

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN**

TÍTULO

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

AUTORES

Rivera-Avilés, AM¹; Gómez-Orellana, RE².

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. 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 altura, 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 sobre el crecimiento de la raíz de las plantas adultas ($F=3.65$) y la cantidad de materia fresca ($F=2.92$), mientras que la cantidad de materia seca fue 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.).

¹ Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Protección Vegetal, Estudiante Tesista.

² Coordinador General de Procesos de Graduación del Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. El Salvador. (503) 7166-1241. ricardoegomez23@yahoo.es

ABSTRACT

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, bringed 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* L.).

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 y bioestimulantes (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 radicales 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), 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).

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 y Rehman 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 maíz. 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)

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. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación de la investigación

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. 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.

2.2 Metodología 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. 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 La Libertad. El segundo provino del beneficio Larín e Hijos CIA, ubicado en Sonsonate.

2.2.1. 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

2.2.2. Establecimiento de la Primera Fase

2.2.2.1. 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).

2.2.2.2. 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.

2.2.2.3. 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 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.

2.2.3. 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, 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. Al cumplir los 21 días luego de la emergencia (Pérez *et al.* 2002), se sacaron 120 plantines para tomar datos. 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 cada siete días hasta la aparición de los primeros brotes florales.

2.3. 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 Dosis de 10%, 15% y 20%
C2:	Microorganismos de Montaña vs Humus de Lombriz	
C3:	MM anaeróbicos vs MM aeróbicos	
C4:	HL anaeróbico vs HL aeróbico	C2: Dosis de 10% vs Dosis de 15% y 20%
C5:	MM anaeróbicos con autoclave vs MM anaeróbicos sin autoclave	
C6:	MM aeróbicos con autoclave vs MM aeróbicos sin autoclave	C3: Dosis de 15% vs Dosis de 20%
C7:	HL aeróbicos con autoclave vs HL aeróbicos sin autoclave	
C8:	HL anaeróbicos con autoclave vs HL anaeróbicos sin autoclave	

2.3.1. Tratamientos Evaluados

La unidad experimental consistió en 10 plantines, 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

2.3.2. Evaluación de las variables

2.3.2.1. 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.

2.3.2.2. 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 4).



Figura 4. 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.

2.3.2.3. 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 5).



Figura 5. Pesaje de plantines y plantas adultas

2.3.2.4. 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 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 semianalitica y anotar su peso.

2.4. Metodología Económica

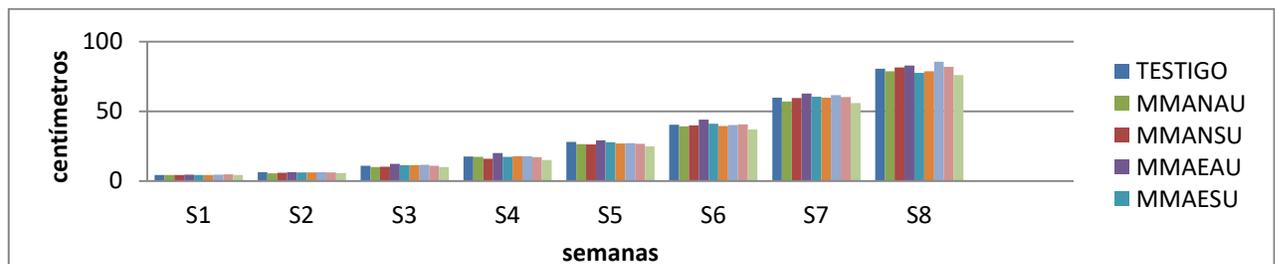
Para el análisis económico se elaboró un Presupuesto Parcial, Análisis de Dominancia y Tasa de Retorno Marginal. El presupuesto parcial es un método que se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos (precio de semilla, cantidad de agua para riego, bandejas de semillero 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).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados Fase 1

3.1.1. Crecimiento semanal

Durante la primera fase se observa que al inicio de la toma de datos, los tratamientos mantuvieron una altura uniforme (Figura 6).



