

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



Efecto bioestimulante de dos abonos orgánicos complementarios en el crecimiento de plantines de tomate (*Solanum lycopersicum* L. Familia: Solanaceae) durante la fase de vivero.

POR:
ANA MARÍA RIVERA AVILÉS

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL



Efecto bioestimulante de dos abonos orgánicos complementarios en el crecimiento de plantines de tomate (*Solanum lycopersicum* L. Familia: Solanaceae) durante la fase de vivero.

POR:

ANA MARÍA RIVERA AVILÉS

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERA AGRÓNOMO

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE 2018

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

LIC. M. SC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

LIC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO:

ING. AGR. M. SC. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

SECRETARIO:

ING. AGR. M. SC. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL

ING. AGR. M. SC. ANDRÉS WILFREDO RIVAS FLORES

DOCENTE DIRECTOR

ING. AGR. RICARDO ERNESTO GÓMEZ ORELLANA

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. AGR. RICARDO ERNESTO GÓMEZ ORELLANA

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en el invernadero del Departamento de Protección Vegetal de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, durante los meses de mayo a agosto de 2018. Se evaluó el rendimiento de dos abonos orgánicos en el efecto promotor de crecimiento de plantines desde la siembra hasta la floración. Para ello se utilizaron plantines de tomate de la variedad Tres Cantos, y se evaluaron dos fuentes de abono orgánico (microorganismos de montaña y humus de lombriz), con dos tipos de procesamiento diferente: sometidos a autoclave y sin autoclave. Se realizó una segunda fase donde se evaluaron cuatro dosis diferentes (5%, 10%, 15% y 20%) de la formulación con mejor rendimiento con el objetivo de determinar la concentración más eficiente. La unidad experimental consistió en diez plantines y cada tratamiento se replicó cinco veces en cada una de las fases. Se determinó el efecto por medio de la medición de características físicas como altura de la planta, longitud total, peso fresco, peso de raíz y peso seco que después se contrastó con el testigo. Se utilizó el diseño estadístico de bloques completos al azar y se analizaron en el programa InfoStat, utilizando contrastes ortogonales ($p > 0.05$).

La fuente de abono orgánico: microorganismos de montaña, influyó en gran medida sobre el crecimiento de la raíz de las plantas adultas ($F=3.65$) y la cantidad de materia en fresco ($F=2.92$), mientras que la cantidad de materia seca fue mayormente influenciada por la presencia de microorganismos aeróbicos ($F=5.15$), demostrando que la fuente de microorganismos es relevante para el crecimiento de las plantas, ya que la diversidad microbiana influye de diferente manera al cultivo, diferentes dosis tuvieron diferencias significativas en el crecimiento de las plantas, sin embargo en el análisis económico no se observó mayor diferencia.

Palabras claves

Abono orgánico, Microorganismos de Montaña, Humus de Lombriz, Bioestimulante, Plantines, Cultivo de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

SUMMARY

The research was conducted in the greenhouse of the Department of Plant Protection of the Faculty of Agricultural Sciences of the University of El Salvador, between the months of May to August 2018. The effects of two organic fertilizers in the growth of seedlings from the sowing to the flowering were evaluated. For this purpose, tomato seedlings of the Tres Cantos variety and two fonts of fertilizers (Forest Microorganisms and Vermicompost) with two different types of processing, brought under autoclave and without autoclave were used. In the second phase of the research, four different dosages (5%, 10%, 15% and 20%) of the best formulation were evaluated with the objective of determining the most efficient concentration. The experimental unit consisted of ten seedlings and each treatment was replied five times on each phase. The effect was measured through physical characteristics like height of the plants, total longitude, root longitude, weight of the roots, fresh weight, and dry weight. These measurements were compared to T0. The statistic design method used was the randomized blocks method, analyzed through the InfoStat analytical software, using orthogonal contrasts ($p>0.05$)

The organic Fertilizer source influenced the growth of the roots of adult plants ($F=3.65$) and the fresh matter quantity ($F=2.92$) in a more significant way than the type of microorganisms, meanwhile the dry matter quantity was influenced by the presence of aerobic microorganisms ($F=5.15$), this demonstrates that the source of the microorganisms is relevant for the plant growth since the microbial diversity has influenced the crop in different ways, also different dosages have significant differences in the plant growth, however the economic analysis does not show any difference between any of the methods used.

Key Words

Organic Fertilizer, Forest Microorganism, Vermicompost, Bioestimulant, Seedling, Tomato Crop (*Solanum lycopersicum*).

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de completar mi formación universitaria.

A mi padre Andrés Rivera y mi madre María Laura Avilés de Rivera por ayudarme a cumplir cada una de mis metas y ofrecerme su apoyo en cada etapa del proceso.

A mi hermana Laura Rivera por estar conmigo siempre que lo necesité y mi hermano Rudy Rivera que me brindó su apoyo.

A Fátima Portillo por ser un apoyo emocional en todos los momentos difíciles de la carrera.

Dr. Claudia Schettini, mis tíos Ricardo y Consuelo y mi madrina Norma Ramos por ofrecerme pupilaje en sus viviendas para poder completar mis estudios durante los cinco años de carrera.

Ing. Ricardo Orellana por ser un docente excepcional y un amigo de confianza cuyos consejos siempre son recibidos con gratitud.

Y a todo el personal docente y administrativo del Departamento de Protección Vegetal, de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador por su amabilidad y buena voluntad.

DEDICATORIAS

Dedicado con mucho respeto y cariño a todos mis seres queridos y amistades que se mantienen conmigo y me apoyan siempre.

Dedicado también a las luchas sociales que se llevan actualmente en nuestro país sobre todo las que buscan la igualdad de derechos entre hombres y mujeres, por una agricultura no discriminativa y un sector rural más seguro para las mujeres y las niñas.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Cultivo de Tomate	3
2.1.1. Origen e importancia	3
2.1.2. Caracterización Taxonómica	3
2.1.3. Descripción Morfológica.....	4
2.1.3.1. Raíz	4
2.1.3.2. Tallo	4
2.1.3.3. Hojas.....	4
2.1.3.4. Flor.....	4
2.1.3.5. Fruto	5
2.1.3.6. Semilla	5
2.1.4. Fenología	5
2.1.4.1. Inicial.....	5
2.1.4.2. Vegetativa.....	5
2.1.4.3. Reproductiva.....	6
2.1.5. Variedad Tres Cantos.....	6
2.1.6. Métodos de Siembra.....	6
2.1.7. Plantines.....	7
2.2. Bioestimulantes.....	7
2.2.1. Definición.....	7
2.2.2. Tipos.....	8
2.2.3. Sustancias Húmicas (SH).....	8
2.2.3.1. Mejoramiento de la estructura del suelo.....	8
2.2.3.2. Aumento de la solubilidad de los micronutrientes y el Fósforo	9
2.2.3.3. Cambios Morfológicos en las Raíces y procesos metabólicos.....	9
2.2.4. Microorganismos Benéficos (MB)	9
2.2.4.1. Fijación de Nitrógeno y solubilización de P y Fe.....	10
2.2.4.2. Cambios en la Morfología de las Raíces	11
2.2.4.3. Relaciones simbióticas entre raíces y micorrizas	11
2.3. Humus de Lombriz (HL)	12
2.3.1. Definición.....	12
2.3.2. Ácidos Húmicos.....	12
2.3.3. Ácidos Fúlvicos.....	12
2.3.4. Huminas y Ulminas.....	13
2.3.5. Microorganismos	13

2.3.6.	Usos	14
2.3.6.1.	Beneficios en el suelo	14
2.3.6.2.	Beneficios en la planta	14
2.4.	Microorganismos de Montaña (MM)	15
2.4.1.	Definición.....	15
2.4.2.	Composición.....	15
2.4.2.1.	Levaduras	16
2.4.2.2.	Bacterias fotosintéticas	16
2.4.2.3.	Bacterias ácido lácticas.....	17
2.4.2.4.	Actinomicetos y Micorrizas	17
2.4.2.5.	Beneficios de los MM	19
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1.	Descripción del estudio	20
3.2.	Fase de Campo.....	20
3.2.1.	Adquisición de los abonos orgánicos.....	20
3.2.2.	Preparación de los abonos orgánicos.....	20
3.2.3.	Establecimiento de la Primera Fase	21
3.2.3.1.	Semillero	21
3.2.3.2.	Tratamientos	22
3.2.3.3.	Trasplante	22
3.2.4.	Establecimiento de la Segunda Fase.....	23
3.3.	Metodología Estadística	24
3.3.1.	Unidad Experimental	25
3.3.2.	Tratamientos Evaluados	25
3.3.3.	Evaluación de las variables	25
3.3.3.1.	Altura	25
3.3.3.2.	Longitud Total y Longitud de Raíz.....	26
3.3.3.3.	Peso de Raíz y Peso Fresco	27
3.3.3.4.	Peso Seco.....	27
3.4.	Metodología Económica.....	27
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1.	Resultados Fase 1	28
4.1.1.	Crecimiento semanal	28
4.1.2.	Longitud Total en Plantines	29
4.1.3.	Longitud de Raíz de los plantines	29
4.1.4.	Peso de Raíz de los plantines	30
4.1.5.	Peso Fresco de los plantines.....	30

4.1.6.	Peso Seco de los plantines.....	31
4.1.7.	Longitud Total y de Raíz de las plantas adultas.....	31
4.1.8.	Peso de Raíz de las plantas adultas.....	31
4.1.9.	Peso Fresco de las plantas adultas.....	32
4.1.10.	Peso Seco de las plantas adultas.....	32
4.2.	Selección de Mejor Tratamiento para la Fase 2.....	33
4.3.	Resultados Fase 2.....	33
4.3.1.	Crecimiento semanal.....	33
4.3.2.	Longitud Total en Plantines.....	34
4.3.3.	Longitud de Raíz en Plantines.....	34
4.3.4.	Peso de Raíz en Plantines.....	35
4.3.5.	Peso Fresco en Plantines.....	35
4.3.6.	Peso Seco en Plantines.....	36
4.3.7.	Longitud Total en Plantas Adultas.....	36
4.3.8.	Longitud de Raíz en Plantas Adultas.....	37
4.3.9.	Peso de Raíz en Plantas Adultas.....	37
4.3.10.	Peso Fresco en Plantas Adultas.....	37
4.3.11.	Peso Seco en Plantas Adultas.....	38
4.4.	Análisis Económico.....	38
4.4.1.	Presupuesto Parcial.....	38
4.4.2.	Análisis de Dominancia.....	39
4.4.3.	Tasa de Retorno Marginal.....	39
5.	CONCLUSIONES.....	40
6.	RECOMENDACIONES.....	41
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	42

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Composición de los tratamientos.....	22
Cuadro 2.	Composición de las soluciones de fertirriego.....	23
Cuadro 3.	Diseño de los contrastes para el análisis de la varianza.....	24
Cuadro 4.	Diagrama de los tratamientos primera fase.....	25
Cuadro 5.	Diagrama de los tratamientos segunda fase.....	25
Cuadro 6.	Presupuesto Parcial.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Tés aerobico y anaeróbico de MM	21
Figura 2.	Ubicación de dos bloques y sus tratamientos en bandeja (fase 1).....	21
Figura 3.	Extracción de plantines para toma de datos y trasplante.....	22
Figura 4.	Ubicación de los bloques y tratamientos al trasplante (fase 1).....	23
Figura 5.	Los cinco bloques y sus tratamientos al trasplante (fase 2).....	24
Figura 6.	Lavado de raíces y medición de longitudes de plantines.....	26
Figura 7.	Aparición de los primeros brotes florales y medición de longitudes 40 ddt...	26
Figura 8.	Pesaje de plantines y plantas adultas.....	27
Figura 9.	Plantas listas para colocar en la estufa.....	27
Figura 10.	Altura Semanal (Fase 1).....	28
Figura 11.	Longitud Total de los Plantines al Trasplante.....	29
Figura 12.	Longitud de Raíz en plantines (Fase 1).....	29
Figura 13.	Peso de Raíz en Plantines (Fase 1).....	30
Figura 14.	Peso Fresco en plantines (Fase 1).....	30
Figura 15.	Peso de Raíz en plantas adultas (fase 1).....	31
Figura 16.	Peso Fresco de las plantas adultas (Fase 1).....	32
Figura 17.	Peso Seco de las Plantas adultas (Fase 1).....	32
Figura 18.	Altura semanal en (Fase 2).....	33
Figura 19.	Longitud Total en Plantines (Fase 2).....	34
Figura 20.	Longitud de Raíz en Plantines (Fase 2).....	34
Figura 21.	Peso de Raíz en Plantines (Fase 2).....	35
Figura 22.	Peso Fresco en Plantines (Fase 2).....	35
Figura 23.	Peso Seco en Plantines (Fase 2).....	36

Figura 24.	Longitud Total de Plantas Adultas (Fase 2).....	36
Figura 25.	Longitud de Raíz de Plantas Adultas (Fase 2).....	37
Figura 26.	Peso de Raíz de Plantas Adultas (Fase 2).....	37
Figura 27.	Peso Fresco de Plantas Adultas (Fase 2).....	37
Figura 28.	Peso Seco de Plantas Adultas (Fase 2).....	38

1. INTRODUCCIÓN

Muchos años de uso inadecuado del suelo ha provocado su degradación en muchas áreas del país. El incremento de la población aumenta la presión sobre el recurso suelo para cumplir con la demanda actual de alimentos (Vance 2001). Esto ha llevado a los productores a hacer uso integrado de insumos sintéticos como fertilizantes minerales, fungicidas, insecticidas, bioestimulantes y productos fitosanitarios de origen orgánico que ayudan a sobrepasar estas deficiencias (Carrera 2011), sin embargo, los fertilizantes son lixiviados en la escorrentía o pueden no estar disponibles para los cultivos debido a transformaciones químicas, físicas y biológicas (Sánchez *et al.* 2005). Para compensar estos procesos, los productores necesitan incrementar las dosis de fertilizantes químicos por sobre la cantidad que se recomienda, y a menudo el resto es liberado en el ambiente contaminando el agua y el aire (Vance 2001).

Un método que puede superar esta desventaja es desarrollar cultivos con sistemas radiculares más robustos y una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes, para asegurar que las plantas reciban los nutrientes cuando los necesiten a pesar de su baja disponibilidad en el suelo (Halpern *et al.* 2015), para esto se recomienda el uso de productos con efecto bioestimulante, ya que contienen principios activos, que actúan sobre la fisiología de las plantas, aumentando su desarrollo y calidad del fruto, contribuyendo así a mejorar la resistencia de las especies vegetales ante diversas enfermedades (Carrera 2011).

