfectadas.
- h. **Realización de las mezclas de sustratos:** se realizarán las mezclas de sustratos con base a los porcentajes del cuadro 2.
- i. **Llenado de bandejas:** se realizó el llenado de bandejas, cada una con su tratamiento respectivo haciendo perforaciones para la colocación de la semilla.
- j. **Siembra:** la profundidad de siembra fue de 5mm, colocando una semilla por postura.
- k. **Periodo de emergencia:** la emergencia ocurrió desde los 4 a 10 días después de la siembra a excepción de la localidad de San Pablo que germinaron a los 15 días después de la siembra, debido a las condiciones de bajas temperaturas se tuvo un retraso en la germinación.
- l. **Manejo de riego:** se realizó un riego abundante al momento de la siembra y se colocaron las bandejas en un cuarto oscuro por un periodo de 4 días, luego los siguientes seis días se realizó un riego a cada 2 días, pasando los 10 días después de la siembra se realizó dos riegos por día (mañana y tarde) durante el periodo que permanecieron las plántulas en las bandejas, realizándolo con una bomba de fumigar tipo mochila para espalda, utilizando 20 litros de agua por día.
- m. **Análisis económico:** se realizó para determinar el tratamiento que ofrece el mayor beneficio económico.
- n. **Análisis de la información:** Se utilizó el programa estadístico Infostat (versión libre) para realizar análisis de varianza (ANDEVA) de las variables de respuesta del experimento, donde hubo significancia estadística se procedió a realizar la prueba de Tukey.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La evaluación de los sustratos locales para la producción de pilones de tomate (*Solanum lycopersicum L.*), variedad Retana, se realizó en dos localidades, en San Pablo Toaca del municipio de Tacaná y en aldea Cantel del municipio de San Pedro Sacatepéquez, con el objetivo de evaluar los sustratos en diferentes condiciones agroclimáticas, los resultados se presentan por localidad.

6.1. Análisis de fertilidad de los sustratos evaluados para la producción de pilones de tomate.

Previo a evaluar los sustratos se realizó un análisis de fertilidad a los tratamientos evaluados, con el objeto de disponer de información científica que sirviera de soporte en la fase de análisis y discusión de los resultados que se obtuvieron en la toma de datos de las variables que se priorizaron como indicadores de este estudio.

Cuadro 4. Características químicas de los sustratos evaluados.

		ELEMENTOS											
Tratamientos	Proporción %	pH	Concentración de sales (Cs)	Materia orgánica (M.O)	(N)	(P)	(K)	(Ca)	(Mg)	(Fe)	(Mn)	(Zn)	
T1	Peat Moss	100	5.7	0.26dS/m	70.20%	0.56	0.07	0.06	1.07	0.76	948.1	74.73	15.3
T2	Lombricompost, tierra negra, harina de roca y carbón	65-20-5-10	6.6	5.30dS/m	20.90%	0.62	0.60	0.36	0.68	0.13	693.4	331.6	30.5
T3	Bocashi, tierra negra, harina de roca y carbón	65-20-5-10	8.5	2.15dS/m	17.70%	0.39	0.48	0.42	1.65	0.29	615.5	440.2	40.9
T4	Compost, tierra negra, harina de roca y carbón	65-20-5-10	7.0	2.01dS/m	17.30%	0.45	0.39	0.19	0.7	0.14	800.7	466.8	36.9
T5	Tierra negra, estiércol de caballo, harina de roca y MMS	45-30-5-20	7.8	3.11dS/m	24.70%	0.67	0.50	0.50	1.09	0.26	802.1	441.4	44.3
T6	Bocashi, estiércol de caballo, harina de roca y MMS	30-50-5-15	6.9	1.91dS/m	17.60%	0.5	0.31	0.16	0.43	0.11	776.4	356.7	18
Rango óptimo			5.5-7.5	1-3.5ds/m	3-45	0.5-1	0.05-0.75	0.05-0.50	0.05-2.50	0.05-1	300-800	100-500	10-50

Fuente: Análisis de fertilidad, soluciones analíticas

El cuadro 4 nos indica que los tratamientos difieren marcadamente entre sí en el contenido de nutrientes asimilables. Los tratamientos compuestos en su base con abonos orgánicos presentan niveles elevados, debido a los residuos utilizados para obtener el compost y el proceso de compostaje.

En cuanto a los macroelemento el nitrógeno es el principal elemento nutritivo en la formación de vegetativa de la planta, los seis tratamientos presentan un rango optimo entre 0.50-1 Mg/planta. El fósforo es necesario en la fase inicial de la planta acelera el desarrollo radicular y crecimiento, las más altas concentraciones de fósforo lo presentan los tratamientos T5, T3 y T2, presentándose en menores concentraciones en el resto de los tratamientos, sin embargo todos los tratamientos analizados se encuentran en el rango optimo (0.05-0.75mg/planta).

En relación con el potasio el tratamiento con mayor concentración fue el T5 y el que posee menor concentración fue el T1, sin embargo todos los tratamientos se encuentran en un rango óptimo (0.05-.050mg/planta). El elemento calcio (Ca) estimula la formación de raíces y hojas, los tratamientos presentaron un rango optimo (0.05-2.50mg/planta) teniendo el tratamiento T3 la concentración más alta y el T6 la concentración más baja. El magnesio (Mg) es un componente de la clorofila y esencial para el proceso de fotosíntesis, la concentraciones más alta lo presenta el T1y la más baja el T6, sin embargo todos los tratamientos se encuentran en el rango optimo (0.05-1mg/planta).

En cuanto a los micronutrientes el hierro (Fe) la formación de la clorofila está relacionada con la presencia de este elemento, el tratamiento que presenta la concentración más alta es el T1, el tratamiento con la concentración más baja es el T3, sin embargo todos los tratamientos están en el rango optimo (300-800mg/planta) a excepción del T1 que presento un valor por encima del rango óptimo de 948.1. El elemento manganeso (Mn) además de fomentar resistencia con las plagas y enfermedades, actúa como catalizador en las acciones enzimáticas y fisiológicas, los tratamientos se encuentran en un rango óptimo (100-500mg/planta) siendo el T4 el que obtuvo la concentración más alta y el T1 presentó una concentración por debajo del rango óptimo.

El elemento zinc (Zn) actúa como elemento regulador de crecimiento, su deficiencia puede llegar a causar reducción en la longitud del tallo y alteraciones en el tamaño y

forma de las hojas, los tratamientos presentaron concentraciones con rangos óptimos (10-50mg/planta) el T5 presenta la concentración más alta y el T1 presenta la concentración más baja.

En cuanto a la concentración de materia orgánica el tratamiento T1 posee un nivel elevado en proporción de materia orgánica, pero no se logró obtener pilones con las condiciones requeridas, el resto de los tratamientos presentaron concentraciones asimilables. En la concentración de sales el tratamiento T2 presenta una concentración alta de 5.30dS/m lo que genera un retraso general en el desarrollo de la planta y el resto de los tratamientos presentaron concentraciones en el rango óptimo (1-3.5dS/m).

Los Tratamientos están dentro del rango óptimo de pH de un sustrato para el cultivo de tomate (5.5 – 7.5); a excepción del T3 que posee un valor de pH 8.5, el aumento de pH en el sustrato podría deberse a la composición de abono orgánico tipo bocashi, el cual presenta como característica negativa un alto valor de pH. Lo que podría estar influyendo en la absorción de los nutrientes, reduciendo la tasa de crecimiento y el desarrollo de la planta.

6.2. Análisis de resultados de la localidad: San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná

Las variables dependientes del experimento fueron las siguientes: porcentaje de germinación, número de hojas, altura de la planta, diámetro del tallo, calidad de adobe y longitud de la raíz; y otro que no estaba contenido en el protocolo, mortalidad de plántulas en el semillero.

6.2.1. Porcentaje de Germinación

Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación de semilla de tomate, a los 10 días después de la siembra; en seis diferentes sustratos, en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná.

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9806.38	5	1960.72	37.15	0.0001
Tratamientos	9806.38	5	1960.72	37.15	0.0001
Error	633.33	12	52.78		
Total	10436.94	17			

Fuente: Infostat

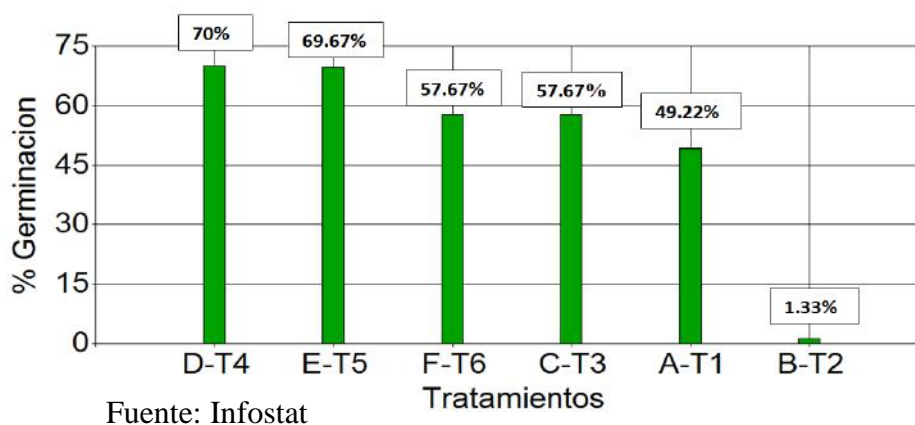
En el cuadro 5 se observa el ANDEVA, en donde el valor $p < 0.0001$ es menor al nivel de significación de la prueba 0.05 y por tanto implica que existió diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey para determinar las diferencias.

Cuadro 6. Prueba de medias de Tukey al 5 % de la variable porcentaje de germinación de semilla de tomate, a los 10 días después de la siembra; en seis diferentes sustratos, en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná.

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
D-T4	70.00	3	4.19	A	
E-T5	69.67	3	4.19		B
F-T6	57.67	3	4.19		C
C-T3	57.67	3	4.19		C
A-T1	49.22	3	4.19		D
B-T2	1.33	3	4.19		E

Fuente: Infostat

Gráfica 2. Porcentaje de germinación se semilla de tomate, a los 10 días después de la siembra; en seis diferentes sustratos, en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná.



Con base a la prueba de Tukey podemos indicar en el cuadro 6 y gráfica 2 que el T4 fue significativamente superior a los demás tratamientos excepto al T5 teniendo porcentajes de 69.67% y 70%. Así mismo los tratamientos son estadísticamente iguales entre sí pero diferentes a los demás, mostrando porcentaje de 57.67% respectivamente. Mientras tanto el T1 (Testigo) fue significativamente superior al T2, presentando un porcentaje de 49.22%. Esta variable se tomó a los 15 días después de la siembra, debido a las bajas temperaturas en esa localidad existió una velocidad de germinación baja y un comportamiento menos uniforme.

En cuanto a los tratamientos T4, T5, T6 y T3 de acuerdo a los análisis de laboratorio presentados en el cuadro 4 del anexo 5, 6, 7 y 4 el porcentaje de materia orgánica funciona de manera paralela en la cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio, calcio, magnesio y zinc, lo que favoreció la mineralización de los elementos, además, influyo de manera contraria en la cantidad de hierro y manganeso por el alto valor que presentaron estos elementos. El T1 presentó un retraso en la germinación de las semillas de tomate, por lo que no supero ni el 50% de semillas germinadas y en comparación con los otros tratamientos tuvo mayor cantidad de materia orgánica y hierro, y aunque el hierro es importante en la formación de clorofila, cantidades altas limitan el crecimiento de las plantas y generan compuestos insolubles al igual que el manganeso incrementan el estrés durante periodos secos.

En cuanto al T2 no tuvo resultados favorables, esto debido a que de acuerdo al análisis (ver cuadro 4 anexo 3) estos resultados parecen estar relacionados por la baja infiltración del agua, así como su retención de humedad y la concentración de sales alta que posee el sustrato lo que genera un retraso general en el desarrollo de la planta.

En síntesis, la hipótesis 1 es aceptada, ya que un tratamiento demostró significancia estadística respecto al T1 (Testigo).

6.2.2. Altura de la planta

Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable altura de planta en el cultivo de tomate a los 30 días después de germinación; en seis diferentes sustratos, en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná.