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

Figura 6. Altura Semanal (Fase 1)

A partir de la semana cuatro el T3 comienza 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).

3.1.2. Longitud Total en Plantines

En el análisis de la varianza para la variable Longitud Total (Figura 7) 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.

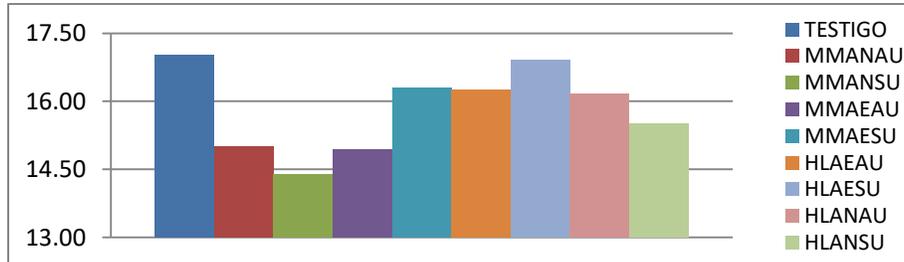


Figura 7. Longitud Total de los Plantines al Trasplante

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).

3.1.3. Longitud de Raíz de los plantines

En el análisis de la varianza para la variable Longitud de Raíz (Figura 8) se logró observar una diferencia significativa ($p > 0.05$), siendo el más relevante el C2 ($F=9.28$). 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. De igual manera se puede atribuir este efecto a la acción de la Familia de enzimas ATPasa que se encuentra en mayor cantidad dentro del HL que del MM (Schmidt *et al.* 2007).

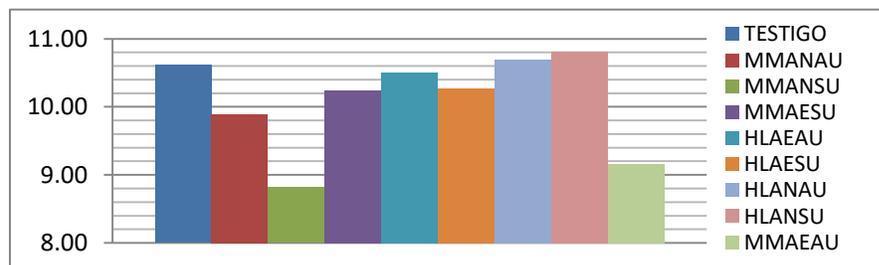


Figura 8. Longitud de Raíz en plantines (Fase 1)

3.1.4. Peso de Raíz de los plantines

Para la variable Peso de Raíz (Figura 9) 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 ($F=1.98$). 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.

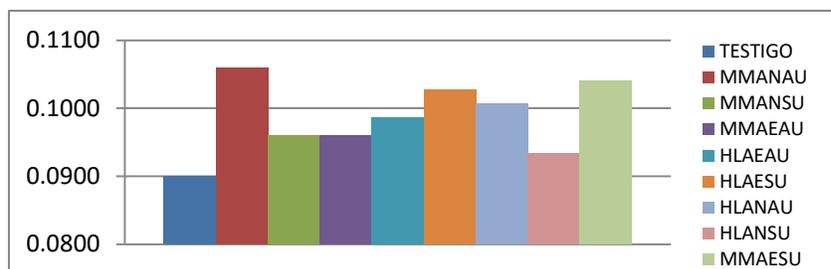


Figura 9. Peso de Raíz en Plantines (Fase 1)

3.1.5. Peso Fresco de los plantines

Para la variable Peso Fresco (Figura 10) 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). 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.