No obstante la demanda de insumos agrícolas ha cambiado debido a la fuerza que la agricultura orgánica ha retomado en los últimos años (Andersen *et al.* 2003). Este tipo de insumos se promueve basándose en que la mayoría contienen microorganismos que ayudan a mejorar las características físicas de las plantas por medio de diversos mecanismos como fijación de nitrógeno (Vessey 2003), y sintetización de ácidos orgánicos (Halpern *et al.* 2015). Algunos microorganismos también mejoran la nutrición de las plantas al afectar la morfología de las raíces (Vessey 2003), liberando fitohormonas que asemejan la acción de las auxinas y mejoran el desarrollo del pelo radicular (López-Bucio *et al.* 2007).

Actualmente existen abonos orgánicos con efecto bioestimulante los cuales son sustancias que al ser aplicados a las semillas, plantines o directo al sustrato; tienen la capacidad de cambiar los procesos fisiológicos de estos a modo de otorgar beneficios en el crecimiento, desarrollo y respuesta al estrés (Subler *et al.* 1998).

Estos abonos pueden estar compuestos a base de hormonas o extractos vegetales metabólicamente activos y son utilizados para incrementar el crecimiento y rendimiento de las plantas, así como para sobrellevar periodos de estrés (Granados 2015).

Se ha demostrado que la aplicación de bioestimulantes, a base de aminoácidos, reduce el tiempo a cosecha del frijol arbustivo (Carrera 2011), así mismo, utilizar un sustrato a base de maíz triturado y sustancias húmicas sobre plantines de tomate produce un incremento en el diámetro del tallo y el volumen de la raíz, mejora la parte aérea y las raíces e incrementa el contenido de N, P y K (Rady *et al.* 2016).

Además se demostró un mejor desarrollo en las raíces de semilleros de trigo, cultivados en agua destilada suplementada con sustancias húmicas (Malik *et al.* 1985), también Canellas *et al.* (2002), mostró que las sustancias húmicas derivadas de lombricompost aumentan la proliferación de raíces laterales y la elongación del raíz. Ambos atribuyeron estos efectos a la actividad de las sustancias húmicas que actúan parecido a las auxinas, las cuales estimulan una enzima que promueve la asimilación de nutrientes, lo que estimula el crecimiento celular. También se observaron efectos positivos en la asimilación de micronutrientes gracias a la composta, específicamente en suelos alcalinos o en soluciones nutritivas alcalinas donde los micronutrientes son escasos (Sánchez *et al.* 2005). Por otra parte los microorganismos de potrero y de bosque de café al aplicarlos en plantas de acelga dos veces por semana, provocan un incremento en la altura, diámetro, vigor y menor incidencia de plagas; así como cambios en el contenido de materia orgánica del suelo lo que mejora el pH y el contenido de nitrógeno (Martínez *et al.* 2014)

En la investigación que se presenta, se evaluaron dos abonos orgánicos Humus de Lombriz y Microorganismos de Montaña con dos tipos de microorganismos predominantes (aeróbicos y anaeróbicos), una parte sometida a autoclave y otra parte sin autoclavar, en cuatro dosis diferentes y comparadas con un testigo, también se evaluó la relación costo-beneficio de cada tratamiento. La importancia del estudio radica en buscar alternativas orgánicas para mejorar la calidad de los plantines aprovechando el efecto bioestimulante de abonos orgánicos disponibles en el país y conocer con exactitud los beneficios de estos así como verificar que la inversión este acorde con el resultado final en la producción.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cultivo de Tomate

2.1.1. Origen e importancia

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una planta originaria de la planicie costera occidental de América del Sur. Fue introducido por primera vez en Europa a mediados del siglo XVI; a principios del siglo XIX se comenzó a cultivar comercialmente, se inició su industrialización y la diferenciación de la variedades para mesa y para industria (Pérez *et al.* 2002).

Desde el punto de vista alimenticio, el tomate es la hortaliza que por su versatilidad de consumo es una de las más importantes. A nivel de Norte y Centroamérica, el consumo per cápita/año es alrededor de los 26. 9 kg, mientras que a nivel mundial es de 12.6kg. El Salvador importa anualmente un estimado de 22,952 toneladas métricas de tomate, con un valor aproximado de \$7.0 millones, lo cual es altamente significativo para la economía (Pérez *et al.* 2002).

De este volumen el mayor porcentaje proviene de Guatemala (62%), de Honduras (34%) y el resto, de Nicaragua (4%). Es importante que el productor de tomate incorpore nuevas tecnologías para incrementar su productividad y obtener mayores ingresos, a fin de disminuir las importaciones (Pérez *et al.* 2002).

2.1.2. Caracterización Taxonómica

Por muchos años ha existido el debate de cómo se debe clasificar la planta de tomate, sin embargo las compañías mejoradoras de semilla se inclinan por seguir la línea de clasificación de Carlos Linneo (Peralta *et al.* 2006), como se puede observar a continuación:

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: Solanum

Especie: *Solanum lycopersicum*

2.1.3. Descripción Morfológica

2.1.3.1. Raíz

La planta presenta una raíz principal pivotante, raíces adventicias y ramificaciones que pueden llegar a formar una masa densa. Sin embargo, este sistema radicular puede ser modificado por las prácticas culturales, de tal forma que cuando la planta procede de un trasplante, la raíz pivotante desaparece siendo mucho más importante el desarrollo horizontal donde las raíces laterales y adventicias crecen tanto como la principal (Curtís 1996).

2.1.3.2. Tallo

El tallo es erguido y cilíndrico en planta joven, a medida que ésta crece, el tallo cae y se vuelve anguloso. Presenta tricomas (vellosidades) en la mayor parte de sus órganos y glándulas que segregan una sustancia color verde aromática. El tallo muestra ramificación abundante y yemas axilares, si al final del crecimiento todas las ramificaciones exhiben yemas reproductivas, estas se clasifican como de crecimiento determinado; y si terminan con yemas vegetativas, son de crecimiento indeterminado (Valadéz 1990). La ramificación del tallo principal da lugar a dos grupos: determinado e indeterminado; el primero termina sus ramificaciones en inflorescencia, limitando el crecimiento vertical, en el indeterminado también se forman racimos en la última hoja; sin embargo, se forma también una nueva rama dando origen a un crecimiento ilimitado (Garza 1985).

2.1.3.3. Hojas

Las hojas son cortas, de tamaño medio o largas y tipo patata (George 1999). Son compuestas, se insertan sobre los diversos nudos en forma alterna. El limbo se encuentra fraccionado en siete, nueve y hasta once foliolos. El haz es de color verde y el envés de color grisáceo, su tamaño depende de la variedad (Huerres *et al.* 1988).

2.1.3.4. Flor

La flor se presenta formando inflorescencias que pueden ser de cuatro tipos: racimo simple, cima unípara, cima bípara y cima múltipara. Cuando las inflorescencias se producen alternando con cada hoja o dos hojas se dice que la planta es de crecimiento determinado, si la alternancia es más espaciada la planta se dice de crecimiento indeterminado. Normalmente entre las primeras predomina la precocidad y el porte bajo, y las segundas son más tardías y de porte alto (Rodríguez *et al.* 2001).

La flor está formada por un pedúnculo corto, el cáliz es gamosépalo y la corola gamopétala. El androceo tiene cinco o más estambres adheridos a la corola con las anteras que forman un tubo. El gineceo presenta de 2-30 carpelos que al desarrollarse darán origen a los lóculos o celdas del fruto (Wien 1997). Las flores son hermafroditas, hipoginas y regulares. El cáliz está compuesto de seis sépalos y la corola de seis pétalos amarillos. Los estambres, en un número de seis, se reúnen formando un tubo alrededor del gineceo (Curtís 1996).

2.1.3.5. Fruto

El fruto es una baya de color amarillo, rosado o rojo debido a la presencia de licopeno y caroteno; el más común es el rojo en la madurez, la pulpa contiene una proporción del 33% del peso fresco del fruto (Rodríguez *et al.* 2001).

Botánicamente, un fruto de tomate es una baya compuesta de varios lóculos, consistente de semillas dentro de un pericarpio carnoso desarrollado de un ovario. Su forma puede ser redondeada, achatada o en forma de pera y su superficie lisa o asurcada; están compuestos de paredes del pericarpio carnoso desarrollado de un ovario. Una variedad comercial contiene alrededor de 150-300 semillas por fruto (Desai *et al.* 1997).

2.1.3.6. Semilla

La semilla de tomate es aplanada y de forma lenticelar con dimensiones aproximadas de 3 x 2 x1 mm. Si se almacena por periodos prolongados se aconseja hacerlo a humedad del 5.5%. (Pérez *et al.* 2002).

2.1.4. Fenología

En el cultivo del tomate, se observan 3 etapas durante su ciclo de vida (Pérez *et al.* 2002):

2.1.4.1. Inicial

Comienza con la germinación de la semilla. Se caracteriza por el rápido aumento en la materia seca, la planta invierte su energía en la síntesis de nuevos tejidos de absorción y fotosíntesis. La emergencia ocurre a los 6 u 8 días después de la siembra.

2.1.4.2. Vegetativa

Esta etapa se inicia a partir de los 21 días después de la germinación y dura entre 25 a 30 días antes de la floración. Requiere de mayores cantidades de nutrientes para satisfacer las necesidades de las hojas y ramas en crecimiento y expansión. Las variedades de tomate de crecimiento indeterminado inician su floración entre los 65 a 75 días después de la siembra.

2.1.4.3. Reproductiva

Inicia con la fructificación, dura entre 30 o 40 días, y se caracteriza porque el crecimiento de la planta se detiene y los frutos extraen los nutrientes necesarios para su crecimiento y maduración. La fructificación da inicio entre los 70 a 80 días, y la primera cosecha se realiza entre los 85 a 90 días después de siembra (Pérez *et al.* 2002).

2.1.5. Variedad Tres Cantos

La variedad de tomate Tres Cantos es una planta grande indeterminada que exige tutor, de frutos redondos, tamaño uniforme, sus características son: 3 libras de semilla por hectárea a una distancia de 50 cm entre plantas y 1m entre surcos, germina de 5 - 8 Días y se trasplanta a los 20 días. Su tiempo a cosecha oscila entre 90 - 120 días dependiendo de la temperatura ambiental, el envase contiene 300 - 400 semillas por gramo: y la producción por hectárea es de 18 - 22 Ton (Agrosemillas 2011).

Los requerimientos nutricionales del cultivo, en kg/ha, son: Nitrógeno 150, Fósforo 200, Potasio 275, Calcio 150, Magnesio 25 y Azufre 22. Estos cultivares son ideales para establecer plantaciones en invernadero (Pérez *et al.* 2002).

2.1.6. Métodos de Siembra

El método de siembra directa es aquel en el cual la semilla se coloca directamente en lugar definitivo de siembra. Ésta ahorra tiempo, trabajo y dinero, ya que se elimina el proceso de elaborar el semillero y el trasplante. Pero implica una operación de raleo para obtener la densidad de siembra correcta de cada cultivo (Martínez 2012).

Éste método es útil cuando se requiere una alta densidad de plantas, cuando las semillas son de tamaño grande y se favorezca la siembra mecánica, en cultivos que tengan un desarrollo inicial rápido y vigoroso y en cultivos cuya cosecha a utilizar es la raíz (Martínez 2012).

Las ventajas de la siembra indirecta con bandejas son un uso eficiente de la semilla, producción de plántulas de excelente calidad (sanas, con buen desarrollo foliar y radicular), fácil manejo de las plántulas a la hora del trasplante, disminución de pérdida de plántulas y que no provoca daño a las raíces a la hora del trasplante (Pérez *et al.* 2002).

2.1.7. Plantines

La calidad de los plantines consiste en dos aspectos principales. El origen genético de la semilla y las cualidades físicas de la planta. Mejorar la calidad genética de la semilla requiere de mucho tiempo seleccionando e hibridándolas de los mejores ejemplares, mientras que mejorar sus cualidades físicas solo toma algunas semanas. La calidad física de los plantines es una combinación de altura, diámetro, nutrición, salud, tamaño de raíz y forma de la planta. Juntas, estas características determinan como se establecerá la planta en el campo y tendrán influencia en su porcentaje de sobrevivencia (Wightman 1999).

Los plantines de calidad poseen las siguientes características: crecen vigorosamente y están libres de enfermedades, tienen un solo tallo robusto sin malformaciones, el sistema radicular es denso, libre de deformaciones, con muchos pelos fibrosos y puntas de raíz blancas, sistema aéreo pequeño o mediano y un sistema radicular largo, están acostumbrados a moderados periodos sin agua y luz solar intensa (Carrera 2011).

La raíz principal debe ser recta como una zanahoria, o en caso de no existir raíz principal, las raíces deben desarrollarse sin ningún patrón o recodo. Si las raíces se encuentran enredadas o enroscadas, eventualmente estrangularán a la planta, o las raíces pueden morir y atraer insectos u hongos que la dañen. Al momento de realizar el trasplante, el final de la raíz puede haberse enroscado hacia arriba, y ya que buscará nuevamente dirigirse hacia abajo, esta se doblará formando una "rodilla" o incluso podría dar una vuelta completa. El productor puede detectar estas deformidades siguiendo el tallo con el dedo, las que se presenten con este problema, deben ser descartadas debido a que no crecerán correctamente en el terreno (Wightman 1999).

2.2. Bioestimulantes

2.2.1. Definición

En agricultura, los bioestimulantes se definen como aquellos productos que son capaces de incrementar el desarrollo, producción y/o crecimiento de los vegetales. Se emplean para incrementar su calidad activando el desarrollo de diferentes órganos (raíces, frutos, hojas, entre otros) y reducir los daños causados por el estrés (fitosanitarios, enfermedades, frío, calor, entre otros) (Granados 2015).

Trabajan tanto fuera como dentro de la planta, aumentando la disponibilidad de nutrientes, mejorando la estructura y fertilidad de los suelos, como también incrementando la velocidad, la eficiencia metabólica y fotosintética. Adicionalmente, mejoran la cantidad de antioxidantes (Granados 2015).

2.2.2. Tipos

Existen cuatro grandes grupos de bioestimulantes que han demostrado influenciar en el crecimiento de las raíces y en la asimilación de nutrientes: (1) Sustancias Húmicas (SH), (2) Hidrolizados de proteínas y formulaciones de amino ácidos, (3) Extractos de algas marinas, (4) Microorganismos Benéficos (MB) (Halpern *et al.* 2015).