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	292.44	5	58.49	175.47	0.0001
Tratamientos	292.44	5	58.49	175.47	0.0001
Error	4.00	12	0.33		
Total	296.44	17			

Fuente: Infostat

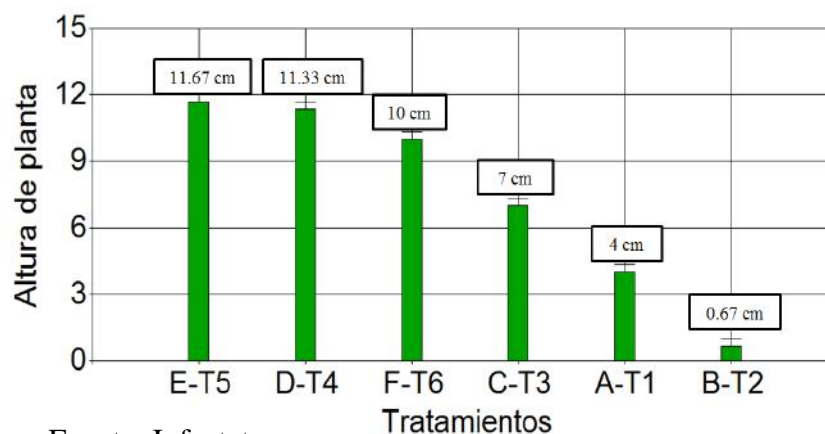
En el cuadro 7 se observa el ANDEVA, en donde el valor $p < 0.0001$ es menor al nivel de significación de la prueba 0.05 y por tanto implica que existió diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey para determinar las diferencias.

Cuadro 8. Prueba de medias de Tukey para la variable altura de planta en el cultivo de tomate, a los 30 días después de germinación; en seis diferentes sustratos, en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná.

Error: 0.3333		gl: 12			
Tratamientos	Medias	n	E.E.		
D-T5	11.67	3	0.33	A	
E-T4	11.33	3	0.33	A	B
F-T6	10.00	3	0.33		B
C-T3	7.00	3	0.33		C
A-T1	4.00	3	0.33		D
B-T2	0.67	3	0.33		E

Fuente: Infostat

Gráfica 3. Altura de planta en el cultivo de tomate a los 30 días después de germinación; en seis diferentes sustratos, en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná.



Fuente: Infostat

Con base a la prueba de medias de Tukey podemos indicar en el cuadro 8 y gráfica 3 que el T5 fue significativamente superior a los demás tratamientos excepto al T4 y T6 son estadísticamente iguales entre sí, pero diferentes a los demás teniendo un promedio de 11.37 cm y 10 cm. El T3 forma parte del grupo C con un promedio de intermedio de 10cm. El T1 fue significativamente superior al T2 con un promedio de 4cm. el T2 muestra un promedio bajo de 0.67.

En cuanto a la dinámica de crecimiento para este experimento en la medición (30 días después de germinación), debido a las bajas temperaturas en esa localidad existió un comportamiento menos uniforme, siendo los T5 y T4 los que manifiestan diferencias significativas considerables entre ellos con promedios de 11.67cm y 11.33 cm, lo que incitaría a decir que poseen características fisicoquímicas y nutricionales ideales lo cual favorece su desarrollo y crecimiento, debido a la utilización de la solución nutritiva y por las combinaciones entre ellos que poseen mejores características físicas mejorando la porosidad y proporcionándole al sustrato una mayor aireación y capacidad de retención de humedad; junto con ello actúan como regulador de la temperatura, haciendo el fósforo más asimilable como macroelemento, ya que constituye el segundo elemento en importancia para el crecimiento de las plantas.

El T6 y T1 presentan bajo contenido de zinc (ver cuadro 4 anexo 4), por lo que provocó una leve reducción en la longitud del tallo y alteraciones en el tamaño y forma de las hojas de la planta. En cuanto al T2 no tuvo resultados favorables, esto debido a que de acuerdo al análisis (ver cuadro 4 anexo 3) estos resultados parecen estar relacionados por la baja infiltración del agua, así como su retención de humedad y la concentración de sales alta que posee el sustrato, lo que genera un retraso general en el desarrollo de la planta.

En síntesis, la hipótesis 2 es aceptada, ya que un tratamiento demostró significancia estadística respecto al T1 (Testigo).

6.2.3. Diámetro del tallo

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo en el cultivo de tomate a los 35 días después de la siembra; en seis diferentes sustratos, en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná.

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	27.40	5	5.48	49.33	0.0001
Tratamientos	27.40	5	5.48	49.33	0.0001
Error	1.33	12	0.11		
Total	28.74	17			

Fuente: Infostat

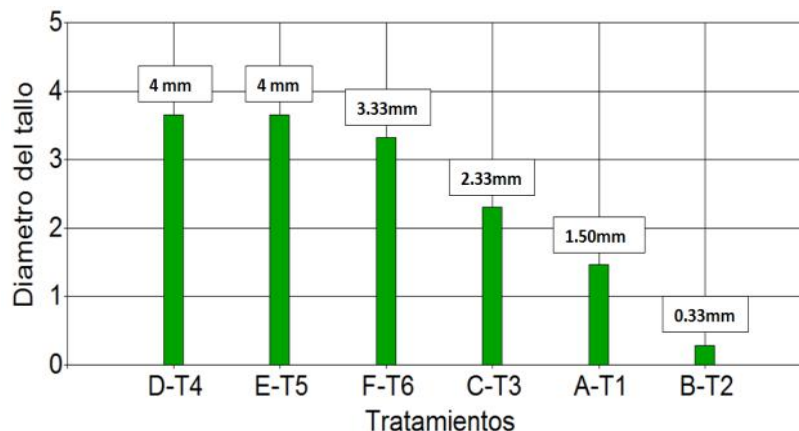
En el cuadro 9 se observa el ANDEVA, en donde el valor $p < 0.0001$ es menor al nivel de significación de la prueba 0.05 y por tanto implica que existió diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey para determinar las diferencias.

Cuadro 10. Prueba de medias de Tukey para la variable diámetro del tallo en el cultivo de tomate, a los 35 días después de la siembra; en seis diferentes sustratos, en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná.

Error: 0.1111		gl: 12	
Tratamientos	Medias	n	E.E.
E-T4	4.00	3	0.19 A
D-T5	4.00	3	0.19 A
F-T6	3.33	3	0.19 A
C-T3	2.33	3	0.19 B
A-T1	1.50	3	0.19 B
B-T2	0.33	3	0.19 C

Fuente: Infostat

Gráfica 4. Diámetro del tallo en el cultivo de tomate a los 30 días después de germinación; en seis diferentes sustratos, en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná.



Fuente: Infostat

Con base a la prueba de Tukey podemos indicar en el cuadro 10 y gráfica 4 que los tratamientos T4, T5 y T6 son estadísticamente iguales entre sí pero diferentes a los demás, presentando un promedio mayor de 3mm respectivamente. Los tratamientos T3 y T1 son iguales entre sí, presentado promedios de 2.33m y 1.50m m. El T2 no presento diferencia significativa ante los demás tratamientos.

En esta variable nuevamente destacaron los tratamientos T4, T5 y T6 que significativamente poseen un rango óptimo de potasio, lo cual influyo para un mayor desarrollo del tallo y el aporte nutricional que brindaron estos sustratos y sus adecuadas propiedades físicas nuevamente ofrecieron las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas. Los tratamientos T3 y T1 influyeron a los menores diámetros de tallo, diferenciándose de forma significativa del resto de los tratamientos, los cuales tuvieron un comportamiento intermedio y el T2 no tuvo resultados favorables, esto debido a que de acuerdo al análisis (ver cuadro 4 anexo 3) estos resultados parecen estar relacionados por la baja infiltración del agua, así como su retención de humedad y la concentración de sales alta que posee el sustrato, lo que genera un retraso general en el desarrollo de la planta. En síntesis, la hipótesis 3 es aceptada, ya que un tratamiento demostró significancia estadística superior respecto al T1 (Testigo).

6.2.4. Calidad de adobe

Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable calidad de adobe en el cultivo de tomate a los 35 días después de la siembra; en seis diferentes sustratos, en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná.

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	22224.67	5	4444.93	2758.92	0.0001
Tratamientos	22224.67	5	4444.93	2758.92	0.0001
Error	19.33	12	1.61		
Total	22244.00	17			

Fuente: Infostat

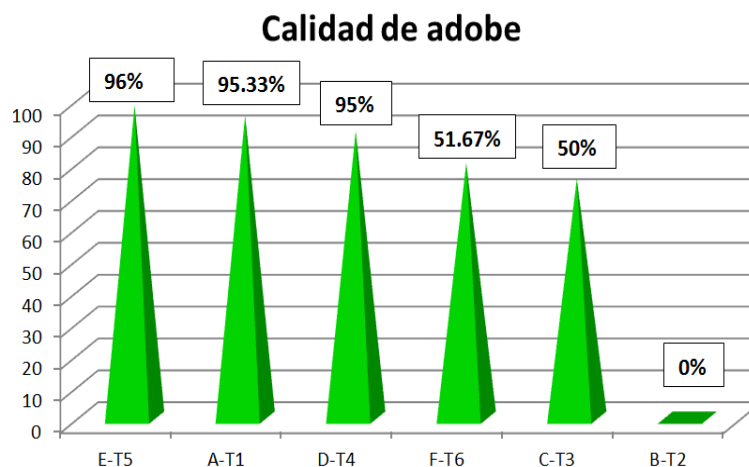
En el cuadro 11 se observa el ANDEVA, en donde el valor $p < 0.0001$ es menor al nivel de significación de la prueba 0.05 y por tanto implica que existió diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey para determinar las diferencias.

Cuadro 12. Prueba de medias de Tukey para la variable calidad de adobe en el cultivo de tomate; en seis diferentes sustratos, en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná.

Tratamientos	Medias	n	E.E.		Calidad de adobe
D-T5	96.00	3	0.73	A	Excelente
A-T1	95.33	3	0.73	A	Excelente
E-T4	95.00	3	0.73	A	Excelente
F-T6	51.67	3	0.73	B	Buena
C-T3	50.00	3	0.73	B	Buena
B-T2	0.00	3	0.73	C	Pesima

Fuente: Infostat

Gráfica 5. Calidad de adobe en el cultivo de tomate a los 30 días después de germinación, en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná.



Fuente: Infostat

En el cuadro 12 y gráfica 5 se presentan los resultados del análisis de discriminación de medias en el cual se puede observar que los tratamientos T5, T1 y T4 fueron estadísticamente superiores a los demás tratamientos con promedios que van desde 95%-96%. Los tratamientos T6 y T3 son estadísticamente iguales entre sí, pero diferentes a los demás, mostrando una calidad de adobe buena, dado que se encuentra en el rango de 50%-52%. El tratamiento (T2) presentó resultados negativos, dado a que las raíces de la plántula de tomate no se agregaron al sustrato.

En cuanto a los tratamientos T5, T1 y T4 de acuerdo al análisis de fertilidad presentado en el cuadro 4 anexo 6, 2 y 5, el porcentaje de materia orgánica funcionó de manera paralela en la cantidad de fósforo y calcio que son los elementos estimulantes del desarrollo de raíces. No obstante los tratamientos mencionados ofrecieron una excelente calidad de adobe para un trasplante exitoso, conjuntamente con los mejores resultados de las otras variables. Sin embargo, respecto al T1 el desarrollo de las plántulas no fue bueno debido a la falta de aplicación nutricional, puesto que no se realizó ninguna aplicación química de nutrientes a ningún tratamiento, sino que, únicamente se valieron de los nutrientes que cada sustrato contenía para su desarrollo vegetativo. Los tratamientos T6 y T3 presentaron promedio menos del 52% de la calidad de adobe, esto se atribuye a que dichos tratamientos no son un

componente que haga la función de agregación del adobe. En cuanto al T2 no tuvo resultados favorables, esto debido a que de acuerdo al análisis (ver cuadro 4 anexo 3) estos resultados parecen estar relacionados por la baja infiltración del agua, así como su retención de humedad y la concentración de sales alta que posee el sustrato, lo que genera un retraso general en el desarrollo de la planta.

En síntesis, la hipótesis 4 es aceptada, ya que un tratamiento demostró significancia estadística superior respecto al T1 (Testigo).

6.2.5. Número de hojas

Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable número de hojas en el cultivo de tomate a los 12 días después de germinación; en seis diferentes sustratos, en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná.

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.44	5	0.09	0.80	0.5705
Tratamientos	0.44	5	0.09	0.80	0.5705
Error	1.33	12	0.11		
Total	1.78	17			

Fuente: Infostat

En el cuadro 13 se observa el ANDEVA, en donde el valor $p < 0.5705$ es mayor al nivel de significación de la prueba 0.05 y por tanto implica que no existió diferencia significativa entre los tratamientos.

Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable número de hojas en el cultivo de tomate a los 16 días después de germinación; en seis diferentes sustratos, en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná.

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11.11	5	2.22	10.00	0.0006
Tratamientos	11.11	5	2.22	10.00	0.0006
Error	2.67	12	0.22		
Total	19.78	17			

Fuente: Infostat

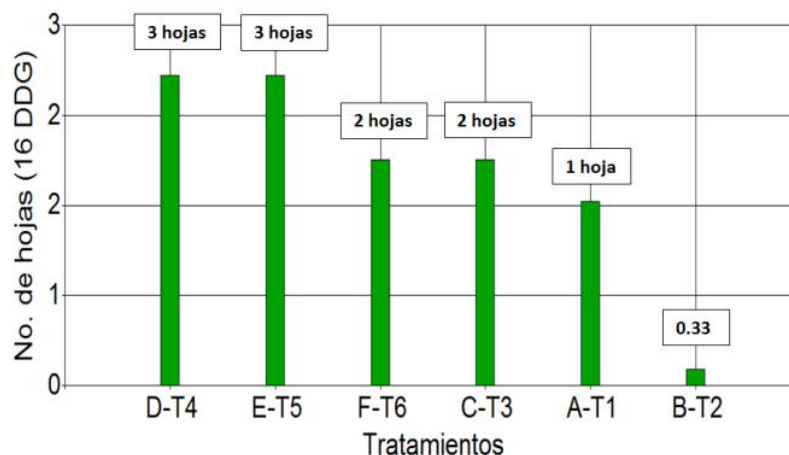
En el cuadro 14 se observa el ANDEVA, en donde el valor $p < 0.0006$ es menor al nivel de significación de la prueba 0.05 y por tanto implica que existió diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey para determinar las diferencias.

Cuadro 15. Prueba de medias de Tukey para la variable número de hojas en el cultivo de tomate a los 16 días después de germinación; en seis diferentes sustratos, en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná.

Error: 0.2222 gl: 12				
Tratamientos	Medias	n	E.E.	
E-T4	2.67	3	0.27	A
D-T5	2.67	3	0.27	A
F-T6	2.00	3	0.27	A
C-T3	2.00	3	0.27	A
A-T1	1.33	3	0.27	B
B-T2	0.33	3	0.27	B

Fuente: Infostat

Grafica 6. Número de hojas en el cultivo de tomate a los 16 días después de germinación, en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná.



Fuente: Infostat

En el cuadro 15 y gráfica 6 se presentan los resultados del análisis de discriminación de medias (0.05) en el cual se puede observar la formación de dos grupos. El primer grupo y superior estadísticamente al resto de los tratamientos en cuanto al desarrollo foliar está formado por los tratamientos T4, T5, T6 y T3. El segundo grupo está formado por los tratamientos T1 y T2.

Con base al análisis de fertilidad realizado podemos indicar que los tratamientos T4, T5, T6 y T3 lograron un buen promedio de número de hojas debido a la proporción de nitrógeno, calcio y magnesio que son los encargados del desarrollo de las hojas. En cuanto a los tratamientos T1 y T2 dieron lugar a plantas con el menor número de hojas en la fase vegetativa del cultivo, en cuanto al T2 no tuvo resultados favorables, esto debido a que de acuerdo al análisis (ver cuadro 4 anexo 3) estos resultados parecen estar relacionados por la baja infiltración del agua, así como su retención de humedad y la concentración de sales alta que posee el sustrato, lo que genera un retraso general en el desarrollo de la planta.

En síntesis, la hipótesis 5 es aceptada, ya que un tratamiento demostró significancia estadística superior respecto al T1 (Testigo).

6.2.6. Longitud de la raíz

Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable longitud de la raíz en el cultivo de tomate a los 35 días después de la siembra; en seis diferentes sustratos, en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná.

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	220.74	5	44.15	1589.30	0.0001
Tratamientos	220.74	5	44.15	1589.30	0.0001
Error	0.33	12	0.03		
Total	221.07	17			

Fuente: Infostat

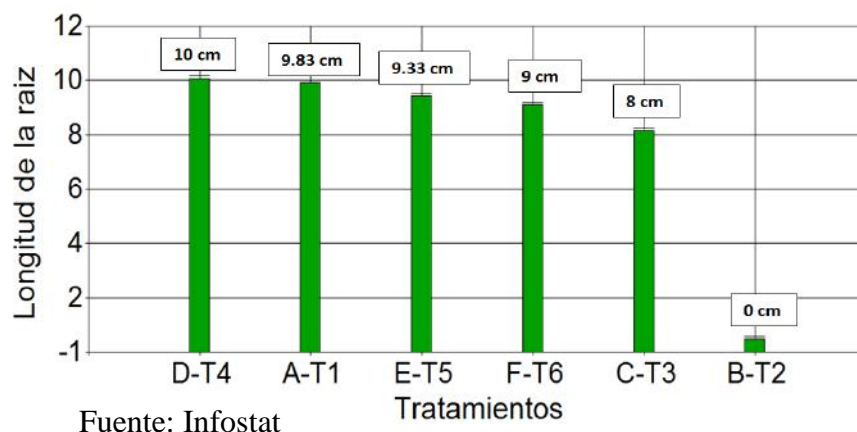
En el cuadro 16 se observa el ANDEVA, en donde el valor $p < 0.0001$ es menor al nivel de significación de la prueba 0.05 y por tanto implica que existió diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey para determinar las diferencias.

Cuadro 17. Prueba de medias de Tukey para la variable longitud de la raíz en el cultivo de tomate a los 35 días después de la siembra; en seis diferentes sustratos, en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná.

Error:	0.0278	gl: 12			
Tratamientos	Medias	n	E.E.		
E-T4	10.0	3	0.10	A	
A-T1	9.83	3	0.10	A	
D-T5	9.33	3	0.10		B
F-T6	9.00	3	0.10		B
C-T3	8.00	3	0.10		C
B-T2	0.00	3	0.10		D

Fuente: Infostat

Gráfica 7. Longitud de la raíz en el cultivo de tomate a los 35 días después de la siembra, en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná.



Con base a la prueba de medias de Tukey se puede indicar en el cuadro 17 y gráfica 7 que los tratamientos T4 y T1 estadísticamente son diferentes a todos los demás pero iguales entre sí, ya que presentan la mayor longitud de raíz con promedio de 10 cm. Los tratamientos T5 y T6 son estadísticamente iguales entre sí, pero diferentes al resto de los tratamientos con promedios de 9 cm. El tratamiento T3 es estadísticamente diferente a los demás presentando un promedio de 8 cm y el T2 no presentó diferencia significativa puesto que tuvo un promedio mínimo de 1 cm.

En cuanto los tratamientos T4, T1, T5, T6 y T3 de acuerdo al análisis de fertilidad presentado en el cuadro 4 anexo 5, 2, 6, 7 y 4 el porcentaje de materia orgánica funciona de manera paralela en la cantidad de nutrientes presentes en cada sustrato, lo que favoreció la mineralización de los elementos, lo cual indica un desarrollo radicular adecuado que permite el anclaje y la agregación de las raíces al sustrato y por consiguiente su fácil extracción de la celda, sin dañar al pilón al momento de la cosecha de las bandejas. En cuanto al T2 no tuvo resultados favorables, esto debido a que de acuerdo al análisis (ver cuadro 4 anexo 3) estos resultados parecen estar relacionados por la baja infiltración del agua, así como su retención de humedad y la concentración de sales alta que posee el sustrato, lo que genera un retraso general en el desarrollo radicular de la planta.

En síntesis, la hipótesis 6 es aceptada, ya que un tratamiento demostró significancia estadística superior respecto al T1 (Testigo).

6.2.7. Mortalidad de plántulas en el semillero

Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable mortalidad de plántulas en el semillero del cultivo de tomate a los 35 días después de la siembra; en seis diferentes sustratos, en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná.

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	104.44	5	20.89	34.18	0.0001
Tratamientos	104.44	5	20.89	34.18	0.0001
Error	7.33	12	0.61		
Total	111.78	17			

Fuente: Infostat

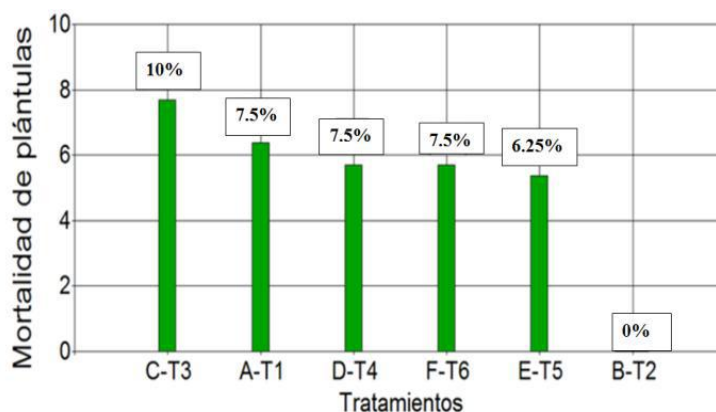
En el cuadro 18 se observa el ANDEVA, en donde el valor $p < 0.0001$ es menor al nivel de significación de la prueba 0.05 y por tanto implica que existió diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey para determinar las diferencias.

Cuadro 19. Prueba de medias de Tukey para la variable mortalidad de plántulas en el semillero del cultivo de tomate; en seis diferentes sustratos, en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná.

Error: 0.0278 gl: 12					
Tratamientos	Medias	n	E.E.		
C-T3	10.00	3	0.45	A	
A-T1	7.50	3	0.45	A	B
E-T4	7.50	3	0.45	A	B
F-T6	7.50	3	0.45	A	B
D-T5	6.25	3	0.45		B
B-T2	0.00	3	0.45		C

Fuente: Infostat

Gráfica 8. Mortalidad de plántulas en el semillero del cultivo de tomate a los 35 días después de la siembra, en la localidad de San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná.



Fuente: Infostat

Con base a la prueba de Tukey podemos indicar en el cuadro 19 gráfica 8 que el tratamiento (T3), es estadísticamente diferente y superior a los demás, mostrando un promedio del 10% de plantas muertas, los tratamientos (T1, T4, T6) son estadísticamente iguales entre sí pero diferentes a los demás presentaron un promedio de 7.5% de plantas muertas. El tratamiento T5 mostró un promedio de 6.25% de plantas muertas y finalmente el tratamiento (T2) es diferente a todos los demás y es el que no tuvo ninguna planta muerta.

El tratamiento que obtuvo mejores resultados en esta variable fue el T5 pues tuvo un porcentaje menor de mortalidad de plantas y el T2 que no tuvo plantas muertas debido a que las únicas dos plantas germinadas fueron resistentes durante el tiempo de investigación. La mortalidad de plántulas en los otros tratamientos fue debido a la poca resistencia a las bajas temperaturas que existen en la localidad.

6.3. Análisis de resultados de la localidad: Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

Las variables dependientes del experimento fueron las siguientes: porcentaje de germinación, número de hojas, altura de la planta, diámetro del tallo, calidad de adobe y longitud de la raíz; y otro que no estaba contenido en el protocolo: mortalidad de plántulas en el semillero.

6.3.1. Porcentaje de Germinación

Cuadro 20. Análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación en el cultivo de tomate a los 10 días después de la siembra; en seis diferentes sustratos, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17483.61	5	3496.72	100.22	0.0001
Tratamientos	17483.61	5	3496.72	100.22	0.0001
Error	418.67	12	34.89		
Total	17902.28	17			

Fuente: Infostat

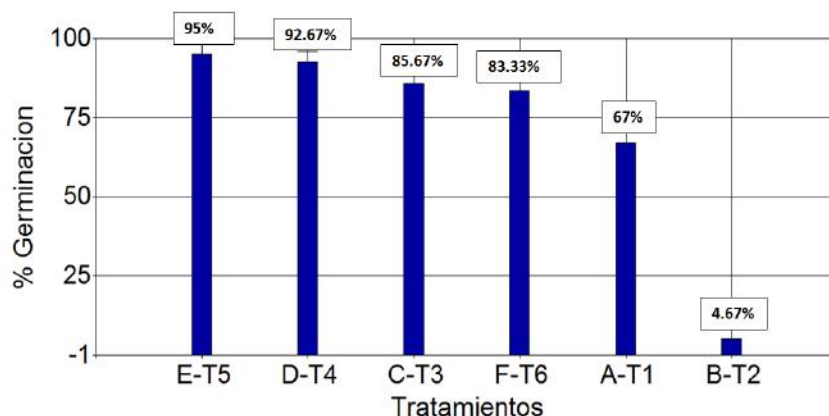
En el cuadro 20 se observa el ANDEVA, en donde el valor $p < 0.0001$ es menor al nivel de significación de la prueba 0.05 y por tanto implica que existió diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey para determinar las diferencias.