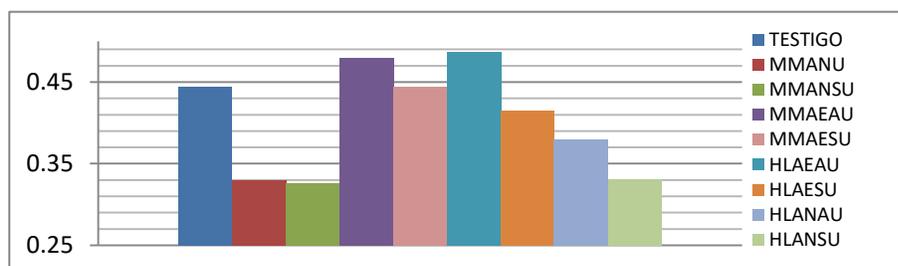


Figura 10. Peso Fresco en plantines (Fase 1)

3.1.6. 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)

3.1.7. 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.

3.1.8. Peso de Raíz de las plantas adultas

Para la variable Peso de Raíz (Figura 11) se logró observar una diferencia significativa de los tratamientos ($p > 0.05$) contra el testigo, teniendo mayor relevancia el C2 ($F = 3.65$). 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).

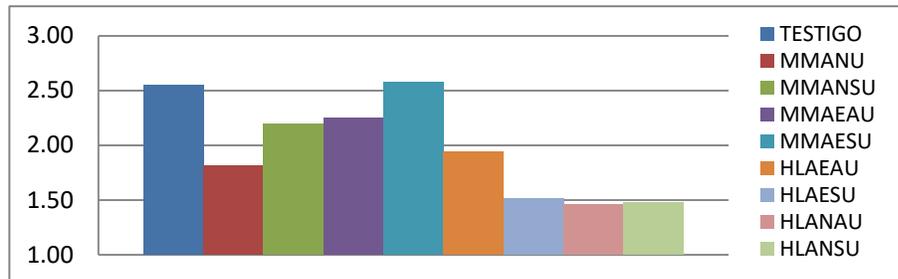


Figura 11. Peso de Raíz en Plantas Adultas (Fase 1)

3.1.9. Peso Fresco de las plantas adultas

Para la variable Peso Fresco (Figura 12) se logró observar una diferencia significativa de los tratamientos ($p > 0.05$), teniendo mayor relevancia el C2 ($F = 2.92$). 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.

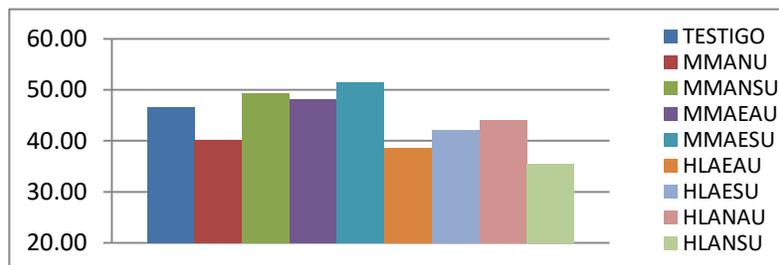


Figura 12. Peso Fresco de las Plantas adultas (Fase 1)

3.1.10. Peso Seco de las plantas adultas

Para la variable Peso Seco (Figura 13) se logró observar una diferencia significativa de los tratamientos ($p > 0.05$) contra el testigo, teniendo mayor relevancia el C3 ($F = 5.15$). 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.

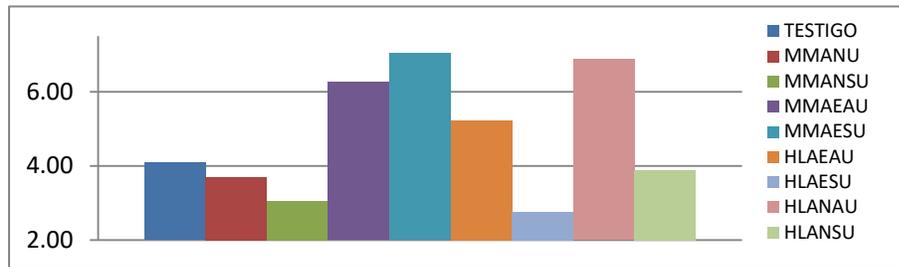


Figura 13. Peso Seco de las plantas adultas (Fase 1)

3.2. 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.

3.3. Resultados Fase 2

3.3.1. 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.