2.2.3. Sustancias Húmicas (SH)

Las SH son moléculas orgánicas heterogéneas que se forman en el suelo como subproductos del metabolismo microbiano en la materia orgánica muerta, estas pueden ser extraídas de diferentes fuentes, incluyendo suelos, relleno sanitario, vermicompost y desechos de lombriz (Nardi *et al.* 2007).

Dichas sustancias tienen efectos positivos en el crecimiento de las plantas, incluyendo el incremento de su biomasa, incremento en el número de frutas y flores, y mejoramiento en la calidad del fruto (Yildirim 2007).

2.2.3.1. Mejoramiento de la estructura del suelo

Las HS ayudan a la nutrición de las plantas por medio del mejoramiento de la estructura del suelo. Abonar el suelo con SH incrementa la estabilidad de los agregados, se atribuyó este fenómeno a la habilidad que poseen las SH de formar complejos arcillo-húmicos con componentes hidrófilos distribuidos cerca del centro del agregado y componentes hidrófobos distribuidos en el exterior. Esto reduce la infiltración de agua dentro de cada agregado, haciéndolos más estables a los ciclos húmedo y seco lo que a su vez mejora la aireación del suelo, facilita la penetración de las raíces, aumenta el agua disponible para las plantas y reduce la erosión. Todas estas características contribuyen indirectamente a mejorar la absorción de nutrientes (Bronick *et al.* 2005).

2.2.3.2. Aumento de la solubilidad de los micronutrientes y el Fósforo

Bajo ciertas circunstancias los micronutrientes y el fósforo son insolubles y no pueden ser absorbidos por las plantas. Al añadir SH a la solución nutritiva se mejora la solubilidad del hierro y del zinc, formando complejos metal-húmico los cuales pueden ser absorbidos por las plantas en cualquier momento sin importar las condiciones adversas. Muchos investigadores que han trabajado con SH atribuyen el aumento en el crecimiento de los plantares a la mejoría en la disponibilidad del Hierro (Chen *et al.* 2004).

Las SH son reemplazos efectivos de los quelatos artificiales de hierro como el ácido etilendiamino-di (o-hidroxifenil-acético) (EDDHA) (Sánchez *et al.* 2005). También acidifican la rizósfera lo que mejora la solubilidad de los micronutrientes. En cuanto al fósforo su disponibilidad se ve aumentada cuando las SH evitan la formación de fosfatos de cálcio no solubles lo que explica el incremento en la eficiencia de los fertilizantes a base de fósforo cuando se aplican en suelos que fueron abonados con SH (Delgado *et al.* 2002).

2.2.3.3. Cambios Morfológicos en las Raíces y procesos metabólicos

Las SH estimulan la proliferación de raíces laterales y aumentan la cantidad de pelos radiculares lo que incrementa la superficie de las raíces y en consecuencia la asimilación de los nutrientes ya que las SH realizan acciones parecidas a las de las auxinas las cuales estimulan las ATPasa que son una importante Familia de enzimas que emplean la energía de la hidrólisis del ATP para transportar solutos y constituyen el mayor sistema celular para la regulación del pH intracelular y de la absorción de nutrientes. Valores altos de pH intracelular dentro del rango fisiológico normal, favorecen el crecimiento celular (Schmidt *et al.* 2007). Además las SH aumentan la tasa de asimilación del NO_3 ya que ayudan a las enzimas responsables de su asimilación a responder eficientemente ante su estímulo (Albuzio *et al.* 1986)

2.2.4. Microorganismos Benéficos (MB)

Los MB se encuentran en la rizósfera y han demostrado poseer varios efectos positivos en el crecimiento de las plantas, incluyendo: control de patógenos, incremento en la tolerancia de las sales; Incremento en la resistencia a los metales pesados, incremento en el crecimiento y la producción y el mejoramiento en la nutrición de las plantas (Baashan *et al.* 2005). Esto se logra por medio de varios mecanismos:

2.2.4.1. Fijación de Nitrógeno y solubilización de P y Fe

La fijación de nitrógeno fue uno de los primeros mecanismos descubiertos en los MB, inoculaciones mixtas de bacterias endófitas diazótrofes, las cuales se caracterizan por poseer la habilidad de crecer sin necesidad de fuentes externas de nitrógeno, tales como *Gluconacetobacter diazotrophicus*, *Burkholderia tropica*, *Azospirillum amazonense*, *Herbaspirillum rubrisubalbicans* y *Herbaspirillum seropedicae* son muy eficientes promoviendo la fijación de nitrógeno en cañales, sin embargo en otros cultivos su eficiencia es limitada por lo que se cree que el mejoramiento en el crecimiento de las plantas se debe en su mayoría a los demás mecanismos de los MB (Oliveira *et al.* 2009).

Por otro lado la concentración total de P en los suelos agrícolas normalmente se encuentra en rangos desde 400 a 1200 mg/kg. Sin embargo solo 1 mg/kg está presente en formas disponibles como el HPO_4^- y se considera que las formas inorgánicas no solubles ocupan entre el 20 – 50% del fósforo total del suelo (Rodríguez *et al.* 1999).

Estos iones o son absorbidos por la carga positiva de los constituyentes del suelo, o forman precipitados poco solubles con Fe, Al, o Ca, dependiendo del pH. El fósforo orgánico no soluble ocupa del 50 – 80% del fósforo total del suelo y consta de los ésteres fosfatados y fosfatos de inositol (Richardson 2001). Para solubilizar el P inorgánico, los MB sintetizan ácidos orgánicos como el glucónico y cítrico, los cuales forman quelatos de los compuestos insolubles y bajan el pH, incrementando la solubilidad del P. Otro mecanismo es liberar protones, lo que baja el pH e incrementa la solubilidad sin la ayuda de los quelatos. También puede incrementar la viabilidad del P orgánico mineralizándolo (Gamalero *et al.* 2011).

Sin embargo el mayor beneficio que ofrecen los MB es producir sideróforos quienes compiten contra los microorganismos patógenos por los escasos recursos de hierro (Vessey 2003). El hierro es abundante en los suelos en la forma insoluble del FeOIII , como las hematites, goetita y ferro hidratos. Este elemento está particularmente poco disponible en suelos calcáreos ya que las condiciones alcalinas hacen el hierro menos soluble pero los sideróforos quelatan el hierro haciéndolo soluble (Halpern *et al.* 2015). En condiciones donde los fitosideróforos producidos por la planta son descompuestos muy rápidamente a causa de las rizobacterias, los sideróforos producidos por bacterias como la *Pseudomonas putida* contribuyen significativamente a la absorción de hierro (Duijf *et al.* 1994).

2.2.4.2. Cambios en la Morfología de las Raíces

La inoculación de bacterias como *Azospirillum brasilense* incrementa la longitud y número de raíces adventicias en plantas de sorgo hidropónico (Sarig *et al.* 1992). Este cambio se atribuye a una fitohormona producida por *A. brasilense* que asemeja la acción de las auxinas (López-Bucio *et al.* 2007) Por otro lado la inoculación con *Bacillus megaterium* provoca un aumento en el tamaño y número de pelos radiculares en plantas de *Arabidopsis* esto debido a unas citoquininas que produce dicha bacteria y que promueven la división y diferenciación celular (Ortíz-Castro *et al.* 2008).

2.2.4.3. Relaciones simbióticas entre raíces y micorrizas

Las bacterias que promueven relaciones simbióticas entre micorrizas y raíces se denominan bacterias auxiliares de micorrizas (BAM) (Frey-Klett *et al.* 2007), dichas micorrizas infectan más del 80% de todas las plantas terrestres (Giovannetti *et al.* 1998), contribuyendo significativamente a su nutrición incrementando la superficie de absorción de las raíces, además producen quelatos o enzimas que movilizan los elementos insolubles (Marschner y Dell 1994).

Muchas bacterias han demostrado promover el crecimiento de micorrizas entre ellas están *Agrobacterium*, *Streptomyces*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Burkholderia*, *Arthrobacter*, *Klebsiella*, *Azospirillum*, *Alcaligenes*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* y *Brevibacillus*. Y existen seis mecanismos por los cuales las BAM promueven este crecimiento: (1) Estimulando la germinación de esporas fúngicas, (2) Promoviendo el crecimiento del micelio, (3) Alterando de forma positiva la dinámica de los químicos en la rizósfera, (4) Mejorando la receptividad de las raíces ante una infección de micorrizas, (5) Promoviendo la derivación de las raíces a través de la acción hormonal y (6) Incrementando la disponibilidad de nutrientes como N y P, lo que incrementa la dinámica entre las micorrizas y la planta (Frey-Klett *et al.* 2007).

Los dos métodos básicos para producir microorganismos benéficos son el aeróbico y el anaeróbico. Los métodos aeróbicos aportan el máximo de oxígeno a los microorganismos que digieren el material. Mientras que los anaeróbicos otorgan el mínimo, esto los hace más lentos pero más fácil de trabajar ya que necesitan poca supervisión aunque generan gases de mal olor (Halpern *et al.* 2015).

2.3. Humus de Lombriz (HL)

2.3.1. Definición

El HL es una sustancia lignoprotéica estable durante la descomposición. Es la totalidad de los restos de la materia orgánica presentes en el suelo y que forman componentes difícilmente mineralizables. Son altamente polimerizados (Canellas *et al.* 2002). Está compuesto por C, O₂, N, así como macro y micro nutrientes en diferentes proporciones, tales como Ca, K, Fe, Mn y Zn entre otros. Los contenidos finales por tonelada de material dependerán básicamente de la fuente de origen y la humedad del material cuando el proceso finaliza (Fraile y Obando 1994).

2.3.2. Ácidos Húmicos

Incluye aquellas sustancias extraídas normalmente del Humus con un agente alcalino o neutro y que forma un precipitado amorfo con los ácidos, tiene más carbono que fúlvicos (Basaure 1995).

Este grupo accede a los receptores de las plantas y provocan la activación de factores transcriptores y síntesis de proteínas, al mismo tiempo altera la actividad de ciertas enzimas como la H⁺-ATPasa. En consecuencia se incrementa la actividad celular y diferenciación de los tejidos resultando en un mayor crecimiento de raíces (Canellas *et al.* 2002).

2.3.3. Ácidos Fúlvicos

El ácido fúlvico es la parte más activa del humus, es soluble en medio ácido, neutro y alcalino, a diferencia del ácido húmico que no es soluble en pH ácido. Esto ocasiona, por ejemplo, que el calcio se precipite en presencia de ácido húmico, mientras que se mantiene en solución, en presencia de ácido fúlvico. En zonas con alta concentración de carbonatos de calcio, el ácido fúlvico evita que se precipite el fósforo y otros elementos, lo que es benéfico para plantas porque reciben más nutrientes y además evita que se tapen las boquillas de los sistemas de riego. Los ácidos fúlvicos químicamente están constituidos principalmente por polisacáridos, compuestos fenólicos y aminoácidos (Basaure 1995).

El ácido fúlvico es un producto que estimula el crecimiento de las plantas, aumentando su vigor, estimula la absorción y promueve la penetración y transporte activo de los nutrientes a nivel membrana fundamental de células foliares y radicales, actúa como promotor de crecimiento vegetal y agente quelatante. Los Ácidos Fúlvicos tienen una gran

capacidad de intercambio catiónico 200 a 500 Meq./100 g. constituyendo así, junto con la arcilla la parte fundamental del complejo absorbente regulador de la nutrición de la planta. Contribuye asimismo a la conversión de formas no asimilables de minerales, en formas solubles, además de tener una acción de liberación de CO₂ (gas carbónico) que contribuye a la solubilización de los elementos minerales del suelo (MydAgro soluciones 2000).

2.3.4. Huminas y Ulminas

Constituyen la parte no soluble y por lo tanto no extraíble de las sustancias húmicas. Son formas desnaturalizadas de los ácidos húmicos y úlmicos producidos por desecación o congelación que se han deshidratado, condensado, polimerizado o disminuido el número de sus grupos funcionales (Basaure 1995).

2.3.5. Microorganismos

Desde el punto de vista microbiológico, se ha puntualizado que el vermicompost posee una gran riqueza de microorganismos así como un efecto supresor sobre algunos patógenos del suelo (Ramírez 1996). Las deyecciones de la lombriz poseen variada flora bacteriana, con cerca de 2×10^{12} colonias/g de humus producido, en vez de los pocos centenares de millones presentes en la misma cantidad de estiércol fermentado. Ello permite la producción de enzimas importantes para la evolución de la materia orgánica cuando este material es aplicado al suelo (Ferruzi 1986).

Durante el proceso de formación de humus, las lombrices consumen bacterias rizosféricas promotoras de crecimiento como la *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Bacillus*, *Azospirillum*, y *Azotobacter*, las cuales se activan e incrementan gracias al ambiente ideal existente en las entrañas de las lombrices, depositando en sus heces mayor número de colonias bacterianas. Estos grupos específicos de bacterias son los responsables de solubilizar nutrientes, ayudar en la fijación de nitrógeno e indirectamente suprimen hongos patógenos del suelo. Además promueven la producción de la enzima 1-aminociclopropano-1-carboxilato sintasa (ACC) la cual reduce la biosíntesis de etileno y aumenta la producción de amonio, (Correa *et al.* 2004). El humus de lombriz aplicado al suelo aumenta el número de actinomicetos, bacterias proteólicas y bacterias anaeróbicas fijadoras de nitrógeno como *Clostridium butyricum*, *C. beijerinckii* y *C. paraputrificum* (Citernes *et al.* 1977).

2.3.6. Usos

2.3.6.1. Beneficios en el suelo

El HL es una fuente nutricional y energética de los microorganismos edáficos. Los microorganismos son la base de la vida en el suelo, y de su presencia dependerán muchos procesos que en él suceden. El Humus proporcionará una fuente nutricional para que estos sigan cumpliendo su función dentro del suelo y beneficien a los cultivos. Contiene sustancias mucilaginosas, secretadas por la población micro orgánica, que son absorbidas en las superficies de los minerales arcillosos, lo que permite la agregación y cohesión de las partículas del suelo, mejorando su estructura (Basaure 1995).

Un suelo arenoso se pondrá más compacto y uno arcilloso se abrirá para permitir el paso del agua con mayor rapidez. Aumenta la capacidad de retención de humedad entre 1.300 a 1.500 cm³ de agua por kilogramo de suelo seco, un suelo con una buena capacidad de retención de agua retiene tan solo 250 cm³ por kilogramo de suelo seco (Canellas 2002).