Cuadro 21. Prueba de medias de Tukey al 5 % de la variable porcentaje de germinación; en seis diferentes sustratos, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

Error: 34.8889		gl: 12			
Tratamientos	Medias	n	E.E.		
E-T5	95.00	3	3.41	A	
D-T4	92.67	3	3.41	A	
C-T3	85.67	3	3.41	A	
F-T6	83.33	3	3.41	A	
A-T1	67.00	3	3.41	B	
B-T2	4.67	3	3.41	C	

Fuente: Infostat

Gráfica 9. Porcentaje de germinación a los 10 días después de la siembra en el cultivo de tomate, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.



Fuente: Infostat

Con base a la prueba de Tukey podemos indicar en el cuadro 21 y gráfica 9 que los tratamientos T5, T4, T3 y T6 fue significativamente superior a los demás tratamientos con promedios superiores al 80%. Así mismo el tratamiento T1 estadísticamente diferente a los demás mostrando un promedio del 67% respectivamente. Mientras tanto el T2 presentan un promedio de 4.67%.

En cuanto a los tratamientos T5, T4, T3 y T6 de acuerdo a los análisis de laboratorio presentados en el cuadro 4 del anexo 6, 5, 4 y 7 el porcentaje de materia orgánica funciona de manera paralela en la cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio, calcio, magnesio y zinc,

lo que favoreció la mineralización de los elementos, además, influyo de manera contraria en la cantidad de hierro y manganeso por el alto valor que presentaron estos elementos. El T1 presento un promedio intermedio de 67% de germinación de las semillas de tomate y en comparación con los otros tratamientos tuvo mayor cantidad de materia orgánica y hierro, y aunque el hierro es importante en la formación de clorofila, cantidades altas limitan el crecimiento de las plantas y generan compuestos insolubles, al igual que el manganeso incrementan el estrés durante periodos secos. En cuanto al T2 no tuvo resultados favorables, estos resultados parecen estar relacionados por la baja infiltración del agua, así como su retención de humedad y la concentración de sales alta que posee el sustrato, lo que genera un retraso general en el desarrollo de la planta. En síntesis, la hipótesis 1 es aceptada, ya que un tratamiento demostró significancia estadística respecto al T1 (Testigo).

6.3.2. Altura de la planta

Cuadro 22. Análisis de varianza para la variable altura de planta en el cultivo de tomate a los 30 días después de germinación; en seis diferentes sustratos, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	390.96	5	78.19	225.19	0.0001
Tratamientos	390.96	5	78.19	225.19	0.0001
Error	4.17	12	0.35		
Total	395.13	17			

Fuente: Infostat

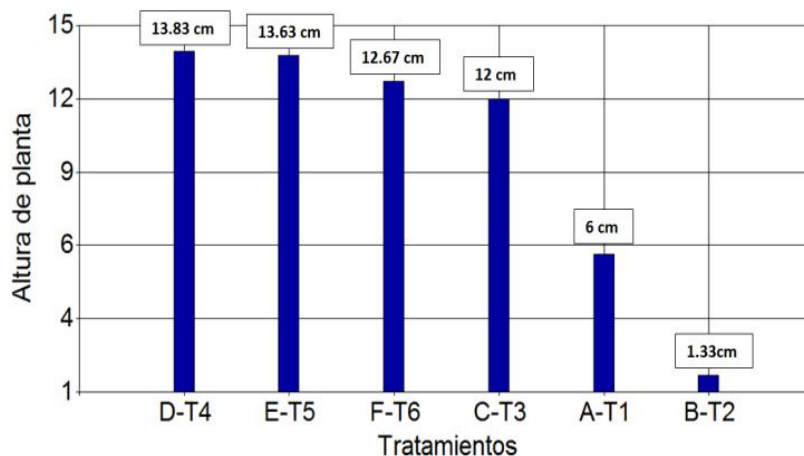
En el cuadro 22 se observa el ANDEVA, en donde el valor $p < 0.0001$ es menor al nivel de significación de la prueba 0.05 y por tanto implica que existió diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey para determinar las diferencias.

Cuadro 23. Prueba de medias de Tukey para la variable altura de planta en el cultivo de tomate; en seis diferentes sustratos, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

Error: 0.3056		gl: 12	
Tratamientos	Medias	n	E.E.
D-T4	13.83	3	0.34 A
E-T5	13.67	3	0.34 A
F-T6	12.67	3	0.34 A B
C-T3	12.00	3	0.34 B
A-T1	6.00	3	0.34 C
B-T2	1.33	3	0.34 D

Fuente: Infostat

Gráfica 10. Altura de planta en el cultivo de tomate a los 30 días después de germinación, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.



Fuente: Infostat

Con base a la prueba de medias de Tukey podemos indicar en el cuadro 23 y gráfica 10 que el T4, T5 y T6 fueron significativamente superior a los demás tratamientos excepto al T3 que estadísticamente es diferentes a los demás teniendo un promedio intermedio de 12cm. El T1 tuvo promedio de 6cm lo que significa que fue significativamente superior al T2 que presento un promedio de 1.33cm lo cual no muestra diferencias significativas.

En cuanto a la dinámica de crecimiento para este experimento en la medición (30 días después de germinación), siendo los T4, T5 y T6 los que manifiestan diferencias significativas considerables entre ellos con promedios de 13.83cm, 13.63cm y 12.67cm, lo que incitaría a decir que poseen características fisicoquímicas y nutricionales ideales lo cual favorece su desarrollo y crecimiento, debido a las utilización de la solución nutritiva y por las combinaciones entre ellos que poseen mejores características físicas mejorando la porosidad y proporcionándole al sustrato una mayor aireación y capacidad de retención de humedad; junto con ello actúan como regulador de la temperatura, haciendo el fósforo más asimilable como macroelemento, ya que constituye el segundo elemento en importancia para el crecimiento de las plantas. El T3 muestra una altura de planta considerable, sin embargo, por el alto valor de pH que presenta (ver cuadro 4 anexo 4) influyo reduciendo la tasa de crecimiento y el desarrollo de la planta.

El T1 presentan bajo contenido de zinc (ver cuadro 4 anexo 2), por lo que provoco una leve reducción en la longitud del tallo y alteraciones en el tamaño y forma de las hojas de la planta. En cuanto al T2 no tuvo resultados favorables, esto debido a que de acuerdo al análisis (ver cuadro 4 anexo 3) estos resultados parecen estar relacionados por la baja infiltración del agua, así como su retención de humedad y la concentración de sales alta que posee el sustrato, lo que genera un retraso general en el desarrollo de la planta.

En síntesis, la hipótesis 2 es aceptada, ya que un tratamiento demostró significancia estadística respecto al T1 (Testigo).

6.3.3. Diámetro del tallo

Cuadro 24. Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo en el cultivo de tomate a los 35 días después de la siembra; en seis 6 diferentes sustratos, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	33.11	5	6.62	119.20	0.0001
Tratamientos	33.11	5	6.62	119.20	0.0001
Error	0.67	12	0.06		
Total	33.78	17			

Fuente: Infostat

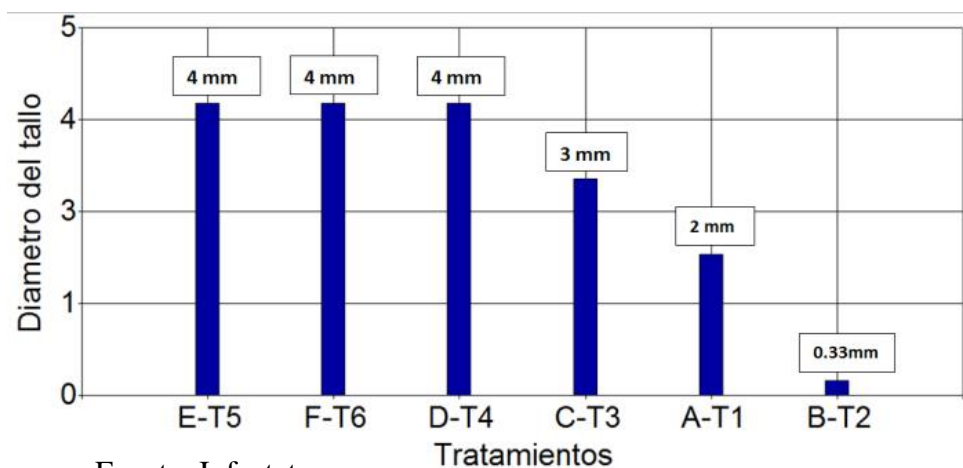
De acuerdo a los resultados del ANDEVA, en donde el valor $p < 0.0001$ es menor al nivel de significación de la prueba 0.05 y por tanto implica que existió diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey para determinar las diferencias.

Cuadro 25. Prueba de medias de Tukey para la variable diámetro del tallo en el cultivo de tomate; en seis diferentes sustratos, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

Error:	0.0556	gl: 12			
Tratamientos	Medias	n	E.E.		
E-T5	4.00	3	0.14	A	
E-T6	4.00	3	0.14	A	
D-T4	4.00	3	0.14	A	
C-T3	3.00	3	0.14		B
A-T1	2.00	3	0.14		C
B-T2	0.33	3	0.14		D

Fuente: Infostat

Gráfica 11. Diámetro del tallo en el cultivo de tomate a los 35 días después de germinación, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.



Con base a la prueba de Tukey podemos indicar en el cuadro 25 y gráfica 11 que los tratamientos T5, T6 y T4 son estadísticamente iguales entre sí pero diferentes a los demás, presentando un promedio mayor de 4mm respectivamente. Los tratamientos T3 es estadísticamente diferente a los demás presentando un promedio de 3mm, el T1 es totalmente diferente a los demás con un promedio de 2mm. El T2 no presentó diferencia significativa ante los demás tratamientos.

En esta variable nuevamente destacaron los tratamientos T5, T6 y T4 que significativamente poseen un rango óptimo de potasio, lo cual influyó para un mayor desarrollo del tallo y el aporte nutricional que brindaron estos sustratos y sus adecuadas propiedades físicas nuevamente ofrecieron las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas. Los tratamientos T3 y T1 influyeron a los menores diámetros de tallo, diferenciándose de forma significativa del resto de los tratamientos, los cuales tuvieron un comportamiento intermedio excepto el T3 que por el alto valor de pH que presenta (ver cuadro 4 anexo 4) influyó reduciendo la tasa de crecimiento y el desarrollo de la planta y el T2 no logró desarrollar un tallo con características deseadas estos resultados parecen estar relacionados por la baja infiltración del agua, así como su retención de humedad y la

concentración de sales alta que posee el sustrato, lo que genera un retraso general en el desarrollo de la planta.

En síntesis, la hipótesis 3 es aceptada, ya que un tratamiento demostró significancia estadística superior respecto al T1 (Testigo).

6.3.4. Calidad de adobe

Cuadro 26. Análisis de varianza para la variable calidad de adobe en el cultivo de tomate a los 35 días después de la siembra; en seis diferentes sustratos, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	23182.74	5	4636.55	2587.84	0.0001
Tratamientos	23182.74	5	4636.55	2587.84	0.0001
Error	21.50	12	1.79		
Total	23204.24	17			

Fuente: Infostat

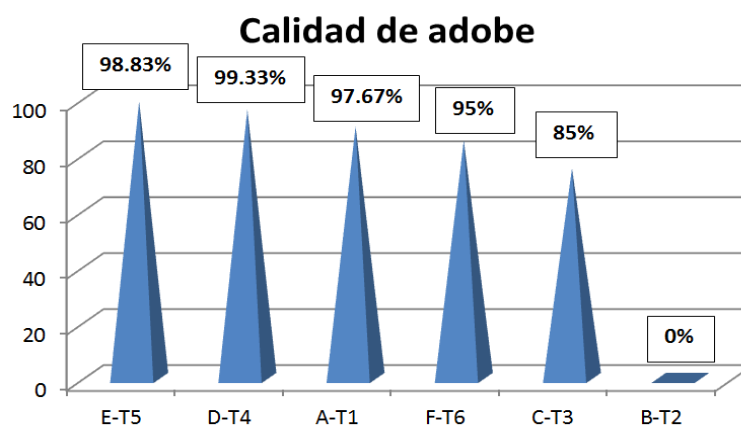
De acuerdo a los resultados del ANDEVA, en donde el valor $p < 0.0001$ es menor al nivel de significación de la prueba 0.05 y por tanto implica que existió diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey para determinar las diferencias.