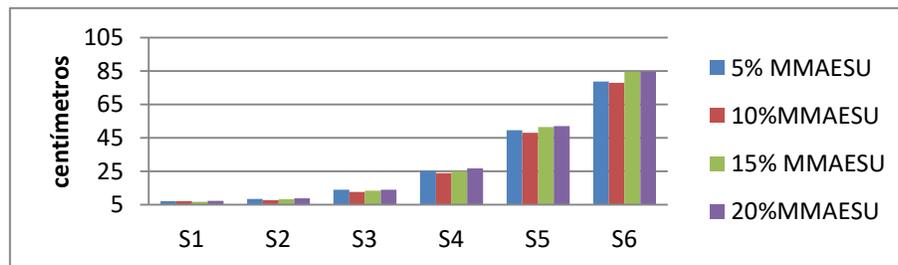


Figura 14. Altura semanal en (Fase 2)

3.3.2. Longitud Total en Plantines

Para la variable Longitud Total (Figura 15) se observó una diferencia significativa ($p > 0.05$) obteniendo mayor relevancia el C2 ($F = 0.68$). 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.

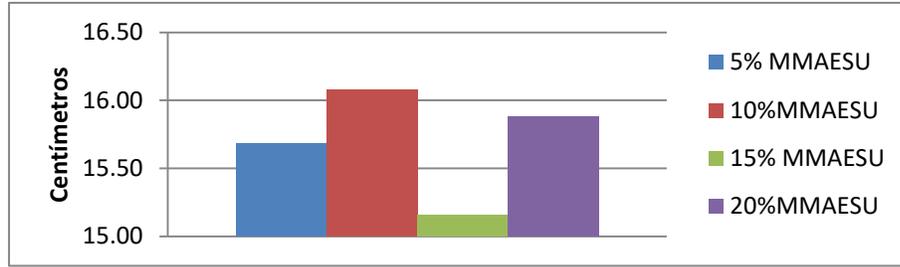


Figura 15. Longitud Total en Plantines (Fase 2)

3.3.3. Longitud de Raíz en Plantines

Para la variable Longitud de Raíz (Figura 16) se observó una diferencia significativa ($p > 0.05$) obteniendo mayor relevancia el C2 ($F = 1.16$). 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.

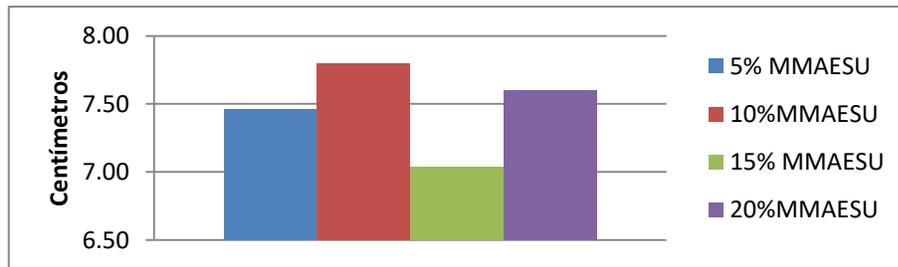


Figura 16. Longitud de Raíz en Plantines (Fase 2)

3.3.4. Peso de Raíz en Plantines

Para la variable Peso de Raíz (Figura 17) se observó una diferencia significativa ($p > 0.05$) obteniendo mayor relevancia el C1 ($F = 0.06$). 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.

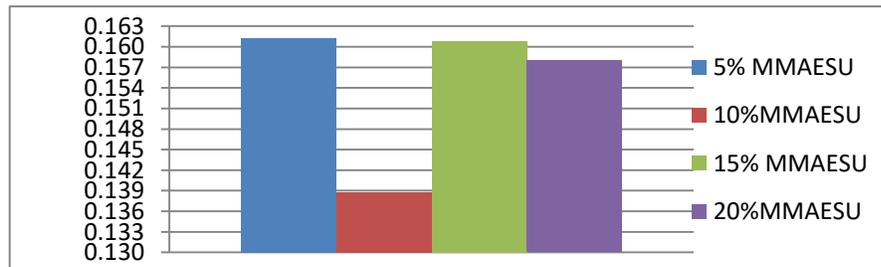


Figura 17. Peso de Raíz en Plantines (Fase 2)

3.3.5. Peso Fresco en Plantines

En la variable Peso Fresco (Figura 18) 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.