Mejora y regula la velocidad de infiltración de agua, evitando la erosión producida por el escurrimiento superficial del agua y con ello la erosión hídrica. Ayuda a tamponar los cambios de pH, ya que modera los cambios de acidez y neutraliza los compuestos orgánicos tóxicos que llegan a él por contaminación. Cuando se agrega por ejemplo 1 gramo de superfosfato al solubilizarse junto al agua, el pH puede llegar a 1.5 (realmente ácido, puede matar todo lo que hay alrededor), la sustancia encargada de restablecer las condiciones originales es el Humus, de tal manera que en un suelo que posea un nivel alto de materia orgánica humificada se encuentra con mayores defensas frente a invasiones bacterianas y fúngicas tóxicas para las plantas, regulando además los cambios bruscos de pH (Basaure 1995).

2.3.6.2. Beneficios en la planta

Si bien el Humus no proporciona todo el requerimiento nutritivo que la planta necesita para su normal desarrollo, la presencia de otros elementos en el Humus favorecen y regulan la nutrición vegetal (Canellas 2002).

Favorece el normal desarrollo de las cadenas tróficas. La altísima flora microbiana que contiene ayuda a restablecer el equilibrio en el suelo y con ello aquellas especies que predominan, nematodos por ejemplo, tengan competencia en sus requerimientos alimenticios y mueran por falta de ellos o se desplacen para sobrevivir. Reduce substancialmente las necesidades de agua de los cultivos al poseer la capacidad de retener agua reduciendo los requerimientos hídricos que tiene un cultivo. Aumentar el efecto germinativo en semillas, Reducir el tiempo de emergencia y producen mayor desarrollo radicular y vegetativo (Canellas 2002).

2.4. Microorganismos de Montaña (MM)

2.4.1. Definición

Los MM, consisten en un abono orgánico que contiene microorganismos seleccionados, compatibles entre sí y que pueden coexistir en cultivo líquido (Acosta 2012). Estos incluyen hongos, bacterias, micorrizas, levaduras y otros organismos benéficos. Los cuales viven y se encuentran en el suelo de montañas, bosques, parras de bambú, lugares sombreados y sitios donde en los últimos 3 años no se han utilizado agroquímicos. Se reconocen fácilmente por la formación de micelios blancos debajo de la hojarasca (CENTA 2012).

Si bien estos grupos de microorganismos se encuentran libres en la naturaleza en todo el planeta, una de las claves del desarrollo de los MM como tecnología, está en la coexistencia de los mismos en un medio de cultivo apropiado. Esta coexistencia se basa en el hecho de que sustancias que generan unos sirve de alimentos para otros. Levaduras y bacterias ácidolácticas generan ácidos orgánicos que alimentan a las bacterias fototróficas. Estas a su vez producen azúcares que alimentan a las primeras, favoreciendo su supervivencia y reproducción. La coexistencia de los MM trae como consecuencia un efecto sinérgico entre todos (EEAITAJ 2013).

2.4.2. Composición

Los MM contienen un promedio de 80 especies de microorganismos de unos 10 géneros, que pertenecen básicamente a cuatro grupos.

2.4.2.1. Levaduras

Las levaduras son hongos que forman colonias pastosas, constituidas en su mayor parte por células aisladas que suelen ser esféricas, ovoideas, elipsoides o alargadas. Unas pocas presentan hifas. Estas producen una gran variedad de compuestos biológicamente activos como fitohormonas, vitaminas, amino ácido, enzimas, nitrógeno y fosforo. Los cuales promueven el crecimiento de las raíces y aumenta su número. Además producen sustancias que ayudan en la reducción de fitopatógenos del suelo (Botha 2011).

Sin embargo se ha demostrado que las levaduras muertas ayudan más a incrementar la biomasa de las raíces que las levaduras vivas, esto se debe a que las células muertas de levadura liberan sus contenidos en el suelo dejándolo disponible para las plantas (Lonhienne *et al.* 2004).

2.4.2.2. Bacterias fotosintéticas

Son bacterias autótrofas que crecen en aguas estancadas, excrementos de lombrices o sedimentos marinos costeros, entre otros ambientes. Estas bacterias pueden crecer con o sin oxígeno y utilizar la luz y compuestos orgánicos e inorgánicos para obtener energía. Pueden obtener carbono de cualquier compuesto derivado de plantas verdes o de procesos de fijación de dióxido de carbono. También fijan el nitrógeno al suelo y sintetizan azúcares de cadenas simples que sirven de alimento a otros microorganismos (EEAITAJ 2013).

Estas bacterias pueden sintetizar: sustancias bioactivas como aminoácidos, hormonas y ácidos nucleicos; Enzimas como amilasas, hidrolasas, proteasas; Antioxidantes como flavonoides, ubiquinonas y vitamina E. Además degradan compuestos como H_2S , NH_3 , SO_4 e hidrocarburos. También degradan y remueven compuestos tóxicos como putrescinas, cadaverinas, mercaptanos y fenoles. Modulan la fotosíntesis de acuerdo a la cantidad de luz disponible aprovechando la energía del sol al utilizar una longitud de onda en el rango de 700 a 1,300 nm, por lo que mejoran el aprovechamiento de la energía solar para las plantas y los metabolitos que liberan pueden ser absorbidos directamente por las plantas promoviendo su desarrollo y actuar como sustrato para incrementar la población de otros microorganismos benéficos. El oxígeno producido por la fotosíntesis estimula a los microorganismos fijadores de Nitrógeno y solubilizadores de fósforo (EEAITAJ 2013).

2.4.2.3. Bacterias ácido lácticas

Es un género de bacterias anaerobias que sintetizan sustancias bioactivas generando una marcada actividad antagonista con microorganismos patógenos. Producen ácido láctico el cual es capaz de inhibir y controlar *Staphylococcus aureus*, *Ralstonia sp.*, *Fusarium* y nematodos. Además producen sustancias antimicrobiales del tipo Bactericinas, que inhiben *Enterococcus*, *Clostridium* y *Streptococcus*, entre otros. Estas bacterias son resistentes a condiciones de acidez, bajan el pH del sustrato e inhiben microorganismos competidores. También promueven la degradación de la lignina y la celulosa, aceleran la descomposición de la materia orgánica y se alimentan vorazmente de materia orgánica en suspensión o disuelta en el agua lo que reduce la demanda biológica de oxígeno (EEAITAJ 2013).

2.4.2.4. Actinomicetos y Micorrizas

Los actinomicetos representan un grupo ubicuo de microorganismos ampliamente distribuido en ecosistemas naturales y tienen gran importancia en la participación de la degradación de materia orgánica (Ghanem *et al.* 2000). En un principio los actinomicetos se incluyeron entre los hongos porque su morfología y desarrollo presentaban gran similitud, dotados de un micelio verdadero, sin embargo hoy en día y dado su carácter procariótico, se sustenta muy bien su clasificación como bacterias (Prescott 2002). Los principales géneros que se aíslan a partir de suelos son *Nocardia*, *Streptomyces* y *Micromonospora*, que pueden estar presentes como conidias o como hifas vegetativas, sin embargo el 95% de los actinomicetos aislados a partir de suelo pertenecen al género *Streptomyces* (Martin 1981).

Algunos géneros como *Frankia* y algunas cepas pertenecientes a las Familias *Thermomonosporaceae* y *Micromonosporaceae* han sido reportados como fijadores de nitrógeno atmosférico (Franco-Correa 2008). Los actinomicetos también han sido descritos como agentes de biocontrol por la capacidad de producir enzimas biodegradativas como quitinasas, glucanasas, peroxidasas y otras, involucradas en el papel del micoparasitismo que llevan a cabo estos microorganismos (Franco-Correa 2008). El género *Streptomyces* ha sido descrito como colonizador de la rizosfera, capaz de ejercer biocontrol sobre hongos fitopatógenos, producir sideróforos, sustancias promotoras del crecimiento vegetal *in vitro*, promover la nodulación y ayudar a los bacteriodes de *Rhizobium* a la asimilación del hierro en la fijación de nitrógeno en leguminosas, lo cual contribuye indirectamente a la promoción de crecimiento vegetal (Tokala *et al.* 2002).

Por otra parte las raíces de los vegetales pueden ser colonizadas por un gran número de especies de hongos, tanto en superficie como en su interior. A esta asociación de un hongo filamentoso con la raíz de una planta se denomina "micorriza". El término micorriza se aplica a cerca de 6,000 hongos diferentes, que establecen relaciones con las raíces de las plantas (Martinez *et al.* 2009).

Existen siete tipos de micorriza que se han clasificado: Arbutoides, Ectendomicorrizas, Ectomicorrizas, Endomicorrizas o Micorrizas Arbusculares, Ericoides, Monotropoides y Orquidioides. Las micorrizas arbusculares pertenecen a la Clase *Zigomicetes* y se caracterizan porque producen, a lo largo de su ciclo de vida, unas estructuras conocidas como arbusculos y vesículas. Las vesículas son estructuras globosas e irregulares que actúan como órganos de reserva de lípidos (Allen 1982).

Los arbusculos son las estructuras responsables de la transferencia bidireccional de nutrientes entre los simbioses, realizada en la interfase planta-hongo producida a este nivel. Las micorrizas arbusculares son las de mayor importancia y las que más ampliamente se encuentran distribuidas. Este tipo de micorriza se encuentra en condiciones naturales en la mayoría de los cultivos tropicales y subtropicales de interés agronómico y está presente en la mayoría de las Angiospermas; siendo las Familias Chenopodiaceae y Cruciferae, las excepciones de mayor importancia (Aguirre 2006).

Las micorrizas son capaces de producir compuestos de naturaleza hormonal alterando el nivel de sustancias reguladoras del crecimiento en los tejidos de las plantas y su transporte de unos tejidos a otros (Allen 1982).

Producen citoquinina la cual promueve la síntesis de proteínas, la división y expansión celular. Además desempeña un papel importante como mediador de la correlación entre las concentraciones de fósforo y las funciones de la planta como: el desarrollo vegetativo, la fotosíntesis y el almacenamiento de almidón. Se dice que estas fitohormonas son las mediadoras más importantes de la infección con Endomicorrizas por ser sintetizadas primariamente en los meristemas radiculares. Un aumento en el número y actividad de los primordios, puede inducir un aumento en la producción de citoquinina (Amora-Lazcano 1998).

La micorrización, al igual que la aplicación de fósforo al suelo, produce un aumento del crecimiento de la planta y de la raíz, y por tanto del número de extremos o primordios radiculares. Se plantea que los niveles de etileno que estimulan la formación y desarrollo de las micorrizas pueden estar relacionados con la resistencia de la planta hospedadora a factores de estrés del suelo (Aguirre 2006). Bajos niveles de etileno producidos por estrés en la planta, parecen inhibir temporalmente el crecimiento de las raíces, pero al mismo tiempo se promueve la actividad del hongo micorrícico en la rizosfera, con lo que se minimiza el efecto estresante sobre la planta. La consecuencia de la acción del hongo es una alteración positiva del equilibrio hormonal de la planta que favorece su estado fisiológico y nutricional. La inoculación artificial con micorrizas a especies de interés agrícola, incrementa la nutrición y el crecimiento de la planta, y le permite superar situaciones de estrés (Amora-Lazcano 1998).

2.4.2.5. Beneficios de los MM

Aplicados en semilleros los MM aumentan la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico. Aumentan el vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto similar a las rizobacterias las cuales son promotoras del crecimiento vegetal e incrementan las probabilidades de supervivencia de las plántulas, por la inoculación del sustrato con microorganismo antagónicos a enfermedades y hongos patógenos (Acosta 2012). También si se aplican los MM a las plantas estos aumentan la resistencia natural de las plantas contra plagas y enfermedades. Consumen los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, reduciendo la propagación de organismos patógenos y el desarrollo de enfermedades. Incrementan el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos. Promover la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas e Incrementar la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar (Aguirre 2006). Al aplicar los MM en suelos mejoran ayuda a mejorar la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua, de esta manera se puede disminuir la frecuencia de riego y se reduce la erosión. De forma química mejora la disponibilidad de nutrientes, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijados, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radicular (Acosta 2012).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del estudio

La investigación se desarrolló en el invernadero del Departamento de Protección Vegetal dentro del vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador ubicado en Final 25 Avenida "Mártires Estudiantes del 30 de Julio", San Salvador, siendo sus coordenadas geográficas: Latitud 13°43'7.68" N y Longitud 89°12'1.53" W y condiciones climáticas: temperatura promedio 24.2°C, precipitación 1,695 mm, humedad relativa del 76 %, y una elevación 750 msnm (SNET 2016). Se realizó durante el período de mayo a agosto 2018.

3.2. Fase de Campo

El estudio se realizó en dos fases; la primera consistió en evaluar el efecto de los abonos orgánicos en el desarrollo de plantines de tomate utilizando la misma dosis para todos los tratamientos, a los 21 días después de la emergencia se sacaron los plantines del semillero, la mitad se utilizó para tomar las medidas de crecimiento y la otra mitad se trasplantó a bolsas donde se observó su desarrollo hasta el inicio de floración, donde se tomaron datos de crecimiento y se determinó el abono orgánico con mayor eficiencia. La segunda fase consistió en probar el abono con mejores resultados y su efectividad a diferentes dosis.

3.2.1. Adquisición de los abonos orgánicos

Se utilizaron dos tipos de abonos orgánicos: microorganismos de montaña y humus de lombriz, el primero provino de la "Escuela Nacional de Agricultura Roberto Quiñonez" ubicada en el km 33 1/2 carretera a Santa Ana, Ciudad Arce, La Libertad. El segundo provino del beneficio Larín e Hijos CIA, ubicado en la carretera que conduce de Juayúa a la Majada, Departamento de Sonsonate.

3.2.2. Preparación de los abonos orgánicos

Se procesó cada uno de los abonos orgánicos elaborando un té anaeróbico y un té aeróbicos por cada abono. Para preparar el té anaeróbico en un recipiente se colocaron 32 g de microorganismos de montaña mientras que en otro se colocaron 32 g de humus de lombriz, a cada recipiente se le agregaron 20 ml de melaza y un litro de agua. Se sellaron y se les colocó un globo (Figura 1) dejando fermentar por 5 días (CENTA 2012).

Para preparar el té aeróbico, en un recipiente se colocaron 32 g de microorganismos de montaña, mientras que en otro se colocaron 32 g de humus de lombriz, a cada recipiente se le agregó un litro de agua. La mezcla se mantuvo aireada con una bomba “de pecera” durante 24 horas (CENTA 2012). Al finalizar el proceso se guardaron intactos 500 ml de cada té. Al mismo tiempo otros 500 ml de cada té se sometieron a autoclave para obtener soluciones estériles y libres de microorganismos.