Cuadro 27. Prueba de medias de Tukey para la variable calidad de adobe en el cultivo de tomate; en seis diferentes sustratos, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

Error:	1.7917	gl: 12					Calidad de adobe
Tratamientos	Medias	n	E.E.				
E-T5	99.83	3	0.77	A			Excelente
D-T4	99.33	3	0.77	A			Excelente
A-T1	97.67	3	0.77	A	B		Excelente
F-T6	95.00	3	0.77		B		Excelente
C-T3	85.00	3	0.77			C	Buena
B-T2	0.00	3	0.77			D	Pesima

Fuente: Infostat

Gráfica 12. Calidad de adobe en el cultivo de tomate a los 30 días después de germinación, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.



Fuente: Infostat

En el cuadro 27 y grafica 12 se presentan los resultados del análisis de discriminación de medias en el cual se puede observar que los tratamientos T5, T4 y T1 fueron estadísticamente superiores a los demás tratamientos con promedios que van desde 97%-99%. Los tratamientos T6 y T3 son estadísticamente iguales entre sí, pero diferentes a los demás, mostrando una calidad de adobe excelente, dado que se encuentra en el rango de

85%-95%. El tratamiento (T2) no presenta diferencias obteniendo resultados negativos, dado a que las raíces de la plántula de tomate no se agregaron al sustrato.

En cuanto a los tratamientos T5, T4 y T1 de acuerdo al análisis de fertilidad presentado en el cuadro 4 anexo 6, 5 y 2, el porcentaje de materia orgánica funcionó de manera paralela en la cantidad de fósforo y calcio que son los elementos estimulantes del desarrollo de raíces. No obstante los tratamientos mencionados ofrecieron una excelente calidad de adobe para un trasplante exitoso, conjuntamente con los mejores resultados de las otras variables. Sin embargo, respecto al T1 el desarrollo de las plántulas no fue bueno debido a la falta de aplicación nutricional, puesto que no se realizó ninguna aplicación química de nutrientes a ningún tratamiento, sino que, únicamente se valieron de los nutrientes que cada sustrato contenía para su desarrollo vegetativo. Los tratamientos T6 y T3 presentaron promedio superiores al 80% de la calidad de adobe, esto se atribuye a que dichos tratamientos son un componente que haga la función de agregación del adobe, sin embargo, respecto al T3 que el desarrollo de las plántulas no fue bueno debido al alto valor de pH que presenta (ver cuadro 4 anexo 4) que influyo en la reducción de la tasa de crecimiento y el desarrollo de la planta.

El tratamiento T2 no logro obtener una buena calidad de adobe pues la raíces no lograron adherirse al sustrato, estos resultados parecen estar relacionados por la baja infiltración del agua, así como su retención de humedad y la concentración de sales alta que posee el sustrato, lo que genera un retraso general en el desarrollo de la planta.

En síntesis, la hipótesis 4 es aceptada, ya que un tratamiento demostró significancia estadística superior respecto al T1 (Testigo).

6.3.5. Número de hojas

Cuadro 28. Análisis de varianza para la variable número de hojas en el cultivo de tomate a los 12 días después de germinación; en seis diferentes sustratos, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12.00	5	2.40	14.40	0.0001
Tratamientos	12.00	5	2.40	14.40	0.0001
Error	2.00	12	0.17		
Total	14.00	17			

Fuente: Infostat

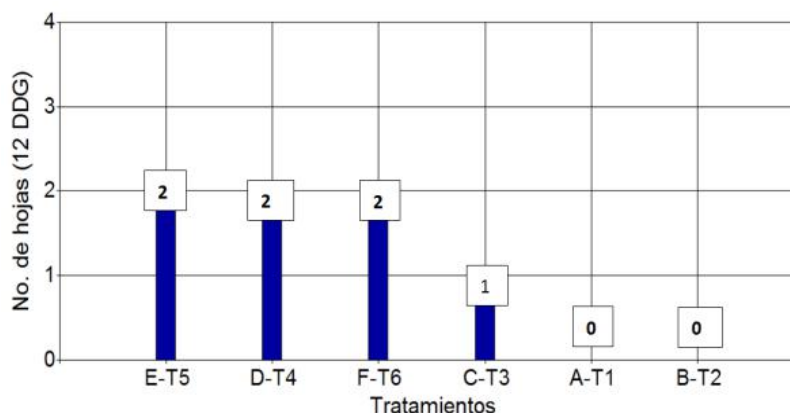
De acuerdo a los resultados del ANDEVA, en donde el valor $p < 0.0001$ es menor al nivel de significación de la prueba 0.05 y por tanto implica que existió diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey para determinar las diferencias.

Cuadro 29. Prueba de medias de Tukey para la variable número de hojas en el cultivo de tomate a los 12 días después de germinación; en seis diferentes sustratos, en el cultivo de tomate, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

Error: 0.1667		gl: 12	
Tratamientos	Medias	n	E.E.
E-T5	2.00	3	0.24 A
D-T4	2.00	3	0.24 A
C-T6	2.00	3	0.24 A B
F-T3	1.00	3	0.24 B C
B-T1	0.00	3	0.24 B C
A-T2	0.00	3	0.24 C

Fuente: Infostat

Gráfica 13. Número de hojas en el cultivo de tomate a los 12 días después de germinación, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.



Fuente: Infostat

Con base a la prueba de Tukey podemos indicar en el cuadro 29 y gráfica 13 que los tratamientos T5, T4 y T6 son estadísticamente iguales entre sí pero diferentes a los demás, presentando un promedio mayor de 2 hojas respectivamente. El tratamiento T3 y T1 son estadísticamente diferentes a los demás presentando un promedio muy bajo. Y el T2 es estadísticamente diferente, pues no presentaron diferencia significativa ante los demás tratamientos.

Cuadro 30. Análisis de varianza para la variable número de hojas en el cultivo de tomate a los 16 días después de germinación; en seis diferentes sustratos, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	21.78	5	5.56	14.29	0.0001
Tratamientos	21.78	5	5.56	14.29	0.0001
Error	4.67	12	0.39		
Total	32.44	17			

Fuente: Infostat

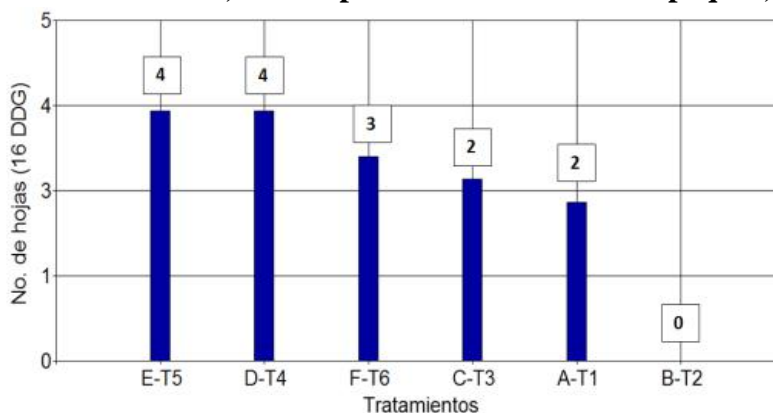
De acuerdo a los resultados del ANDEVA, en donde el valor $p < 0.0001$ es menor al nivel de significación de la prueba 0.05 y por tanto implica que existió diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey para determinar las diferencias.

Cuadro 31. Prueba de medias de Tukey para la variable número de hojas en el cultivo de tomate a los 16 días después de germinación; en seis diferentes sustratos, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

Error: 0.3889 gl: 12				
Tratamientos	Medias	n	E.E.	
E-T5	4.00	3	0.36	A
D-T4	4.00	3	0.36	A
C-T6	3.00	3	0.36	A
F-T3	3.00	3	0.36	A
A-T1	2.00	3	0.36	A
B-T2	0.00	3	0.36	B

Fuente: Infostat.

Gráfica 14. No. de hojas en el cultivo de tomate a los 16 días después de germinación, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.



Fuente: Infostat

Con base a la prueba de Tukey, podemos indicar en el cuadro 31 gráfica 14 que los tratamientos T5, T4, T6, T3 y T1 son estadísticamente iguales entre sí pero diferentes a los demás, presentando un promedio de 2 a 4 hojas a los 16 días después de la siembra. El tratamiento T2 no presentó diferencia significativa.

Con base al análisis de fertilidad realizado podemos indicar que los tratamientos T5, T4 lograron un buen promedio de número de hojas debido a la proporción de nitrógeno, calcio y magnesio que son los encargados del desarrollo foliar (ver cuadro 4 anexos 6 y 5). En cuanto a los tratamientos T3, T1 y T2 dieron lugar a plantas con el menor promedio de hojas en la fase vegetativa del cultivo, excepto el T2 que no logró ningún desarrollo foliar,

estos resultados parecen estar relacionados por la baja infiltración del agua, así como su retención de humedad y la concentración de sales alta que posee el sustrato, lo que genera un retraso general en el desarrollo de la planta. En síntesis, la hipótesis 5 es aceptada, ya que un tratamiento demostró significancia estadística superior respecto al T1 (Testigo).

6.3.6. Longitud de la raíz

Cuadro 32. Análisis de varianza para la variable longitud de la raíz en el cultivo de tomate a los 35 días después de la siembra; en seis diferentes sustratos, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	222.33	5	44.47	128.06	0.0001
Tratamientos	222.33	5	44.47	128.06	0.0001
Error	4.17	12	0.35		
Total	226.50	17			

Fuente: Infostat

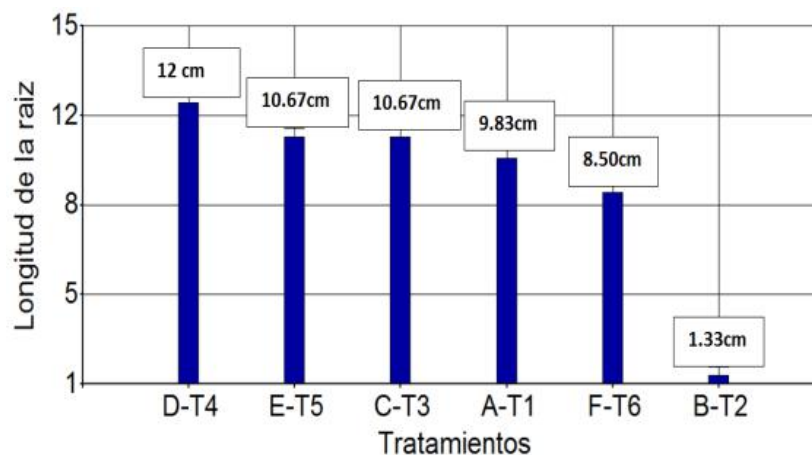
En el cuadro 16 se observa el ANDEVA, en donde el valor $p < 0.0001$ es menor al nivel de significación de la prueba 0.05 y por tanto implica que existió diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey para determinar las diferencias.

Cuadro 33. Prueba de medias de Tukey para la variable longitud de la raíz en el cultivo de tomate a los 35 días después de la siembra; en seis diferentes sustratos, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

Error:	0.3472	gl: 12				
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
E-T4	12.00	3	0.34	A		
D-T5	10.67	3	0.34	A	B	
A-T3	10.67	3	0.34		B	
F-T1	9.83	3	0.34		B	C
C-T6	8.50	3	0.34			C
B-T2	1.33	3	0.34			D

Fuente: Infostat

Gráfica 15. Longitud de la raíz en el cultivo de tomate a los 35 días después de la siembra, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.



Fuente: Infostat

Con base a la prueba de medias de Tukey, se puede indicar en el cuadro 33 gráfica 15 que el tratamiento T4 es estadísticamente diferente a todos los demás ya que presentan la mayor longitud de raíz con promedio de 12cm. Los tratamientos T5 y T3 son estadísticamente iguales entre sí pero diferentes a los demás mostrando un promedio de 10.67cm. El tratamiento T1 y T6 son estadísticamente diferentes a los demás presentando un promedio de 9.83cm y 8.50cm. y por último el T2 no presento diferencia significativa puesto que tuvo un promedio mínimo de 1.33.