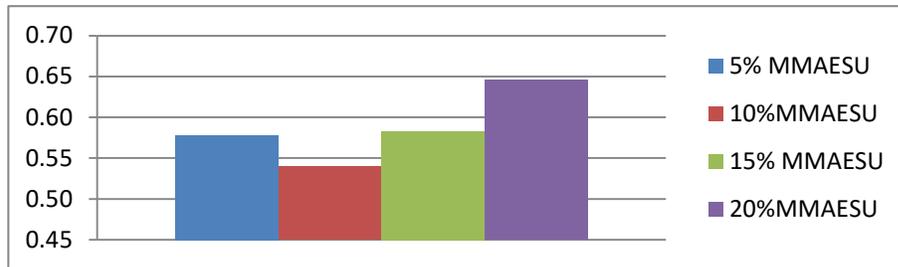


Figura 18. Peso Fresco en Plantines (Fase 2)

3.3.6. Peso Seco en Plantines

En la variable Peso Fresco (Figura 19) 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.

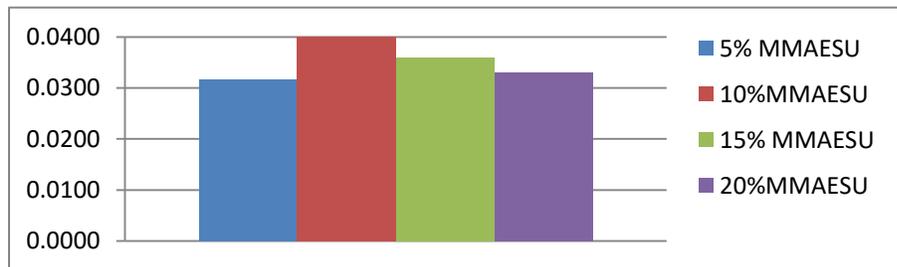


Figura 19. Peso Seco en Plantines (Fase 2)

3.3.7. 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 20). 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.



Figura 20. Longitud Total en Plantas Adultas

3.3.8. 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 21). 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.

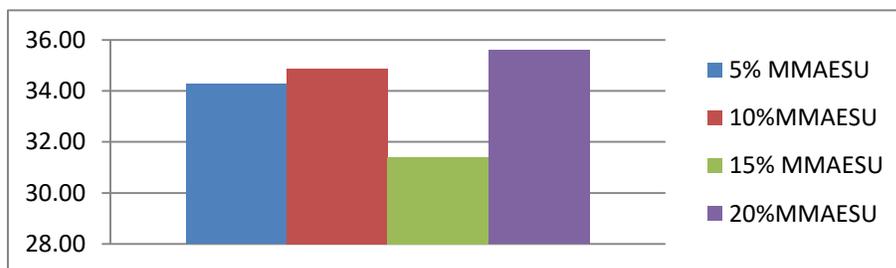


Figura 21. Longitud de Raíz en Plantas Adultas

3.3.9. 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 22). 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.

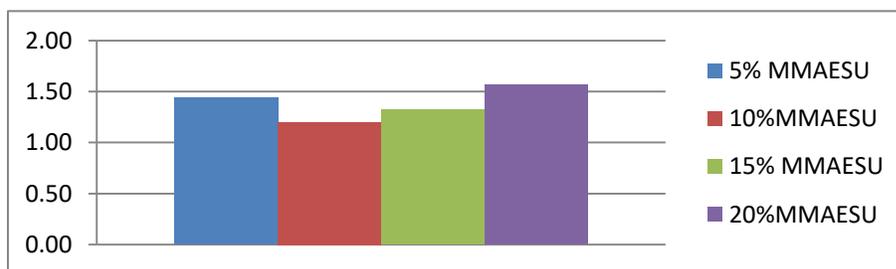


Figura 22. Peso de Raíz en Plantas Adultas

3.3.10. Peso Fresco en Plantas Adultas

Para la variable Peso Fresco (Figura 23) 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.

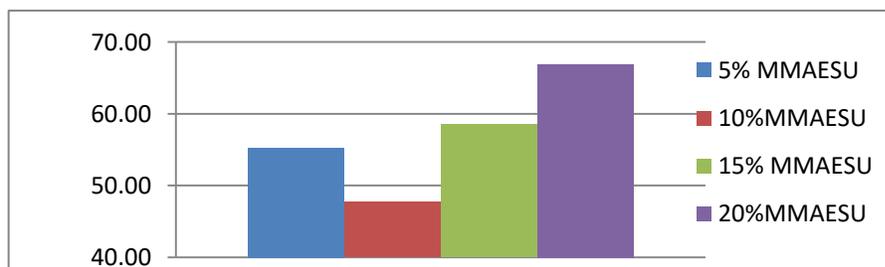


Figura 23. Peso Fresco en Plantas Adultas Fase 2)

3.3.11. Peso Seco en Plantas Adultas

Para la variable Peso Seco (Figura 24) 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.

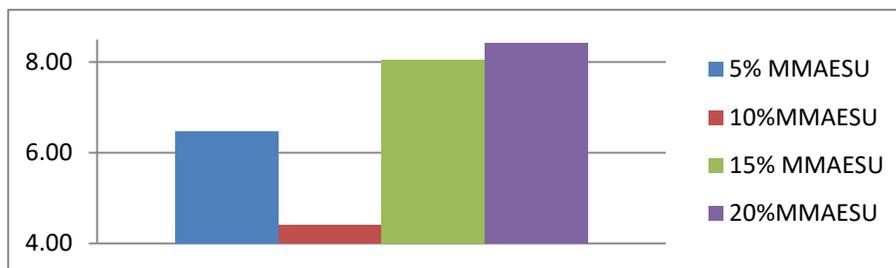


Figura 24. Peso Seco en Plantas Adultas (Fase 2)

3.4. Análisis Económico

3.4.1. 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

3.4.2. 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.

3.4.3. 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.

4. CONCLUSIONES

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.

Es beneficioso pasar el abono a base de Humus de Lombriz por autoclave ya que ayuda a liberar los nutrientes contenidos dentro de los microorganismos que lo componen.

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.

El abono a base de Microorganismos de Montaña genera efectos beneficiosos duraderos a largo plazo por lo tanto no necesita muchas aplicaciones.

Entre mayor es la inversión, mayor es el retorno marginal de los abonos.

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

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

5. RECOMENDACIONES

Llevar la investigación a campo y probar dosis más altas de té aeróbico con microorganismos de montaña para descubrir su punto de equilibrio.

El uso de fibra de coco para el sustrato puede ser reemplazado 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.

6. BIBLIOGRAFÍA

Amora-Lazcano, E; Vazquez, M; Azcon, R. 1998. Response of nitrogen-transforming microorganisms to arbuscular mycorrhizal fungi. *Biology and Fertility of Soils*. 256p.

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.

EEAITAJ (Estación Experimental Agropecuaria para la Introducción de Tecnologías Apropriadas de Japón). 2013. Microorganismos eficaces™ (em™). Soriano, Uruguay. 4p.

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.

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.

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>.

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).

Ortiz-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>.

Pérez, J; Hurtado, G; Aparicio, V; Argueta, Q; Larín, M. 2002. Guía técnica cultivo de tomate. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal.

Rady, M; Rehman, H. 2016. Supplementing organic biostimulants into growing media enhances growth and nutrient uptake of tomato transplants. *Scientia Horticulturae* 203: 192–198.

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>

Vance, P. 2001. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. *Plant nutrition in a world of declining renewable resources*. *Plant physiology* 127(2): 390–397.