Figura 1. Tés aeróbico y anaeróbico de MM

3.2.3. Establecimiento de la Primera Fase

3.2.3.1. Semillero

Cada uno de los cinco bloques consistió en una bandeja de 200 celdas (Figura 2), cada uno de estos se conformó por ocho tratamientos más el testigo, ubicados de manera aleatoria. Los tratamientos se dispusieron en nueve filas de diez celdas ocupando 90 celdas de la bandeja en total. En éstas celdas se colocó sustrato a base de fibra de coco, sembrando una semilla por postura (Pérez *et al.* 2002). Al desarrollarse el primer par de hojas verdaderas, los plantines fueron fertilizados con los tratamientos y se comenzó a tomar el dato de altura desde el suelo hasta la punta del brote cada siete días hasta el trasplante.



Figura 2. Ubicación de dos bloques y sus tratamientos en bandeja (fase 1).

3.2.3.2. Tratamientos

Se estudiaron dos fuentes de abono orgánico disponibles en el país y se promovió el crecimiento de dos grupos microbianos aeróbico y anaeróbico para analizar cual grupo es más beneficioso para las plantas, estas preparaciones se sometieron a autoclave para tener dos valoraciones sobre la importancia de los microorganismos dentro de los tratamientos, si es indispensable su presencia o solo se requiere de los componentes que liberan en el medio acuoso para ofrecer beneficios a las plantas. Los ocho tratamientos más el testigo, se detallan a continuación en el Cuadro 1:

Cuadro 1. Composición de los tratamientos.

Tratamiento	Descripción de solución nutritiva
T1 (MM AN AU)	90% Agua y 10% té anaeróbico de MM autoclavado
T2 (MM AN SU)	90% Agua y 10% té anaeróbico MM sin autoclavar
T3 (MM AE AU)	90% Agua y 10% té aeróbico de MM autoclavado.
T4 (MM AE SU)	90% Agua y 10% té aeróbico de MM sin autoclavar
T5 (HL AE AU)	90% Agua y 10% té aeróbico de HL autoclavado.
T6 (HL AE SU)	90% Agua y 10% té aeróbico de HL sin autoclavar.
T7 (HL AN AU)	90% Agua y 10% té anaeróbico de HL autoclavado.
T8 (HL AN SU)	90% Agua y 10% té anaeróbico de HL sin autoclavar.
T0 (TESTIGO)	100% Agua

MM = Microorganismos de Montaña HL = Humus de Lombriz AN = Anaeróbicos AE = Aeróbicos
AU = Autoclavados SU = Sin Autoclavar

Se aplicaron 5 cc del tratamiento respectivo a cada plantin durante cinco días.

3.2.3.3. Trasplante

Al cumplir los 21 días luego de la emergencia (Pérez *et al.* 2002), 54 plantines de los 90 que conformaron cada bloque se utilizaron para tomar datos de longitud total, longitud y peso de raíz, peso seco y peso fresco Los 36 plantines restantes de cada bloque se trasplantaron a bolsas de vivero de 12" x 14" conteniendo tierra negra, en total se trasplantaron 180 plantines para continuar observando su desarrollo (Figura 3).



Figura 3. Extracción de plantines para toma de datos y trasplante

Estos 180 plantines se colocaron dentro del invernadero en cinco bloques de 36 plantas (Figura 4) con los ocho tratamientos más el testigo ubicados al azar, se regaron únicamente con agua cada dos días. Se tomaron datos de altura desde el suelo hasta la punta del brote cada siete días hasta la aparición de los primeros brotes florales. Para poder identificar cuál de los tratamientos produjo el mejor resultado.



Figura 4. Ubicación de los bloques y sus tratamientos al trasplante (fase 1).

3.2.4. Establecimiento de la Segunda Fase

Durante la primera fase se analizaron los resultados de los ocho tratamientos, el tratamiento con mejor rendimiento en el desarrollo de las plantas y en el análisis económico se utilizó en la segunda fase donde se determinó la concentración que funcionó mejor. Para ello se prepararon cuatro formulaciones (tratamientos), éstos se detallan a continuación (Cuadro 2):

Cuadro 2. Composición de las soluciones de fertirriego

Tratamiento	Descripción de la solución
T1	95% Agua y 5% té con mejores resultados de la Fase 1
T2	90% Agua y 10% té con mejores resultados de la Fase 1
T3	85% Agua y 15% té con mejores resultados de la Fase 1
T4	80% Agua y 20% té con mejores resultados de la Fase 1

La determinación de la concentración óptima entre 5%, 10%, 15% y 20% se obtuvo de la siguiente manera: cinco bloques conformados por cuatro tratamientos se ubicaron en bandejas de 200 celdas cada uno, los tratamientos consistieron en cuatro filas de diez celdas ocupando 40 celdas de la bandeja, en estas se colocó sustrato a base de fibra de coco previamente humedecido y se sembró una semilla por postura (Pérez *et al.* 2002).

Al crecer el primer par de hojas verdaderas (Figura 5), se aplicaron los tratamientos y se comenzó a tomar datos de altura desde el suelo hasta la punta del brote cada siete días hasta su trasplante a los 21 días después de la emergencia



Figura 5. Los cinco bloques y sus tratamientos al trasplante (fase 2).

Al cumplir los 21 días luego de la emergencia (Pérez *et al.* 2002), se sacaron 120 plantines para tomar datos de longitud total, longitud y peso de raíz, peso seco y peso fresco. Los 80 restantes se trasplantaron a bolsas de vivero de 12" x 14" conteniendo tierra negra y se ubicaron en cinco bloques dentro del invernadero para continuar observando su desarrollo. Se regaron únicamente con agua cada dos días y se tomaron datos de altura desde el suelo hasta la punta del brote cada siete días hasta la aparición de los primeros brotes florales.

3.3. Metodología Estadística

Se utilizó el diseño estadístico de bloques completos al azar con arreglo factorial de 2 x 2 x 2. Todos los análisis se procesaron en el programa InfoStat, utilizando contrastes ortogonales. El diseño de los contrastes para las Fases 1 y 2 resultó de la siguiente manera (Cuadro 3):

Cuadro 3. Diseño de los contrastes para el análisis de la varianza fases 1 y 2

	Fase 1	Fase 2
C1:	Testigo vs Tratamientos	C1: Dosis de 5% vs
C2:	Microorganismos de Montaña vs Humus de Lombriz	Dosis de 10%, 15%
C3:	MM anaeróbicos vs MM aeróbicos	y 20%
C4:	HL anaeróbico vs HL aeróbico	C2: Dosis de 10% vs
C5:	MM anaeróbicos con autoclave vs MM anaeróbicos sin autoclave	Dosis de 15% y 20%
C6:	MM aeróbicos con autoclave vs MM aeróbicos sin autoclave	C3: Dosis de 15% vs
C7:	HL aeróbicos con autoclave vs HL aeróbicos sin autoclave	Dosis de 20%
C8:	HL anaeróbicos con autoclave vs HL anaeróbicos sin autoclave	

3.3.1. Unidad Experimental

La unidad experimental consistió en diez plantines de tomate.

3.3.2. Tratamientos Evaluados

Los tratamientos evaluados fueron dos abonos orgánicos (humus de lombriz y microorganismos de montaña) con dos procesamientos diferentes (té aeróbico y té anaeróbico), sometidos a autoclave y sin autoclave y el testigo. Para la primera fase fueron nueve tratamientos con cinco repeticiones (Cuadro 4) de diez plantas cada una, resultando en un total de 45 unidades experimentales, evaluadas cada siete días. Para la segunda fase se evaluaron cuatro dosis del té con mejores resultados conformando cuatro tratamientos (5%, 10%, 15% y 20%) con cinco repeticiones (Cuadro 5) de diez plantas cada una, resultando en 20 unidades experimentales, evaluadas cada siete días.

Cuadro 4. Diagrama de los tratamientos primera fase.

Abono/ Procesamiento	Con Autoclave	Sin Autoclave
Té de MM anaeróbico	T1	T2
Té de MM aeróbico	T3	T4
Té de HL aeróbico	T5	T6
Té de HL anaeróbico	T7	T8
Testigo	T0	

MM: Microorganismos de Montaña. HL: Humus de Lombriz.

Cuadro 5. Diagrama de los tratamientos segunda fase.

Abono/Dosis	5%	10%	15%	20%
Té mejor evaluado de la Fase 1	T1	T2	T3	T4

3.3.3. Evaluación de las variables

3.3.3.1. Altura

Considerando altura como la longitud desde el suelo o sustrato hasta la punta del brote de cada planta, la altura se midió con cinta métrica el día 14 y 21 después de la siembra en la primera fase y solamente el día 14 para la segunda. Luego se siguió midiendo cada siete días hasta la floración.

3.3.3.2. Longitud Total y Longitud de Raíz

A los 21 días después de la emergencia, se extrajo la mitad de los plantines de cada tratamiento, se lavaron cuidadosamente las raíces y con una cinta métrica se midió la longitud total y la longitud de raíz de cada una (Figura 6).



Figura 6. Lavado de raíces y medición de longitudes de plantines

Igualmente para las plantas en bolsa de vivero, al observar el primer brote floral en la semana 6 después del trasplante, se sacaron las plantas de las bolsas procurando que el pilón de tierra quedara intacto y cuidadosamente se lavó la tierra de las raíces, luego de esto se tomó la longitud total y de raíz con una cinta métrica (Figura 7).



Figura 7. Aparición de los primeros brotes florales y medición de longitudes 40 ddt

3.3.3.3. **Peso de Raíz y Peso Fresco**

Luego de medir la longitud, los plantines fueron llevados al laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, donde se tomó el peso de raíz y peso fresco con una balanza semianalítica (Figura 8).



Figura 8. Pesaje de plantines y plantas adultas

3.3.3.4. **Peso Seco**

Para medir el peso seco tanto para plantines como para plantas adultas primero se colocaron las plantas en bolsas de papel previamente agujeradas (Figura 9) y luego se colocaron dentro de una estufa, durante un periodo de 24 horas, al finalizar el tiempo, se sacaron las bolsas y se dejaron enfriar por 15 minutos en una desecadora para finalmente colocar las plantas secas en una balanza semianalítica y anotar su peso.



Figura 9. Plantas listas para colocar en la estufa

3.4. Metodología Económica

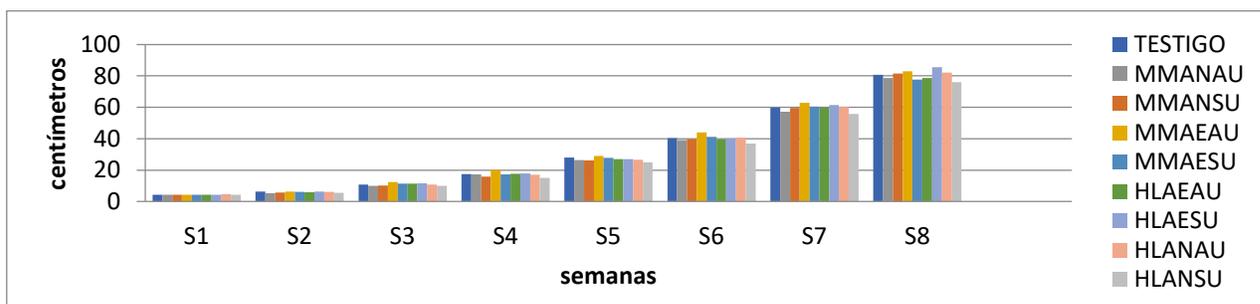
Para el análisis económico se elaboró un Presupuesto Parcial, Análisis de Dominancia y Tasa de Retorno Marginal. El presupuesto parcial es un método que se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos (precio de semilla, cantidad de agua para riego, bandejas de semillero etc.) y beneficios (venta de plantines a las 4 semanas de edad) de los tratamientos. Se estimaron los costos variables del tratamiento con mejores resultados tanto en la fase 1 como en la fase 2 y se planteó una curva de beneficios netos y tasa de retorno marginal para determinar si es rentable (Reyes 2001).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados Fase 1

4.1.1. Crecimiento semanal

Durante la primera fase se observa que al inicio de la toma de datos, los tratamientos mantuvieron una altura uniforme (Figura 10).



MM = Microorganismos de Montaña HL = Humus de Lombriz AN = Anaeróbicos AE = Aeróbicos
AU = Autoclavados SU = Sin Autoclavar

Figura 10. Altura Semanal (Fase 1)

A partir de la semana cuatro el T3 comenzó a tomar dominancia por encima de los otros tratamientos y el testigo; sin embargo, al finalizar el ensayo en la semana ocho el T6 logró el mejor resultado en altura seguido por el T3 y T2 respectivamente. Los tratamientos peor evaluados en altura fueron el T8, T4 y T5 respectivamente.

Se realizó el análisis de la varianza ($p > 0.05$) para los resultados de la última semana, no hubo ninguna diferencia significativa con respecto al testigo, sin embargo este resultado no debe verse de forma negativa ya que Carrera (2011) menciona que las plantas de calidad poseen una parte aérea mediana o pequeña con respecto a su raíz, lo que mejora su anclaje y promueve la diferenciación celular para la producción de flores y frutos (Ortiz-Castro *et al.* 2008).

4.1.2. Longitud Total en Plantines

En el análisis de la varianza para la variable Longitud Total (Figura 11) se logró observar diferencias significativas del testigo contra los tratamientos ($p > 0.05$), es decir que el uso de los tratamientos afectó de manera negativa a la longitud de la parte aérea. Lo que concuerda con la definición de Carrera (2011) para plantines de buena calidad, quien menciona que el balance tallo-raíz ideal es tallo pequeño o mediano y raíz larga, esto permite que al momento del trasplante el producto sufra menos pérdida de hidratación en el camino y luego de establecido, las raíces bien desarrolladas puedan aprovechar al máximo todos los nutrientes disponibles en el suelo.

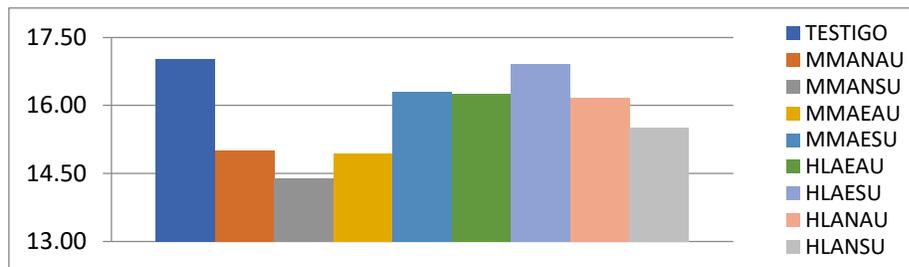


Figura 11. Longitud Total de los Plantines al Trasplante

Este comportamiento se debe a la acción de ciertas enzimas presentes en el HL y MM, como la H^+ -ATPasa la cual favorece el crecimiento lateral y radicular por encima del vertical (Canellas *et al.* 2002).

4.1.3. Longitud de Raíz de los plantines

En el análisis de la varianza para la variable Longitud de Raíz (Figura 12) se logró observar una diferencia significativa ($p > 0.05$), siendo el más relevante el C2 ($F=9.28$).

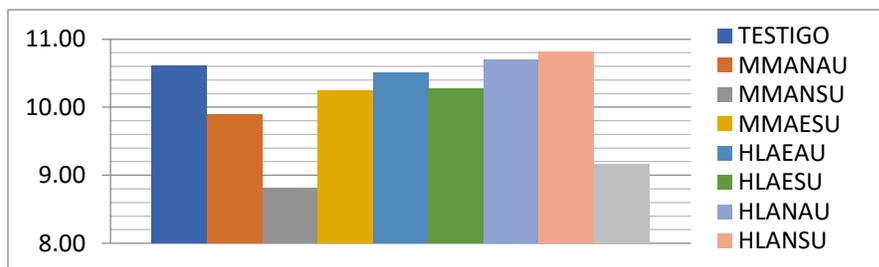


Figura 12. Longitud de Raíz en plantines (Fase 1)

Es decir que el abono HL afecta en mayor grado el crecimiento vertical de la raíz pivotante con respecto al MM, obteniendo los mejores resultados el T8 con un promedio de 10.82 cm, seguido por T7 con 10.70 cm. De igual manera se puede atribuir este efecto a la acción de la Familia de enzimas ATPasa quienes asemejan la acción de las auxinas y se encuentran en mayor cantidad dentro del HL que del MM (Schmidt *et al.* 2007).

4.1.4. Peso de Raíz de los plantines

Para la variable Peso de Raíz (Figura 13) se logró observar una diferencia significativa de los tratamientos ($p>0.05$), Obteniendo los mejores resultados el T1 con un C5 no significativo ($F=0.00$) y un C2 significativo ($F=1.98$).

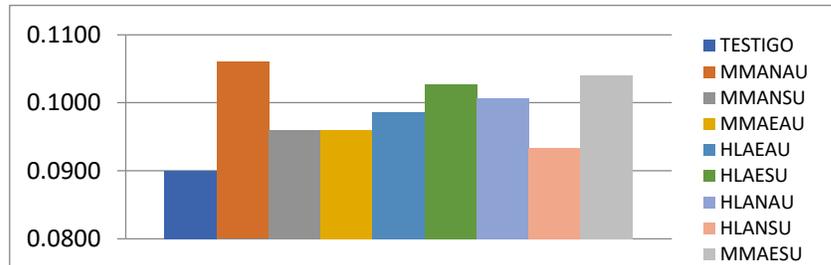


Figura 13. Peso de Raíz en Plantines (Fase 1)

Esto quiere decir que para el caso particular de MM no es relevante la presencia de microorganismos en el preparado, concordando con la investigación de Lonhienne *et al.* (2004) quien asegura que las levaduras presentes en MM mejoran la proliferación de raíces y aumentan su cantidad al liberar sus contenidos en la preparación en el momento de su muerte, comparado con las levaduras vivas quienes retienen estos nutrientes en su interior.

4.1.5. Peso Fresco de los plantines

Para la variable Peso Fresco (Figura 14) se logró observar una diferencia significativa de los tratamientos ($p>0.05$), teniendo mayor relevancia C3 y C4 ($F=4.60$ y 2.16 respectivamente).

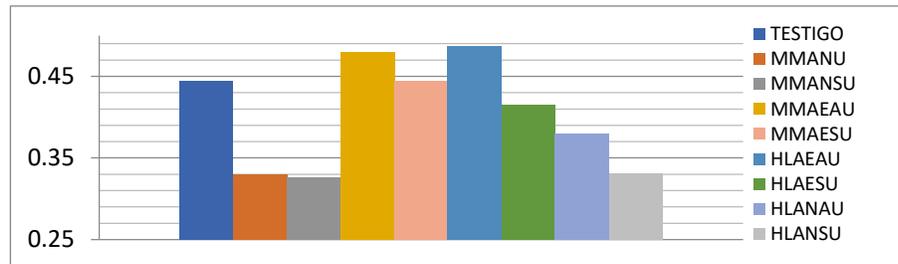


Figura 14. Peso Fresco en plantines (Fase 1)

Es decir que la presencia de microorganismos aeróbicos específicamente afecta de manera positiva en el peso de las raíces como en los estudios de Tokala *et al.* (2002) donde describe al género *Streptomyces* como una de los mayores colonizadores de la rizosfera y mayor productor de sideróforos y sustancias promotoras del crecimiento vegetal, obteniendo los mejores resultados el T5 con un promedio de 0.49g, seguido por T3 con 0.48g.

4.1.6. Peso Seco de los plantines

Para la variable Peso Seco no se observó ninguna diferencia significativa de los tratamientos ($p > 0.05$) contra el testigo ($F = 0.00259$). Es decir que el uso de los tratamientos no afecta la cantidad de materia seca presente en los plantines. Para esta etapa tan temprana del desarrollo de las plantas es importante que estas puedan almacenar la mayor cantidad de agua posible en sus tejidos por lo tanto la cantidad de materia seca no es un factor que afecte de manera negativa su desarrollo a futuro (Carrera 2011).

4.1.7. Longitud Total y de Raíz de las plantas adultas

Para las variables Longitud Total y Longitud de Raíz no se observó ninguna diferencia significativa de los tratamientos ($p > 0.05$) contra el testigo ($F = 0.03$ y 0.000000465). Es decir que el uso de los tratamientos no afecta ni la altura de las plantas, ni el crecimiento vertical de la raíz pivotante durante su etapa adulta. Al comenzar su etapa reproductiva la planta detiene su crecimiento (Pérez *et al.* 2002) lo que explica el por qué a pesar de los tratamientos utilizados no se observó mayor crecimiento en la parte aérea ni en la raíz pivotante además una planta demasiado alta complicaría la tarea de recolectar los frutos y por ser una variedad recomendada para vivero (Pérez *et al.* 2002) la profundidad de sus raíces no debe superar la profundidad del recipiente que las contenga.

4.1.8. Peso de Raíz de las plantas adultas

Para la variable Peso de Raíz (Figura 15) se logró observar una diferencia significativa de los tratamientos ($p > 0.05$) contra el testigo, teniendo mayor relevancia el C2 ($F = 3.65$).

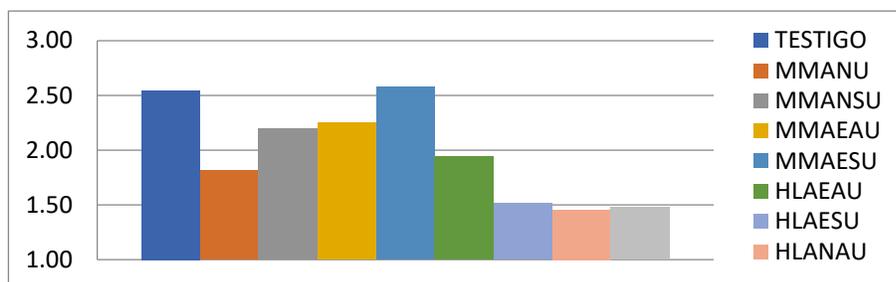


Figura 15. Peso de Raíz en plantas adultas (fase 1)

Es decir que el uso de MM afectó de manera positiva en el peso de las raíces obteniendo los mejores resultados el T4 con un promedio de 2.57g. Esto debido a las características mencionadas por Acosta (2012) sobre los beneficios de las MM cuyo efecto es similar al ácido giberélico quien promueve el crecimiento vegetal de raíces y tallo, además produce citoquininas quienes promueven la síntesis de proteínas, división y expansión celular (Amora-Lazcano 1998).

4.1.9. Peso Fresco de las plantas adultas

Para la variable Peso Fresco (Figura 16) se logró observar una diferencia significativa de los tratamientos ($p > 0.05$), teniendo mayor relevancia el C2 ($F = 2.92$).

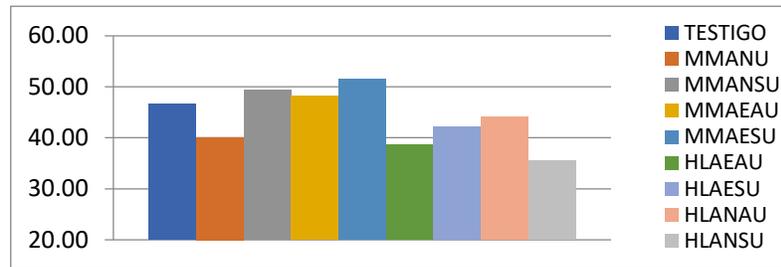


Figura 16. Peso Fresco de las Plantas adultas (Fase 1)

Es decir que el uso de MM afectó de manera positiva en el peso total de las plantas obteniendo los mejores resultados el T4 con un promedio de 51.48g. Concordando con lo mencionado anteriormente por Acosta (2012) sobre el efecto hormonal de los MM parecido al del ácido giberélico y la producción de citoquininas.

4.1.10. Peso Seco de las plantas adultas

Para la variable Peso Seco (Figura 17) se logró observar una diferencia significativa de los tratamientos ($p > 0.05$) contra el testigo, teniendo mayor relevancia el C3 ($F = 5.15$).

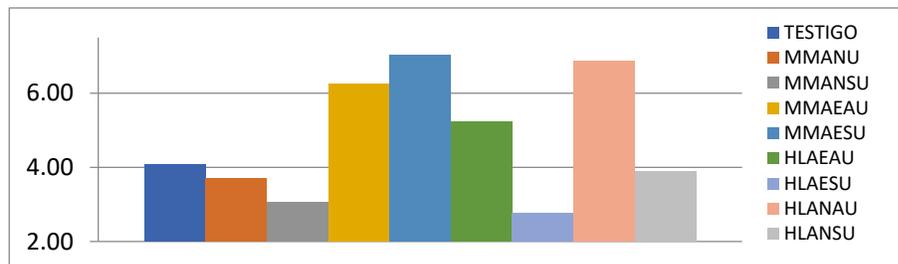


Figura 17. Peso Seco de las plantas adultas (Fase 1)

Es decir que la presencia de microorganismos aeróbicos afectó de manera positiva en la cantidad de materia seca de las plantas obteniendo los mejores resultados el T4 con un promedio de 7.03g. Esto debido a las acciones de las bacterias fotosintéticas quienes según EEAITAJ (2013) modulan la fotosíntesis aprovechando de mejor manera la energía del sol, además remueven compuestos tóxicos que retrasan el crecimiento vegetativo como las putrescinas, cadaverinas, mercaptanos y fenoles.

4.2. Selección de Mejor Tratamiento para la Fase 2

Al recopilar los datos obtenidos de los plantines, no se logra observar un patrón específico, cada tratamiento afectó de diferente manera el resultado final, sin embargo se logran observar características en común de los tratamientos que obtuvieron los mejores resultados como la falta de autoclave y la presencia de microorganismos aeróbicos.

En la etapa adulta se destaca el tratamiento 4 con los mejores resultados quien además se ajusta a las observaciones que se obtuvieron de la fase de plantines, ya que consta de microorganismos de montaña aeróbicos que no fueron sometidos a autoclave. Por lo tanto se concluyó que el T4 produjo los mejores efectos y debe seguir siendo investigado en la segunda fase de la investigación.

4.3. Resultados Fase 2

4.3.1. Crecimiento semanal

Para la segunda fase ocurrió un adelanto en la época de floración, esto debido al descenso en la temperatura ocasionado por lluvias frecuentes lo que promueve la floración temprana en la variedad Tres Cantos (Agrosemillas 2011), reduciendo esta fase a seis semanas. En las primeras semanas se observa (Figura 18) que al inicio de la toma de datos, los tratamientos mantuvieron una altura uniforme. A partir de la semana cuatro el T4 comienza a tomar dominancia por encima de los otros tratamientos y el testigo, sin embargo al finalizar el ensayo en la semana seis el T3 logró equipararse al resultado en altura del T4. El tratamiento peor evaluado resultó ser el T2. Se realizó el análisis de la varianza ($p > 0.05$) para los resultados de la última semana, obteniendo una diferencia significativa para C2 ($F = 1.98$), mientras que para C3 no se encontró significancia ($F = 0.00008$). Es decir que para la variable altura del suelo a la punta del brote, el T3 produjo el mejor efecto con un promedio de 84.5cm.

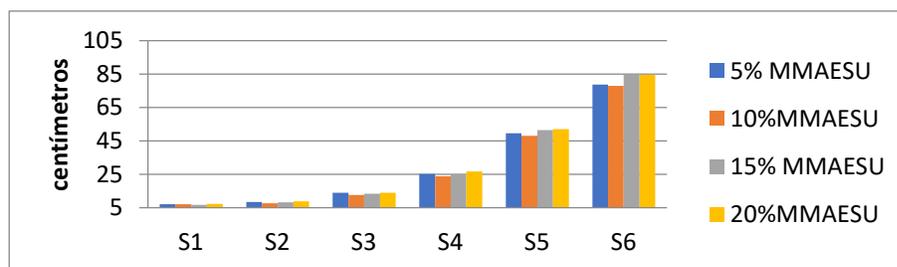


Figura 18. Altura semanal en (Fase 2).

4.3.2. Longitud Total en Plantines

Para la variable Longitud Total (Figura 19) se observó una diferencia significativa ($p>0.05$) obteniendo mayor relevancia el C2 ($F=0.68$).

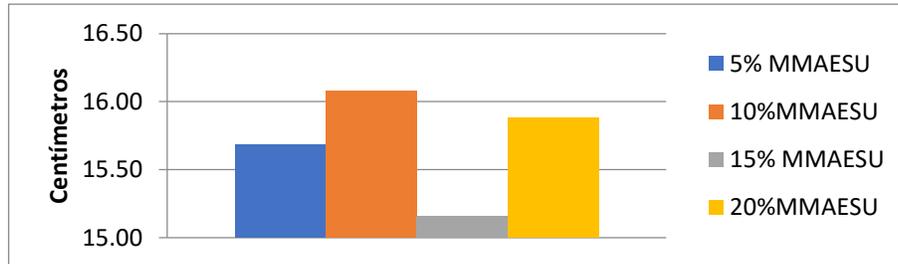


Figura 19. Longitud Total en Plantines (Fase 2)

Es decir que el T2 afecta de manera relevante a la longitud total de los plantines con un promedio de 16.08cm. Esto significa que los efectos del tratamiento no mejoran aumentando la concentración por lo tanto mantener una concentración del 10% reduce los costos sin sacrificar el resultado.

4.3.3. Longitud de Raíz en Plantines

Para la variable Longitud de Raíz (Figura 20) se observó una diferencia significativa ($p>0.05$) obteniendo mayor relevancia el C2 ($F=1.16$).

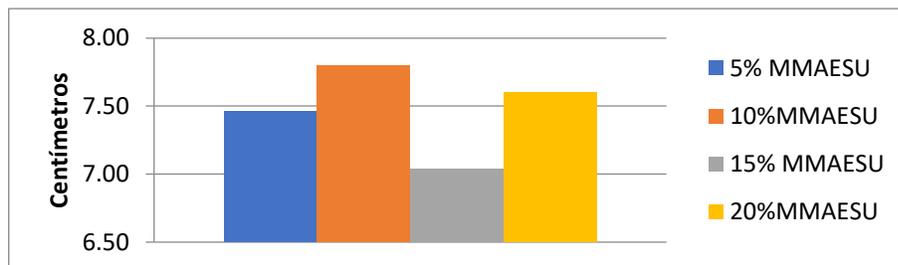


Figura 20. Longitud de Raíz en Plantines (Fase 2)

Es decir que el T2 afecta en mayor magnitud al crecimiento vertical de la raíz pivotante en plantines con un promedio de 7.80cm. Lo cual mantiene al T2 como el más rentable ya que es el tratamiento que produce el mejor resultado con la mínima cantidad de recursos.

4.3.4. Peso de Raíz en Plantines

Para la variable Peso de Raíz (Figura 21) se observó una diferencia significativa ($p>0.05$) obteniendo mayor relevancia el C1 ($F=0.06$).

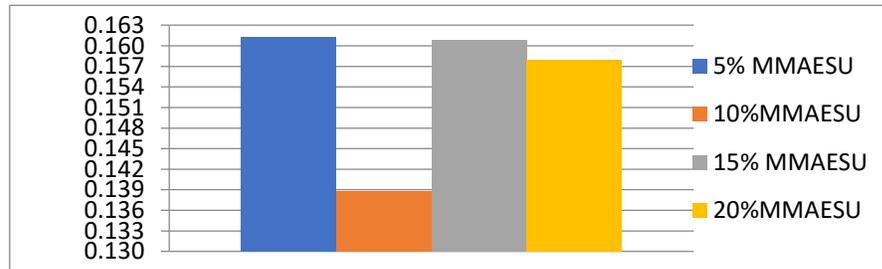


Figura 21. Peso de Raíz en Plantines (Fase 2)

Es decir que el T1 afecta en mayor magnitud a la cantidad de masa contenida en las raíces de los plantines con un promedio de 0.1612g. Aunque el T1 y T3 poseen resultados similares el T1 fue el más eficiente ya que su concentración es más baja y la cantidad de plantas que cubre es dos veces mayor que la concentración utilizada en el T3.

4.3.5. Peso Fresco en Plantines

En la variable Peso Fresco (Figura 22) se observó una diferencia significativa ($p>0.05$) obteniendo mayor relevancia el C3 ($F=1.45$). Es decir que el T4 afecta en mayor magnitud al peso total de los plantines con un promedio de 0.65g. Esto significa que es rentable invertir en la cantidad de recursos necesarios para producir el T4 ya que se logra observar el beneficio a corto plazo.

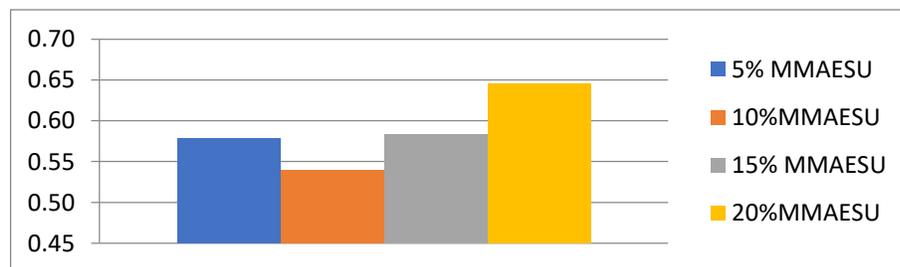


Figura 22. Peso Fresco en Plantines (Fase 2)

4.3.6. Peso Seco en Plantines

En la variable Peso Fresco (Figura 23) se observó una diferencia significativa ($p>0.05$) obteniendo mayor relevancia el C2 ($F=1.03$). Es decir que el T2 afecta en mayor magnitud a la cantidad de materia seca presente en los plantines con un promedio de 0.04g. Esto quiere decir que aunque se aumente la concentración el resultado no mejorará por lo tanto se puede mantener los costos más bajos utilizando el T2.

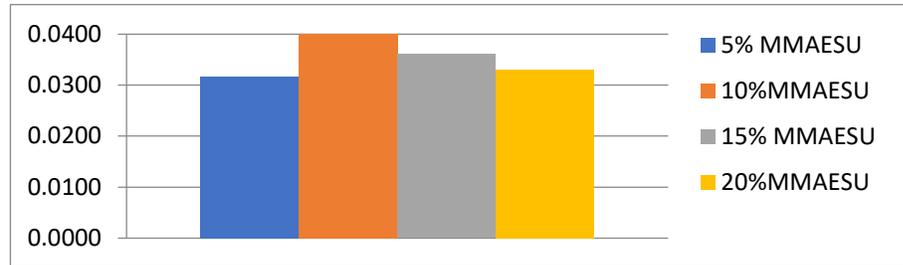


Figura 23. Peso Seco en Plantines (Fase 2)

4.3.7. Longitud Total en Plantas Adultas

Para la variable se observó una diferencia significativa ($p>0.05$) obteniendo mayor relevancia el C3 ($F=0.85$). Es decir que el T4 afecta en mayor magnitud al crecimiento de los plantines tanto en la parte aérea como en las raíces con un promedio de 126.87cm (Figura 24).

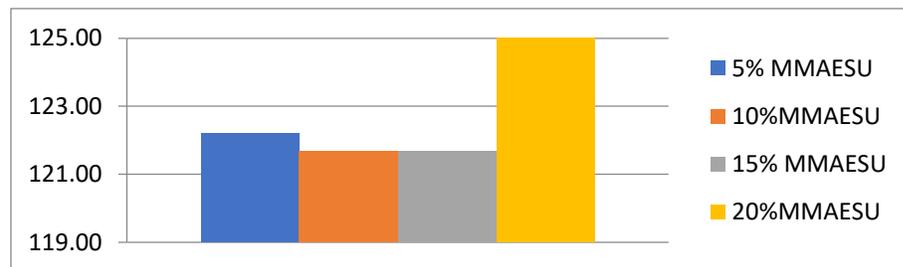


Figura 24. Longitud Total en Plantas Adultas

En este caso una mayor concentración contribuye a aumentar la altura de las plantas y la longitud de sus raíces, esto debido a que las plantas lograron asimilar mayor cantidad de abono y los microorganismos consiguieron trasladarse en el pilón y seguirse reproduciendo en la bolsa de vivero, perdurando el efecto del abono.

4.3.8. Longitud de Raíz en Plantas Adultas

Para la variable Longitud de Raíz se observó una diferencia significativa ($p>0.05$) obteniendo mayor relevancia el C3 ($F=1.88$) (Figura 25). El T4 afecta en mayor magnitud al crecimiento de las raíces con un promedio de 126.87cm. Ya que una alta concentración del abono promueve el crecimiento radicular de las plantas.

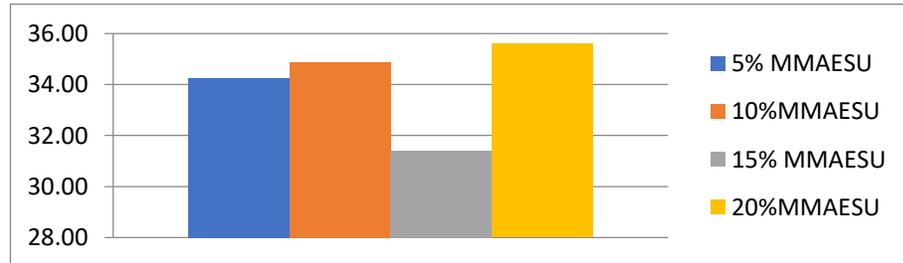


Figura 25. Longitud de Raíz en Plantas Adultas

4.3.9. Peso de Raíz en Plantas Adultas

Para la variable Peso de Raíz se observó una diferencia significativa ($p>0.05$) obteniendo mayor relevancia el C2 ($F=0.37$) sin embargo el C2 no es significativo ($F=0.02$) (Figura 26).

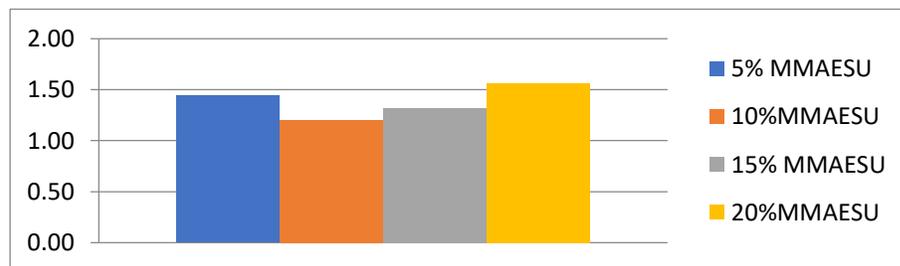


Figura 26. Peso de Raíz en Plantas Adultas

Esto quiere decir que el T3 y T4 afectan en igual medida a la masa total de las raíces con un promedio de 1.32g y 1.57g respectivamente. Por lo tanto la opción más eficiente es el T3 ya produce buenos resultados utilizando una cantidad menor de recursos comparado con el T4.

4.3.10. Peso Fresco en Plantas Adultas

Para la variable Peso Fresco (Figura 27) se observó una diferencia significativa ($p>0.05$) obteniendo mayor relevancia el C3 ($F=1.45$). Es decir que el T4 afecta en mayor medida a la masa total de las plantas con un promedio de 66.92g. Comparando esto con los resultados anteriores el T4 es capaz de aumentar tanto la parte aérea como la cantidad de raíces de las plantas en consecuencia también aumenta el peso total.

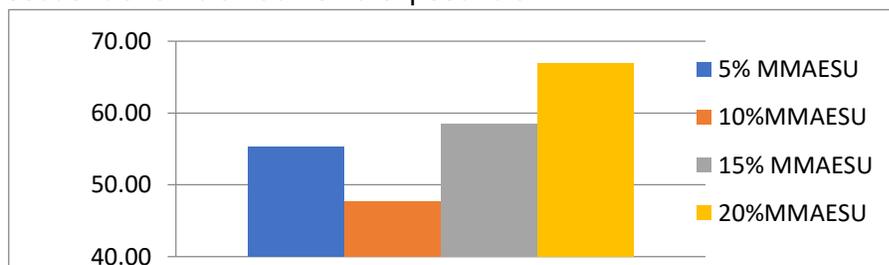


Figura 27. Peso Fresco en Plantas Adultas (Fase2)

4.3.11. Peso Seco en Plantas Adultas

Para la variable Peso Seco (Figura 28) se observó una diferencia significativa ($p > 0.05$) obteniendo mayor relevancia el C3 ($F = 0.20$). Es decir que el T4 afecta en mayor medida a la cantidad de masa seca de las plantas con un promedio de 8.42g. Esto significa que el aumento en el peso de las plantas no es debido a una mayor retención de agua sino que se debe a la producción de tejido vegetativo.

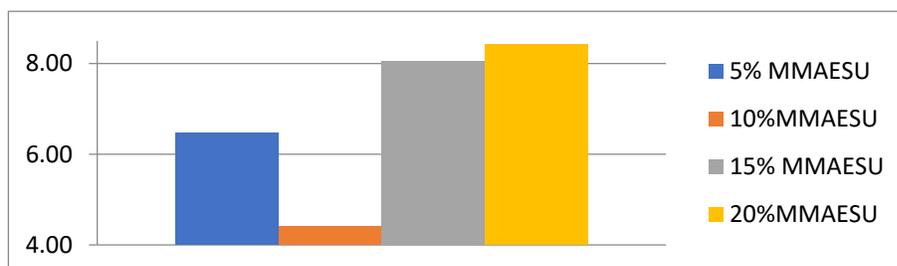


Figura 28. Peso Seco en Plantas Adultas (Fase 2)

4.4. Análisis Económico

4.4.1. Presupuesto Parcial

Se realizó un presupuesto parcial (Cuadro 6) basado en la venta de los plantines a los 21 días de edad. Para elaborarlo primero se calculó el rendimiento de cada tratamiento de la segunda fase basándose en la cantidad de plantas que se pueden tratar con 1lb de microorganismos de montaña y un precio de venta de \$0.12 promediado de varios agroserVICIOS del país. Los costos que varían están compuestos por los costos de las materias primas para la elaboración de cada uno de los tratamientos.

Cuadro 6. Presupuesto Parcial

Insumos	T1	T2	T3	T4
Rendimiento medio (plantas)	1200	600	450	300
Rendimiento ajustado (plantas)	1080	540	405	270
Beneficios brutos de campo (\$)	129.6	64.8	48.6	32.4
Costos que varían				
Fibra de Coco	\$03.60	\$01.80	\$01.35	\$00.90
Semillas de Tomate	\$03.24	\$01.62	\$01.22	\$00.81
Bandejas de semillero	\$16.20	\$08.10	\$06.08	\$04.05
Microorganismos	\$00.50	\$00.50	\$00.50	\$00.50
Total de costos que varían (TCV)	\$23.54	\$12.02	\$9.15	\$6.26
Beneficios Netos de Campo	\$106.06	\$52.78	\$39.45	\$26.14

4.4.2. Análisis de Dominancia

Para realizar el análisis de dominancia, los tratamientos fueron ordenados de menor a mayor TCV y se compararon con sus respectivos beneficios netos; en esta investigación ninguno de los tratamientos resultó ser dominado.

4.4.3. Tasa de Retorno Marginal

La tasa de retorno marginal se realizó comparando T1 vs T2, T2 vs T3 y T3 vs T4, para el primer caso se obtuvo un resultado de 121.5%, para el segundo 121.6% y para el tercero 121.7%. Es decir que por cada dólar invertido en los tratamientos, se obtienen \$1.21 en retorno, para el caso de T3 y T4 se puede redondear a \$1.22.

5. CONCLUSIONES

Estadísticamente se pudo determinar que el abono con mejores resultados fue el de Microorganismos de Montaña Aeróbico sin Autoclavar, ya que tiene mayor variedad en su contenido microbiano que los demás.

El efecto del humus de lombriz surge rápido, sin embargo no es permanente durante el desarrollo del cultivo, siendo necesarias varias aplicaciones en distintos momentos.

Se determinó que el abono a base de Microorganismos de Montaña genera efectos beneficiosos duraderos a largo plazo, por lo tanto no necesita muchas aplicaciones.

Estadísticamente se determinó que entre mayor es la inversión, mayor es el retorno marginal de los abonos.

Se determinó que la dosis ideal de té aeróbico con microorganismos de montaña es del 15% ya que produce mejores resultados y la inversión es menor.

Estadísticamente se determinó que las plantas adultas se ven más beneficiadas con la aplicación de Microorganismos de Montaña Aeróbicos que con otros tratamientos, en las dosis aplicadas.

6. RECOMENDACIONES

Investigación a nivel de campo y probar dosis más altas de té aeróbico con microorganismos de montaña para descubrir su punto de equilibrio.

Evaluar el uso de fibra de coco para el sustrato, se puede reemplazar con otros materiales como arena o tierra.

Ampliar la investigación sobre la diversidad de microorganismos presentes en los abonos orgánicos mayormente empleados en nuestro país para conocer mejor las características de estos.

Disminuir la cantidad de melaza en los preparados, ya que esta solo promueve la proliferación de microorganismos anaeróbicos lo que desequilibra la flora microbiana de los abonos.

Mantener los plantines en un lugar cubierto de la lluvia ya que esta lava el abono del sustrato disminuyendo su eficiencia.

Mantener los abonos en un lugar fresco y cubiertos de la luz solar para no afectar negativamente a los microorganismos que se encuentran presentes en ellos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, H. 2012.** Microorganismos eficientes de montaña: evaluación de su potencial bajo manejo agroecológico de tomate en Costa Rica. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Agrosemillas. 2011.** Catálogo de Semillas. Agrosemillas, Medellín, Colombia.
- Aguirre, A. 2006.** Estudio de los mecanismos implicados en la resistencia de las plantas a estreses osmóticos inducidos por microorganismos autóctonos promotores del crecimiento vegetal (Hongos Micorrizicos, Arbusculares y Bacterias). Tesis de doctorado. Granada, España.
- Albuzio, A; Ferrari, G; Nardi, S. 1986.** Effects of humic substances on nitrate uptake and assimilation in barley seedlings. *Can. J. Soil Sci.* 66, 731 – 736.
- Allen, M. 1982.** Influence of vesicular arbuscular mycorrhizae on water-movement through *Bouteloua gracilis* (Hbk) lag ex steud. *New Phytologist* 91 (2):191-196.
- Amora-Lazcano, E; Vazquez, M; Azcon, R. 1998.** Response of nitrogen-transforming microorganisms to arbuscular mycorrhizal fungi. *Biology and Fertility of Soils.* 256p.
- Andersen, M; Hopkins, R; van Lidth de Jeude, M. 2003.** Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza. Turrialba, Costa Rica.
- Basaure, P. 1995.** Lombricultura. Manual Técnico. Agroflor. Loncoche. Chile.
- Bashan, Y; de-Bashan E. 2005.** Bacteria Plant Growth-Promoting. p. 103–115. In Hillel, D. (ed.), *Encyclopedia of Soils in the Environment.* Elsevier, Oxford.
- Botha A. 2011.** The importance and ecology of yeasts in soil. *Soil Biol Biochem.* 43:1–8.
- Bronick, C; Lal, R. 2005.** Soil structure and management. *Geoderma* 124, 3 – 22.

- Canellas, L; Olivares, F; Okorokova, A; Façanha, R. 2002.** Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots. *Plant physiology* 130(4): 1951–1957.
- Carrera, D. 2011.** Efecto de tres bioestimulantes orgánicos y un químico en dos variedades de frijol arbustivo, Cargabello y Calima Rojo (*Phaseolus vulgaris* L.) en Cotacachi-Imbabura.
- CENTA, (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”). 2012.** Microorganismos: Guía Técnica 4. La Libertad, El Salvador.
- Chen, S; Edwards, C; Subler, S. 2003.** The influence of two agricultural biostimulants on nitrogen transformations, microbial activity, and plant growth in soil microcosms. *Soil Biology and Biochemistry* 35(1): 9–19.
- Citernesi, U; Neglia, R; Seritti, A; Lepidi, A; Filippi, C; Bagnoli, G; Nuti, M; Galluzzi, R. 1977.** Nitrogen fixation in the gastro-enteric cavity of soil animals. *Soil Biol Biochem.* 9:71–72.
- Correa, J; Barrios, M; Galdona, R. 2004.** Screening for plant growth promoting rhizobacteria in *Chamaecytisus proliferus* (tagasaste), a forage tree-shrub legume endemic to the Canary Islands. *Plant Soil.* 266:75–84.
- Curtis, P. 1996.** Aspectos de la morfología de Angiospermas cultivadas. Universidad Autónoma Chapingo. 134 p.
- Delgado, A. 1986.** Humus de Lombriz: Caracterización y Fertilizante. 15p.
- Desai, B; Kotecho, M; Salunkhe, D. 1997.** Seeds handbook. Biology, production, processing and storage. Ed Marcel Dekker. New York, U.S.A. the composition of nutrient solutions for hydroponic cropping: practical use. *Acta Hort.* 627 p.
- Duijff, B; Kogel, W; Bakker, P; Schippers, A. 1994.** Influence of pseudobactin 358 on the iron nutrition of barley. *Soil Biology and Biochemistry* 26(12): 1681–1688.

- EEAITAJ (Estación Experimental Agropecuaria para la Introducción de Tecnologías Apropriadas de Japón). 2013.** Microorganismos eficaces TM (em TM). Soriano, Uruguay. 4p.
- Ferruzi C. 1986.** Manual de lombricultura. Madrid. España. Mundi-Prensa. 138 p.
- Fraile J., Obando R. 1994.** Lombricultura: alternativa para el manejo racional de los desechos del banano. Aqua 3(4):17-22.
- Franco-Correa, M. 2008.** Evaluación de caracteres PGPR en actinomicetos e interacciones de estas rizobacterias con hongos formadores de micorrizas. Tesis Doctoral, Director: Dr. José Miguel Barea N. Departamento de Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. pp. 266
- Frey-Klett, P; Garbaye, J; Tarkka, M. 2007.** The mycorrhiza helper bacteria revisited. New phytologist 176(1): 22–36.
- Gamalero, E; Glick, B. 2011.** Mechanisms used by PGPB. 46p.
- Garza, L. 1985.** Las hortalizas cultivadas en México, características botánicas. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México. 4 p.
- George, R. 1989.** Producción de semillas hortícolas. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 173, 213-238 pp.
- George, R. 1999.** Vegetable seed production. 2nd edition; CABI Publishing. UK at the at the University Press, Cambridge. 328 p.
- Ghanem, N; Sabry, S; El-sherif, Z. 2000.** Isolation and Enumeration of marine Actinomycetes from seawater and sediments in Alexandria. Applied and Environmental Microbiology. 46:105-111
- Giovannetti, M; Sbrana, C. 1998.** Meeting a non-host: the behaviour of AM fungi. Mycorrhiza 8(3): 123–130.

- Granados, E. 2015.** Efecto de bioestimulantes foliares en el rendimiento del cultivo de berenjena, Ocos, San Marcos. p. 60. In Ocos, San Marcos, Guatemala.
- Halpern, M; Bar-Tal, A; Ofek, M; Minz, D; Muller, T; Yermiyahu, U. 2015.** Chapter two-the use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. *Advances in agronomy* 130: 141–174.
- Huerres, P; Caraballo, N. 1988.** *Horticultura*. Ed. Pueblo y educación. La Habana, Cuba. 4-16 pp.
- Lonhienne, T; Mason, G; Ragan, M; Hugenholtz, P; Shmidth, S; Paungfoo-Lonhienne, C. 2014.** Yeast as a Biofertilizer Alters Plant Growth and Morphology. *Crop Science*. 54p.
- López-Bucio, J; Campos-Cuevas, J; Hernández-Calderón, E; Velásquez-Becerra, C; Farías-Rodríguez, R; Macías-Rodríguez, L; Valencia-Cantero, E. 2007.** *Bacillus megaterium* rhizobacteria promote growth and alter root-system architecture through an auxin-and ethylene-independent signaling mechanism in *Arabidopsis thaliana*. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 20(2): 207–217.
- Malik, K; Azam, F. 1985.** Effect of humic acid on wheat (*Triticum aestivum* L.) seedling growth. *Environmental and Experimental Botany* 25(3): 245–252. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0098847285900085>.
- Marschner, H; Dell, B. 1994.** Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and soil* 159(1): 89–102.
- Martin A. 1981.** *Introducción a la microbiología del suelo*. Ciudad de México. pp.158
- Martínez, C. 2012.** *Manual de Establecimiento de Cultivos*. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2013., Francisco Morazán, Honduras.
- Martínez, A; Sánchez, R; Velasco, S; Prado, A. 2014.** Evaluación de microorganismos de montaña (MM) en la producción de acelga en la meseta de Popayán. 12(1).

- Martínez, L; Pugnaire, F. 2009.** Interacciones entre las comunidades de hongos formadores de micorrizas arbusculares y de plantas. Algunos ejemplos en los ecosistemas semiáridos. *Ecosistemas* 18 (2): 44-54
- MydAgro soluciones. 2000.** Funciones y Beneficios de los Ácidos Fúlvicos (En línea). Consultado 9 jun. 2013. Disponible en: http://www.mydagro.com/uploads/3/7/1/2/3712142/acidos_fulvicos.pdf
- Nardi, S; Muscolo, A; Vaccaro, S; Baiano, S; Spaccini, R; Piccolo, A. 2007.** Relationship between molecular characteristics of soil humic fractions and glycolytic pathway and krebs cycle in maize seedlings. *Soil Biology and Biochemistry* 39(12): 3138–3146.
- Oliveira, A; Stoffels, M; Schmid, M; Reis, V; Baldani, J; Hartmann, A. 2009.** Colonization of sugarcane plantlets by mixed inoculations with diazotrophic bacteria. *Eur. J. Soil Biol.* 45, 106 – 113.
- Ortíz-Castro, R; Valencia-Cantero, E; López-Bucio, J. 2008.** Plant growth promotion by *Bacillus megaterium* involves cytokinin signaling. *Plant Signaling & Behavior* 3(4): 263–265. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4161/psb.3.4.5204>.
- Peralta, I; Knapp, S; Spooner, D. 2006,** Nomenclature for Wild and Cultivated Tomatoes. *Report of the Tomato Genetics Cooperative* (56):6-11.
- Pérez, J; Hurtado, G; Aparicio, V; Argueta, Q; Larín, M. 2002.** Guía técnica cultivo de tomate. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal.
- Prescott, L. 2002.** *Microbiology*. 5th ed. Editorial McGraw-Hill. Boston, Massachusetts, USA. pp. 524-528
- Rady, M; Rehman, H. 2016.** Supplementing organic biostimulants into growing media enhances growth and nutrient uptake of tomato transplants. *Scientia Horticulturae* 203: 192–198.

- Ramírez C. 1996.** Efecto de las prácticas agrícolas sobre la microflora del suelo: oportunidades en la fitoprotección. X Congreso Nacional Agronómico. Universidad de Costa Rica. p. 81-83.
- Reyes, M. 2001.** Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: Re-enseñando el uso de este enfoque (en línea). Universidad de San Carlos de Guatemala. Consultado 08 mayo 2017. Disponible en <http://www.geocities.ws/mrhdz/pparciales.PDF>
- Richardson, A. 2001.** Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. *Functional Plant Biology* 28(9): 897–906.
- Rodríguez, H; Fraga, R. 1999.** Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnol. Adv.* 17, 319 – 339.
- Rodríguez, R; Tavares, R; Medina, J. 2001.** Cultivo moderno del tomate. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. España. 255 p.
- Sánchez, A; Juárez, M; Sánchez-Andreu, J; Jordá, J; Bermúdez, D. 2005.** Use of Humic Substances and Amino Acids to Enhance Iron Availability for Tomato Plants from Applications of the Chelate FeEDDHA. *Journal of Plant Nutrition* 28(11): 1877–1886. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/01904160500306359>.
- Sarig, S; Okon, Y; Blum, A. 1992.** Effect of *Azospirillum brasilense* inoculation on growth dynamics and hydraulic conductivity of sorghum bicolor roots. *Journal of Plant Nutrition* 15(6-7): 805–819.
- Schmidt, W; Santi, S; Pinton, R; Varanini, Z. 2007.** Water-extractable humic substances alter root development and epidermal cell pattern in *Arabidopsis*. *Plant Soil* 300, 259 – 267.
- SNET, (Servicio Nacional de Estudios Territoriales). 2016.** Boletín Climatológico Anual. San Salvador, El Salvador.

- Subler, S; D, J; C, A. 1998.** Assessing biological activity of agricultural biostimulants: Bioassays for plant growth regulators in three soil additives. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 29: 859–866.
- Tokala, K; Strap, C; Jung, D. 2002.** Novel plant-microbe rhizosphere interaction involving *Streptomyces lydicus* WYEC108 and the pea plant (*Pisum sativum*). *Applied and Environmental Microbiology*. 68:2161–2171
- Valadéz, L. 1990.** Producción de hortalizas. Editorial Limusa. México. 248 p.
- Vance, P. 2001.** Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. Plant nutrition in a world of declining renewable resources. *Plant physiology* 127(2): 390–397.
- Vessey, J. 2003.** Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and soil* 255(2): 571–586.
- Wien, H. 1997.** The physiology of vegetable crops. CAB International, London, UK. 651 p.
- Wightman, K. 1999.** Good tree nursery practices: practical guidelines for community nurseries. International Centre for Research in Agroforestry Nairobi, Kenya.
- Yildirim, E. 2007.** Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science* 57(2): 182–186.