En cuanto los tratamientos T4, T1, T5, T6 y T3 de acuerdo al análisis de fertilidad presentado en el cuadro 4 anexo 5, 2, 6, 7 y 4 el porcentaje de materia orgánica funciona de manera paralela en la cantidad de nutrientes presentes en cada sustrato, lo que favoreció la mineralización de los elementos, lo cual indica un desarrollo radicular adecuado que permite el anclaje y la agregación de las raíces al sustrato y por consiguiente su fácil extracción de la celda, sin dañar al pilón al momento de la cosecha de las bandejas. El T2 no logro un buen desarrollo radicular, estos resultados parecen estar relacionados por la baja infiltración del agua, así como su retención de humedad y la concentración de sales alta que posee el sustrato, lo que genera un retraso general en el desarrollo de la planta.

En síntesis, la hipótesis 6 es aceptada, ya que un tratamiento demostró significancia estadística superior respecto al T1 (Testigo).

6.3.7. Mortalidad de plántulas en el semillero

Cuadro 34. Análisis de varianza para la variable mortalidad de plántulas en el cultivo de tomate a los 35 días después de la siembra; en 6 diferentes sustratos, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	29.61	5	5.92	5.61	0.0068
Tratamientos	29.61	5	5.92	5.61	0.0068
Error	12.67	12	1.06		
Total	42.28	17			

Fuente: Infostat

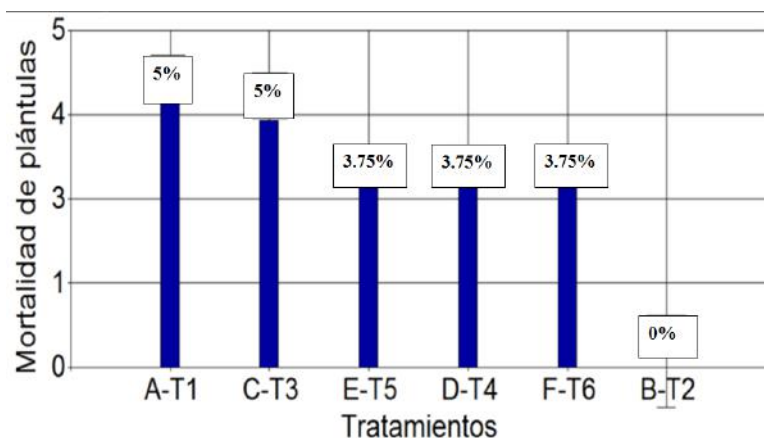
En el cuadro 34 se observa el ANDEVA, en donde el valor $p < 0.0068$ es menor al nivel de significación de la prueba 0.05 y por tanto implica que existió diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey para determinar las diferencias.

Cuadro 35. Prueba de medias de Tukey para la variable mortalidad de plántulas en el cultivo de tomate; en seis diferentes sustratos, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

Error: 1.0556 gl: 12					
Tratamientos	Medias	n	E.E.		
B-T1	4	3	0.59	A	
A-T3	4	3	0.59	A	
E-T5	3	3	0.59	A	B
F-T4	3	3	0.59	A	B
D-T6	3	3	0.59	A	B
B-T2	0	3	0.59		B

Fuente: Infostat

Gráfica 16. Mortalidad de plántulas en el semillero del cultivo de tomate a los 35 días después de la siembra, en la localidad de Aldea Cantel, Municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.



Fuente: Infostat

Con base a la prueba de Tukey en el cuadro 35 gráfica 16 podemos indicar que los tratamientos T1 y T3 son estadísticamente iguales entre sí pero diferentes a los demás, mostrando un porcentaje alto del 5% de plantas muertas. Los tratamientos T5, T4 y T6 son estadísticamente iguales entre sí pero diferentes a los demás, mostrando un promedio intermedio de 3.75% de plantas muertas. Y el tratamiento (T2) no mostro ninguna diferencia significativa.

El tratamiento que obtuvo mejores resultados en esta variable fue el T5 con un porcentaje de 3.75% mortalidad de plantas y el T2 que no tuvo plantas muertas debido a que las únicas dos plantas germinadas fueron resistentes durante el tiempo de investigación.

La mortalidad de plántulas en los otros tratamientos fue debido a la poca resistencia y a la elevación de temperaturas hasta 47°C dentro del macrotunel.

6.4. Análisis Económico

Para determinar cuál de los tratamientos proporcionó mayor beneficio económico para la producción de pilones del cultivo de tomate bajo condiciones de macrotunel, se procedió a realizar el análisis económico utilizando la metodología de presupuestos parciales.

El rubro de los costos de producción de cada tratamiento comprenden en esta investigación los costos variables, dado que los tratamientos lo conforman una mezcla de diferentes materiales. El volumen utilizado como base para la preparación de cada uno de los sustratos es de 22.68 kg, cantidad adecuada para evaluar el desempeño de los sustratos en las dos localidades, los costos de los materiales utilizados se encuentran en el cuadro 36.

Para determinar el presupuesto parcial, se determinaron los costos variables por cada tratamiento y luego se determinó el beneficio neto.

A continuación se presentan los costos variables, en este caso los costos variables son los costos asociados a la elaboración de los tratamientos para la producción de pilones utilizando diversos materiales así como la mano de obra empleada para su elaboración.

Cuadro No. 36. Costos variables asociados a la elaboración de los tratamientos para la producción de pilones en ambas localidades.

Tratamiento	Materiales	(%)	Unidad de medida	Cantidad (Kg)	Costo Unitario (Q)	Costo Total (Q)	Costo Kg (Q)
T1	Peat Moss	100%	Kg	22.68	Q180	Q4,082.4	Q180.00
T2	Lombricompost	65%	Kg	13.60	Q50.00	Q680	Q34.00
	Tierra negra	20%	Kg	8.36	Q10.00	Q86.2	
	Harina de roca	5%	Kg	0.22	Q10.00	Q2.2	
	Carbón vegetal	10%	Kg	0.50	Q9.00	Q4.5	
				22.68		Q772.9	

T3	Bocashi	65%	Kg	13.60	Q50.00	Q680	Q33.70
	Tierra negra	20%		8.36	Q10.00	Q86.2	
	Harina de roca	5%	Kg	0.22	Q10.00	Q2.2	
	Carbón vegetal	10%	Kg	0.50	Q9.00	Q4.5	
				22.68		Q772.9	
T4	Compost	65%	Kg	13.60	Q40.00	Q544	Q27.00
	Tierra negra	20%	Kg	8.36	Q10.00	Q86.2	
	Harina de roca	5%	Kg	0.22	Q10.00	Q2.2	
	Carbón vegetal	10%	Kg	0.50	Q9.00	Q4.5	
				22.68		Q636.9	
T5	Tierra negra	45%	Kg	10.07	Q10.00	Q90.7	Q18.00
	Estiércol de caballo	30%	Kg	5.54	Q25.00	Q113.25	
	Harina de roca	5%	Kg	0.27	Q10.00	Q2.7	
	Microorganismos de montaña solidos (MMS)	20%	Kg	6.80	Q25.00	Q170	
				22.68		Q376.65	
T6	Bocashi	30%	Kg	7.80	Q50.00	Q340	Q33.00
	Estiércol de caballo	50%	Kg	10.08	Q25.00	Q226.75	
	Harina de roca	5%	Kg	0.27	Q10.00	Q2.7	
	Microorganismos de montaña solidos (MMS)	15%	Kg	4.53	Q25.00	Q113.25	
				22.68		Q682.7	

Fuente: elaboración propia

Como se aprecia en el cuadro 36, el costo más elevado por Kilogramo lo tiene el tratamiento T1 con Q.180.00 y el costo más bajo por Kilogramo lo tiene el tratamiento T4 y T5 con un valor de Q.27.00 Y Q18.00.

Cuadro 37. Resumen de costos para la producción de pilones de tomate en seis diferentes sustratos.

Tratamiento	Costo sustrato	Costo semilla	Jornales	Total
1	Q180.00	Q2,232.00	Q1,125.00	Q3,537.00
2	Q34.00	Q2,232.00	Q1,125.00	Q3,391.00
3	Q33.70	Q2,232.00	Q1,125.00	Q3,390.70
4	Q27.00	Q2,232.00	Q1,125.00	Q3,384.00
5	Q18.00	Q2,232.00	Q1,125.00	Q3,375.00
6	Q33.00	Q2,232.00	Q1,125.00	Q3,390.00
Total acumulado	Q325.70	Q13,392.00	Q6,750.00	Q20,467.70
Porcentaje	1.59%	65.43%	32.98%	100%

Fuente: elaboración propia

En el cuadro 37 se observa el costo total de cada sustrato incluyendo el costo de la semilla y el costo de jornales, por lo que indica que el tratamiento T5 es el que tiene el precio más bajo y el T1 es el que tiene el precio más alto.

En el cuadro 38 se muestra el análisis de presupuestos parciales para los seis tratamientos evaluados con su respectivo análisis de dominancia.

Cuadro 38. Análisis de presupuestos parciales y dominancia en la producción de pilones de tomate en seis diferentes sustratos.

Tratamiento	Semilla	Rendimiento	Rendimiento ajustado	Precio x pilón	Beneficio bruto	Costo que varían	Beneficio neto	Dominancia
5	7200	95%	6840	Q0.70	Q4,788.00	Q18.00	Q4,770.00	No dominado
4	7200	92.67%	6672	Q0.70	Q4,670.40	Q27.00	Q4,643.40	Dominado T5
6	7200	83.33%	6000	Q0.70	Q4,200.00	Q33.00	Q4,167.00	Dominado T5
3	7200	85.67%	6168	Q0.70	Q4,317.60	Q33.70	Q4,283.90	Dominado T5
2	7200	4.67%	336	Q0.70	Q235.20	Q34.00	Q 201.20	Dominado T5
1	7200	67%	4824	Q0.70	Q3,376.80	Q180.00	Q3,196.80	Dominado T5

Fuente: elaboración propia

Para el análisis de dominancia en el cuadro 38 se ordenaron los sustratos de mayor a menor costo que varía, con su respectivo beneficio neto. Se consideró que un sustrato fue dominado por otro cuando su beneficio neto fue igual o menor que el anterior y su correspondiente costo que varía fue mayor.

En base a la información del análisis de dominancia, se determinó que el sustrato más rentable de los seis es el tratamiento T5, obteniendo el mayor beneficio neto con el menor costo que varía.

Cuadro 39. Indicador financiero, relación Beneficio/Costo en la producción de pilones de tomate.

Semilla	Rendimiento	Rendimiento ajustado	Precio x pilón	Beneficio bruto	Costo total	Beneficio neto	B/C
7200	95%	6840	Q0.70	Q 4,788.00	Q3,375.00	Q1,413.00	1.42
7200	92.67%	6672	Q0.70	Q 4,670.40	Q3,384.00	Q1,286.40	1.38
7200	83.33%	6000	Q0.70	Q 4,200.00	Q3,390.00	Q810.00	1.24
7200	85.67%	6168	Q0.70	Q 4,317.60	Q3,390.70	Q926.90	1.27
7200	4.67%	336	Q0.70	Q 235.20	Q3,391.00	-Q3,155.80	0.07
7200	67%	4824	Q0.70	Q 3,376.80	Q3,537.00	-Q160.20	0.95

Fuente: elaboración propia

El cuadro 39 muestra el cálculo de indicador financiero, relación beneficio/costo en los seis tratamientos evaluados, el cual se realizó en base a 7,200 pilones.

La relación beneficio/costo determinó que los tratamientos T5, T4, T6 y T3 evaluados económicamente son aceptables ya que se recupera la inversión inicial y se obtiene ganancia, excepto los tratamientos T2 y T1 que se obtuvieron pérdidas pues no se recuperó la inversión inicial.

La relación beneficio/costo del tratamiento T5, fue la más alta obteniendo por cada Q1.00 invertido una ganancia de Q0.42 centavos.

7. CONCLUSIONES

1. El porcentaje de germinación de las plántulas de tomate fue afectada por los bajos niveles de temperatura en la localidad de San Pablo Toaca del municipio de Tacaná, presentando un retraso en la germinación de plántulas a los primeros diez días después de la siembra, sin embargo se logró un porcentaje de germinación con promedio de 70% en el tratamiento T4 a los quince días después de la siembra. En la localidad de aldea Cantel del municipio de San Pedro Sacatepéquez fue excelente el porcentaje de germinación en el tratamiento T5 con promedio de 95% a los diez días después de la siembra.
2. La altura de plantas de tomate en la localidad de San pablo Toaca se vio influenciada por las condiciones de bajas temperaturas presentaron un crecimiento de planta muy lento y de forma dispareja, los tratamientos T4 y T5 presentaron una altura mayor con promedio de 11.67cm y 11.33cm. En la localidad de aldea Cantel del municipio de San Pedro Sacatepéquez la mejor altura de plantas de tomate lo presentaron los tratamientos T4, T5 y T6 con promedios de 13.83cm, 13.63cm y 12.67cm.
3. El diámetro del tallo evaluado en aldea Cantel del Municipio de San Pedro Sacatepéquez y San Pablo Toaca del Municipio de Tacaná, lo presentaron los tratamientos T4, T5 y T6 el cual el sustrato proporciono mayor cantidad de elementos nutricionales (N, P, K) teniendo como resultados diámetros con promedios de 4 mm. El engrosamiento de los tallos proporciona un sistema vascular amplio facilitando el movimiento de nutrientes a los demás órganos de la planta.
4. La calidad de adobe de los pilones en los sustratos evaluados en ambas localidades fue excelente en los tratamientos T1, T4 y T5, estos sustratos presentan adecuadas propiedades físicas principalmente en porosidad del suelo, lo que permite que las raíces de las plantas se agreguen al sustrato para un anclaje ideal y así su facilidad en la extracción del contenedor.

5. En ambas localidades los mejores tratamientos con buen desarrollo foliar fueron los T4 y T5, en aldea Cantel presento una cantidad de cuatro hojas y en San Pablo Toaca el desarrollo de hojas fue de forma irregular, debido a las bajas temperaturas de la zona; sin embargo presento una cantidad de tres hojas a los dieciséis días después de germinación.
6. Para la variable longitud de la raíz los mejores sustratos en donde la semilla desarrollo de una manera excelente la raíz fueron los tratamientos T4, T5 y T6 el porcentaje de materia orgánica funciono de manera paralela en la cantidad de nutrientes presentes en cada sustrato, lo cual indica un desarrollo radicular adecuado que permite el anclaje y la agregación de las raíces al sustrato y por consiguiente su fácil extracción de la celda, sin dañar al pilón al momento de la cosecha de las bandejas.
7. Los diferentes tratamientos evaluados poseen excelentes propiedades nutricionales. Los tratamientos T3, T4, T5 y T6 presentaron un alto contenido nutricional y buen desarrollo vegetativo y radicular. A excepción del tratamiento T1 (Peat moss) presentó un alto contenido de materia orgánica; sin embargo, las plántulas en ese tratamiento no se desarrollaron adecuadamente, llegando a tener a los 35 días después de la siembra 6 cm de altura y desarrollando únicamente tres hojas verdaderas.
8. Tomando en cuenta el desempeño vegetativo de las distintas variables evaluadas y el análisis económico realizado, el tratamiento T5 ofrece los mejores resultados para la producción de pilones de tomate bajo condiciones controladas, obteniendo por cada Q1.00 invertido una ganancia de Q0.42 centavos.

8. RECOMENDACIONES

1. Con base al desarrollo vegetativo y el análisis económico efectuado, el tratamiento T4 y T5 pueden ser una opción para su utilización en la producción de pilones de tomate de calidad bajo condiciones controladas.
2. Estudiar el comportamiento de las plantas de tomate en campo definitivo para evaluar la calidad y desempeño de los pilones provenientes de los tratamientos T4 y T5 en cuanto al rendimiento y calidad del fruto.
3. Efectuar estudios similares para reevaluar los efectos del tratamiento T2 como componente de sustrato, tomando en cuenta que tuvo resultados insatisfactorios en la producción de pilones debido por la baja infiltración del agua, así como su retención de humedad y la concentración de sales alta que posee el sustrato, lo que generó un retraso general en el desarrollo de la planta.
4. En futuras investigaciones sobre sustratos locales para producir pilones, sería conveniente evaluar las condiciones agroclimáticas y las estructuras de los invernaderos y proponer nuevos diseños estructurales que contribuyan a mejorar las condiciones ambientales para la producción de pilones no solo de tomate sino de otros cultivos.
5. Es necesario que los agricultores, estudiantes y profesionales en agricultura se atrevan a proponer y experimentar con sustratos elaborados con otros materiales orgánicos locales que disminuyan la dependencia de insumos externos y aprovechen los recursos que se encuentran dentro de la localidad.
6. Se deben validar los tratamientos T4 y T5, de resultar favorables en más localidades serían buenas opciones de uso de sustratos locales para el cultivo de tomate, evitando el uso de agroquímicos y contribuyendo así la sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abad and J. 2009. Los Sustratos en los cultivos sin suelo. En: M. G. Urrestarazu, (Ed) Tratado de cultivo sin suelo. 2nd ed. Mundi-Prensa. Almería, España.
2. Ajenjo 1964. Importancia de la tierra negra. Manual pdf.
3. Avalos Manso 2008. Plántulas de Invernadero: Serie: producción orgánica de hortalizas de clima templado. Manual de capacitación: Honduras tomo 1.
4. Alvarado; Solano, 2002. Manual propiedades de los sustratos. Manual. Pdf.
5. Alvarado; Solano, 2002. Sustratos Hortícolas. Facultad de Ciencias.
6. Bracho, J. 2005. Caracterización de sustratos para la producción de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* mill.) en bandejas. Trabajo presentado para optar al grado de Magister Scientiarum. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado.
7. Bejo. 2012. Semillas de hortalizas. Variedades del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* mill.) Sacatepéquez, Guatemala.
8. Calderón. 2006. Sustratos agrícolas (en línea). Chile, Proyecto Fondef DOI1063. Disponible en <http://www.biosustratos.cl/pdf/Sustratos%20agricolas1.pdf>
9. Cabrera 1999. Manual para la selección, manejo y preparación de un buen sustrato.
10. Editorial Agrícola Española, S.A. Consultado 14 ene. 2010. Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento>.
11. Fernández, Urdaneta, Silva, Poliszuk y Marín 2006. Investigación sobre la germinación de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en distintos sustratos.
12. Gallo, R; Viana, O. 2005. Evaluación agronómica de sustratos orgánicos en la producción de plantines de tomate *Lycopersicum esculentum* (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, UY, Universidad de la República, Facultad de Agronomía. 80 p. Consultado 16 ene. 2010. Disponible en <http://164.73.52.13/jah/textostesis/2005/3363gal1.pdf>
13. García, M. 2006. Sustratos para la producción de plantines hortícolas (en línea). Manual para elaboración de Sustratos.pdf.
14. Google Maps. Aldea San Pablo, tacana, san marcos y Aldea Cantel, san pedro Sacatepéquez, san marcos

15. Mario Gonzáles 2016, Priorización de temas en el diagnóstico del consorcio de la cadena de tomate.
16. Red Nacional de Grupos Gestores 2016. Diagnóstico de la cadena de tomate.
17. Guzmán 2002. Cultivos sin suelos. Horticultura. Tecnología Alternativa para sustratos.
18. Hartman y Kester 2002. Manual para elaboración de Sustratos.
19. Howard 1998. Manual para la selección, manejo y preparación de un buen sustrato.
20. Infoagro (Información Agrícola, ES). (2010). Sustratos (en línea). Editorial Agrícola Española. S.A... España. Disponible en <http://www.infoagro.com/industria.auxiliar/tipo.sustratos.htm>
21. Pire y Pereira 2003. Funciones de los sustratos.pdf. manual.
22. Williams et, al. 1987. Cultivos en bandejas. Manual. Pdf.
23. Montano 2000. Manual, Importancia de producción de plantas en almacigo.pdf.
24. Nuez 2001. Germinación de la semilla/sustratos/alternativos.pdf.
25. Paniagua 2005. Manual de microorganismos de montaña.pdf.
26. Picón, R. 2013:1 sustratos alternativos para la producción de pilones del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill).
27. Pulido. s,f; 2009. Producción de plantas en semillero del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill).pdf.
28. Quesada y Méndez 2005. Evaluación agronómica de sustratos para almácigos de hortalizas (tomate, pepino, lechuga y brócoli), en Alajuela, Costa Rica, bajo condiciones de invernadero.
29. Ramírez, Restrepo. S.f. 2006. Evaluación de la aplicación del abono tipo bocashi en las propiedades físicas de un suelo degradado del municipio de marinilla, antioquia. Universidad Nacional de Colombia-Medelin.
30. Trinidad S. A. 1987. Efectos de los abonos orgánicos.pdf.
31. Universidad de la República Uruguay. Facultad de Agronomía, Departamento Producción Vegetal Centro Regional Sur. 6 p. Consultado 14 ene. 2010. Disponible en <http://tesis.de/Sustratos%20organicos%20horticultura.pdf>.

10. ANEXOS

Anexo 1: Distanciamiento de las localidades experimentales

Mapa 1: Distanciamiento entre localidades experimentales; San Pablo Toaca de Tacaná y aldea Cantel de San Pedro Sacatepéquez.



Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de Google Maps, 2019.

Las localidades experimentales estuvieron ubicadas en dos municipios del departamento de San Marcos: en San Pablo Toaca del municipio de Tacaná y aldea Cantel del municipio de San Pedro Sacatepéquez. El mapa 1, demuestra la distancia entre ambas localidades, siendo esta de 41.89 kms en línea recta, además el perfil de elevación de la localidad de San Pablo Toaca es de 2,904 msnm y de la localidad de aldea Cantel es de 2080 msnm, sin embargo, la distancia y las diferencias de altura (que incide directamente en la temperatura) los resultados fueron completamente diferentes mostrando un retraso en la producción de pilones en la localidad de San Pablo Toaca.

Anexo 2. Resultado análisis nutricional del tratamiento 1 (Peat Moss)

14 Avenida 19-50 Ciudad El Naranjo
Oficinas San Sebastián, Rodaje 23,
Zona 4 de Mixco, Guatemala
PXB.: 2416-2916 Fax: 2416-2917
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com



Ledificación El Relicario, Lote 6
Carretera al Pacífico, Km. 91
Santa Lucía Cotz., Escuintla,
PXB.: 7882-2428
sedes@solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS DE ABONO ORGANICO

Cliente : IICA - CRIA (0245) Número de orden : 108269
Persona Responsable : INGA. GRETA IVANIA CASTILLO Código de muestra : 18.09.06.12.02
Finca : (26658) Fecha de ingreso : 06/09/2014
Localización : San Marcos, SAN MARCOS Fecha del informe : 21/09/2014
Referencia Cliente : TRATAMIENTO 1. (PEAT MOSS) Asesor : RECEPCION AGRICOLA

PARAMETRO	RANGO ADECUADO
pH	5.7
Concentración de Sales (C.S.)	0.26dS/m
Materia Orgánica (M.O.)	70.2%
Relación C/N	125.3

ELEMENTO	CONCENTRACION (p/p)	RANGO ADECUADO
	%	
NITROGENO (N)	0.56	*
FOSFORO (P ₂ O ₅)	0.07	*
POTASIO (K ₂ O)	0.06	*
CALCIO (Ca)	1.07	*
MAGNESIO (MgO)	0.76	*
	ppm	
BORO (B ₂ O ₃)	9.85	*
COBRE (Cu)	7.40	*
HIERRO (Fe)	948.10	*
MANGANESO (Mn)	74.73	*
ZINC (Zn)	15.27	*

* No se tiene datos del rango adecuado para este elemento.

Revisado:
Gerardo de Laboratorios


Metodología con base en:
- Association of Official Analytical Chemists. AOAC. 16th. ed. 1995.

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra contra la cual se realizó en el Laboratorio.
La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.
Este informe es válido únicamente en su impresión original.



Anexo 3. Resultado análisis nutricional del tratamiento T2 (lombricompost, tierra negra, harina de roca, carbón).

14 Avenida 19-50 Ciudad El Naranjo
Ofidieguez San Sebastián, Bodega 23,
Zona 4 de Mixco, Guatemala.
PBX: 2416-2916 Fax: 2416-2917
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com



**Soluciones
Analíticas**
Agricultura • Industria • Ambiente

Loteificación El Rincón, Lote 6
Carretera al Pacífico, Km. 91
Santa Lucía Chet, Escuintla,
PXB.: 7882-2428
sedes1@solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS DE ABONO ORGANICO

Cliente	: IICA - PRIA (00145)	Número de orden	: 101207
Persona Responsable	: INGA. GRETA IVANIA CASTILLO	Código de muestra	: 18.09.06.12.03
Finca	: (26658)	Fecha de ingreso	: 06/09/2018
Localización	: San Marcos, SAN MARCOS	Fecha del informe	: 13/09/2018
Referencia Cliente	: TRATAMIENTO 2, LOMBRICOMPOST, TIERRA NEGRA	Asesor	: RECEPCION AGRICOLA

PARAMETRO	VALOR	RANGO ADECUADO
pH	6.6	*
Concentración de Sales (C.S.)	9.30g/m	*
Materia Orgánica (M.O.)	20.9%	*
Relación C/N	33.8	*

ELEMENTO	CONCENTRACION (p/p)	RANGO ADECUADO
	%	
NITROGENO (N)	0.62	*
FOSFORO (P ₂ O ₅)	0.00	-
POTASIO (K ₂ O)	0.36	*
CALCIO (Ca)	0.68	*
MAGNESIO (MgO)	0.13	*
	PPM	
BORO (B ₂ O ₃)	0.00	*
COBRE (Cu)	15.87	*
HIERRO (Fe)	6033.30	*
MANGANESO (Mn)	331.60	*
ZINC (Zn)	36.53	*


* No se tiene datos del rango adecuado para este elemento.

Revisado: 
Gerente de Laboratorios

Metodología con base en:
- Association of Official Analytical Chemists. AOAC. 16th ed. 1995.

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio
y a su correspondencia, pueden diferenciarlos debido a las variaciones que ocurren por el tiempo y ambiente.

Este informe es válido únicamente en su impresión original.



Anexo 4. Resultado análisis nutricional del tratamiento T3 (Bocashi, Tierra negra, harina de roca y carbón).

14 Avenida 19-30 Conchado El Naranjo
Oficina San Sebastián, Bulevar 23,
Zona 4 de Mixco, Guatemala.
PXB : 2416-7910 Fax: 2416-2917
Info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com



Loteificación El Relicario, Lote-6
Carretera al Pacífico, Km. 91
Santa Lucía Cotz., Escuintla,
PXB : 7882-2428
sol@solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS DE ABONO ORGANICO

Cliente : IICA - CRIA (00245) Número de orden : 104299
Persona Responsable : INGA. GRETA IVANIA CASTILLO Código de muestra : 18.09.06.12.04
PHUS : L88551 Fecha de ingreso : 06/05/2018
Localización : San Marcos, SAN MARCOS Fecha del informe : 17/05/2018
Referencia Cliente : TRATAMIENTO 3, BOCASHI, TIERRA NEGRA Asesor : RECEPCION AGRICOLA

PARAMETRO	VALOR	RANGO ADECUADO
pH	8.5	*
Concentración de Sales (C.S.)	2.1545/m	*
Relación Orgánica (C/N)	19.9%	*
Relación C/N	45.5	*

ELEMENTO	CONCENTRACION (p/p)	RANGO ADECUADO
%		
NITROGENO (N)	0.39	*
FOSFORO (P ₂ O ₅)	0.48	*
POTASIO (K ₂ O)	0.42	*
CALCIO (Ca)	1.65	*
MAGNESIO (MgO)	0.29	*
ppm		
BORO (B ₂ O ₃)	0.00	*
CÓBRE (Cu)	19.52	*
HIERRO (Fe)	6154.50	*
MANGANESO (Mn)	448.15	*
ZINC (Zn)	48.85	*

* No se tiene datos del rango adecuado para este elemento.

Revisado: 
Gerardo de Laboratorios

Metodología con base en:
- Association of Official Analytical Chemists. AOAC, 16th.ed. 1995.

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra cuyo tipo se indica en el Laboratorio.
La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.
Este informe es válido únicamente en su impresión original.



Anexo 5. Resultado análisis nutricional del tratamiento T4 (compost, tierra negra, harina de roca y carbón).

14 Avenida 19-50 Ciudad El Naranjo
Oficinas 5ta. Sebastián, Bodega 23,
Zona 4 de Mixco, Guatemala.
P.O. Box 8110, 0110 Tuxtla, 2410-2317
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com



Lotificación El Relicario, Lote-6
Carretera al Pacífico, Km. 91
Santa Lucía Cotz., Escuintla,
PXB.: 7882-2428
sedes1@solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS DE ABONO ORGANICO

Cliente : IICA - CRIA (00245)
Persona Responsable : INGA. GRETA IVANIA CASTILLO
Finca : (26658)
Localización : San Marcos, SAN MARCOS
Referencia Cliente : TRATAMIENTO-4, COMPOST, TIERRA NEGRA

Número de orden : 108260
Código de muestra : 18.09.06.12.05
Fecha de ingreso : 06/09/2018
Fecha del informe : 17/09/2018
Asesor : RECEPCION AGRICOLA

PARAMETRO	RANGO ADECUADO
pH	7.0 *
Concentración de Sales (C.S.)	2.01 dS/m *
Materia Orgánica (M.O.)	17.5% *
Relación C/N	18.6 *

ELEMENTO	CONCENTRACION (p/p)	RANGO ADECUADO
	%	
NITROGENO (N)	0.45	*
FOSFORO (P ₂ O ₅)	0.29	*
POTASIO (K ₂ O)	0.19	*
CALCIO (Ca)	0.70	*
MAGNESIO (MgO)	0.14	*
	ppm	
BORO (B ₂ O ₃)	0.00	*
COBRE (Cu)	18.44	*
hierro (Fe)	8006.50	*
MANGANESO (Mn)	466.80	*
ZINC (Zn)	36.86	*

* No se tiene datos del rango adecuado para este elemento.

Revisado:


Gerente de Laboratorios

Metodología con base en:


- Association of Official Analytical Chemists. AOAC. 16th.ed. 1995.

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio.
La reproducción parcial del informe deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.
Este informe es válido únicamente en su impresión original.



Anexo 6. Resultado análisis nutricional del tratamiento T5 (estiércol de caballo, tierra negra harina de roca y MMS).

14 Avenida 19-50 Ciudad El Naranjo
Oribadego San Sebastián, Bodega 23,
Zona 4 de Mixco, Guatemala.
TEL: +502 5014 5014 Fax: 2115 2117
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com



**Soluciones
Analíticas**
Agricultura • Laboratorio • Alimentos

Localización El Reficario, Lote 6
Carretera al Pacífico, Km. 51
Santa Lucía Contr. Escuintla
PXB.: 7882-2428
sodes@solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS DE ABONO ORGANICO


Cliente : IICA - CRIA 1002451
 Persona Responsable : INGA. GRETA IVANIA CASTILLO
 Finca : (26658)
 Localización : San Marcos, SAN MARCOS
 Referencia Cliente : TRATAMIENTO 5, TIERRA NEGRA, ESTIERCOL DE

Número de orden : 1002451
 Código de muestra : 18-09-06-12-06
 Fecha de ingreso : 06/09/2018
 Fecha del informe : 13/09/2018
 Asesor : RECEPCION AGRICOLA

PARAMETRO	RANGO ADECUADO
pH	7.8 *
Concentración de Sales (C.S.)	3.1145%
Materia Orgánica (M.O.)	24.7%
Relación C/N	36.8 *


ELEMENTO	CONCENTRACION (p/p)	RANGOS ADECUADO
	%	
NITROGENO (N)	0.67	*
POSFORO (P ₂ O ₅)	0.50	*
POTASIO (K ₂ O)	0.50	*
CALCIO (Ca)	1.09	*
MAGNESIO (MgO)	0.26	*
	ppm	
BORO (B ₂ O ₃)	0.00	*
COBRE (Cu)	19.08	*
HIERRO (Fe)	8021.00	*
MANGANESO (Mn)	441.35	*
ZINC (Zn)	44.29	*

* No se tiene datos del rango adecuado para este elemento.

Revisado: 
Gerente de Laboratorios

Metodología con base en:
- Association of Official Analytical Chemists. AOAC. 16th.ed. 1995.

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio.
La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.
Este informe es válido únicamente en su impresión original.



Anexo 7. Resultado análisis nutricional del tratamiento T6 (bocashi, tierra negra, harina de roca y MMS)

14 Avenida 19-50 Ciudad El Norte
Oficinas San Sebastián, Bldg 23,
Zona 4 de Mico, Guatemala
PBX : 2416-2916 Fax: 2416-2917
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com



Localización El Relizano, Lote 6
Carretera al Pacífico, Km. 91
Santo Lucía Cotz, Escuintla,
PBX : 7882-2428
sedes@solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS DE ABONO ORGANICO

Cliete : IICA - CRIA (00245) Número de orden : 108269
Persona Responsable : INGA. GRETA IVANIA CASTILLO Código de muestra : 18.09.06.12.07
Firma : (DIB-08) Fecha de ingreso : 06/09/2018
Localización : San Marcos, SAN MARCOS Fecha del informe : 17/09/2018
Referencia Cliente : TRATAMIENTO 6, BOCASHI, ESTIERCOL DE CABALLO Asesor : RECEPCION AGRICOLA

PARAMETRO	VALOR	RANGO ADECUADO
pH	6.9	*
Concentración de Sales (C.S.)	1.91 dS/m	*
Materia Orgánica (M.O.)	17.6%	*
Relación C/N	35.3	*

ELEMENTO	CONCENTRACION (p/p)	RANGO ADECUADO
	%	
NITROGENO (N)	0.50	*
FOSFORO (P ₂ O ₅)	0.31	*
POTASIO (K ₂ O)	0.16	*
CALCIO (Ca)	0.43	*
MAGNESIO (MgO)	0.11	*
	ppm	
BORO (B ₂ O ₃)	0.00	*
CUBRE (Cu)	13.59	*
HIERRO (Fe)	7764.00	*
MANGANESO (Mn)	356.65	*
ZINC (Zn)	18.01	*

* No se tiene datos del rango adecuado para este elemento.

Revisado: 
Gerente de Laboratorios

Metodología con base en:

• Association of Official Analytical Chemists, AOAC, 16th ed, 1995.

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio.
La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.
Este informe es válido únicamente en su versión original.



Anexo 8. Evidencia fotográfica de a investigación.



Fotografía 1. Obtención de insumos para elaboración de sustratos.



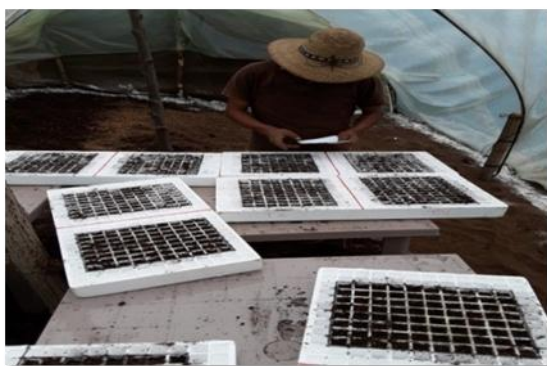
Fotografía 2. Desinfección de bandejas.



Fotografía 3. Realización de mezclas para el sustrato.



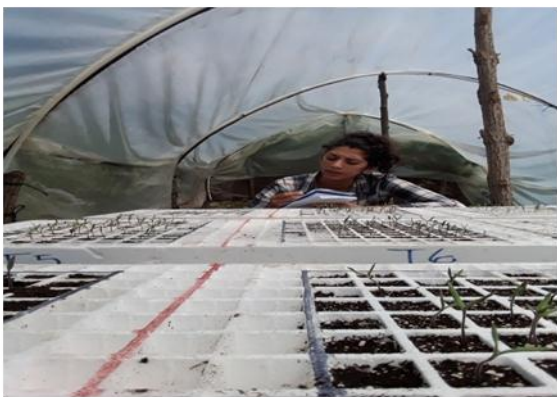
Fotografía 4. Tamización del sustrato.



Fotografía 5. Realización de la siembra de semilla de tomate.



Fotografía 6. Manejo de riego a las plántulas en las unidades experimentales.



Fotografía 7. Toma de datos de la variable % de germinación.



Fotografía 8. Toma de datos de la variable Número de hojas.



Fotografía 9. Toma de datos de la variable Altura de planta.



Fotografía 10. Toma de datos de la variable Diámetro de tallo.



Fotografía 11. Toma de datos de la variable Calidad de adobe.



Fotografía 12. Toma de datos de la variable Longitud de la raíz.



Fotografía 13. Toma de datos de la variable Mortalidad de plantas muertas.



Fotografía 14. No. de hojas a los 30 días después de la germinación.



Fotografía 15. Plántulas terminadas a los 35 días después de la siembra.



Fotografía 16. Plántulas terminadas a los 35 días después de la siembra.



CRIA

*Programa Consorcios
Regionales de
Investigación Agropecuaria*



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala