



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL  
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
ESCUELA DE POSGRADO

Microorganismos eficientes de montaña: evaluación de su potencial bajo  
manejo agroecológico de tomate en Costa Rica

Por

Henry Agustín Acosta Almánzar

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado  
como requisito para optar por el grado de

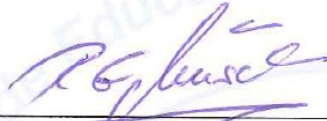
*Magister Scientiae* en Agricultura Ecológica

Turrialba, Costa Rica, 2012

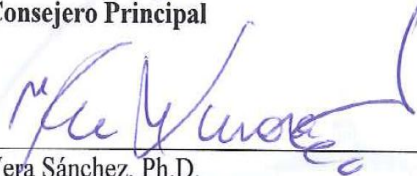
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

**MAGISTER SCIENTIAE EN AGRICULTURA ECOLÓGICA**

**FIRMANTES:**



Reinhold Muschler, Ph.D.  
**Consejero Principal**



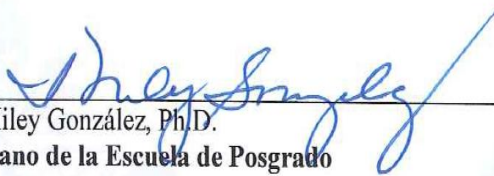
Vera Sánchez, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**



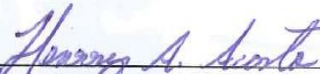
Gabriela Soto, M.Sc.  
**Miembro Comité Consejero**



José D. Rivera, M.Sc.  
**Coordinador, Especialización en Práctica para el Desarrollo**



I. Miley González, Ph.D.  
**Decano de la Escuela de Posgrado**



Henry Agustín Acosta Almánzar  
**Candidato**

# DEDICATORIA

A la memoria de:

*Pedro Antonio Pimentel Rodríguez (1940-2010).*

## **AGRADECIMIENTOS**

Particularmente, más que un profesor un amigo, a mi consejero Reinhold Muschler por la motivación, sabios consejos y aportes a mi formación académica y profesional durante mi estadía en CATIE. También por su infinito interés en ver realizado este presente.

A los miembros del comité, Gabriela Soto y Vera Sánchez, quienes me brindaron su apoyo y conocimiento en todo momento durante mi trabajo de grado.

A toda mi familia por todo su apoyo durante este arduo trayecto. A mis padres, en especial a mi madre Cristina Almánzar por enseñarme las vías correctas para alcanzar las metas propuestas.

Al programa de formación de recursos humanos para el sector agropecuario, forestal y de recursos naturales de la República Dominicana por el apoyo económico, a través del acuerdo entre el Ministerio de Agricultura, el Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF) y el Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (CEDAF), con el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Al Instituto Nacional de Aprendizaje de Costa Rica (INA), especialmente al Ing. Rommel Vega y demás miembros del equipo del laboratorio de Fitoprotección por su gran apoyo durante la caracterización de materiales biológicos.

A los señores Henry Guerrero, J.J. Paniagua, y Efraín Sánchez. Sin cuyo apoyo y conocimientos en el tema, no hubiera sido posible realizar este presente, gracias. Por último, pero no menos importante a todos mis compañeros de la promoción 2010-2011, en especial a mis compañeros de maestría.

## **BIOGRAFÍA**

El autor de nacionalidad Dominicana nació en Montecristi el 17 de enero del año 1987. Llevó a cabo sus estudios universitarios en la Universidad ISA (conocida anteriormente como Instituto Superior de Agricultura) en Santiago de los Caballeros donde obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo en la facultad de Ciencias Agroalimentarias y del Ambiente en 2008.

# CONTENIDO

DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
BIOGRAFÍA.....	V
CONTENIDO .....	VI
RESUMEN .....	X
SUMMARY.....	XII
ÍNDICE DE CUADROS .....	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIX
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos del estudio.....	3
1.1.1 Objetivo general.....	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
1.2 Preguntas e Hipótesis del estudio .....	4
1.2.1 Hipótesis .....	4
1.2.2 Preguntas .....	4
2 MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.1 El uso de los Microorganismos Eficientes (EM) y de Microorganismos de Montaña (MM) .....	5
2.2 Mecanismos de función de EM y MM.....	6
2.2.1 Teoría de Supresión del Suelo a Enfermedades.....	6
2.2.2 Teoría de la Energía Orgánica .....	8
2.2.3 Teoría del Equilibrio de la Población de Microorganismos en el Suelo .....	8
2.3 Composición microbiológica de EM y MM.....	9
2.4 Preparación de EM y MM .....	11
2.5 Aplicaciones de los EM y MM.....	12
2.5.1 En residuos sólidos y aguas .....	12
2.5.2 En semilleros .....	12
2.5.3 En plantas .....	13
2.5.4 En suelos.....	13

2.5.5 Manejo de desechos sólidos orgánicos.....	15
2.6 Investigaciones de Aplicaciones Foliaras de EM y MM .....	15
2.7 Beneficios, Características y Funciones.....	21
2.8 El cultivo de tomate .....	22
2.8.1 Producción de tomate bajo invernadero .....	22
2.8.2 Principales insectos plagas y enfermedades .....	23
<b>3 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
3.1 Localización del estudio.....	24
3.2 Definición de la población y la muestra.....	25
3.3 Experimento 1.....	25
3.3.1 Material experimental .....	25
3.3.2 Manejo agronómico del cultivo .....	25
3.3.3 Tratamientos evaluados .....	27
3.3.4 Estructura de los tratamientos.....	27
3.3.4.1 Frecuencia de aplicación.....	27
3.3.4.2 Tiempo de activación.....	27
3.3.4.3 Producto foliar .....	28
3.3.5 Aplicación de los tratamientos.....	30
3.3.6 Variables evaluadas.....	30
3.3.6.1 Variables Objetivo Específico 1 .....	30
3.3.6.2 Variables Objetivo Específico 2.....	31
3.3.7 Diseño experimental y análisis .....	32
3.4 Experimento 2.....	33
3.4.1 Material experimental .....	33
3.4.2 Manejo agronómico del cultivo .....	33
3.4.3 Tratamientos evaluados .....	34
3.4.4 Estructura de los tratamientos.....	34
3.4.4.1 Dosis .....	34
3.4.4.2 Frecuencia de aplicación.....	34
3.4.4.3 Producto foliar .....	34
3.4.5 Aplicación de los tratamientos.....	34

3.4.6	Variables evaluadas.....	35
3.4.6.1	Variables Objetivo Específico 1 .....	35
3.4.7	Diseño experimental y análisis .....	36
3.5	Caracterización de los MM .....	36
3.6	Entrevistas con productores.....	38
3.6.1	Análisis de la información.....	38
4	RESULTADOS .....	39
4.1	Objetivo Específico 1.....	39
4.1.1	Experimento 1.....	39
4.1.1.1	Variables con diferencias estadísticas.....	39
4.1.1.2	Variables sin diferencias estadísticas.....	44
4.1.2	Experimento 2.....	48
4.1.2.1	Variables con diferencias estadísticas.....	48
4.1.2.2	Variables sin diferencias estadísticas.....	63
4.2	Objetivo Específico 2.....	64
4.3	Objetivo Específico 3.....	66
4.4	Objetivo Específico 4.....	68
5	DISCUSIÓN.....	70
5.1	Objetivo Específico 1.....	70
5.1.1	Experimento 1.....	70
5.1.1.1	Variables con diferencias estadísticas.....	70
5.1.1.2	Variables sin diferencias estadísticas.....	71
5.1.2	Experimento 2.....	72
5.1.2.1	Variables con diferencias estadísticas.....	72
5.1.2.2	Variables sin diferencias estadísticas.....	73
5.2	Objetivo Específico 2.....	74
5.3	Objetivo Específico 3.....	74
5.4	Objetivo Específico 4.....	75



6 ANÁLISIS DE LAS IMPLICACIONES DE LOS RESULTADOS PARA EL DESARROLLO INTEGRAL Y MULTIDISCIPLINARIO.....	76
7 ANÁLISIS DEL POTENCIAL PARA LA FORMACIÓN DE POLÍTICAS QUE SURGEN DE LOS RESULTADOS .....	78
8 CONCLUSIONES.....	79
9 RECOMENDACIONES.....	81
10 BIBLIOGRAFÍA .....	82
ANEXOS .....	86

**Acosta Almánzar, H. A. 2011.** Microorganismos eficientes de montaña: evaluación de su potencial bajo manejo agroecológico de tomate en Costa Rica.

**Palabras Claves:** microorganismos nativos, inoculantes microbianos, EM, MM.

## **RESUMEN**

El presente estudio evaluó los efectos de aplicaciones foliares de microorganismos eficientes (EM) y de microorganismos de montañas (MM) en el cultivo de tomate, variedad Montaña plus, bajo condiciones experimentales (experimento 1) y comerciales (experimento 2), ambos en invernaderos. Para el experimento 1 con activación de los MM a tres tiempos (1, 2, y 3 semanas) se estableció un diseño en bloques completos al azar (DBCA) con cinco repeticiones para evaluar la aplicación semanal de 12 tratamientos formados por diferentes combinaciones de cinco productos: MM-1, MM-2, y MM-3 provenientes de tres productores, EM comercial, agua + melaza, más un testigo absoluto. Se registraron los siguientes parámetros: altura, número de flores, número de hojas y, número de frutos por plantas, color de plantas, inicio de las etapas fenológicas (floración, fructificación, y madurez de frutos), incidencia de enfermedades, severidad de infección, y presencia de insectos. Para el experimento no. 2 (DBCA, cuatro repeticiones) se evaluó la aplicación semanal de MM-1, EM, Agua + melaza, y un testigo absoluto sobre un subset de los parámetros del experimento 1.

En el experimento 1, solamente los tratamientos con MM-1 fueron significativamente superiores que los demás tratamientos para los parámetros de hojas y flores por plantas. Para el experimento 2, los tratamientos con microorganismos, sobre todo con MM, generaron valores significativamente superiores al EM y a los demás tratamientos para el número de flores y frutos por planta y para el rendimiento. Estos resultados evidencian el potencial de que los MM funcionen mejor que EM bajo las condiciones del lugar donde son nativos comparados con EM como un producto comercial externo. Mientras que estos resultados indican un efecto benéfico sobre algunos parámetros, la falta de consistencia de los resultados entre los experimentos 1 y 2 revela que el comportamiento de los tratamientos es muy variado, y sugiere que los trabajos deberían ser complementados por otros estudios futuros.

En cuanto a la percepción de los agricultores sobre esta práctica y sus beneficios, tiene una gran aprobación. Los encuestados hicieron énfasis en sus beneficios aplicados al follaje del cultivo para mejorar su productividad, calidad y rentabilidad.

**Acosta Almánzar, H. A. 2011.** Effective local soil microorganisms: an assessment of their potential for the agroecological production of tomatos in Costa Rica.

**Key words:** native microorganisms, microbial inoculants, EM, MM.

## SUMMARY

This study evaluated the effects of foliar applications of efficient microorganisms (EM) and of local soil micro-organisms (MM) on growing tomatos of the variety “Mountain Plus” under experimental conditions (experiment 1) and commercial conditions (experiment 2), both in greenhouses. Experiment 1, with an activation of the MM during three different timespans (1, 2, or 3 weeks) used a randomized complete block design (RCBD) with five replicates to evaluate the weekly application of 12 treatments representing different combinations of five products: MM-1, MM-2 and MM-3 from three different producers, commercial EM, a mix of water and molasses, plus an absolute control. The following parameters were recorded: height, the number of flowers, leaves, and fruits per plant, leaf color, the beginning of each phenological stage (flowering, fruit set, and maturation), disease incidence, severity of infection, and the presence of insects. Experiment 2 (RCBD, four replications) evaluated weekly applications of MM-1, EM, a water plus molasses mix, and an absolute control over a subset of the parameters of experiment 1.

In experiment 1, only the treatments with MM-1 presented results that were significantly higher than the other treatments for the parameters of number of plant leaves and flowers. In experiment 2, several microbial treatments, particularly with MM, exceeded the EM and other treatments significantly in the number of flowers and fruits per plant and in yield. These results demonstrate the potential of the MM to exceed EM in the regions from which they were extracted, possibly due to a superior local adaptation compared with EM as an external commercial product. While these results indicate a beneficial effect on some parameters, the lack of consistency between the results of experiments 1 and 2 reveals a high variability, suggesting that the investigation should be complemented by further studies.

With respect to the farmer’s perception, this practice and its benefits has received wide

approval. The interviewed farmers emphasized the benefits from applying beneficial microorganisms via the crop foliage to improve crop productivity, quality and profitability.

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Efectos de las aplicaciones foliares de EM en la fotosíntesis ( $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) en hojas funcionales de las plantas de soya cultivadas en campo (Fuente: Yue <i>et al.</i> 2002)...	16
Cuadro 2. Efecto de las aplicaciones foliares de EM en la conductancia estomática ( $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) de plantas de soya (Fuente: Yue <i>et al.</i> 2002) .....	17
Cuadro 3. Tratamientos y resultado del estudio de caso. Cultivo de Maíz. Nueva Zelanda (elaborado a partir de datos de Chamberlain <i>et al.</i> S.f) .....	19
Cuadro 4. Efecto, características y mecanismos de los EM según varios autores.....	21
Cuadro 5. Principales insectos plagas y enfermedades reportados en el cultivo de tomate .....	23
Cuadro 6. Datos geográficos y climáticos de las zonas sometidas a estudio en Costa Rica ....	24
Cuadro 7. Estructura de los tratamientos del experimento 1 .....	29
Cuadro 8. Estructura de los tratamientos del experimento 2 .....	34
Cuadro 10. Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III) para número de hojas/planta de tomate variedad Montaña Plus a las 14 semanas, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica .....	39
Cuadro 11. Contrastes de interés para número de hojas/planta de tomate variedad Montaña Plus a las 14 semanas, en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (mm), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza, y un testigo. Turrialba, Costa Rica .....	40
Cuadro 12. Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III) para número de flores/planta de tomate variedad Montaña Plus a las 14 semanas, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica .....	42
Cuadro 13. Contrastes de interés para número de flores/planta de tomate variedad Montaña Plus a las 14 semanas, en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza, y un testigo. Turrialba, Costa Rica .....	42

Cuadro 14. Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III) para altura de plantas de tomate variedad Montaña Plus a las 14 semanas, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica .....	44
Cuadro 15. Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III) para número de frutos/planta de tomate variedad Montaña Plus a las 14 semanas, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica .....	46
Cuadro 16. Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III) para inicio de floración en plantas de tomate variedad Montaña Plus a las 14 semanas, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica .....	46
Cuadro 17. Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III) para inicio de fructificación en plantas de tomate variedad Montaña Plus a las 14 semanas, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica .....	47
Cuadro 18. Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III) para inicio de madurez de frutos en plantas de tomate variedad Montaña Plus a las 14 semanas, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica .....	47
Cuadro 19. Anava para color de planta de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica .....	48
Cuadro 20. Anava para número de flores/plantas de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 2, San Ramón, Costa Rica.....	48
Cuadro 21. Contrastes para número de flores/plantas de tomate variedad Montaña Plus, en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza, y un testigo. Experimento 2. San Ramón, Costa Rica .....	49

Cuadro 22. Anava para la variable frutos/plantas de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 2, San Ramón, Costa Rica.....	51
Cuadro 23. Contrastes de interés para la variable frutos/plantas de tomate variedad Montaña Plus, en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza, y un testigo. Experimento 2. San Ramón, Costa Rica.....	51
Cuadro 24. Anava para la variable peso/frutos (g) de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 2, San Ramón, Costa Rica.....	53
Cuadro 25. Contrastes de interés para la variable peso/frutos (g) de tomate variedad Montaña Plus, en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza, y un testigo. Experimento 2. San Ramón, Costa Rica.....	53
Cuadro 26. Anava para rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 2, San Ramón, Costa Rica.....	55
Cuadro 27. Contrastes de interés para rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de tomate variedad Montaña Plus, en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza, y un testigo. Experimento 2. San Ramón, Costa Rica .....	55
Cuadro 28. Anava para inicio de floración de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 2, San Ramón, Costa Rica.....	57
Cuadro 29. Contrastes de interés para inicio de floración de tomate variedad Montaña Plus, en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza, y un testigo. Experimento 2. San Ramón, Costa Rica .....	57



Cuadro 30. Anava para inicio de fructificación de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 2, San Ramón, Costa Rica.....	59
Cuadro 31. Contrastes de interés para inicio de fructificación de tomate variedad Montaña Plus, en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza, y un testigo. Experimento 2. San Ramón, Costa Rica .....	59
Cuadro 32. Anava para inicio de madurez de frutos de tomate variedad Montaña Plus, en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza, y un testigo. Experimento 2. San Ramón, Costa Rica .....	61
Cuadro 33. Contrastes de interés para inicio de madurez de frutos de tomate variedad Montaña Plus, en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza, y un testigo. Experimento 2. San Ramón, Costa Rica.....	61
Cuadro 34. Anava para la altura de las plantas de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 2, San Ramón, Costa Rica.....	63
Cuadro 35. Anava para número de hojas/planta de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 2, San Ramón, Costa Rica.....	63
Cuadro 36. Anava para incidencia de enfermedades de planta de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica.....	64
Cuadro 38. Anava para presencia de insecto mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) en plantas de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica .....	65
Cuadro 39. Anava para presencia de insecto gusano masticador ( <i>Spodoptera</i> sp.) en plantas de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica.....	66

Cuadro 40. Implicaciones para el desarrollo sostenible de los resultados del estudio  
basados en los capitales de la comunidad a escala local.....77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto de EM y fertilizante químico en la producción de frijol verde .....	7
Figura 2. Efecto de EM y fertilizante químico sobre las poblaciones de hongos de suelo y de Fusarium (Fuente: Higa y Wididana, s.f.) .....	7
Figura 3. Composición microbiológica de EM.....	10
Figura 4. Diagrama de funcionamiento de los diferentes grupos funcionales de microorganismos eficientes (Takashi <i>et al.</i> 1999).....	11
Figura 5. Variación del rendimiento (t/ha) de repollo según el número de aplicaciones de EM a dos concentraciones en Lima, Perú (Fuente: Mariño <i>et al.</i> s.f.) .....	18
Figura 6. Ubicación de la investigación en el mapa político de Costa Rica.....	25
Figura 7. Ilustración de arreglo de macetas y plantas de tomates en invernadero en las instalaciones del CATIE, Turrialba, Costa Rica .....	26
Figura 8. Número de hojas de plantas de tomate en semana 10 en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM1, MM2, y MM3) a diferentes tiempos de activación (T1, T2, y T3), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza (Agu_Mel) y, un testigo absoluto (CATIE, Turrialba, Costa Rica, septiembre 2011; n= 10).....	41
Figura 9. Número de flores/plantas de tomate en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM1, MM2, y MM3) a diferentes tiempos de activación (T1, T2, y T3), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza (Agu_Mel) y, un testigo absoluto (CATIE, Turrialba, Costa Rica, septiembre 2011; n= 10).....	43
Figura 10. Medidas de altura (m) de plantas de tomate en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM1, MM2, y MM3) a diferentes tiempos de activación (T1, T2, y T3), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza (Agu_Mel) y un testigo absoluto (CATIE, Turrialba, Costa Rica, septiembre 2011; n= 10).....	45

Figura 11. Número de flores/plantas de tomate a ocho semanas después de la siembra en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM-1), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza (Agu_Mel) y, un testigo absoluto (Finca “Los Nacientes”, San Ramón, Costa Rica, septiembre 2011; n= 100) .....	50
Figura 12. Número de frutos/planta de tomate a ocho semanas después de la siembra en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM-1), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza (Agu_Mel) y, un testigo absoluto (Finca “Los Nacientes”, San Ramón, Costa Rica, septiembre 2011; n= 100) .....	52
Figura 13. Peso/frutos (g) de tomate en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM-1), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza (Agu_Mel) y, un testigo absoluto (Finca “Los Nacientes”, San Ramón, Costa Rica, septiembre 2011; n= 100).....	54
Figura 14. Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> ) de tomate en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM-1), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza (Agu_Mel) y, un testigo absoluto (Finca “Los Nacientes”, San Ramón, Costa Rica, septiembre 2011; n= 100).....	56
Figura 15. Inicio de floración en tomate en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM-1), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza (Agu_Mel) y, un testigo absoluto (Finca “Los Nacientes”, San Ramón, Costa Rica, septiembre 2011; n= 100).....	58
Figura 16. Inicio de fructificación en tomate en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM-1), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza (Agu_Mel) y, un testigo absoluto (Finca “Los Nacientes”, San Ramón, Costa Rica, septiembre 2011; n= 100).....	60
Figura 17. Inicio madurez de frutos en tomate en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM-1), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza (Agu_Mel) y, un testigo absoluto (Finca “Los Nacientes”, San Ramón, Costa Rica, septiembre 2011; n= 100).....	62
Figura 18. Contenido microbiológico de diferentes MM en tres diferentes tiempos de activación .....	67

Figura 19. Conglomerado de respuestas a entrevistas a productores de las zonas de Zarcero y, Turrialba en Costa Rica con referencia a su percepción sobre los MM..... 68

Figura 20. Frecuencias relativas de respuesta en entrevistas a productores de las zonas de Zarcero y, Turrialba en Costa Rica con referencia a su percepción sobre los MM (n = 30)..... 69

## **LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS**

EM:	Microorganismos Eficientes
MM:	Microorganismos de Montaña
ppm	Partes por millón
mmol	Mili moles
pH	(Potencial de hidrógeno) medida de la acidez o alcalinidad.
msnm	Metros sobre nivel del mar
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
EARTH	Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda
IMN	Instituto Meteorológico Nacional
EPTs	Elementos potencialmente tóxicos

# 1 INTRODUCCIÓN

Basado en su gran versatilidad, sus altas tasas de reproducción y sus capacidades biosintetizadoras los microorganismos han sido utilizados en muchas aplicaciones incluyendo la medicina humana y animal, la protección del ambiente, así como en la biotecnología agrícola y el tratamiento efectivo de desechos agrícolas y urbanos (Higa y Parr 1994).

Los microorganismos son particularmente efectivos bajo condiciones optimas de sustrato, disponibilidad de agua, presencia o ausencia de oxígeno (dependiendo de si los microorganismos son aeróbicos o anaeróbicos), pH y temperatura ambiental. Gracias a una mayor conciencia sobre sus múltiples beneficios y los adelantos tecnológicos para reproducirlos de manera eficiente, la oferta de productos microbianos como inoculantes para contrarrestar problemas en los cultivos ha aumentado rápidamente en los mercados. Un gran número de microorganismos (bacterias, hongos, actinomicetes y cianobacterias) son usados para remediar problemas asociados con el uso de fertilizantes químicos y pesticidas (p.e., elementos potencialmente tóxicos como los metales pesados), y están ahora siendo aplicados ampliamente en la agricultura orgánica (Higa 1991; Higa y Parr 1994).

Los microorganismos del suelo muchas veces son clasificados como benéficos o dañinos, de acuerdo con sus funciones y efectos en la calidad del suelo, así como en el crecimiento, la productividad o la sanidad de las plantas de cultivo. Entre los microorganismos benéficos están aquellos que fijan nitrógeno atmosférico, descomponen desechos y residuos orgánicos, degradan pesticidas, mejoran la sanidad y nutrición de plantas y suprimen patógenos del suelo, incrementan el acceso a y el reciclaje de nutrientes y producen componentes bioactivos como vitaminas, hormonas y enzimas que estimulan el crecimiento de las plantas.

Una clasificación específica de los microorganismos benéficos ha sido sugerida por el profesor japonés Teruo Higa (1991; 1994; 1995) quien desarrolló el concepto de “Microorganismos Eficientes” (EM). Según este investigador, los EM son cultivos mixtos de microorganismos benéficos, de ocurrencia natural en suelos no alterados, que pueden ser aplicados como inoculantes para incrementar la biodiversidad microbial de los suelos y plantas. EM contienen grupos microbiales seleccionados por sus funciones benéficas,

incluyendo bacterias ácido lácticas, actinomicetos, levaduras y un número menor de bacterias fotosintéticas (Higa y Parr 1994). Investigaciones han arrojado que la inoculación de suelos y plantas con EM puede mejorar la calidad y sanidad del suelo, así como el crecimiento, la producción y la calidad de los cultivos.

La compatibilidad entre estos microorganismos capaces de coexistir en un cultivo líquido ha permitido desarrollar un producto comercial en presentación líquida, el cual está siendo usado por muchos agricultores desde hace unos 20 años. Hoy día, el comercio de EM ha alcanzado un volumen comercial en varios países.

Además de los productos comerciales, con la ayuda de microbiólogos y ecólogos, los productores han desarrollado técnicas que les han permitido obtener y reproducir una mezcla de microorganismos eficientes con funciones similares a los EM. Estos conjuntos de microorganismos, típicamente extraídos de ecosistemas naturales como bosques que no han sido afectados por productos químicos, se conocen en Costa Rica y otros países bajo el nombre de “Microorganismos de Montaña” (MM).

Entre los resultados atribuidos a estos microorganismos aplicados a suelos está el mejoramiento de sus características físicas, químicas, y biológicas así como la supresión de ciertas enfermedades. Según experiencias anecdóticas de productores en zonas agrícolas de Costa Rica, como Zarcero, San Ramón y Cartago, los EM y los MM pueden utilizarse como inoculantes del suelo para reconstruir su equilibrio biológico, suprimir microorganismos patógenos indeseables por exclusión competitiva o dominación absoluta, mejorar la disponibilidad y asimilación de nutrientes y, por ende, favorecer el crecimiento, el rendimiento y la protección de los cultivos. Según muchos productores aspersiones foliares con EM o MM pueden mejorar el crecimiento del follaje y de esta manera aumentar el área fotosintética, lo que se va a traducir en una mayor elaboración de nutrimentos para la planta y por consiguiente en un incremento de su productividad (Higa y Parr s.f). En estudios con bananos en Costa Rica, se ha evaluado la aplicación de microorganismos eficaces para ver sus efectos sobre el control de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) y se ha comprobado que el EM asperjado al follaje tiene efectos parciales sobre la protección de las plantas (Moya 2001).



Aunque los efectos mencionados han sido evaluados y demostrados en condiciones específicas para algunos cultivos selectos para EM, aún no hay información científica publicada sobre estos efectos con los MM. Por esta razón la presente investigación estuvo dirigida a determinar el potencial de MM aplicado al follaje para mejorar el crecimiento y la producción de tomate en Costa Rica con el fin de que los agricultores tengan mayor certeza sobre sus efectos y beneficios reales. Al mismo tiempo la investigación se propuso identificar y validar la percepción de los beneficios que los agricultores atribuyen a este producto.

## **1.1 Objetivos del estudio**

### ***1.1.1 Objetivo general***

Evaluación del potencial de los microorganismos eficientes de montaña (MM) aplicados al follaje en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*) y la determinación de la percepción de los productores.

### ***1.1.2 Objetivos específicos***

1. Evaluar el efecto de las aplicaciones foliares de MM en el desarrollo fenológico así como en el rendimiento y la calidad de los frutos.
2. Evaluar el efecto de las aplicaciones foliares de MM en la incidencia y severidad de enfermedades foliares y el daño por insectos.
3. Caracterizar MM biológicamente y evaluar el efecto del tiempo de activación del MM sobre sus propiedades biológicas.
4. Documentar la percepción de los agricultores sobre esta práctica concerniente a sus beneficios y aportes.

## **1.2 Preguntas e Hipótesis del estudio**

### ***1.2.1 Hipótesis***

- Las aplicaciones foliares de MM tienen efectos sobre el crecimiento, la fenología, y el rendimiento de tomate y la calidad de sus frutos.
- Las aplicaciones foliares de MM tienen efectos sobre la incidencia y severidad de enfermedades foliares y el daño causado por insectos.

### ***1.2.2 Preguntas***

- Caracterizar MM biológicamente y analizar el efecto del tiempo de activación del MM sobre sus propiedades biológicas.
  1. ¿Son los MM distintos entre sí, biológicamente?
  2. ¿Varían las propiedades biológicas según el tiempo de activación?
- Documentar la percepción de los agricultores sobre esta práctica concerniente a sus beneficios y aportes.
  1. ¿Cuál es la percepción de los productores respecto al beneficio y aporte de esta práctica o tecnología?

## **2 MARCO CONCEPTUAL**

### **2.1 El uso de los Microorganismos Eficientes (EM) y de Microorganismos de Montaña (MM)**

Los microorganismos eficientes, conocidos como EM por sus siglas en inglés (efficient micro-organisms), contienen microorganismos seleccionados, incluyendo bacterias de ácido láctico y levaduras, y un número menor de bacterias fotosintéticas, actinomicetos y otros tipos de organismos. Todos estos son compatibles entre sí y pueden coexistir en cultivo líquido (Higa y Parr 1994). Por lo tanto los EM se aplican en forma de una mezcla líquida que se produce a través de un proceso natural de fermentación.

El profesor Higa de la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón, empezó el desarrollo de los microorganismos eficientes en 1968 hasta obtener el primer producto conocido como EM en 1982, que posteriormente se convirtió en un producto más desarrollado y refinado. Al principio, los EM se desarrollaron principalmente como una alternativa al uso de productos químicos agrícolas. Actualmente su uso se ha extendido a aplicaciones en los campos de medio ambiente, industria y salud. Según Higa y Wood (2009), la tecnología del EM se puede considerar una tecnología natural que no tiene efectos adversos sobre las plantas, animales, seres humanos o el medio ambiente según las experiencias de más de una década de aplicación.

La presencia de EM parece ayudar a prevenir la corrosión de materiales inorgánicos y ayudar a la fermentación de materia orgánica. La utilización de EM en nuestro ambiente, en campos agrícolas y hogares, así como para el tratamiento de aguas y suelos contaminados puede facilitar una coexistencia más armónica entre los microorganismos y la humanidad (Higa y Wood 2009).

En la agricultura, EM se han utilizados para enriquecer el suelo y producir cultivos de calidad, sanos, con un mayor rendimiento, con menos enfermedades ó plagas sin el uso de productos químicos agrícolas. En la ganadería, EM se ha utilizado para disminuir malos olores, reducir plagas de insectos y enfermedades, así como para aumentar la fecundidad de la inseminación artificial, y mejorar la calidad de la carne, lácteos y huevos. En la conservación del ambiente, EM se ha utilizado para limpiar aguas contaminadas en

estanques, lagos, presas y costas, incluyendo en la limpieza de derrames de petróleo, en el tratamiento de aguas residuales, y en la transformación de residuos orgánicos en abonos de calidad. En usos industriales, EM puede aumentar la fuerza de mezclas de cemento. Finalmente, EM también tiene aplicaciones en la industria de plásticos y metales, en la separación de residuos para reducir el nivel de emisiones de gases tóxicos (Higa y Wood 2009).

## **2.2 Mecanismos de función de EM y MM**

¿Cómo puede la aplicación de EM al suelo aumentar el rendimiento y la calidad de los cultivos? ¿Cómo EM puede proteger las plantas contra patógenos y las enfermedades? ¿Puede la aplicación de EM aumentar la supresividad de suelos contra patógenos? Para responder a estas y otras preguntas sobre los mecanismos de acción de EM en plantas y suelo, es útil considerar las siguientes teorías:

### ***2.2.1 Teoría de Supresión del Suelo a Enfermedades***

La teoría se refiere al efecto de los medios biológicos sobre la supresión de enfermedades de plantas, que incluyen los siguientes tres mecanismos de supresión de enfermedades en suelos: (1) el agente patógeno no puede establecerse, (2) el agente patógeno está presente pero no puede causar la enfermedad y (3) el agente patógeno causa la enfermedad, pero disminuye con el policultivo. En un experimento de campo en Japón, la aplicación de EM al suelo incrementó el rendimiento de arveja verde sobre el tratamiento control durante tres cosechas sucesivas (fig. 1; Higa y Wididana s.f.). El suelo tratado con EM tenía poblaciones de hongos que fueron significativamente más altos mientras que la incidencia de patógenos de *Fusarium* en las plantas fue mucho más baja (fig. 2). Otros experimentos citados por Higa y Wididana (s.f.) demostraron que las plantas en suelos tratados con las diferentes formulaciones de EM (formulación EM 2.3.4) tenían una menor incidencia de enfermedades fúngicas (*Thielaviopsis* y *Verticillium*) y bacterianas (*Xanthomonas*, *Erwinia*, *Agrobacterium* y *Pseudomonas*) que el control. La supresión de los patógenos de las plantas y la incidencia de la enfermedad depende de las condiciones del suelo, de la planta, y de las prácticas o combinación de las prácticas que se aplican. EM puede inducir a un suelo la supresión natural de enfermedades (Higa y Wididana S.f.).

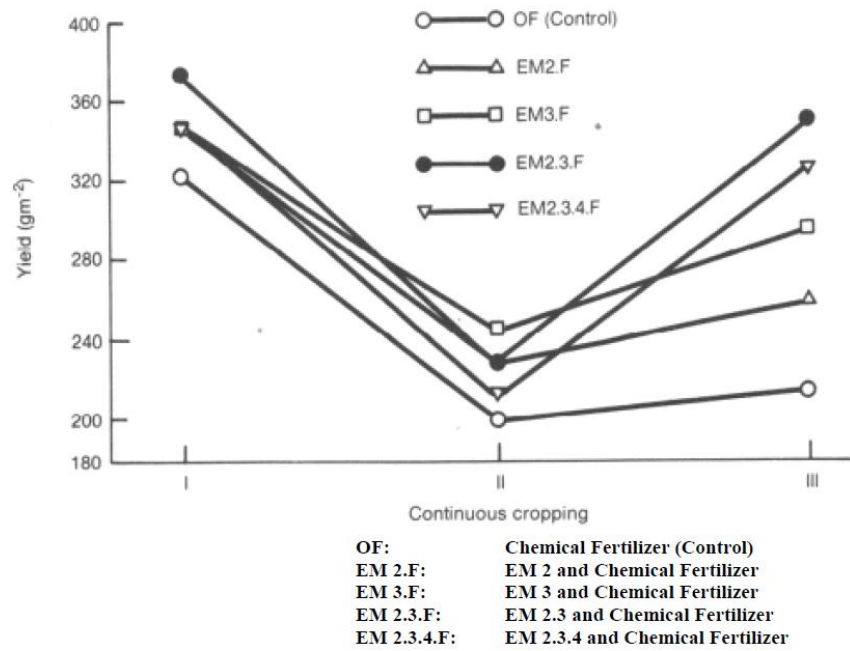


Figura 1. Efecto de EM y fertilizante químico en la producción de frijol verde (Fuente: Higa y Wididana, s.f.)

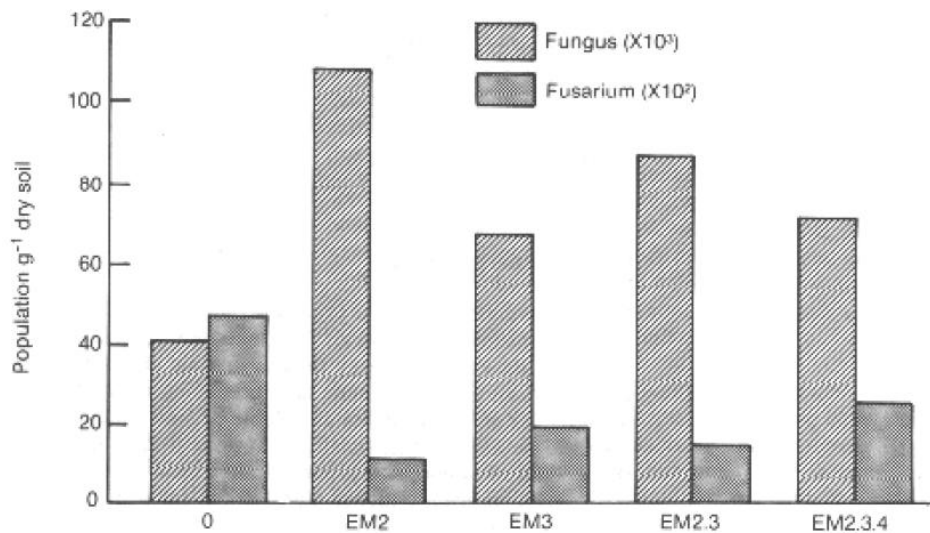


Figura 2. Efecto de EM y fertilizante químico sobre las poblaciones de hongos de suelo y de Fusarium (Fuente: Higa y Wididana, s.f.)

### **2.2.2 Teoría de la Energía Orgánica**

Esta teoría dice que los materiales orgánicos agregados al suelo son sometidos a una descomposición por microorganismos la cual libera una gran parte de los nutrientes requeridos por las plantas. En la teoría de la energía orgánica, enmiendas orgánicas son fermentadas por diferentes especies de *Lactobacillus* y otros microorganismos productores de ácido láctico el cual funciona como agente altamente esterilizador, suprime microorganismos patógenos, incrementa y acelera la transformación de la materia orgánica, y también es uno de los ácidos orgánicos más efectivos en formar quelatos complejos estables con iones metálicos. Estos microorganismos además liberan aminoácidos y glúcidos solubles como compuestos orgánicos que pueden ser absorbidos intactos por las plantas para ser utilizado provechosamente en sus procesos metabólicos.

Kinjo (1990), citado por Higa y Wididana (s.f.), encontró que la cantidad de aminoácidos producidos después de la incubación de materiales orgánicos con EM durante cinco días fue significativamente mayor que el control sin EM. Este trabajo indica que plántulas, callos, o células de plantas requieren no sólo de macro y micronutrientes, pero también pueden beneficiarse de la absorción de energía de moléculas orgánicas, tales como aminoácidos y ácidos simples (Higa y Wididana S.f.).

### **2.2.3 Teoría del Equilibrio de la Población de Microorganismos en el Suelo**

Esta teoría relaciona la incidencia y severidad de enfermedades de plantas que dependen de las condiciones químicas, físicas y microbiológicas del suelo, en función de: la labranza, la fertilización y aplicación de pesticidas, los cultivos, y su rotación, el monocultivo ó policultivo, así como de la susceptibilidad y resistencia de los cultivos a enfermedades. Estos factores pueden influir mucho en la población microbiana del suelo y su complejidad y diversidad. La población y la diversidad de microorganismos dañinos y benéficos determina el equilibrio microbiológico del suelo, y si este es favorable o no para el desarrollo de las plantas (Higa y Wididana S.f.).

Según las poblaciones de microorganismos que predominan en ellos, los suelos pueden ser supresivos (por ejemplo por altas poblaciones de actinobacterias<sup>1</sup>, *Trichoderma*,

---

<sup>1</sup> Anteriormente eran clasificados como actinomicetos

*Penicillium*, algunas especies de *Pseudomonas*, y otros microorganismos antagonistas), cimógenos<sup>2</sup> (suelos con un gran número de *Lactobacillus*, levaduras, bacterias que digieren el almidón, y bacterias para digerir la celulosa), sintéticos (los que tienen un gran número de bacterias fijadoras de nitrógeno como *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Dexia* y *Spirillum*, bacterias anaeróbicas facultativas como *Bacillus*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Clostridium* y bacterias fotosintéticas). Cuando un suelo tiene altas poblaciones de hongos patógenos de plantas (p.e. *Fusarium*, *Thielaviopsis*, *Phytophthora*, *Verticillium* and *Pythium*), se considera un suelo que induce enfermedades (Higa y Wididana S.f.). La relevancia de esta información reside en el conocimiento de la clasificación de los suelos según las poblaciones dominantes de microorganismos.

### **2.3 Composición microbiológica de EM y MM**

El EM contiene una mezcla de diferentes tipos de microorganismos (levaduras, bacterias fotosintéticas y bacterias ácido lácticas), todos ellos benéficos para las plantas y el ecosistema. La fermentación, la producción de sustancias bioactivas, la competencia y antagonismo con patógenos, son algunas de las cualidades que estos microorganismos presentan y ayuda a mantener un equilibrio natural entre los microorganismos que conviven en el entorno, trayendo efectos positivos para la salud y el ecosistema (Ecotecnologías s.f).

---

<sup>2</sup> Cimógenos: Grupos microbianos que descomponen la materia orgánica fresca; constituyen una “flora” distinta ecológicamente del grupo microbiano que descompone el humus que se llama autógenos (Sarmiento *et al.* 2000).

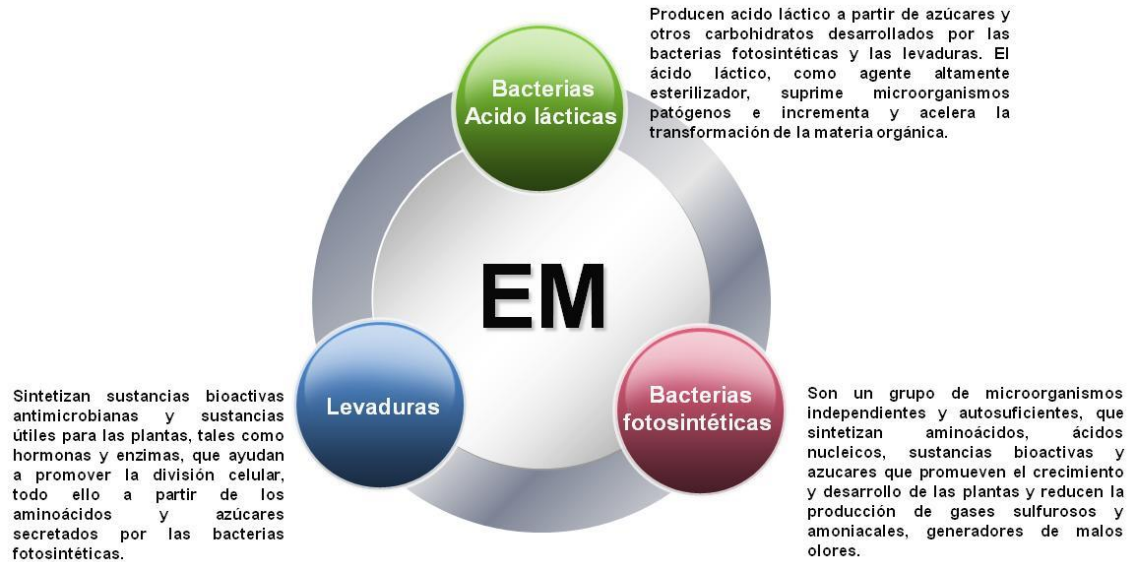


Figura 3. Composición microbiológica de EM

**Levaduras (*Saccharomyces spp.* y otras):** sintetizan sustancias bioactivas antimicrobianas y sustancias útiles para las plantas, tales como hormonas y enzimas, que ayudan a promover la división celular, todo ello a partir de los aminoácidos y azúcares secretados por las bacterias fotosintéticas (Ecotecnologías s.f).

**Bacterias fotosintéticas (*Rhodospseudomonas spp.* y otras):** son un grupo de microorganismos independientes y autosuficientes, que sintetizan aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas e impiden o reducen la producción de gases sulfurosos y amoniacales, generadores de malos olores (Ecotecnologías s.f).

**Las bacterias ácido lácticas:** Las bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus sp.*) producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos desarrollados por las bacterias fotosintéticas y las levaduras. El ácido láctico, como agente altamente esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa y acelera la transformación de la materia orgánica (Ecotecnologías s.f).



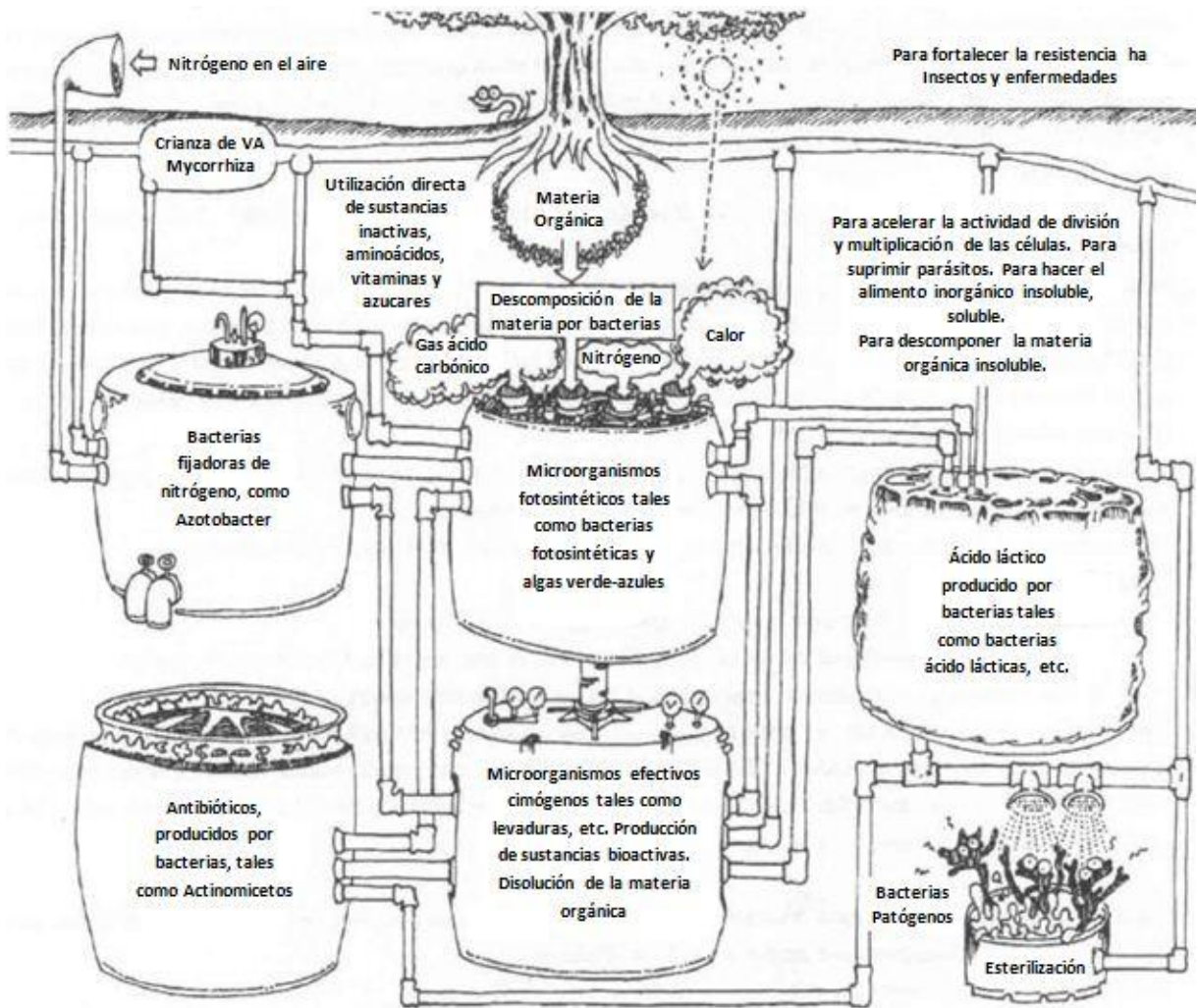


Figura 4. Diagrama de funcionamiento de los diferentes grupos funcionales de microorganismos eficientes (Takashi *et al.* 1999)

## 2.4 Preparación de EM y MM

Campos-Solano (2009) recomendó los siguientes materiales y procedimientos para la captura y preparación de microorganismos de montaña (MM):

### Materiales:

- Una taza de arroz.
- Una taza de melaza o miel de tapa.
- Una media “panty”.
- Dos cucharadas de levadura de pan.
- Una taza de leche cruda, o suero de queso sin sal.
- Un recipiente de 5 galones.

### **Procedimiento:**

1. La taza de arroz se pone a reventar, posteriormente se coloca en la media “panty”, a la que se le hace una especie de bodoque.
2. Luego se lleva a un bosque, se coloca en el suelo rodeado de materia orgánica en descomposición, por 10 días.
3. Una vez que el arroz haya sido colonizado por los microorganismos (esto incluye bacterias, hongos, actinobacterias, etc.) se deposita en el recipiente, a la que se le agrega una taza de melaza, una taza de leche cruda, dos cucharadas de levadura y agua no clorada hasta  $\frac{3}{4}$  partes de dicho recipiente; en vez de tapa se cubre el cuello del recipiente con una tela para facilitar la liberación de gases.
4. Esta solución se deja en un lugar fresco protegido del sol, hasta que tenga un olor agradable como a chicha, lo cual nos indica que los “EM” ya se pueden utilizar.
5. La dosis a usar es una parte de EM por 10 partes de agua.

## **2.5 Aplicaciones de los EM y MM**

### **2.5.1 *En residuos sólidos y aguas***

Los residuos sólidos pueden ser tratados desde el hogar, dirigiéndolos a la producción de abonos, al reciclaje y a tratamiento de aguas servidas para evitar la contaminación de los ríos y ciénagas (Silva s.f).

### **2.5.2 *En semilleros***

Según Silva (s.f.) el uso de microorganismos eficientes aplicados en semilleros puede generar los siguientes efectos:

- Aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico.
- Aumento del 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.

- Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas, por la inoculación del sustrato con microorganismo antagonicos a enfermedades y hongos patógenos.

### ***2.5.3 En plantas***

Los microorganismos eficientes aplicados a plantas pueden:

- Aumentar la resistencia natural de las plantas contra plagas y enfermedades.
- Consumir los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, reduciendo la propagación de organismos patógenos y el desarrollo de enfermedades.
- Incrementar el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos.
- Promover la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas.
- Incrementar la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar.

(Silva s.f)

### ***2.5.4 En suelos***

Los efectos de los microorganismos en el suelo están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, químicas, y biológicas, la supresión de enfermedades, así como la aceleración de la descomposición natural de los residuos orgánicos dejados en el campo después de la cosecha como se describen a continuación:

- Efectos en las condiciones físicas del suelo: Acondicionador, mejora 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.
- Efectos en las condiciones químicas del suelo: Mejora la disponibilidad de nutrientes, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radical.
- Efectos en la microbiología del suelo: Suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo por competencia.

Incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen.

(Silva s.f).

Silva (s.f) cita que para lograr estos efectos se sugieren realizar de 4 a 8 aplicaciones anuales. Para un mejor y rápido resultado, se recomienda un programa de aplicaciones en tres años con ocho aplicaciones el 1er año, seis aplicaciones el 2do año y cuatro aplicaciones el 3er año. Microorganismos tales como bacterias, hongos, actinobacterias y cianobacterias han sido utilizados para la recuperación de suelos contaminados con metales pesados (Stomp *et al.* 1994). Las bacterias más comúnmente aisladas de ambientes contaminados por el hombre con EPTs<sup>3</sup> son: *Burkholderia pickettii*, *B. solanacearum* y *Alcaligenes eutrophus*. Las bacterias aisladas de suelos naturalmente contaminados con EPTs pertenecen a varios géneros. Algunos ejemplos son: *Burkholderia*, *Hafnia*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Comamonas* y *Agrobacterium*. Especies Gram positivas también se encuentran en estos ambientes, por ejemplo: *Arthrobacter ramosus* y *A. aurescens* (González-Chávez y Ángeles 2005).

El uso de productos microbianos se plantea como una biotecnología más para remover o inmovilizar EPTs contaminantes presentes en el suelo. Por ejemplo, los sideróforos, componentes extracelulares de microorganismos, pueden secuestrar y solubilizar hierro; sin embargo, en adición al Fe, otros metales como el Cd, Cu, Ni, Pb y Zn pueden ser enlazados y formar complejos estables (Barton y Hemming 1993). Otro ejemplo son los surfactantes producidos por microorganismos como *Pseudomonas aeruginosa* que también tienen la capacidad de remover EPTs del suelo (Torrens *et al.* 1998).

También, se conoce que los hongos, las bacterias y las algas tienden a acumular metales y sustancias radiactivas por medio de mecanismos físicos, químicos y biológicos, los cuales incluyen el enlace de los contaminantes a nivel extracelular por la producción de metabolitos y biopolímeros, la unión a polipéptidos específicos y por acaparamiento dependiente del metabolismo (Tobin *et al.* 1993). Uno de los procesos más importantes con

---

<sup>3</sup> EPT: Elementos potencialmente tóxicos, un término más preciso para nombrar a los metales pesados. Este vocablo incluye a los elementos esenciales, los cuales bajo ciertas concentraciones empiezan a ser tóxicos para los organismos vivos, y a aquellos elementos que son considerados tóxicos (Cd y Pb), aun a concentraciones mínimas (Gadd, 1993).

relevante potencial en la biotecnología de la descontaminación es la biosorción, proceso de secuestro de metales independientes del metabolismo y que funciona en la pared celular. Con este proceso, numerosos microorganismos se utilizan como biosorbentes comerciales para la limpieza de aguas contaminadas con EPTs.

### ***2.5.5 Manejo de desechos sólidos orgánicos***

- Reduce los malos olores provenientes de estiércol y orina.
- Ayuda al aprovechamiento eficiente de los desechos animales como subproductos enriquecidos y seguros, eliminando microorganismos patógenos y reduciendo la germinación de semillas de malezas.
- Promueve la transformación aeróbica de compuestos orgánicos, evitando la descomposición de la materia orgánica por oxidación en la que se liberan gases generadores de olores molestos (sulfurosos, amoniacales y mercaptanos).
- Evita la proliferación de insectos, como moscas, ya que estas no encuentran un medio adecuado para su desarrollo, por la acción de los microorganismos sobre los sustratos y malos olores que atraen estos insectos.
- Mejora la materia orgánica como fertilizante. Durante el proceso de fermentación se liberan y sintetizan sustancias y compuestos como aminoácidos, enzimas, vitaminas, sustancias bioactivas, hormonas y minerales solubles, que al ser incorporados al suelo a través del abono orgánico mejoran sus características físicas, químicas y microbiológicas.
- Acelera el proceso de compostaje por la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica.

(Ecotecnologías S.f.)

## **2.6 Investigaciones de Aplicaciones Foliars de EM y MM**

Las aplicaciones foliars de los reguladores de crecimiento de las plantas o productos químicos son ampliamente utilizados en los cultivos y hortalizas para fomentar el crecimiento de plantas y mejorar su rendimiento especialmente en condiciones ambientales adversas tales como la deficiencia de nutrientes y la sequía. Bio-productos e inoculantes microbianos se han introducido a la agricultura moderna para producir alimentos de buena

calidad y garantizar la seguridad alimentaria en los últimos años. El EM como inoculante microbiano que contiene muchas clases de microbios beneficiosos de origen natural es utilizado ampliamente en la agricultura ecológica (Hui-Lian *et al.* 2000a). Bajo ciertas condiciones, estudios han demostrado que la aplicación de EM puede aumentar la productividad de los cultivos y la resistencia a enfermedades (Samy *et al.* 1995; Sangakara 1995; Mridha *et al.* 1999; Wang *et al.* 1999; Iwaishi 2000; Kengo *et al.* 2000; Hui-Lian *et al.* 2000a; Hui-Lian *et al.* 2000b). Sin embargo, los mecanismos responsables para los efectos de los EM no son claros en muchos aspectos (Hui-Lian *et al.* 2000b).

La fotosíntesis es uno de los factores más importantes que afectan el rendimiento. En un estudio con aplicación foliar de microorganismos eficientes en el cultivo de soya Yue *et al.* (2002) encontraron que la fotosíntesis fue muy superior (23.0 versus 9.9 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) para el tratamiento con 0,1% de EM comparado con el testigo (pulverización de agua) a dos y tres semanas después del inicio del tratamiento (p <0.05, hoja 18<sup>a</sup>). Pequeñas diferencias se observaron ya tan solo 4 días después de la primera aplicación y también a más de 5 semanas. También el tratamiento de EM a una concentración de 0,5% aumentó significativamente la fotosíntesis en las etapas del (27.3 versus 10.9 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>). El resultado sugiere que la aplicación foliar de EM aumenta la tasa de fotosíntesis en las hojas funcionales durante el período central de crecimiento en el cultivo de soya.

Cuadro 1. Efectos de las aplicaciones foliares de EM en la fotosíntesis (mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) en hojas funcionales de las plantas de soya cultivadas en campo (Fuente: Yue *et al.* 2002)

Tratamientos	Fecha			
	Agosto 8	Agosto 19	Agosto 29	Septiembre 10
Agua (testigo)	24,0	19,5	6,80	3,50
0,1% EM	24,2	23,0*	9,90*	4,20
0,5% EM	27,3*	21,0	10,9*	4,00

\* Significativo con P <0,05.

Conductancia estomática. Hubo una estrecha relación entre la conductancia estomática y la asimilación de CO<sub>2</sub>. Como se muestra en el cuadro 2, la conductancia estomática foliar fue mucho mayor (p <0,05) en 0.1 % de EM y 0.5% de EM comparado con el testigo (agua), tanto durante el período de mediados de crecimiento (8 de agosto, 19

de agosto, 29 de agosto) como durante el período de crecimiento después (10 de septiembre) (Yue *et al.* 2002).

Cuadro 2. Efecto de las aplicaciones foliares de EM en la conductancia estomática ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) de plantas de soya (Fuente: Yue *et al.* 2002)

Tratamientos	Fecha			
	Agosto 8	Agosto 19	Agosto 29	Septiembre 10
Agua (testigo)	0,955	0,635	0,665	0,291
0,1% EM	1,13*	0,718*	0,698*	0,321*
0,5% EM	1,18*	0,715*	0,704*	0,329*

\* Significativo con  $P < 0,05$ .

Las plantas de soya tratadas con una solución diluida de EM (dosis de 0,1% y 0,5% aplicados en la etapa de floración) produjeron semillas con mayor concentración de proteína (378 y 377  $\text{g kg}^{-1}$  respectivamente versus el testigo con 358  $\text{g kg}^{-1}$ ) y grasa cruda (214 y 212  $\text{g kg}^{-1}$  respectivamente versus el testigo con 199  $\text{g kg}^{-1}$ ). Al parecer estos se debieron a la mayor actividad de la reductasa de nitrato y la capacidad fotosintética que se beneficiaron del aumento de la conductancia estomática de hojas funcionales durante el período de mediados de crecimiento. El estudio sugiere que el EM puede ser utilizado como una sustancia reguladora para mejorar el metabolismo de las plantas cultivadas para la promoción de la producción y mejorar la calidad (Yue *et al.* 2002).

Mariño *et al.* (S.f.) evaluaron el efecto del EM a dos concentraciones y tres frecuencias de aplicación combinados con el uso de Bokashi al suelo en un campo de producción orgánica de brócoli (*Brassica oleraceae* L.). Aplicaron EM de forma foliar a concentraciones de 5 y 25 ppm. El ensayo contó con tres tratamientos con Bokashi, tres tratamientos sin Bokashi y un tratamiento como testigo absoluto. Los resultados arrojaron un mayor rendimiento con cuatro aplicaciones foliares de EM a 25 ppm (25.1 t/ha), seguido de 5 ppm (23.8 t/ha; fig. 5).

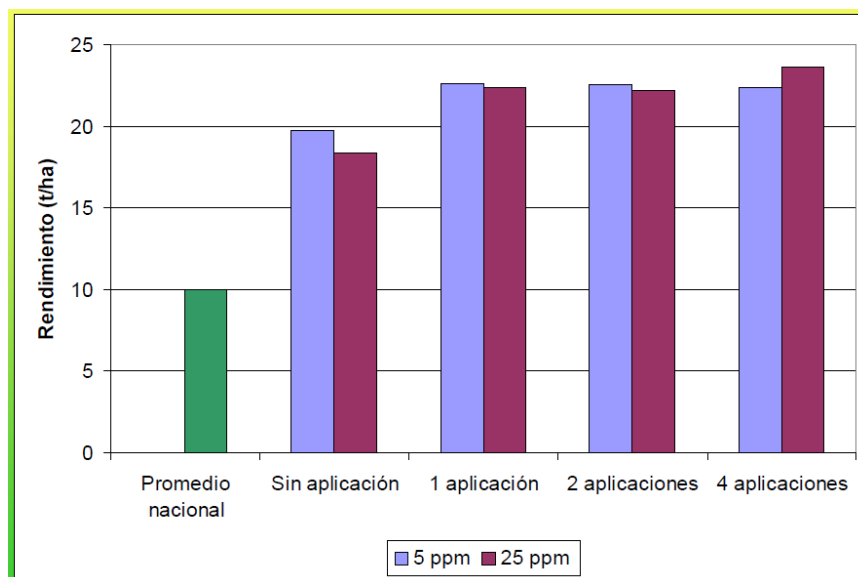


Figura 5. Variación del rendimiento (t/ha) de repollo según el número de aplicaciones de EM a dos concentraciones en Lima, Perú (Fuente: Mariño *et al.* s.f.)

Se observó un leve aumento de rendimiento para los tratamientos de aplicación foliar de EM, aunque no se indica si estas diferencias de unos 15% fueron estadísticamente significativas (fig. 5). El uso de EM puede ser una opción para incrementar los rendimientos en el cultivo de brócoli. Los rendimientos obtenidos en estos ensayos fueron aparentemente superiores al rendimiento comercial promedio nacional. El mayor rendimiento se obtuvo con cuatro aplicaciones foliares de EM a 25 ppm (25.1 t/ha) seguido de 5 ppm (23.8 t/ha). El mayor peso promedio por cabeza o inflorescencia (1,183 g) se obtuvo con cuatro aplicaciones a 5 ppm (Mariño *et al.* S.f.). Lastimosamente, los datos no fueron acompañados por el análisis estadístico pertinente para poder interpretar la significancia de las diferencias aparentes.

Cruz y Bruque (2004) realizaron un experimento para evaluar diferentes dosis de microorganismos eficientes (ME) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en Guayaquil, Ecuador.



Los tratamientos fueron los siguientes:

T1 = testigo

T2 = dosis 1 (2 ml de EM + 2 ml de melaza/ 1 litro de agua)

T3 = dosis 2 (3 ml de EM + 3 ml de melaza/ 1 litro de agua)

T4 = dosis 3 (4 ml de EM + 4 ml de melaza/ 1 litro de agua)

T5 = dosis 4 (5 ml de EM + 5 ml de melaza/ 1 litro de agua)

En base al rendimiento en kg/planta no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos y el testigo, a pesar de que el tratamiento 4 logró el mayor peso promedio de 2,200 kg/ha comparado con el testigo que obtuvo un rendimiento de 1,750 kg/ha (Cruz y Bruque 2004). Aunque no hubo evidencias estadísticas de que la aplicación de EM tuviera efectos sobre la productividad del cultivo de pepino, Cruz y Bruque (2004) señalaron que son necesarias más investigaciones y evaluar las aplicaciones foliares de EM para el control de patógenos.

Chamberlain *et al.* (s.f) realizaron un estudio de caso en Nueva Zelanda relacionado con el uso de productos comerciales de microorganismos efectivos usados en agricultura orgánica, y encontraron que el biofertilizante EM con Bokashi tenía un efecto significativo positivo sobre el rendimiento, particularmente el peso de la mazorca, el diámetro de la oreja, y el peso del raquis del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) (Chamberlain *et al.* S.f).

Cuadro 3. Tratamientos y resultado del estudio de caso. Cultivo de Maíz. Nueva Zelanda (elaborado a partir de datos de Chamberlain *et al.* S.f)

Tratamientos	Descripción	Variables	
		Área de superficie foliar mm	Rendimiento Kg/ha
T-1	Cascarilla de arroz + gallinaza + aserrín + EM	480	1900
T-2	Cascarilla de arroz + estiércol de vaca + aserrín + EM	500	1250
T-3	Cascarilla de arroz + pulpa de café + aserrín + EM	575	1800
T-4	Cascarilla de arroz + gallinaza + estiércol de vaca + EM	535	2200
T-5	Control relativo (Formula Completa 12-24-12. Urea 48%)	565	2100
T-6	Control absoluto, sin adiciones	490	1750

También hubo una diferencia significativa en el crecimiento y desarrollo en el área de la superficie total de las hojas de maíz (ver cuadro 3), así como en la longitud de la panícula, o el eje central de la flor masculina (Chamberlain *et al.* S.f.).

Estos resultados muestran que las plantas de maíz tratadas con EM con Bokashi (tratamientos uno, tres y cuatro, con excepción del dos) tienden a crecer de manera más eficiente. Nutrientes disponibles se utilizaron para aumentar la superficie de la hoja que llevó a la mejora de las capacidades fotosintéticas que a su vez dio lugar a un aumento estadísticamente significativo en el rendimiento sobre el control. Es importante destacar que el rendimiento medio obtenido con el tratamiento N° 4 (2,101 kg / ha) fue superior al rendimiento promedio a nivel nacional (1,291 kg / ha) (Chamberlain *et al.* S.f.).

## 2.7 Beneficios, Características y Funciones

Son muchos los autores que tratan el tema de los microorganismos eficientes, y cada uno expone sus puntos de vista o resultados obtenidos de sus efectos, característica y mecanismos de acción, como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 4. Efecto, características y mecanismos de los EM según varios autores

<b>Efecto</b> Según la Red de Bokashi EM (Network-U.S.A. 2005)	<b>Características</b> Según Ecotecnologías (S.F)	<b>Mecanismos</b> (Higa y Parr s.f)
<p>Mejora la fertilidad del suelo.</p> <p>Promueve la germinación, crecimiento, floración, fructificación y maduración de cultivos.</p> <p>Aumenta el rendimiento y mejora la calidad de los cultivos.</p> <p>Acelera la descomposición de residuos orgánicos procedentes de residuos de cultivos.</p> <p>Aumenta la población de microorganismos benéficos en el suelo, lo que contribuye al control de patógenos a través de la exclusión competitiva.</p>	<p>Transforma la materia orgánica mediante la fermentación, evitando la putrefacción, reduciendo así olores ofensivos.</p> <p>Es amigable para el medio ambiente.</p> <p>Produce sustancias útiles como hormonas, vitaminas, minerales, aminoácidos, y antioxidantes entre otros.</p> <p>Su uso mejora la productividad.</p> <p>Es de fácil manejo y utilización.</p> <p>Posee bajo costo.</p> <p>Están conformados por microorganismos vivos clasificados en nivel de bioseguridad 1, no patógenos y por tanto seguros para el ser humano, los animales y las plantas.</p> <p>Es un producto biológico.</p> <p>Actúa como prebiótico.</p> <p>Es un producto seguro para los animales y el ser humano.</p>	<p>Fijación de Nitrógeno atmosférico.</p> <p>Solubilización de fuentes de nutrientes insolubles.</p> <p>Producción de polisacáridos para mejora la agregación del suelo.</p> <p>Descomposición de desechos orgánicos y residuos.</p> <p>Producción de moléculas orgánicas simples para el consumo de las plantas.</p> <p>Producción de polisacáridos para mejora la agregación del suelo.</p> <p>Reciclaje e incremento de nutrientes para la disponibilidad de la planta.</p> <p>Supresión de patógenos de desarrollo del suelo.</p> <p>Producción de antibióticos y otros componentes bioactivos.</p> <p>Degradación de tóxicos incluyendo pesticidas.</p>

## **2.8 El cultivo de tomate**

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una planta dicotiledónea de la familia de las Solanáceas. El centro de origen del género *Lycopersicon* es la región andina que hoy comparten Colombia, Perú, Bolivia y Chile (Nuez 1995). La fenología de la planta de tomate se caracteriza por tres diferentes fases: vegetativa, reproductiva y productiva (Andrew 2002). La fase vegetativa se inicia con la germinación de la semilla y se caracteriza por el rápido aumento en la materia seca; ésta fase culmina con el inicio de la floración a los 50 a 60 días dependiendo de la variedad. La fase reproductiva se inicia a partir de la floración que dura entre 30 a 40 días; ésta fase culmina cuando el crecimiento de la planta se detiene y se desarrollan los frutos, por lo tanto la planta transloca gran cantidad de nutrimentos para su crecimiento y maduración. La fase de producción se inicia típicamente entre los 62 y 75 días después de la siembra; ésta fase culmina con la última cosecha de frutos entre los 82 y 100 días (dependiendo de la variedad). En plantas sanas y nutridas se pueden realizar entre seis a siete cosechas durante 20 a 25 días, dependiendo de la variedad (Nuez 1995).

### **2.8.1 Producción de tomate bajo invernadero**

Debido a las condiciones climáticas adversas y muy variables que se dan en muchas partes de los trópicos, la utilización de un ambiente controlado representa una opción interesante para producir tomate, una hortaliza de alto valor económico pero susceptible a una gran variedad de plagas y enfermedades (Santiago *et al.* 1998). Sin embargo, es importante manejar adecuadamente la ventilación dentro de la estructura, dada las altas temperaturas que se pueden presentar, de manera que se mantenga la temperatura y humedad relativa dentro de los rangos aceptables para evitar el desarrollo de enfermedades. (Rosa y Suárez 1998).

## 2.8.2 Principales insectos plagas y enfermedades

Cuadro 5. Principales insectos plagas y enfermedades reportados en el cultivo de tomate

Plagas	Daños
<p><i>Agrotis</i> sp. Gusano de tierra</p> <p><i>Diabrotica balteata</i>. Tortuguilla</p> <p><i>Liriomyza</i> sp. Minador.</p> <p><i>Bemisia tabaci</i>. Mosca blanca</p> <p><i>Heliothis</i> sp. Perforador del fruto</p> <p><i>Macrosipum</i> sp. Afidos</p> <p><i>Trichoplusia</i> sp. Gusano masticador.</p> <p><i>Spodoptera</i> sp. Gusano masticador.</p> <p><i>Aphion</i> sp. Picudo</p>	<p>Corte de plántulas.</p> <p>Corte de las plántulas, perforan las hojas, barrenan el tallo.</p> <p>Marchitez de las hojas.</p> <p>Portadores de virus y geminivirus, extracción de savia.</p> <p>Barrena el fruto.</p> <p>Pican y chupan savia.</p> <p>Transmiten virus.</p> <p>Defoliación de las hojas.</p> <p>Come hojas y tallos.</p> <p>Come base del tallo.</p>
Enfermedad	Síntomas o daños
<p>Mal del talluelo (<i>Pythium</i> sp.) (<i>Rhizoctonia</i> sp.) (<i>Phytophthora</i> sp.)</p> <p>Marchitez (<i>Fusarium oxysporum</i>) (<i>Pseudomonas solanacearum</i>)</p> <p>Tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>)</p> <p>Tizón temprano (<i>A. solani</i>)</p>	<p>Marchitamiento de plántulas.</p> <p>Pudrición y adelgazamiento de la base del tallo.</p> <p>Amarillamiento de hojas inferiores, marchitez de la base, pudrición.</p> <p>Necrosis y defoliación.</p> <p>Depresión en el pedúnculo.</p> <p>Necrosis y defoliación.</p> <p>Depresión en el pedúnculo.</p>

Fuente: Martínez 2005

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización del estudio

La investigación estuvo formada por dos componentes: experimentos de campo y encuestas con productores. Un experimento se llevo a cabo en las instalaciones del CATIE, en Turrialba, Cartago, Costa Rica y otro en la finca “Los Nacientes” en San Ramón, Alajuela, Costa Rica. En el cuadro 6 se presentan los datos geográficos y climáticos de la zona de estudio. Las encuestas se realizaron mediante visitas a productores de las provincias de Cartago y Alajuela en Costa Rica.

Cuadro 6. Datos geográficos y climáticos de las zonas sometidas a estudio en Costa Rica

Lugar	Datos Geografías				Datos Climáticos			
	Ubicación	Latitud	Longitud	Altura (msnm)	Rango Temp. Media anual (°C)	Rango Precipitación anual (mm)	Rango Brillo Solar (Horas/día)	Rango Duración estación seca
<b>CATIE</b>	Turrialba, Cartago	9° 53' 29" N	83° 39' 11" W	646	20-22	2000-3000	4-5	4-5
<b>San Ramón</b>	Alajuela	10° 5' 21" N	84° 28' 7" W	1057	20-22	2000-3000	5-6	4-5

Fuente: Adaptado de: Atlas climatológico de Costa Rica (Imn 2009).

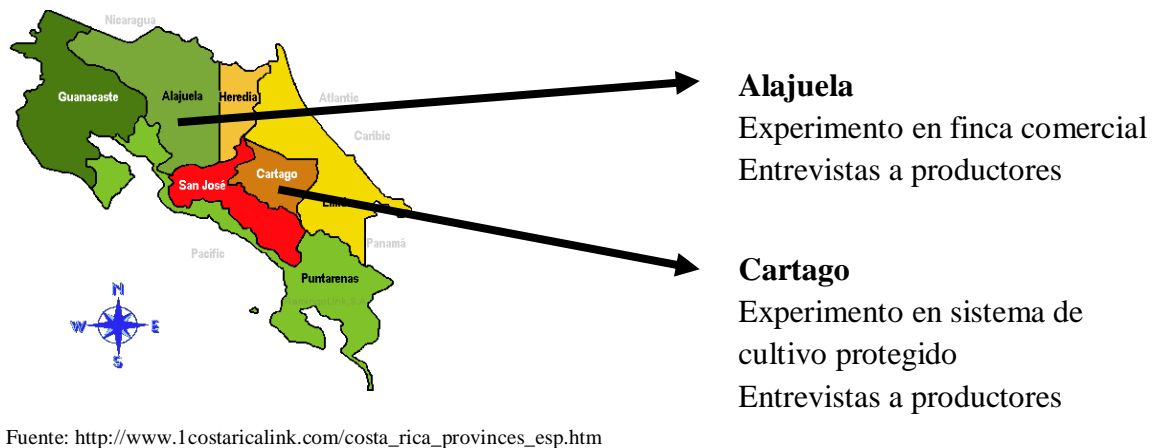


Figura 6. Ubicación de la investigación en el mapa político de Costa Rica

### 3.2 Definición de la población y la muestra

Como la investigación consistió en experimentos y encuestas, el diseño a usar es mixto y las poblaciones y muestras son diferentes de acuerdo a las metodologías.

### 3.3 Experimento 1

Este experimento se realizó en un invernadero del CATIE.

#### 3.3.1 *Material experimental*

Se trabajó con plántulas de tomate de la variedad Montaña Plus. Esta variedad fue elegida por ser usada y recomendada por los agricultores en el presente año. Las plántulas usadas tenían un mes y un tamaño promedio de unos 15 cm y fueron reproducidas por la empresa Villa-Plant, ubicada en Cartago, Costa Rica.

#### 3.3.2 *Manejo agronómico del cultivo*

Se realizaron las labores normales que el productor efectúa tales como la preparación del terreno o medio para la siembra, abonado, control de malezas, riego, y tutorado que son recomendadas para la producción de tomate bajo invernadero: el trasplante de las plántulas se efectuó directamente de las bandejas al suelo en macetas de 8 litros, que contenían una mezcla de un 75% de suelo y 25% de lombricompost a base de broza de café,

con una edad aproximada de un mes al momento de la aplicación. Las macetas estaban acomodadas en cinco bloques separados por 0.60 metros uno del otro, cada uno formado por dos filas de macetas separadas a su vez por 0.20 metros, para un total de 60 unidades experimentales, dos macetas por unidad (fig. 7). El arreglo de las macetas en bloques se realizó para evitar un posible efecto de la luz solar y la sombra de las paredes del invernadero.

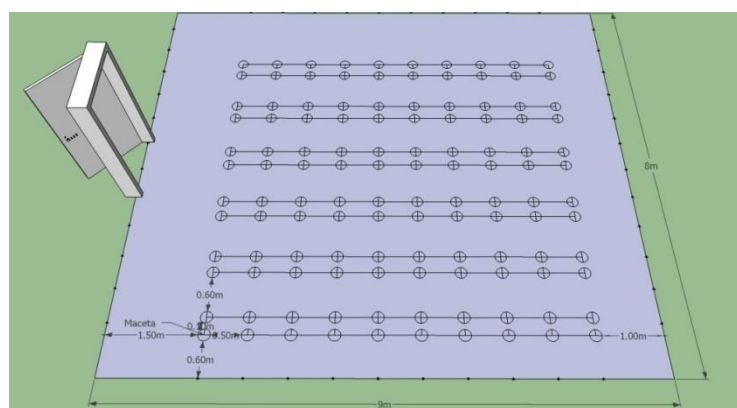


Figura 7. Ilustración de arreglo de macetas y plantas de tomates en invernadero en las instalaciones del CATIE, Turrialba, Costa Rica

Al momento de la siembra se sembraron dos plántulas por maceta, de las cuales se dejó solamente la más fuerte después de unas tres semanas. Esto se hizo con la finalidad de prevenir a quedarse sin alguna planta por maceta si dicha planta no pudiera establecerse y desarrollarse. Las malezas fueron retiradas manualmente para favorecer el desarrollo de las plantas de tomate.

Durante el desarrollo de las plantas se eliminaron los hijos laterales para manejar el cultivo con un solo eje. Para esto se utilizó un bisturí y era desinfectado con cloro después de cada corte. Esto se realizó con el objetivo de mejorar el paso de luz y permitir una buena aireación en el cultivo, de esta forma disminuir la humedad relativa del ambiente y evitar la proliferación de enfermedades. También se eliminaron las hojas que se encontraban en contacto con el suelo, con la finalidad de reducir el tizón temprano (*Alternaria solani*). Del mismo modo, se eliminaron algunas plantas que se enfermaron y murieron a causa de marchitez bacteriana (*Ralstonia, syn. Pseudomonas solanacearum*).



El riego se manejó por un sistema diseñado especialmente para el ensayo, por goteo en el cual a una línea de polietileno se le insertaron goteros individuales. Sobre estos goteros se colocó una cruz la cual permite obtener cuatro salidas del mismo gotero. En cada salida se colocó un micro tubo, el cual en su extremo lleva un gotero estaca que se colocó en la base de la planta en cada maseto. Para el tutorado se utilizaron tutores unidos a un sistema de emparrado de alambres ubicado a dos metros del suelo, se amarraron las plantas utilizando mecates tomateros para mantener las ramas del tomate elevadas.

### ***3.3.3 Tratamientos evaluados***

Los tratamientos evaluados fueron un total de 12. Los primeros nueve tratamientos fueron una combinación de frecuencia, tiempo de activación y productos, y los restantes tres tratamientos fueron testigos.

### ***3.3.4 Estructura de los tratamientos***

#### **3.3.4.1 Frecuencia de aplicación**

La frecuencia usada fue de una aplicación por semana. Esta frecuencia de aplicación fue elegida basándose en la experiencia y recomendaciones de productores.

#### **3.3.4.2 Tiempo de activación**

Los microorganismos en los MM almacenados están en estado de latencia, por lo que hay que activarlos antes de usarlos. La activación consiste en mezclar una parte del MM original con una parte de alguna sustancia activadora que provea energía a los microorganismos (en este caso la melaza) y agua, y dejarlos en reposo durante un tiempo determinado. Se usaron tres tiempos de activación: una semana, dos semanas y tres semanas en la fase anaeróbica. Estos tiempos de activación se eligieron con el objeto de analizar el comportamiento de cada producto sobre el cultivo, así como también sus poblaciones de microorganismos.



La activación de los productos estuvo formada por dos fases, la primera anaeróbica y la segunda aeróbica, por lo que se utilizaron recipientes con tapas que permitieron el cierre hermético. La fase anaeróbica se realizaba durante una semana, dos semanas y tres semanas (dependiendo del tratamiento) con el objeto de evitar contaminación y dar las condiciones para el desarrollo de microorganismos anaeróbicos, y la fase aeróbica durante 1 día para crear un ambiente para el desarrollo de microorganismos aeróbicos.

En la fase anaeróbica se producen gases por lo que es recomendable utilizar contenedores plásticos, ya que estos pueden expandirse, sin embargo hay momentos en que fue necesario abrir los contenedores para sacar el exceso de gases producidos por la actividad de los microorganismos.

### **3.3.4.3 Producto foliar**

En total hubo 12 tratamientos formados por diferentes combinaciones de cinco productos; MM-1, MM-2, MM-3, EM, y Agua + melaza.

Descripción:

- **MM-1 y MM-2**

Estos productos fueron elaborados por dos productores (“A” y “B”) de la zona de Zarcero, Alajuela, Costa Rica. Fueron confeccionados con hojarasca recolectada en una pequeña área de bosque en sus propiedades entre abril y mayo del 2009 (época húmeda). Otros ingredientes utilizados fueron afrechó de arroz, suelo, y agua con melaza. También agregaron una porción de MM más antiguo, como inoculante para acelerar y reproducir los microorganismos. Estos ingredientes fueron mezclados para luego ser depositados y compactados para sacar todo el aire en un contenedor con cierre hermético. Luego de unos 20 a 30 días el MM fue considerado (por el productor) listo para ser usado.

- **MM-3**

Este producto, denominado el “C”, fue confeccionado en la finca comercial del CATIE por estudiantes de maestría en el curso de Manejo de Suelos Tropicales entre julio y agosto del 2010. La elaboración de este se hizo en base a hojarasca recolectada en un área de bosque de la institución, afrecho de arroz, agua con melaza y se inoculó con MM hecho

anteriormente. La mezcla de estos ingredientes fue colocada en un contenedor con cierre hermético y se trato de sacar todo el aire posible.

- **EM**

Es un producto comercial de Microorganismos Eficientes distribuido en Costa Rica por EM Research Organization Inc. (EMRO™). El EM es un producto natural elaborado con microorganismos eficientes.

Microorganismos presentes según información técnica del producto:

- Bacterias fototrópicas: Concentración en  $1 \times 10^4$  UFC/ml.
- Bacterias ácido lácticas: Concentración en  $1 \times 10^4$  UFC/ml.
- Levaduras: Concentración en  $1 \times 10^4$  UFC/ml.

- **Agua + melaza**

Es una mezcla de agua y melaza proporcional a la siguiente dosis: 1 galón de melaza + 200 litros de agua. Este tratamiento fue incluido con el propósito de determinar su posible efecto sobre el cultivo, ya que es un componente en el MM activado.

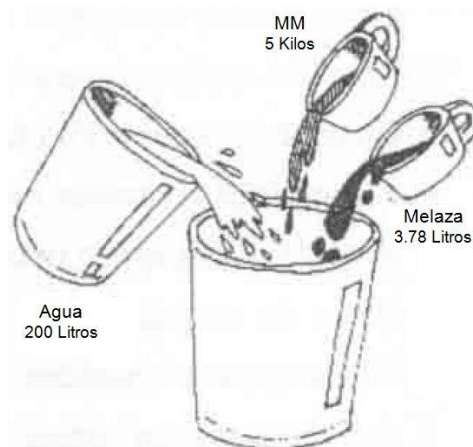
Cuadro 7. Estructura de los tratamientos del experimento 1

Tratamiento	Producto Foliar	Tiempo de activación (Semanas)	Frecuencia de aplicación
T-1	MM-1	1	cada semana
T-2	MM-2		
T-3	MM-3		
T-4	MM-1	2	
T-5	MM-2		
T-6	MM-3		
T-7	MM-1	3	
T-8	MM-2		
T-9	MM-3		
T-10	EM	0	
T-11	Agua + Melaza	0	
T-12	Ninguno	0	Testigo

**MM-1:** Producto elaborado por productor A. **MM-2:** Producto elaborado por productor B. **MM-3:** Producto elaborado por productor C. **EM:** Producto comercial.

### 3.3.5 Aplicación de los tratamientos

Los tratamientos se empezaron a aplicar desde la primera semana después de la siembra hasta la semana 14. Las aplicaciones se realizaron de manera foliar, con bombas atomizadoras diferentes para cada tratamiento para evitar contaminación de los productos. Para los tratamientos con MM se utilizó la dosis de la mezcla proporcional a: 5 kilos de producto + 1 galón de melaza + 200 litros de agua.



La dosis del producto comercial EM fue de 25 g/l, elegida basándose en su recomendación técnica del producto. Para la mezcla de agua y melaza se usó la dosis proporcional a: 1 galón de melaza + 200 litros de agua.

### 3.3.6 Variables evaluadas

#### 3.3.6.1 Variables Objetivo Específico 1

**Objetivo:** Evaluación del efecto de las aplicaciones foliares de MM en el crecimiento y la fenología de las plantas.

- **Altura de la planta (m):** Esta variable se evaluó en tres periodos después de la siembra, usando una cinta métrica. Se midieron las dos plantas por tratamiento y el resultado final fue la suma de las medidas acumuladas. La medida se efectuó desde el suelo hasta el ápice más alto.
- **Número de flores/planta:** Se contaron las flores de cada planta cada semana. Se expresó la suma de los conteos acumulados por tratamiento.
- **Número de hojas/planta:** Se contaron las hojas por cada planta. Se expresó la suma de los conteos acumulados por tratamiento.
- **Color de plantas:** Se evaluó mediante la carta de colores para tejidos de plantas según Munsell (Munsell Color 1997). Se tomó el dato por planta en la segunda hoja completa adulta antes del ápice. Se expresó por tratamiento.
- **Número de frutos/planta:** Se contaron los frutos por cada planta.

- **Inicio floración:** Se determinó el número de días después de la siembra cuando aparecieron los primeros botones florales en el 50% de las plantas de cada unidad experimental.
- **Inicio fructificación:** Se determinó el número de días después de la siembra cuando aparecieron los primeros frutos en el 50% de las plantas.
- **Inicio de madurez de frutos:** Se evaluó de forma visual por tratamiento al momento en que los frutos cambiaron 50% su coloración en al menos el 50% de las plantas. Se expreso en días después de la siembra por tratamiento.

### 3.3.6.2 Variables Objetivo Específico 2

**Objetivo:** Evaluar el efecto de las aplicaciones foliares de MM en la incidencia y severidad de enfermedades foliares y el daño causado por insectos<sup>4</sup>.

- **Incidencia de enfermedades:** De acuerdo a las enfermedades que se presentaron se evaluó el porcentaje de plantas enfermas en cada tratamiento. Se realizaron monitoreos semanales para detectar la aparición y en caso de presentarse alguna enfermedad se identificaron con ayuda de manuales de enfermedades.
- **Severidad de infección:** En caso de enfermedades que causan la perdida de la planta, como la marchitez bacteriana, se consideró la severidad como el porcentaje de plantas afectadas o muertas. En caso de otras enfermedades que no causaron la muerte de las plantas se considero el área afectada.
- **Presencia de insectos:** Se contaron e identificaron mediante monitoreo por tratamiento los insectos que se presentaron en las plantas por unidad experimental.

---

<sup>4</sup> Las variables de este objetivo se evaluaron cada semana después de la siembra mediante monitoreo.

### 3.3.7 *Diseño experimental y análisis*

El diseño fue en bloques completos al azar con cinco repeticiones por tratamiento. El diseño en bloques se realizó para evitar un posible efecto de la luz solar y la sombra de las paredes del invernadero. Cada bloque estuvo representado por 24 macetas (dos por tratamiento por 12 tratamientos) acomodadas en dos filas separadas entre sí por 0.20 metros y 0.40 metros entre macetas. Los bloques se separaban uno del otro por 0.60 metros. Cada unidad experimental o tratamiento contó con dos macetas, una planta por maceta.

El modelo de análisis estadístico fue:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$$

$Y_{ijk}$ : Es la  $ij$  – esima observación (variable estudiada).

$\mu$ : Es la media general.

$\beta_i$ : Efecto del  $i$ -ésimo bloque.

$\tau_j$ : Efecto del  $j$ -ésimo nivel de los tratamientos.

$\varepsilon_{ij}$ : Error experimental.

Los datos se sometieron a análisis de varianzas, y en caso de encontrarse diferencias estadísticas entre los tratamientos se hicieron contrastes ortogonales para hacer inferencia sobre los grupos de tratamientos y comparaciones entre medias mediante la prueba de LSD. Para los parámetros altura de la planta, número de hojas, número de flores y número de frutos, los datos fueron transformados a rangos para evitar problemas de normalidad. También en dichos caso se utilizaron modelos generales y mixtos para evitar problemas de varianza por la falta de datos causada por enfermedades que produjeron la muerte de plantas. En estos casos se utilizó como co-variable para los análisis la fecha en que la planta murió a causa de la enfermedad.

## 3.4 Experimento 2

Este experimento se realizó en la finca “Los Nacientes” en San Ramón, Alajuela, Costa Rica.

### 3.4.1 *Material experimental*

Se trabajó con plántulas de tomate de la variedad Montaña Plus. Esta variedad fue elegida por ser usada y recomendada por los agricultores en el presente año.

### 3.4.2 *Manejo agronómico del cultivo*

Se realizaron las labores que el productor efectúa y que son recomendadas para la producción de tomate bajo invernadero: el trasplante de las plántulas se efectuó directamente de las bandejas las camas de suelo del invernadero, previamente fertilizado con lombricompost. Durante la floración se realizó una aplicación de calcio, magnesio, y potasio. También se realizaron tres aplicaciones de abonos foliares que usualmente hace el productor, como los sulfocálcicos; todo esto para garantizar a la planta la mayor disponibilidad de nutrimentos y, por ende, una mayor producción. El control de malezas se realizó manualmente para favorecer el desarrollo de las plantas de tomate.

Se realizaron las prácticas agrícolas recomendadas para el manejo de enfermedades. Durante el desarrollo de la planta se eliminaron los hijos laterales para manejar el cultivo con un solo eje. Esto se realizó con el objetivo de mejorar el paso de luz y permitir una buena aireación en el cultivo, de esta forma disminuir la humedad relativa del ambiente y evitar la proliferación de enfermedades. También se eliminaron las hojas que se encontraban en contacto con el suelo, con la finalidad de reducir el tizón temprano (*Alternaria solani*). Del mismo modo, se eliminarán los tejidos enfermos y frutos dañados, con el cuidado de no dejar la planta sin el follaje necesario para el llenado de frutos.

Con respecto al riego, se realizó con un sistema de riego por goteo en cintas. Por último, se amarraron las plantas a postes (tutorado) para evitar que las ramas tocaran al suelo y que se rompieran por el peso de producción, lo cual puede favorecer la entrada de algunos organismos fitopatógenos. Se utilizaron tutores unidos con un alambre ubicado a 1 metro y dos metros respectivamente del suelo, se amarraron las plantas utilizando mecates tomateros y hebras de hilo de sacos para mantener las ramas del tomate elevadas.

### 3.4.3 *Tratamientos evaluados*

Los tratamientos evaluados fueron cuatro, los primeros dos tratamientos son una combinación de dosis, frecuencia de aplicación y producto, y los restantes dos tratamientos fueron testigos. Un total de 16 unidades experimentales con 25 plantas cada una.

### 3.4.4 *Estructura de los tratamientos*

#### 3.4.4.1 **Dosis**

Para el MM-1 se hacía una mezcla proporcional a la siguiente dosis: 5 kilos de producto + 1 galón de melaza + 200 litros de agua.

#### 3.4.4.2 **Frecuencia de aplicación**

La frecuencia semanal de aplicación fue elegida basándose en la información obtenida de la experiencia de productores.

#### 3.4.4.3 **Producto foliar**

En total hay 4 tratamientos formados por diferentes combinaciones de diferentes productos; MM-1, EM, y Agua + melaza. Estos productos fueron los mismos utilizados y descritos para el experimento 1.

Cuadro 8. Estructura de los tratamientos del experimento 2

<b>Tratamiento</b>	<b>Producto Foliar</b>	<b>Frecuencia de aplicación</b>
T-1	EM	Cada semana
T-2	MM-1	
T-3	Agua + Melaza	
T-4	Ninguno	Testigo

MM-1: Producto elaborado por productor A. EM: Producto comercial.

### 3.4.5 *Aplicación de los tratamientos*

Los tratamientos se empezaron a aplicar desde la primera semana después de la siembra hasta la semana 18. Las aplicaciones se realizaron de manera foliar, con bombas atomizadoras diferentes para cada tratamiento para evitar contaminación de los productos.



Para los tratamientos con MM-1 se utilizó la dosis mencionada anteriormente. La dosis del producto comercial EM fue de 25 gr/l, elegida basándose en su recomendación técnica. Para la mezcla de agua y melaza se usó la proporción de 1 galón de melaza con 200 litros de agua.

### **3.4.6 Variables evaluadas**

#### **3.4.6.1 Variables Objetivo Específico 1**

**Objetivo:** Evaluación del efecto de las aplicaciones foliares de MM en el crecimiento y la fenología de las plantas. Así como en el rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y la calidad de los frutos.

- **Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ):** Se pesaron los frutos cosechados por tratamiento. Se expreso en  $\text{kg ha}^{-1}$ .
- **Peso por fruto (g):** Se calculo el peso promedio de frutos cosechados por unidad experimental dividiendo el peso total por el número de frutos.

Las siguientes variables fueron evaluadas mediante los mismos procedimientos descritos para el experimento 1:

- **Altura de la planta (m)**
- **Número de flores/planta**
- **Número de hojas/planta**
- **Número de frutos/planta**
- **Inicio floración**
- **Inicio fructificación**
- **Inicio de madurez de frutos**

### 3.4.7 *Diseño experimental y análisis*

El diseño fue en bloques completo al azar por cuatro repeticiones por tratamiento. El diseño en bloques se realizó para evitar un posible efecto de la luz solar y la sombra de las paredes del invernadero. Cada bloque o repetición estuvo representado por dos surcos con 50 plantas cada uno, 25 plantas por tratamiento, que se sembraron a 0.40 metros entre plantas y 0.20 entre surcos. Los bloques se separaban uno del otro por 0.50 metros.

El modelo de análisis estadístico fue:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$$

$Y_{ijk}$ : Es la  $ij$  – esima observación (variable estudiada).

$\mu$ : Es la media general.

$\beta_i$ : Efecto del  $i$ -ésimo bloque.

$\tau_j$ : Efecto del  $j$ -ésimo nivel de los tratamientos.

$\varepsilon_{ij}$ : Error experimental.

Para la exploración de los datos se hizo análisis de varianzas, y en caso de encontrarse diferencias estadísticas entre los tratamientos se hicieron contrastes ortogonales para hacer inferencia sobre los grupos de tratamientos y comparaciones entre medias mediante la prueba de LSD.

## 3.5 **Caracterización de los MM**

Los análisis para la caracterización microbiológica de las diferentes mezclas de microorganismos de montaña, fueron realizados en el laboratorio de fitoprotección del INA-Cartago (Centro Nacional Especializado en Agricultura Orgánica en Chinchilla, Cartago, Costa Rica). La metodología (Madigan *et al.* 2009) aplicada para dicha caracterización se detalla a continuación:

1. Pesar 10 g de la muestra.
2. Colocar la muestra pesada en 100 ml de agua estéril (Dilución 10:1).
3. Agitar la dilución por 5 minutos.
4. En la cámara de flujo laminar, tomar 1 ml de la solución.
5. Traspasar a un tubo de ensayo con 9 ml de agua estéril (Dilución 10:2). Agitar.
6. De la dilución 10:2 tomar 1 ml y traspasarlo a otro tubo con 9 ml de agua estéril (Dilución 10:3). Agitar.
7. Tomar 0.5 ml de la dilución 10:3 y esparcirlas con una espátula Digalski en un plato Petri con medio PDA acidificado y en otro plato con medio Agar Nutritivo.
8. De la dilución 10:3 tomar 1 ml y traspasarlo a otro tubo con 9 ml de agua estéril (Dilución 10:4). Agitar.
9. De la dilución 10:4 tomar 0.5 ml y esparcirlas con una espátula Digalski en un plato Petri con medio agar actinomicete.
10. De la dilución 10:4 tomar 1 ml y traspasarlo a otro tubo con 9 ml de agua estéril (Dilución 10:5). Agitar.
11. De la dilución 10:5 tomar 1 ml y traspasarlo a otro tubo con 9 ml de agua estéril (Dilución 10:6). Agitar.
12. De la dilución 10:6 tomar 0.5 ml y esparcirlas con una espátula Digalski en un plato Petri con medio agar nutritivo.
13. Incubar:
  - a. Los platos con las diluciones 10:3 en medio PDA acidificado (hongos y levaduras) se incubarán 8 días a una temperatura de 27-28°C y 80% HR.
  - b. Los platos en medio Agar Nutritivo con las diluciones 10:3 (bacterias anaeróbicas) se incubarán entre 24-48 horas a una temperatura de 29°C en una jarra anaeróbica y los de dilución 10:6 se incubarán entre 24-48 horas a una temperatura de 29°C.
  - c. Los platos con las diluciones 10:4 en medio Agar Actinomicete se incubarán 8 días a una temperatura de 29°C y 80% HR.

### 3.6 Entrevistas con productores

Esta fase se realizó mediante visitas a 30 productores de las provincias de Cartago y Alajuela en Costa Rica, que cumplían con las características que se muestran en el cuadro 9. Las visitas se realizaron con el objeto de investigar la percepción sobre la utilidad de esta técnica.

Cuadro 9. Principales características de los agricultores entrevistados

Características							
Localización de fincas		Productor		Uso de MM		Sistema	
Provincia	Provincia	Orgánico	Convencional	Foliar	Al suelo	Invernadero	Campo
Cartago	Alajuela						

La herramienta usada fue entrevistas semi-estructuradas diseñadas para proveer las respuestas a los objetivos de investigación. Entre la información recabada por medio de las entrevistas cabe citar la percepción de los productores respecto al aporte de esta tecnología, en cuanto a sus aportes a beneficio de mejoras en propiedades del biológicas y químicas del suelo, así como a la mejora de sus cultivos.

#### 3.6.1 Análisis de la información

Los datos fueron sometidos a un análisis estadístico de tablas de contingencias y análisis multivariado de correspondencia con los estadísticos chi-cuadrado y Pearson, y conglomerado utilizando el paquete estadístico InfoStat.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Objetivo Específico 1

Evaluación del efecto de las aplicaciones foliares de MM en el crecimiento y la fenología de las plantas.

#### 4.1.1 Experimento 1

##### 4.1.1.1 Variables con diferencias estadísticas

###### Número de hojas/planta

El análisis estadístico para el número de hojas/planta presentó diferencias significativas para los tratamientos ( $F = 2.56$ ,  $p = 0.0067$ : cuadro 10).

Cuadro 10. Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III) para número de hojas/planta de tomate variedad Montaña Plus a las 14 semanas, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica

	gl (num)	gl (den)	F-valor	p-valor
(Intercepto)	1	98	52,74	<0,0001
Tratamientos	11	98	2,56	0,0067
Co-variable	1	98	191,77	<0,0001

$P < 0,05$  corresponde a diferencias significativas.

**gl (num):** Grados de libertad del numerador. **gl (den):** Grados de libertad del denominador. **F-valor:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula. **SC:** Suma de cuadrados.

Se realizaron contrastes y pruebas de comparación de medias para identificar las diferencias. La prueba de contrastes mostró diferencias en varias comparaciones. Con un valor de  $p$  igual a 0,0122 el MM-2 fue diferente al MM-1 y el MM-3 en el tiempo de activación de dos semanas. Así mismo en la comparación del MM-2 en los tres tiempos de activación (una, dos y tres semanas) el activado a dos semanas con un valor de  $p$  igual a 0,0114 fue diferente a los activados a una y tres semanas respectivamente (cuadro 11). Los contrastes entre los testigos y los demás tratamientos no presentaron diferencias estadísticas.

El MM-1 activado durante una semana fue el mejor, diferenciándose estadísticamente del MM-2 con dos semanas de activación. Del mismo modo el MM-3 activado a tres semanas, el MM-2 activado a una semana, el testigo, y el agua con melaza, iguales entre sí, fueron mayores estadísticamente que el MM-2 con dos semanas de activación (fig. 8).

Cuadro 11. Contrastes de interés para número de hojas/planta de tomate variedad Montaña Plus a las 14 semanas, en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (mm), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza, y un testigo. Turrialba, Costa Rica

Contrastes	F	gl (num)	gl (den)	p-valor
Testigo vs el resto	0,13	1	98	0,7213
Agu_Mel vs MMs	0,33	1	98	0,5675
EM vs MMs	0,05	1	98	0,8209
MM2_T2 vs MM1_T2 y MM3_T2	6,52	1	98	0,0122
MM1_T1 vs MM1_T2 y MM1_T3	3,77	1	98	0,0551
MM2_T2 vs MM2_T1 y MM2_T3	6,65	1	98	0,0114

$P \leq 0,05$  corresponde a diferencias significativas.

**MM1, MM2, MM3:** MM del productor A, B, o C, respectivamente. **T1, T2, T3:** tiempo de activación de una, dos, o tres semanas, respectivamente. **EM:** microorganismos eficientes (producto comercial). **Agu\_Mel:** agua y melaza. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula. **gl (num):** Grados de libertad del numerador. **gl (den):** Grados de libertad del denominador.

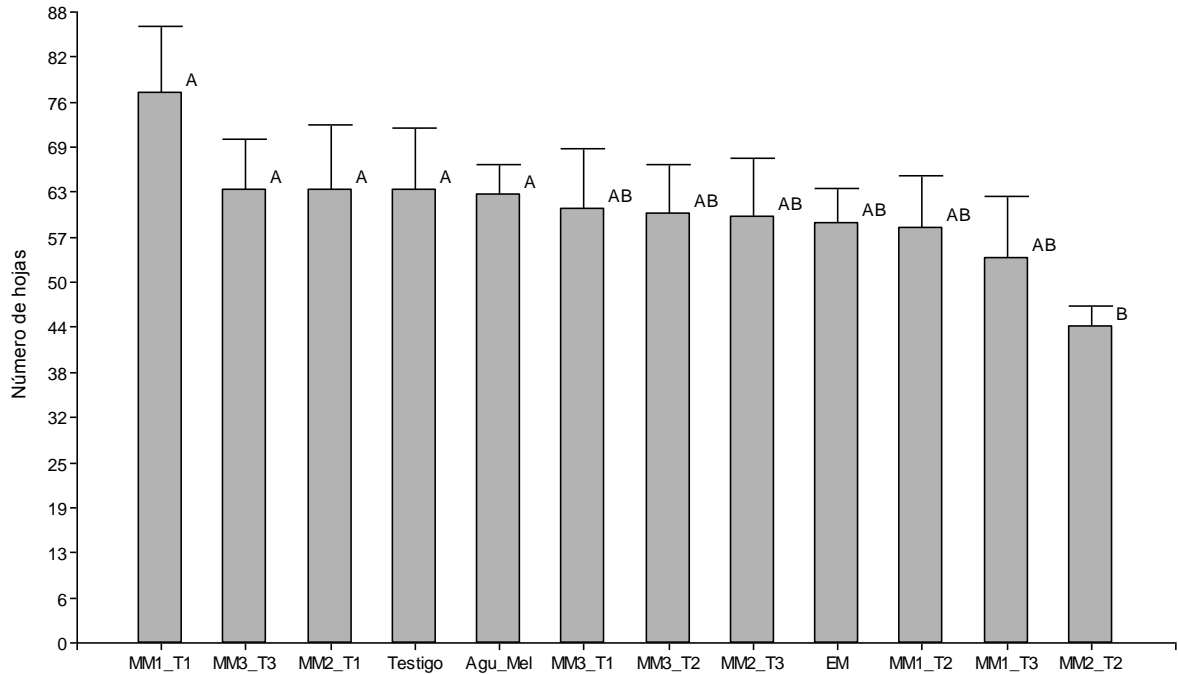


Figura 8. Número de hojas de plantas de tomate en semana 10 en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM1, MM2, y MM3) a diferentes tiempos de activación (T1, T2, y T3), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza (Agu\_Mel) y, un testigo absoluto (CATIE, Turrialba, Costa Rica, septiembre 2011; n= 10)  
 Letras distintas indican diferencias significativas Fisher's LSD ( $p \leq 0,05$ ). Las barras sobre las columnas representan los errores estándar.

### Número de flores/planta

El análisis estadístico para número de flores/planta, mostró diferencias significativas para los tratamientos ( $F = 3,57$ ,  $p = 0,0003$ : cuadro 121212). Los contrastes mostraron diferencias significativas en varias comparaciones. Para los MM en el tiempo de activación de dos semanas, el MM-2 fue diferente en número de flores a los demás MM, con un valor de  $p$  igual a 0,0016. Del mismo modo se presenta que el MM-1 activado a una semana hubo diferencias con los MM-1 activados a dos y tres semanas respectivamente, con un valor de  $P$  igual a 0,0092. Así mismo, se muestra que el MM-2 activado a dos semanas fue diferente a los MM-2 activados a una y tres semanas respectivamente, con un valor de  $P$  igual a 0,0023.

Cuadro 12. Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III) para número de flores/planta de tomate variedad Montaña Plus a las 14 semanas, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica

	gl (num)	gl (den)	F-valor	p-valor
(Intercepto)	1	98	36,89	<0,0001
Tratamientos	11	98	3,57	0,0003
Co-variable	1	98	143,11	<0,0001

P < = 0,05 corresponde a diferencias significativas.

**gl (num):** Grados de libertad del numerador. **gl (den):** Grados de libertad del denominador. **F-valor:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula. **SC:** Suma de cuadrados.

En la comparación de los tiempos de activación, el tiempo de dos semanas presentó diferencias con los demás, con un p igual a 0,0399 (cuadro 13).

Cuadro 13. Contrastes de interés para número de flores/planta de tomate variedad Montaña Plus a las 14 semanas, en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza, y un testigo. Turrialba, Costa Rica

Contrastes	F	gl (num)	gl (den)	p-valor
Testigo vs el resto	1,05	1	98	0,3075
Agu_Mel vs MMs	2,57	1	98	0,1123
EM vs MMs	0,94	1	98	0,3353
MM2_T2 vs MM1_T2 y MM3_T2	10,56	1	98	0,0016
MM1_T1 vs MM1_T2 y MM1_T3	7,06	1	98	0,0092
MM2_T2 vs MM2_T1 y MM2_T3	9,78	1	98	0,0023
T2 vs T1 y T3	4,34	1	98	0,0399

P < = 0,05 corresponde a diferencias significativas.

**MM1, MM2, MM3:** MM del productor A, B, o C, respectivamente. **T1, T2, T3:** tiempo de activación de una, dos, o tres semanas, respectivamente. **EM:** microorganismos eficientes (producto comercial). **Agu\_Mel:** agua y melaza. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula. **gl (num):** Grados de libertad del numerador. **gl (den):** Grados de libertad del denominador.



El MM-1 activado durante una semana tenía el mayor número de flores, al igual que con el número de hojas. El MM-2 con dos semanas de activación obtuvo el valor más bajo. Así mismo, el MM-1 en el tiempo de activación de una semana obtuvo mejores valores que el EM, el MM-1 con tres semanas de activación y el testigo (fig. 9).

Al igual que el anterior caso, puede apreciarse que el MM-1 T1 y el MM-2 T2 siguen la misma tendencia de diferenciarse entre ellos. También se presenta la misma tendencia entre el MM-1 T1 y el MM-1 T3, pudiendo esto ser un indicador de que el tiempo de activación de tres semanas no sea conveniente en el caso del MM-1. En el gráfico también puede observarse que hay diferencias estadísticas entre el MM-1 T1 y el EM, lo cual evidencia el potencial que tienen los MM. Del mismo modo el MM-1 T1 se diferencia estadísticamente del testigo y el MM-1 T3.

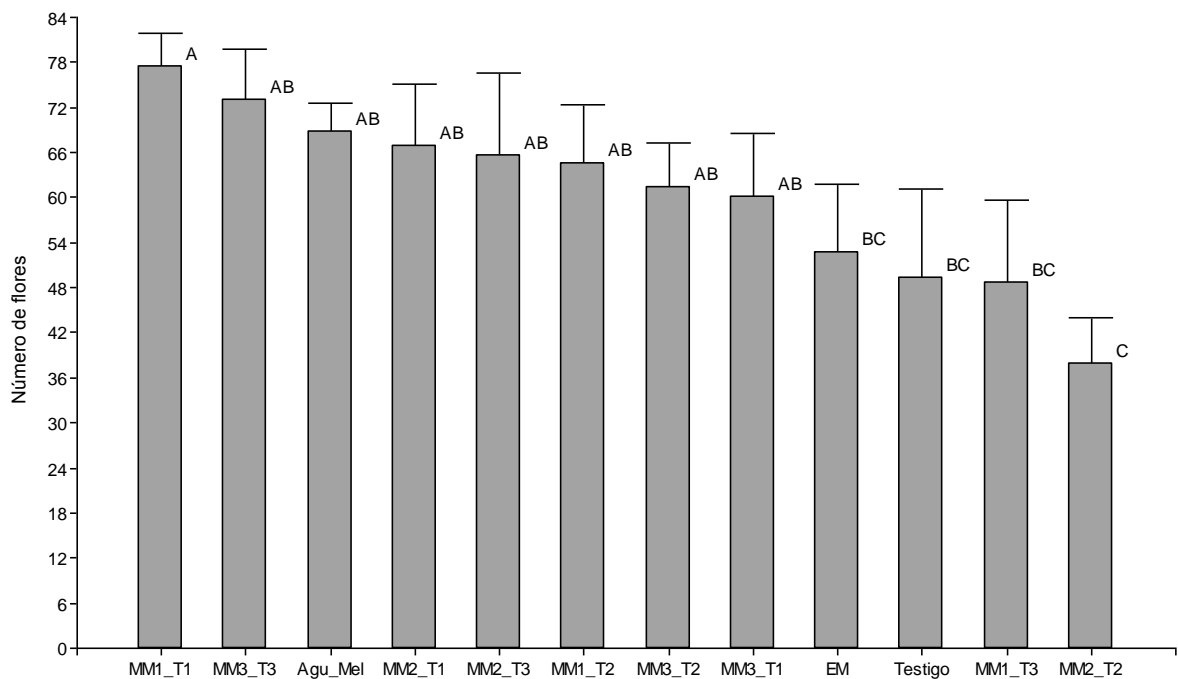


Figura 9. Número de flores/plantas de tomate en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM1, MM2, y MM3) a diferentes tiempos de activación (T1, T2, y T3), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza (Agu\_Mel) y, un testigo absoluto (CATIE, Turrialba, Costa Rica, septiembre 2011; n= 10)

Letras distintas indican diferencias significativas Fisher's LSD ( $p < 0,05$ ). Las barras sobre las columnas representan los errores estándar.

En el caso de los tiempos de activación para el MM-1, siguen la misma tendencia que se presentó en la variable de número de hojas, su efectividad disminuye a medida que se aumenta el tiempo de activación. Sorprendentemente, para el MM-3 el caso fue todo lo contrario aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas (Fig. 9). El MM-1 activado a tres semanas y el MM-2 activado a dos semanas fueron los únicos tratamientos iguales o inferiores al testigo absoluto y a EM aunque sin diferencias estadísticas.

#### 4.1.1.2 Variables sin diferencias estadísticas

##### Altura de la planta (m)

El análisis estadístico para altura de la planta (m) no mostró diferencias significativas para los tratamientos ( $F = 1.08$ ,  $p = 0,3886$ : cuadro 14).

Cuadro 14. Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III) para altura de plantas de tomate variedad Montaña Plus a las 14 semanas, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica

	gl (num)	gl (den)	F-valor	p-valor
(Intercepto)	1	98	19,01	<0,0001
Tratamientos	11	98	1,08	0,3886
Co-variable	1	98	171,74	<0,0001

$P \leq 0,05$  corresponde a diferencias significativas.

**gl (num):** Grados de libertad del numerador. **gl (den):** Grados de libertad del denominador. **F-valor:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula. **SC:** Suma de cuadrados.

Puede observarse que para la co-variable (fecha de muerte de plantas) se presentó una alta incidencia estadística, lo cual puede ser un indicativo de que influyó para que no se presentaran diferencias estadísticas en las alturas de las plantas para los tratamientos aplicados. Las medias de las alturas de las plantas de tres periodos y la altura acumulada no fueron significativamente diferentes (fig. 10).

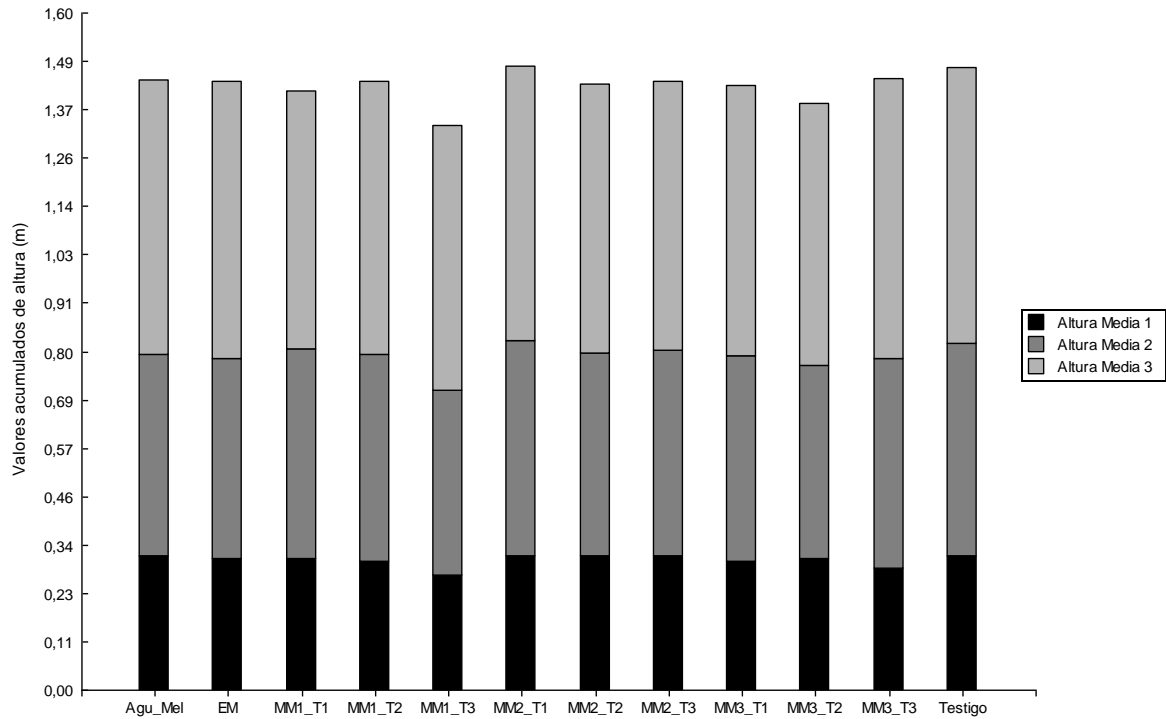


Figura 10. Medidas de altura (m) de plantas de tomate en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM1, MM2, y MM3) a diferentes tiempos de activación (T1, T2, y T3), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza (Agu\_Mel) y un testigo absoluto (CATIE, Turrialba, Costa Rica, septiembre 2011; n= 10)

### Número de frutos/planta

El número de frutos/planta no mostró diferencias significativas para los tratamientos ( $F = 1.19$ ,  $p = 0,3053$ : cuadro 15). Se puede observar que la co-variable (fecha de muerte de plantas) obtuvo diferencias estadísticas, lo cual puede ser un indicativo de que tuvo incidencia para que no se presentaran diferencias estadísticas en el número de frutos por planta para los tratamientos.

Cuadro 15. Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III) para número de frutos/planta de tomate variedad Montaña Plus a las 14 semanas, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica

	gl (num)	gl (den)	F-valor	p-valor
(Intercepto)	1	94	1,00	0,3201
Tratamientos	11	94	1,19	0,3053
Co-variable	1	94	4,08	0,0461

$P < 0,05$  corresponde a diferencias significativas.

**gl (num):** Grados de libertad del numerador. **gl (den):** Grados de libertad del denominador. **F-valor:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula. **SC:** Suma de cuadrados.

### Inicio floración

El inicio de floración no reveló diferencias significativas para los tratamientos ( $F = 1,08$ ,  $p = 0,3876$ : cuadro 16).

Cuadro 16. Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III) para inicio de floración en plantas de tomate variedad Montaña Plus a las 14 semanas, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica

	gl (num)	gl (den)	F-valor	p-valor
(Intercepto)	1	98	29,76	<0,0001
Tratamientos	11	98	1,08	0,3876
Co-variable	1	98	4,19	0,0433

$P < 0,05$  corresponde a diferencias significativas.

**gl (num):** Grados de libertad del numerador. **gl (den):** Grados de libertad del denominador. **F-valor:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula. **SC:** Suma de cuadrados.

La co-variable (fecha de muerte de plantas) obtuvo diferencias estadísticas, lo cual puede ser un indicativo de que esta tuvo ocurrencia para que no se presentaran diferencias estadísticas para los tratamientos.

### Inicio fructificación

El inicio de fructificación no reveló diferencias significativas para los tratamientos ( $F = 1.25$ ,  $p = 0,2666$ : cuadro 17).

Cuadro 17. Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III) para inicio de fructificación en plantas de tomate variedad Montaña Plus a las 14 semanas, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica

	gl (num)	gl (den)	F-valor	p-valor
(Intercepto)	1	94	11,93	0,0008
Tratamientos	11	94	1,25	0,2666
Co-variable	1	94	0,14	0,7093

$P \leq 0,05$  corresponde a diferencias significativas.

**gl (num):** Grados de libertad del numerador. **gl (den):** Grados de libertad del denominador. **F-valor:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula. **SC:** Suma de cuadrados.

### Inicio de madurez de frutos

El inicio de madurez de frutos no mostró diferencias significativas para los tratamientos ( $F = 0.79$ ,  $p = 0,6483$ : cuadro 18).

Cuadro 18. Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III) para inicio de madurez de frutos en plantas de tomate variedad Montaña Plus a las 14 semanas, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica

	gl (num)	gl (den)	F-valor	p-valor
(Intercepto)	1	64	6,72	0,0118
Tratamientos	11	64	0,79	0,6483
Co-variable	1	64	13,42	0,0005

$P \leq 0,05$  corresponde a diferencias significativas.

**gl (num):** Grados de libertad del numerador. **gl (den):** Grados de libertad del denominador. **F-valor:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula. **SC:** Suma de cuadrados.

## Color de plantas

El color de plantas no mostró diferencias significativas para los tratamientos ( $F = 0,77$ ,  $p = 0,6700$ : cuadro 19).

Cuadro 19. Anava para color de planta de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	33,83	15	2,26	0,85	0,6230
Bloque	11,33	4	2,83	1,07	0,3777
Tratamientos	22,50	11	2,05	0,77	0,6700
Error	276,67	104	2,66		
Total	310,50	119			

$P < 0,05$  corresponde a diferencias significativas.

**F.V.:** Fuente de variación. **SC:** Suma de cuadrados. **gl:** Grados de libertad. **CM:** Cuadrado medio. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula.

## 4.1.2 Experimento 2

### 4.1.2.1 Variables con diferencias estadísticas

#### Número de flores/planta

El número de flores por planta mostró diferencias altamente significativas para los tratamientos ( $F = 68,38$ ,  $p = <0,0001$ : cuadro 20).

Cuadro 20. Anava para número de flores/plantas de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 2, San Ramón, Costa Rica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	253,72	6	42,29	34,49	<0,0001
Bloque	2,23	3	0,74	0,61	0,6275
Tratamientos	251,49	3	83,83	68,38	<0,0001
Error	11,03	9	1,23		
Total	264,75	15			

$P < 0,05$  corresponde a diferencias significativas.

**F.V.:** Fuente de variación. **SC:** Suma de cuadrados. **gl:** Grados de libertad. **CM:** Cuadrado medio. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula.

Los contrastes realizados mostraron diferencias significativas en varias comparaciones. Se destaca una alta diferencia significativa entre el agua + melaza y el MM-1, seguido de las diferencias entre el EM y el MM-1, y el testigo versus el resto respectivamente (cuadro 21). El MM-1 tenía el mayor número de flores/planta, seguido por el EM, el testigo absoluto y, finalmente, el tratamiento agua + melaza (fig. 11).

Cuadro 21. Contrastes para número de flores/plantas de tomate variedad Montaña Plus, en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza, y un testigo. Experimento 2. San Ramón, Costa Rica

<b>Contrastes</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Testigo vs el resto	14,70	1	14,70	11,99	0,0071
Agu_Mel vs MM-1	224,19	1	224,19	182,86	<0,0001
EM vs MM-1	19,47	1	19,47	15,88	0,0032
Total	251,49	3	83,83	68,38	<0,0001

P <= 0,05 corresponde a diferencias significativas.

**MM-1:** MM del productor A. **EM:** microorganismos eficientes (producto comercial). **Agu\_Mel:** agua y melaza. **SC:** Suma de cuadrados. **gl:** Grados de libertad. **CM:** Cuadrado medio. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula.

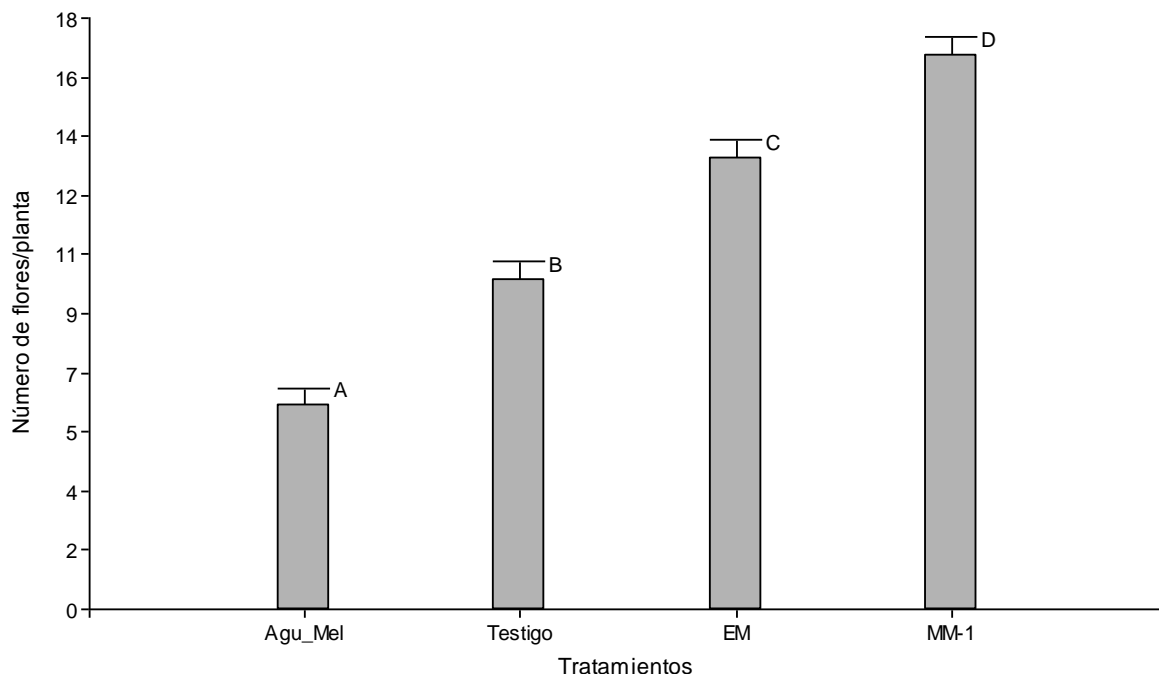


Figura 11. Número de flores/plantas de tomate a ocho semanas después de la siembra en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM-1), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza (Agu\_Mel) y, un testigo absoluto (Finca “Los Nacientes”, San Ramón, Costa Rica, septiembre 2011; n= 100)

Letras distintas indican diferencias significativas Fisher’s LSD ( $p < 0,05$ ). Las barras sobre las columnas representan los errores estándar.

### Número de frutos/planta

El número de frutos por planta mostró diferencias altamente significativas para los tratamientos ( $F = 100,34$ ,  $p = <0,0001$ : cuadro 22). Los contrastes muestran diferencias significativas en varias comparaciones. Se destaca una alta diferencia significativa entre el agua + melaza y el MM-1, seguido de las diferencias entre el EM y el MM-1, y el testigo versus el resto respectivamente (cuadro 23). El MM-1 fue el que mayor valor alcanzado en esta variable, diferenciándose de los demás tratamientos (fig. 12).



Cuadro 22. Anava para la variable frutos/plantas de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 2, San Ramón, Costa Rica

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	115,09	6	19,18	50,59	<0,0001
Bloque	0,97	3	0,32	0,85	0,4992
Tratamientos	114,12	3	38,04	100,34	<0,0001
Error	3,41	9	0,38		
Total	118,50	15			

P <= 0,05 corresponde a diferencias significativas.

**F.V.:** Fuente de variación. **SC:** Suma de cuadrados. **gl:** Grados de libertad. **CM:** Cuadrado medio. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula.

Cuadro 23. Contrastes de interés para la variable frutos/plantas de tomate variedad Montaña Plus, en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza, y un testigo. Experimento 2. San Ramón, Costa Rica

<b>Contrastes</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Testigo vs el resto	14,21	1	14,21	37,49	0,0002
Agu_Mel vs MM-1	98,56	1	98,56	259,97	<0,0001
EM vs MM-1	15,68	1	15,68	41,36	0,0001
Total	114,12	3	38,04	100,34	<0,0001

P <= 0,05 corresponde a diferencias significativas.

**MM-1:** MM del productor A. **EM:** microorganismos eficientes (producto comercial). **Agu\_Mel:** agua y melaza. **SC:** Suma de cuadrados. **gl:** Grados de libertad. **CM:** Cuadrado medio. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula.

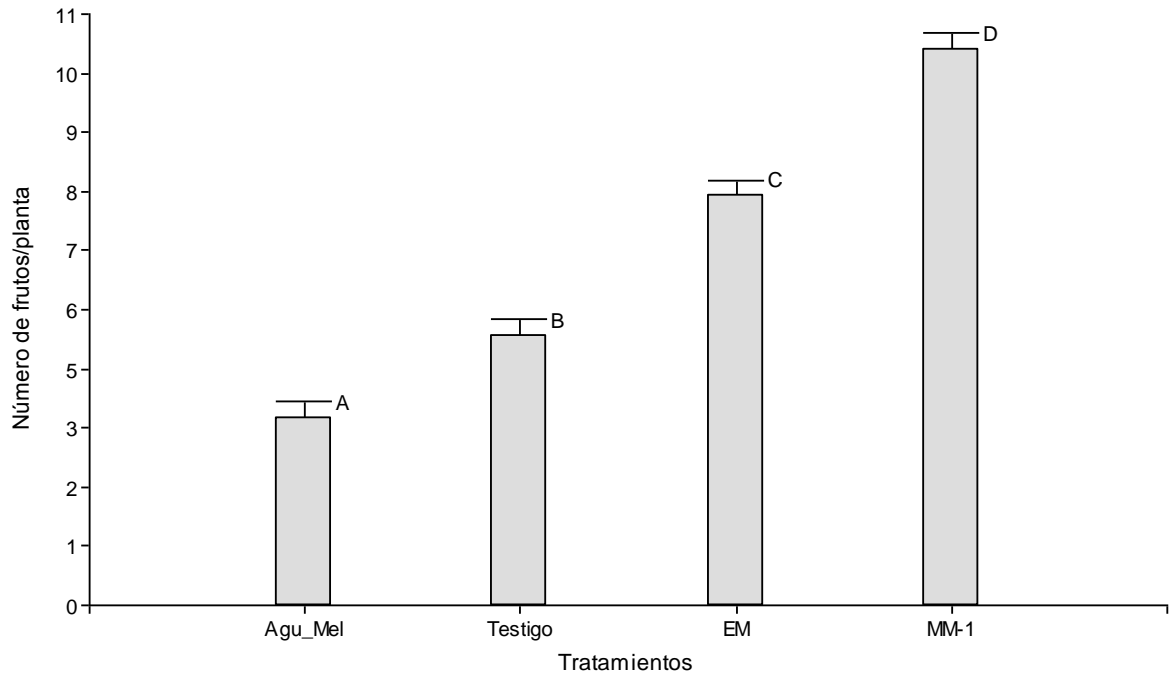


Figura 12. Número de frutos/planta de tomate a ocho semanas después de la siembra en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM-1), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza (Agu\_Mel) y, un testigo absoluto (Finca “Los Nacientes”, San Ramón, Costa Rica, septiembre 2011; n= 100)

Letras distintas indican diferencias significativas Fisher’s LSD ( $p \leq 0,05$ ). Las barras sobre las columnas representan los errores estándar.

### **Peso/frutos (g)**

El número de frutos/plantas mostró diferencias significativas para los tratamientos ( $F = 9,48$ ,  $p = 0,0038$ : cuadro 24). Los contrastes realizados solo mostraron diferencias significativas en la comparación del testigo versus el resto, con un valor de  $p$  igual a 0,0027 (cuadro 25).

Cuadro 24. Anava para la variable peso/frutos (g) de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 2, San Ramón, Costa Rica

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	117119,04	6	19519,84	4,91	0,0170
Bloque	4105,54	3	1368,51	0,34	0,7942
Tratamientos	113013,50	3	37671,17	9,48	0,0038
Error	35781,05	9	3975,67		
Total	152900,09	15			

P <= 0,05 corresponde a diferencias significativas.

**F.V.:** Fuente de variación. **SC:** Suma de cuadrados. **gl:** Grados de libertad. **CM:** Cuadrado medio. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula.

Cuadro 25. Contrastes de interés para la variable peso/frutos (g) de tomate variedad Montaña Plus, en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza, y un testigo. Experimento 2. San Ramón, Costa Rica

<b>Contrastes</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Testigo vs el resto	66833,40	1	66833,40	16,81	0,0027
Agu_Mel vs MM-1	16717,06	1	16717,06	4,20	0,0705
EM vs MM-1	7056,72	1	7056,72	1,77	0,2155
Total	113013,50	3	37671,17	9,48	0,0038

P <= 0,05 corresponde a diferencias significativas.

**MM-1:** MM del productor A. **EM:** microorganismos eficientes (producto comercial). **Agu\_Mel:** agua y melaza. **SC:** Suma de cuadrados. **gl:** Grados de libertad. **CM:** Cuadrado medio. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula.

El EM fue el que mayor valor alcanzado, diferenciándose estadísticamente del agua + melaza, y el testigo, pero no del MM-1. El MM-1 no se diferencio estadísticamente del agua + melaza, pero si del testigo. Entre el agua + melaza y el testigo no se presentaron diferencias significativas (fig. 13).

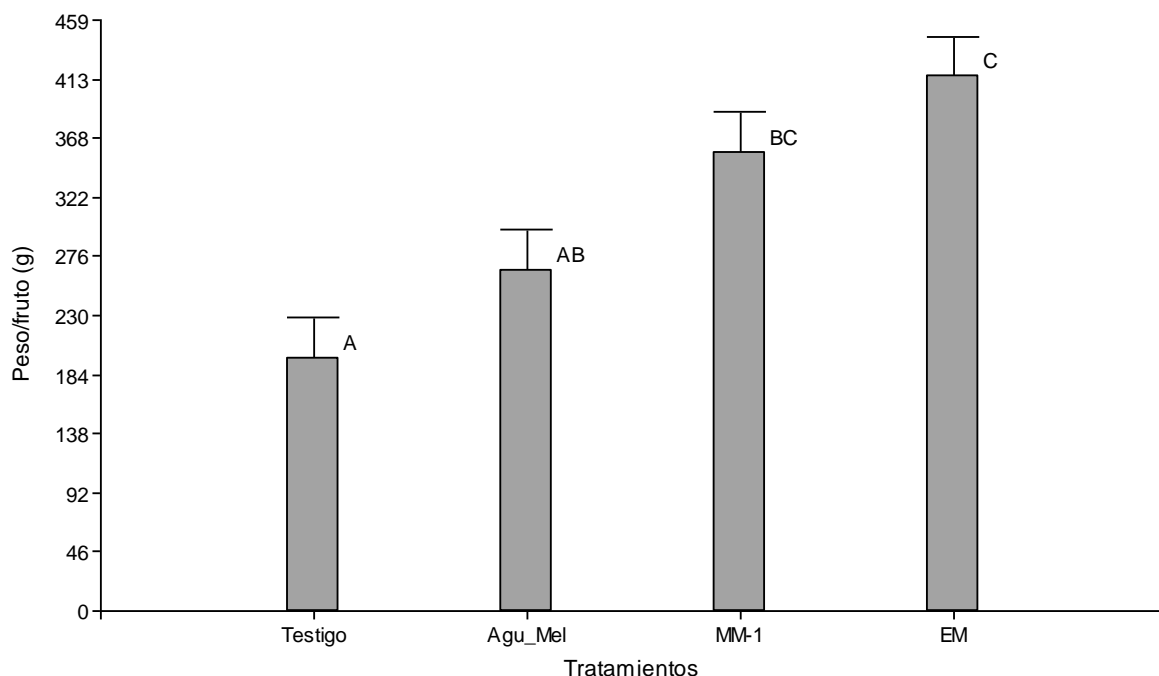


Figura 13. Peso/frutos (g) de tomate en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM-1), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza (Agu\_Mel) y, un testigo absoluto (Finca “Los Nacientes”, San Ramón, Costa Rica, septiembre 2011; n= 100)

Letras distintas indican diferencias significativas Fisher’s LSD ( $p \leq 0,05$ ). Las barras sobre las columnas representan los errores estándar.

### Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

El rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) mostró diferencias altamente significativas para los tratamientos ( $F = 179,00$ ,  $p = <0,0001$ : cuadro 26). Los contrastes realizados mostraron diferencias significativas en varias comparaciones. Se acentúa una alta diferencia significativa entre el agua + melaza y el MM-1, así como entre testigo versus el resto seguido de las diferencias entre el EM y el MM-1 (cuadro 27). El MM-1 fue el que mayor valor alcanzado en esta variable, diferenciándose estadísticamente del EM, el agua + melaza, y el testigo (fig. 14).

Cuadro 26. Anava para rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 2, San Ramón, Costa Rica

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	16235839,84	6	2705973,31	90,19	<0,0001
Bloque	124511,72	3	41503,91	1,38	0,3095
Tratamientos	16111328,13	3	5370442,71	179,00	<0,0001
Error	270019,53	9	30002,17		
Total	16505859,38	15			

P <= 0,05 corresponde a diferencias significativas.

**F.V.:** Fuente de variación. **SC:** Suma de cuadrados. **gl:** Grados de libertad. **CM:** Cuadrado medio. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula.

Cuadro 27. Contrastes de interés para rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) de tomate variedad Montaña Plus, en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza, y un testigo. Experimento 2. San Ramón, Costa Rica

<b>Contrastes</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Testigo vs el resto	5005208,33	1	5005208,33	166,83	<0,0001
Agu_Mel vs MM-1	9845703,13	1	9845703,13	328,17	<0,0001
EM vs MM-1	355957,03	1	355957,03	11,86	0,0073
Total	16111328,13	3	5370442,71	179,00	<0,0001

P <= 0,05 corresponde a diferencias significativas.

**MM-1:** MM del productor A. **EM:** microorganismos eficientes (producto comercial). **Agu\_Mel:** agua y melaza. **SC:** Suma de cuadrados. **gl:** Grados de libertad. **CM:** Cuadrado medio. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula.

El EM también fue mejor que el testigo y el agua + melaza. Entre el testigo y el agua + melaza no se presentaron diferencias estadísticas. El MM-1 superó al EM en un 17%. El MM-1 superó al testigo en un 284% y del tratamiento de agua + melaza en un 309%. El EM superó los tratamientos de agua + melaza (diferencias relativa de 250%), y el testigo (diferencias relativa de 229%). Los tratamientos de agua + melaza, y el testigo no presentaron diferencia significativas.

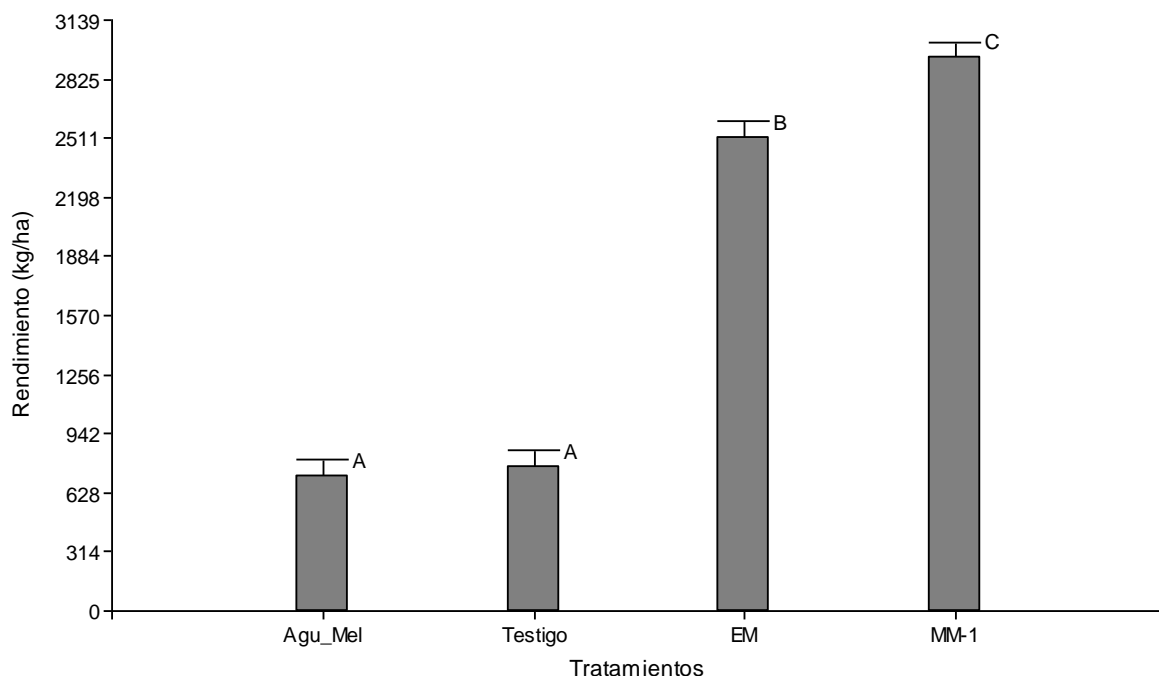


Figura 14. Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de tomate en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM-1), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza (Agu\_Mel) y, un testigo absoluto (Finca “Los Nacientes”, San Ramón, Costa Rica, septiembre 2011;  $n= 100$ )  
 Letras distintas indican diferencias significativas Fisher’s LSD ( $p \leq 0,05$ ). Las barras sobre las columnas representan los errores estándar.

### Inicio floración

El inicio de floración mostró diferencias significativas para los tratamientos ( $F = 15,36$ ,  $p = 0,0007$ : cuadro 28). Los contrastes solo muestran diferencias significativas entre el MM-1, y el tratamiento de agua + melaza, con un valor de  $p$  igual a 0,0001 (cuadro 29). El MM-1 fue el que en menos tiempo alcanzó esta etapa fenológica, diferenciándose del testigo y, el tratamiento de agua + melaza. No se presentaron diferencias estadísticas entre el MM-1 y el EM (fig. 15).

Cuadro 28. Anava para inicio de floración de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 2, San Ramón, Costa Rica

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	331,00	6	55,17	8,01	0,0033
Bloque	13,50	3	4,50	0,65	0,6008
Tratamientos	317,50	3	105,83	15,36	0,0007
Error	62,00	9	6,89		
Total	393,00	15			

$P <= 0,05$  corresponde a diferencias significativas.

**F.V.:** Fuente de variación. **SC:** Suma de cuadrados. **gl:** Grados de libertad. **CM:** Cuadrado medio. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula.

Cuadro 29. Contrastes de interés para inicio de floración de tomate variedad Montaña Plus, en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza, y un testigo. Experimento 2. San Ramón, Costa Rica

<b>Contrastes</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Testigo vs el resto	1,33	1	1,33	0,19	0,6704
Agu_Mel vs MM-1	276,13	1	276,13	40,08	0,0001
EM vs MM-1	8,00	1	8,00	1,16	0,3092
Total	317,50	3	105,83	15,36	0,0007

$P <= 0,05$  corresponde a diferencias significativas.

**MM-1:** MM del productor A. **EM:** microorganismos eficientes (producto comercial). **Agu\_Mel:** agua y melaza. **SC:** Suma de cuadrados. **gl:** Grados de libertad. **CM:** Cuadrado medio. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula.

El EM fue significativamente superior al tratamiento de agua + melaza, pero no se diferenció del testigo absoluto. Entre el testigo y el tratamiento de agua + melaza si se presentaron diferencias estadísticas, siendo este ultimo el que más tiempo tardo en alcanzar la floración (fig. 15).

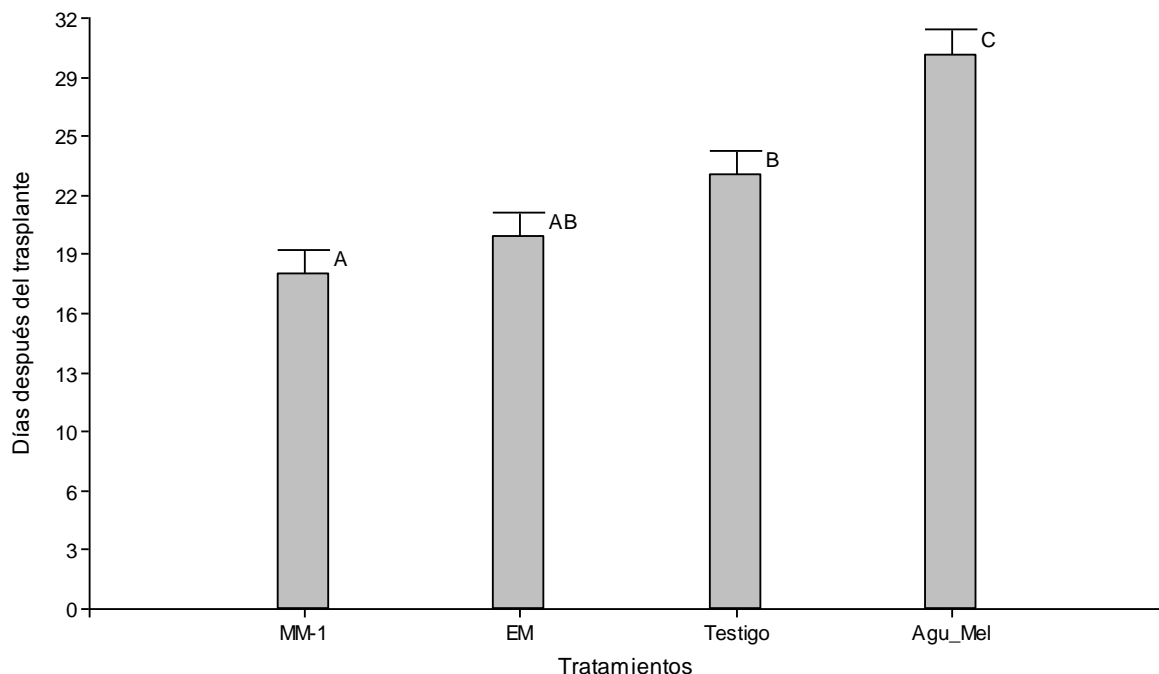


Figura 15. Inicio de floración en tomate en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM-1), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza (Agu\_Mel) y, un testigo absoluto (Finca “Los Nacientes”, San Ramón, Costa Rica, septiembre 2011; n= 100)  
 Letras distintas indican diferencias significativas Fisher’s LSD ( $p \leq 0,05$ ). Las barras sobre las columnas representan los errores estándar.

### Inicio fructificación

El inicio de fructificación, mostró diferencias significativas para los tratamientos ( $F = 10,72$ ,  $p = 0,0025$ : cuadro 30). Los contrastes muestran diferencias significativas entre el testigo versus el resto, con un valor de P igual a 0,0009 (cuadro 31). El EM fue el que en menos tiempo alcanzo esta etapa fenológica, diferenciándose del testigo y, el tratamiento de agua + melaza. No se presentaron diferencias estadísticas entre el MM-1 y el EM. El MM-1 fue el que en segundo lugar alcanzo esta etapa seguido del agua + melaza y del testigo, pero sin diferencias estadísticas del agua + melaza. Entre el agua + melaza y el testigo si se presentaron diferencias estadísticas (fig. 16).



Cuadro 30. Anava para inicio de fructificación de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 2, San Ramón, Costa Rica

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	761,38	6	126,90	5,40	0,0126
Bloque	5,69	3	1,90	0,08	0,9689
Tratamientos	755,69	3	251,90	10,72	0,0025
Error	211,56	9	23,51		
Total	972,94	15			

P <= 0,05 corresponde a diferencias significativas.

**F.V.:** Fuente de variación. **SC:** Suma de cuadrados. **gl:** Grados de libertad. **CM:** Cuadrado medio. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula.

Cuadro 31. Contrastes de interés para inicio de fructificación de tomate variedad Montaña Plus, en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza, y un testigo. Experimento 2. San Ramón, Costa Rica

<b>Contrastes</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Testigo vs el resto	553,52	1	553,52	23,55	0,0009
Agu_Mel vs MM-1	98,00	1	98,00	4,17	0,0716
EM vs MM-1	15,13	1	15,13	0,64	0,4431
Total	755,69	3	251,90	10,72	0,0025

P <= 0,05 corresponde a diferencias significativas.

**MM-1:** MM del productor A. **EM:** microorganismos eficientes (producto comercial). **Agu\_Mel:** agua y melaza. **SC:** Suma de cuadrados. **gl:** Grados de libertad. **CM:** Cuadrado medio. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula.

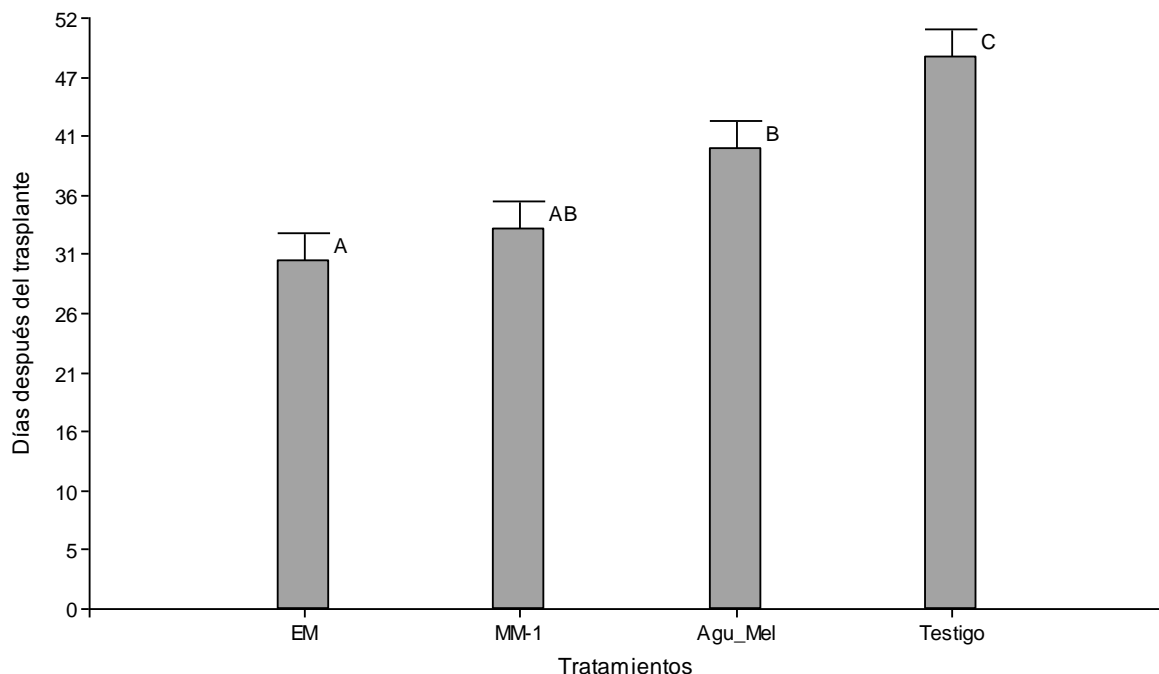


Figura 16. Inicio de fructificación en tomate en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM-1), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza (Agu\_Mel) y, un testigo absoluto (Finca “Los Nacientes”, San Ramón, Costa Rica, septiembre 2011; n= 100)  
 Letras distintas indican diferencias significativas Fisher’s LSD ( $p \leq 0,05$ ). Las barras sobre las columnas representan los errores estándar.

### Inicio de madurez de frutos

El inicio de madurez de frutos, mostró diferencias altamente significativas para los tratamientos ( $F = 17,84$ ,  $p = 0,0004$ : cuadro 32). Los contrastes muestran diferencias significativas entre el testigo versus el resto, con un valor de P igual a 0,0002. Así mismo se presentan diferencias entre el MM-1 y el tratamiento con agua + melaza, con un valor de P igual a 0,0307 (cuadro 33). El EM fue el que en menos tiempo alcanzo esta etapa fenológica, seguido del MM-1, agua + melaza y el testigo respectivamente. Diferenciándose estadísticamente de estos dos últimos (fig. 17).

Cuadro 32. Anava para inicio de madurez de frutos de tomate variedad Montaña Plus, en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza, y un testigo. Experimento 2. San Ramón, Costa Rica

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	769,88	6	128,31	9,95	0,0015
Bloque	79,69	3	26,56	2,06	0,1760
Tratamientos	690,19	3	230,06	17,84	0,0004
Error	116,06	9	12,90		
Total	885,94	15			

$P \leq 0,05$  corresponde a diferencias significativas.

**F.V.:** Fuente de variación. **SC:** Suma de cuadrados. **gl:** Grados de libertad. **CM:** Cuadrado medio. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula.

Cuadro 33. Contrastes de interés para inicio de madurez de frutos de tomate variedad Montaña Plus, en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza, y un testigo. Experimento 2. San Ramón, Costa Rica

<b>Contrastes</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Testigo vs el resto	475,02	1	475,02	36,84	0,0002
Agu_Mel vs MM-1	84,50	1	84,50	6,55	0,0307
EM vs MM-1	28,13	1	28,13	2,18	0,1738
Total	690,19	3	230,06	17,84	0,0004

$P \leq 0,05$  corresponde a diferencias significativas.

**MM-1:** MM del productor A. **EM:** microorganismos eficientes (producto comercial). **Agu\_Mel:** agua y melaza. **SC:** Suma de cuadrados. **gl:** Grados de libertad. **CM:** Cuadrado medio. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula.

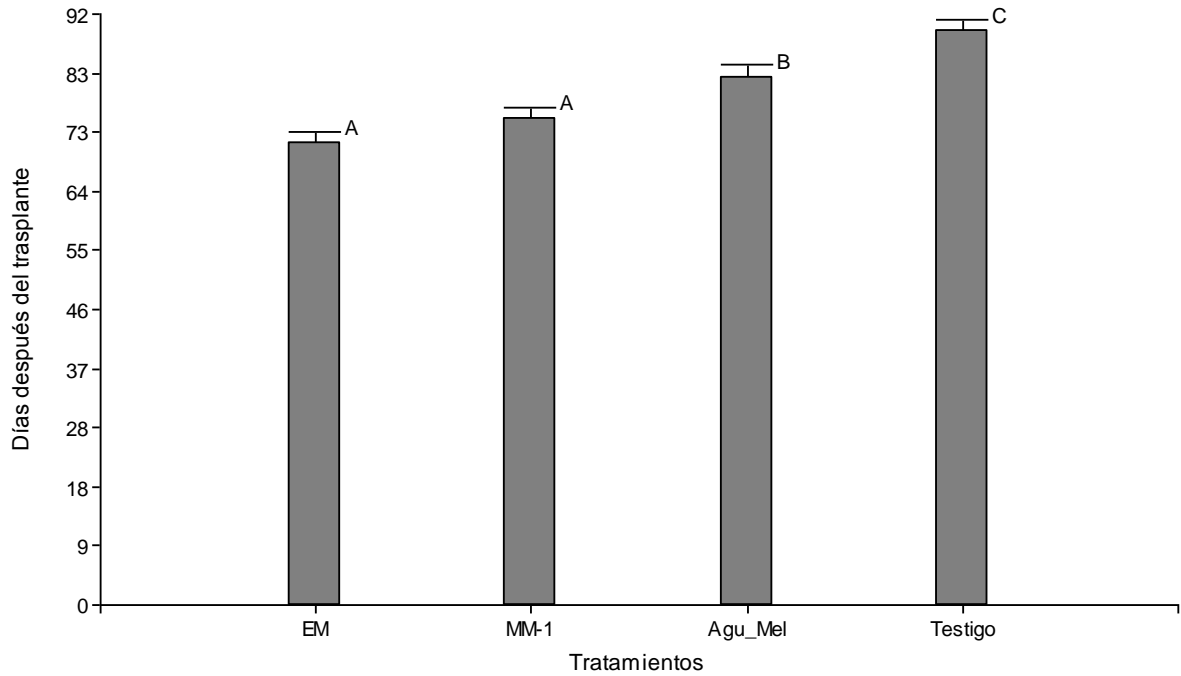


Figura 17. Inicio madurez de frutos en tomate en función de la aplicación foliar de microorganismos de montaña (MM-1), microorganismos eficientes (EM), agua y melaza (Agu\_Mel) y, un testigo absoluto (Finca “Los Nacientes”, San Ramón, Costa Rica, septiembre 2011; n= 100)  
 Letras distintas indican diferencias significativas Fisher’s LSD ( $p \leq 0,05$ ). Las barras sobre las columnas representan los errores estándar.

#### 4.1.2.2 Variables sin diferencias estadísticas

##### Altura de la planta (m)

No hubo diferencias entre las alturas de plantas en los tratamientos (cuadro 34).

Cuadro 34. Anava para la altura de las plantas de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 2, San Ramón, Costa Rica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,13	6	0,02	2,69	0,0885
Bloque	0,10	3	0,03	4,05	0,0446
Tratamientos	0,03	3	0,01	1,33	0,3253
Error	0,07	9	0,01		
Total	0,20	15			

$P < 0,05$  corresponde a diferencias significativas.

**F.V.:** Fuente de variación. **SC:** Suma de cuadrados. **gl:** Grados de libertad. **CM:** Cuadrado medio. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula.

##### Número de hojas/planta

El número de hojas/planta no mostró diferencias significativas para los tratamientos ( $F = 0,56$   $p = 0,6555$ : cuadro 35).

Cuadro 35. Anava para número de hojas/planta de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 2, San Ramón, Costa Rica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	137,51	6	22,92	0,53	0,7750
Bloque	64,75	3	21,58	0,50	0,6933
Tratamientos	72,76	3	24,25	0,56	0,6555
Error	390,78	9	43,42		
Total	528,29	15			

$P < 0,05$  corresponde a diferencias significativas.

**F.V.:** Fuente de variación. **SC:** Suma de cuadrados. **gl:** Grados de libertad. **CM:** Cuadrado medio. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula.

## 4.2 Objetivo Específico 2

Evaluación del efecto de las aplicaciones foliares de MM sobre la incidencia y severidad de enfermedades foliares y el daño causado por insectos causados en tomate.

### **Incidencia de enfermedades**

Durante las evaluaciones periódicas que se realizaron, solo se presentó una enfermedad. Dicha enfermedad fue la marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*, *syn. Pseudomona*), la cual fue identificada por los síntomas de marchitez que presentaron las plantas y su posterior muerte. Para confirmar la identificación según síntomas, se tomaron muestras y se confirmó en el laboratorio de Fitopatología del CATIE. Esta enfermedad se presentó en el 42.5% de las plantas del experimento a partir de la semana cinco. Sin embargo los tratamientos no tuvieron incidencia estadística significativa sobre la aparición de la enfermedad (cuadro 36).

Cuadro 36. Anava para incidencia de enfermedades de planta de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	11106,68	15	740,45	1,41	0,1572
Bloque	6255,72	4	1563,93	2,97	0,0227
Tratamientos	4850,97	11	441,00	0,84	0,6020
Error	54683,28	104	525,80		
Total	65789,97	119			

$P \leq 0,05$  corresponde a diferencias significativas.

**F.V.:** Fuente de variación. **SC:** Suma de cuadrados. **gl:** Grados de libertad. **CM:** Cuadrado medio. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula.

### **Severidad de infección**

Para evaluar la severidad de esta enfermedad, en la metodología se había citado que la severidad sería expresada en el porcentaje de plantas muertas. Esta enfermedad causó la muerte del 41.6% de las plantas del ensayo hasta la semana 14, casi el 100% de las plantas donde incidió la enfermedad. No se demostró que los tratamientos tuvieran alguna ocurrencia estadísticamente significativa sobre la severidad de la enfermedad (cuadro 37).

Cuadro 37. Anava para severidad de infección en plantas de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	6092,98	15	406,20	1,63	0,0793
Bloque	3179,12	4	794,78	3,18	0,0165
Tratamientos	2913,87	11	264,90	1,06	0,4007
Error	25988,88	104	249,89		
Total	32081,87	119			

P <= 0,05 corresponde a diferencias significativas.

**F.V.:** Fuente de variación. **SC:** Suma de cuadrados. **gl:** Grados de libertad. **CM:** Cuadrado medio. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula.

### Presencia de insectos

Los dos tipos de insectos fueron el gusano masticador (*Spodoptera* sp.) el cual causa daños a las hojas y tallo y la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), la cual es portadora de virus y geminivirus, y causa daños por extracción de savia. Sin embargo, a pesar de la presencia de estos insectos a partir de la semana 7 después del inicio del experimento, en ninguno de los casos se demostró que los tratamientos tuvieran alguna incidencia estadísticamente significativa sobre esta variable (cuadros 38 y 39)

Cuadro 38. Anava para presencia de insecto mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en plantas de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	580,62	15	38,71	0,81	0,6677
Bloque	106,95	4	26,74	0,56	0,6941
Tratamientos	473,67	11	43,06	0,90	0,5454
Error	4989,25	104	47,97		
Total	5569,87	119			

P <= 0,05 corresponde a diferencias significativas.

**F.V.:** Fuente de variación. **SC:** Suma de cuadrados. **gl:** Grados de libertad. **CM:** Cuadrado medio. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula.

Cuadro 39. Anava para presencia de insecto gusano masticador (*Spodoptera* sp.) en plantas de tomate variedad Montaña Plus, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña en el experimento 1, Turrialba, Costa Rica

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	0,83	15	0,06	0,74	0,7425
Bloque	0,13	4	0,03	0,45	0,7748
Tratamientos	0,69	11	0,06	0,84	0,5989
Error	7,77	104	0,07		
Total	8,59	119			

P <= 0,05 corresponde a diferencias significativas.

**F.V.:** Fuente de variación. **SC:** Suma de cuadrados. **gl:** Grados de libertad. **CM:** Cuadrado medio. **F:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula.

### 4.3 Objetivo Específico 3

La caracterización microbiológica de los diferentes MM se realizó en el laboratorio de fitoprotección del INA-Cartago (Centro Nacional Especializado en Agricultura Orgánica en Chinchilla, Cartago, Costa Rica). Para esto se llevaron las muestras de los diferentes MM activados a los distintos tiempos (1, 2, y 3 semanas) que se utilizaron para los experimentos.

Los resultados indicaron la presencia de levaduras, *Pseudomonas* sp y *Erwinia* sp mientras que hongos y actinobacterias no fueron detectados (fig. 18). Las levaduras se presentaron en los tres tipos de MM pero con excepción del tiempo tres en el MM-1. Las *Pseudomonas* se presentaron en los tres tiempos, con excepción de MM-1 y MM-3 en el tiempo tres. La *Erwinia* sp se presentó en los tres tiempos de activación, con excepción del MM-1 en el tiempo tres.



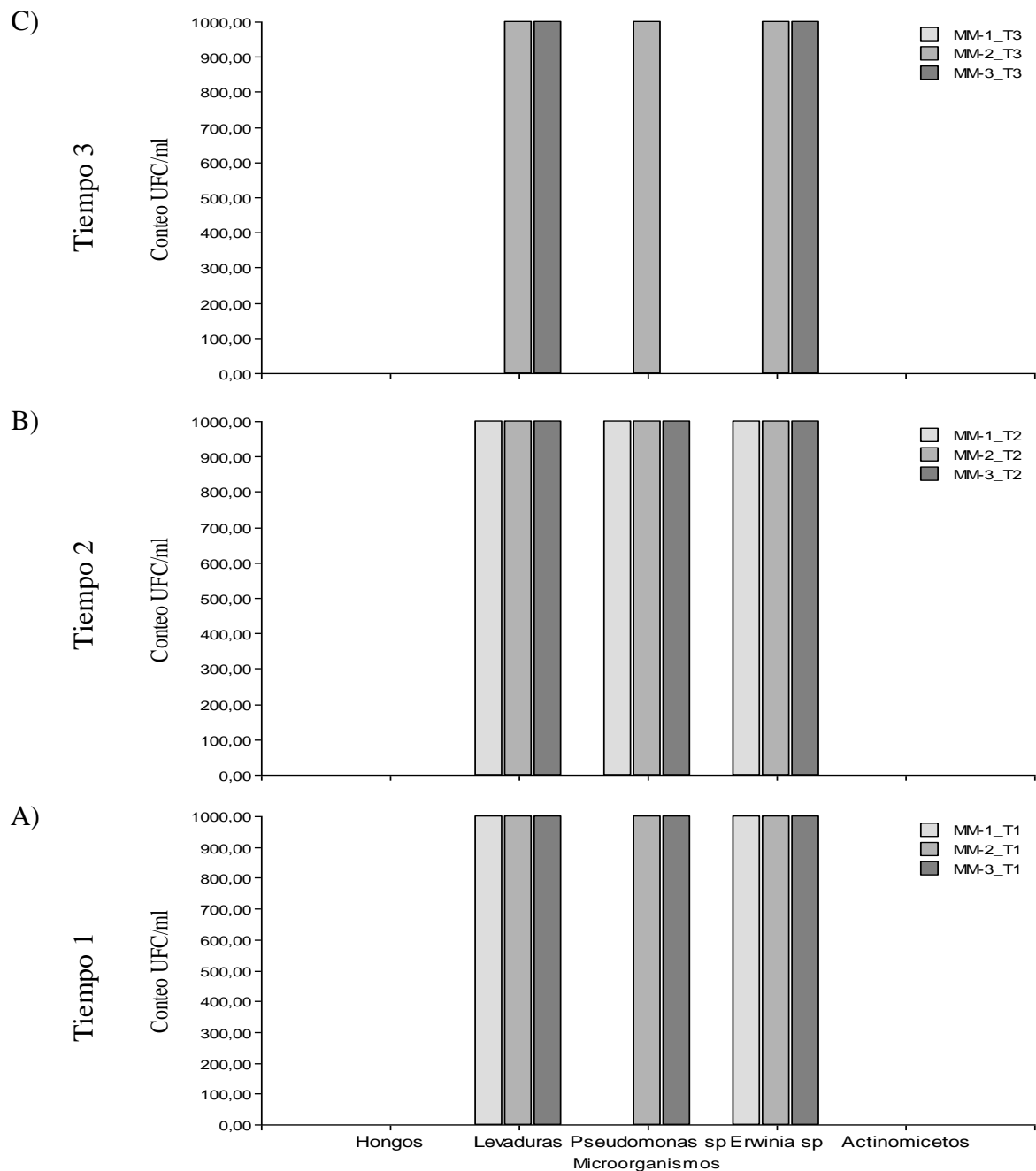


Figura 18. Contenido microbiológico de diferentes MM en tres diferentes tiempos de activación

UFC/ml: Unidades formadoras de colonias por mililitro. Barras que llegan a 1000 su contenido es mayor a  $10^3$  UFC/ml. Barras en cero indica no presencia. MM1: MM del productor A. MM2: MM del productor B. MM3: MM del productor C. T1: tiempo de activación de una semana. T2: tiempo de activación de dos semanas. T3: tiempo de activación de tres semanas.

#### 4.4 Objetivo Específico 4

Este objetivo trató de captar la percepción de los agricultores con relación al uso de MM. Los resultados de las entrevistas realizadas a los productores concentraron a los encuestados en dos grupos como se muestra en el grafico de conglomerado (fig. 19). El análisis de conglomerados se realizó para identificar si las respuestas tenían peso para agrupar a los productores, y luego asociar los grupos de productores resultantes con otras variables para ver si había alguna correlación, por ejemplo con la zona de procedencia. Sin embargo, no se logró establecer correlación entre los grupos y otras variables.

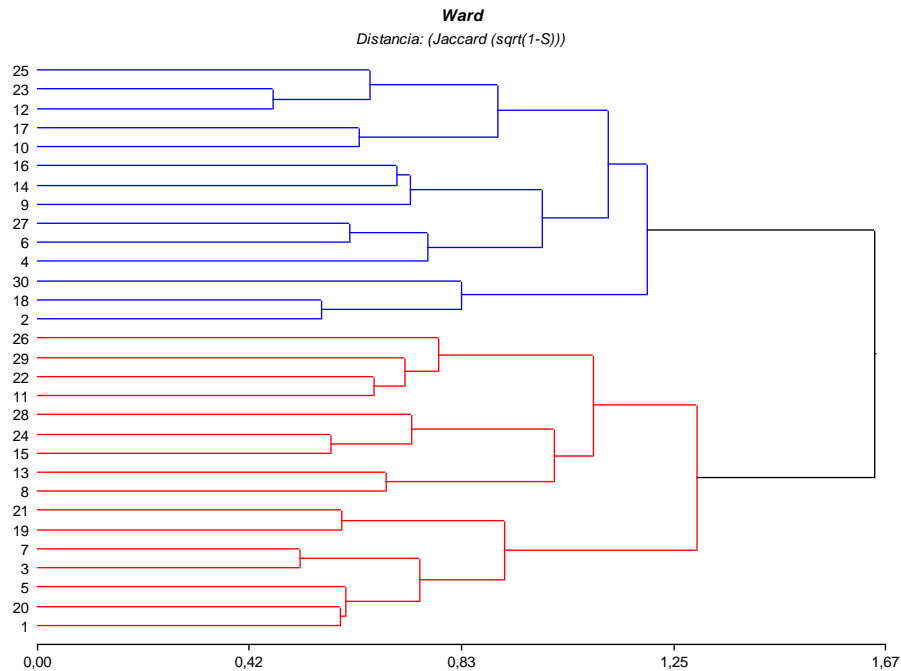


Figura 19. Conglomerado de respuestas a entrevistas a productores de las zonas de Zarcero y, Turrialba en Costa Rica con referencia a su percepción sobre los MM

Para identificar los motivos por los que el análisis concentra los resultados en estos dos grandes grupos se realizó un análisis de tablas de contingencia usando el indicador estadístico de Chi-Cuadrado de Pearson.

Dicho análisis reveló que entre los encuestados un grupo se inclinó por las aplicaciones al suelo, mientras que otro grupo por las aplicaciones foliares. Entre las preguntas con mayor peso registrado en las entrevistas estuvieron:

- Aplicado al suelo: Es rentable.
- Aplicado al follaje: Mejora crecimiento del follaje, aumenta área fotosintética, mejora productividad, y aporta a la calidad del cultivo.

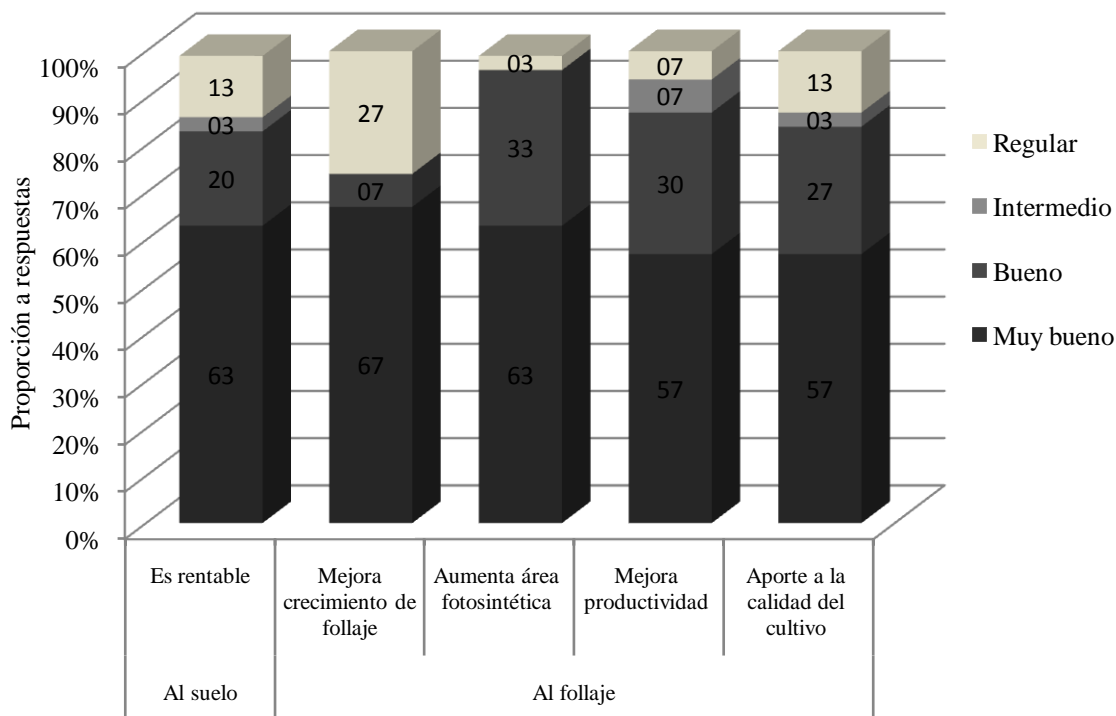


Figura 20. Frecuencias relativas de respuesta en entrevistas a productores de las zonas de Zarcero y, Turrialba en Costa Rica con referencia a su percepción sobre los MM (n = 30)

## 5 DISCUSIÓN

### 5.1 Objetivo Específico 1

#### 5.1.1 *Experimento 1*

##### 5.1.1.1 Variables con diferencias estadísticas

###### **Número de hojas/planta**

Como se ha descrito en la metodología tanto el MM-1 como el MM-2 provienen de la misma zona del país, y son confeccionados bajo los mismos procedimientos, por lo que no se esperaba diferencias entre ellos. La diferencia marcada que se da a conocer para esta variable es en los tiempos de activación, como demostrado por el MM-2 para el cual el T1 fue mejor a los otros tiempos en el número de hojas. Dado que el MM-2 T2 fue el que obtuvo los valores más bajos en esta variable, incluso que el testigo, cabe la posibilidad de pensar que en ese tratamiento los microorganismos no se desarrollaron adecuadamente o no produjeron sustancias bioactivas en cantidades suficientes para provocar un mayor resultado.

Las diferencias significativas presentadas en el MM-2 con una, y dos semanas de activación, siendo este último el que menos valor obtuvo, podría deberse a que los microorganismos en el tiempo de activación de dos semanas no tuvieron las condiciones requeridas para su máximo potencial de desarrollo, el cual recobraron a más tiempo, ya que vemos que para el tiempo de tres semanas su efecto aumento igualándose estadísticamente al tiempo uno.

En los contrastes se presentaron diferencias entre los tiempos de activación para el MM-1, en el gráfico de comparación de medias (fig. 8) se puede valorar que los mejores resultados promedios fueron para el T1, seguido del T2 y el T3 respectivamente, observándose que éste MM pierde ligeramente su efecto sobre esta variable a medida que se aumenta el tiempo de activación, sin embargo el hecho de que las diferencias no sean de significancia estadística quiere decir que activando este MM a una, dos o tres semana posiblemente se obtendrán los mismo resultados.

La ausencia de diferencias entre los tratamientos y los testigos puede indicar que no hay diferencia en aplicar o no los tratamientos evaluados. O bien también puede ser este un indicador de que la altura no refleja el vigor o la productividad de las plantas, porque se puede tener plantas altas pero raquílicas.

### **Número de flores/planta**

El MM-1 T1 y el MM-2 T2 se diferenciaron estadísticamente entre ellos, lo cual evidencia que no necesariamente porque estos productos provengan de la misma zona tengan los mismos efectos y potenciales. También se presentaron diferencias significativas entre el MM-1 T1 y el MM-1 T3, pudiendo esto ser un indicador de que el tiempo de activación de tres semanas no sea conveniente en el caso del MM-1. También el MM-1 T1 se diferencio estadísticamente del testigo y del EM, lo cual evidencia el potencial que tienen los MM, pudiendo este ser el caso general que los MM por su composición de microorganismos nativos funcione mejor bajo las condiciones de lugar.

En el caso de los tiempos de activación para el MM-1, se observo (fig. 9) que su efectividad disminuye a medida que aumenta el tiempo de activación. Este resultado ya había sido advertido por el productor de este MM, lo cual puede deberse a la predominancia de ciertos microorganismos en el material madre a los cuales no les favorece las condiciones de activación a tiempos prolongados. Para el MM-3 el caso fue lo contrario, a medida que se aumenta el tiempo de activación su efectividad mejora según los promedios, pudiendo ser este comportamiento muestra de que los MM procedentes de distintos materiales madres no siguen el mismo patrón en cuanto a efectividad y tiempo de activación. Sin embargo hay que notar que el comportamiento del MM-2 nos indica que los MM no siguen un mismo patrón de conducta en referencia a los tiempos de activación.

#### **5.1.1.2 Variables sin diferencias estadísticas**

La falta de diferencias para los parámetros altura de planta, número de frutos/planta, las variables fenológicas (inicio de floración, fructificación, y madurez de frutos), y color de planta podría ser explicada por la ausencia en cantidades significativas de elementos nutricionales u hormonas tales como las auxinas en los diferentes tratamientos aplicados al

follaje del cultivo, las cuales estimulan el crecimiento de las plantas, afectando la división celular de los tejidos.

No estante se observó que en algunas variables tales como altura de planta, inicio de floración, e inicio de madurez de frutos la co-variable (fecha de muerte de plantas) presentó una alta incidencia estadística, lo cual puede ser un indicativo de que influyó para que no se presentaran diferencias entre los tratamientos evaluados debido a pérdida de datos.

## **5.1.2 Experimento 2**

### **5.1.2.1 Variables con diferencias estadísticas**

#### **Número de flores y frutos / planta**

El MM-1, fue el tratamiento que mejor funcionó para esta variable, reforzando la teoría de que es más beneficioso el uso de materiales locales a materiales introducidos. Era de esperar que el producto comercial EM superara tanto al testigo como a la mezcla de agua mas melaza, pero no que el testigo superara el agua mas melaza. Esto pudo haberse debido a que el agua mas melaza tenga un efecto físico por su consistencia sobre la formación de las flores ya que se trata de un material viscoso, quizás la dilución que se utilizo no es la más apropiada. Aunque algunos pensarían que dicha disolución es adecuada ya que es la misma utilizada en la activación de los MM, pero hay que tener en cuenta que la melaza en la activación de los MM es transformada por los microorganismos en su proceso de digestión.

#### **Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y Peso/frutos (g)**

El EM obtuvo los valores más elevados en el peso de frutos, aunque no se diferenció estadísticamente del MM. Posiblemente, debido a que el EM como producto comercial contiene una mezcla de microorganismos y subproductos que fomentan el desarrollo de frutos más grandes. El rendimiento del MM se diferencio estadísticamente del EM, con una mayor producción, sin embargo es cuestionable porque el EM obtuvo mejores valores en cuanto al peso de los frutos, pudiendo esto deberse a la cantidad de los frutos. Se observó que el MM incidió sobre una mayor producción de flores en las plantas, lo que se tradujo en un mayor número de frutos, lo cual genero un mayor rendimiento en volumen.

Tanto el MM como el EM se diferenciaron de manera altamente significativa de los tratamientos de agua más melaza y el testigo. Debido posiblemente a que los tratamientos con microorganismo tuvieron más influencias sobre aspectos nutricionales, traduciéndose en mayor rendimiento, también por su contenido de sustancias bioactivas que contribuyen a mejorar los procesos productivos de las plantas. Es muy interesante que el MM obtuviera más o menos los mismos beneficios que el EM, siendo esto evidencia del alto potencial de esta técnica artesanal versus un proceso industrial.

Sin embargo es cuestionable que el agua más melaza no se diferenciara del testigo. Era de esperar que el agua más melaza ayudaría a que las plantas obtuvieran un mejor rendimiento que el testigo, sin embargo el tratamiento de agua más melaza interfirió en el buen desarrollo de las flores, por ende un menor número de frutos, lo cual puede llevarnos a un tipo de compensación en el rendimiento.

### **Inicio floración, fructificación y madurez de frutos**

Los tratamientos de microorganismos adelantaron la floración, fructificación y madurez de frutos coincidiendo esto con Silva (s.f.) quien había concluido que aplicaciones de microorganismos eficientes en plantas pueden promover la floración y fructificación y madurez de frutos por sus efectos hormonales en las plantas. En contraste, la floración atrasada en el tratamiento de agua más melaza puede haber sido el resultado de que la melaza como tal no contenga las sustancias bioactivas en las cantidades necesarias para estimular la floración.

No obstante se observó que en los casos de la fructificación y la madurez de frutos hubo ausencia de diferencia estadística entre el MM y el tratamiento de agua más melaza, indicarnos que es posible que este último contenga las sustancias bioactivas necesarias para producir un efecto significativo para estas etapas fenológicas específicas.

#### **5.1.2.2 Variables sin diferencias estadísticas**

Tanto en la variable altura de planta como en número de hojas no se obtuvieron diferencias estadísticas, lo cual pudo haberse debido a la falta de sustancias promotoras de

crecimiento en las cantidades necesarias para marcar una diferencia significativa estadísticamente.

## 5.2 Objetivo Específico 2

Los resultados sobre la incidencia de enfermedades al igual que la severidad de infección no mostraron que los tratamientos de EM y MM tuvieran un efecto, lo cual no permitió confirmar Silva (s.f.) quien indicó que la aplicación de microorganismos eficientes aplicados a las plantas puede aumentar su resistencia natural contra plagas y enfermedades.

Del mismo modo en discrepancia con la teoría no se demostró que los tratamientos aplicados incidieran sobre la ocurrencia de insectos. Por otro lado tanto el manejo del cultivo como también la exclusión casi total de insectos por el invernadero forrado con malla anti-afido han probablemente contribuido a que no se presentaran diferencias estadísticas.

## 5.3 Objetivo Específico 3

Fue sorprendente que en el caso del MM-1 en los tiempos de activación uno y tres no se presentaron *Pseudomonas*, pero sí se manifestó para el tiempo dos, ya que todas las activaciones fueron derivadas del mismo sustrato madre. Esto pudo deberse a que en los tiempos uno y tres para este MM se presentaran microorganismo que opacaran la presencia de *Pseudomonas* o que no se presentaran las condiciones requeridas para el desarrollo de las mismas.

En ninguno de los tiempos y para los tres MM los análisis no mostraron presencia de hongos y actinobacterias en cantidades suficientes a ser detectados. Sin embargo, como los niveles de detección fueron relativamente altos, esto no significa que no estaban presentes del todo. Estudios futuros deberían utilizar un protocolo más sensitivo a todos los grupos microbiales. Con relación a los tiempos de activación, la presencia de microorganismos disminuyó con el tiempo de activación. Esto puede verse de manera simple observando la figura 18 y notando que en el primer tiempo se presentaron ocho barras y en el tercer tiempo solo cinco.



La presencia de estos grupos microbiales es de suma importancia, ya que estos son los que producen las sustancias o derivados que les proporcionan a los MM las propiedades que los hacen útiles para la agricultura, por ejemplo el caso de las levaduras, las cuales son las que sintetizan sustancias bioactivas antimicrobianas y sustancias útiles para las plantas, tales como hormonas y enzimas, que ayudan a promover la división celular, todo ello a partir de los aminoácidos y azúcares secretados por las bacterias fotosintéticas (Ecotecnologías s.f).

#### **5.4 Objetivo Específico 4**

Con respecto a las preferencias de productores de aplicación los productos microbiales al suelo o a las plantas, las entrevistas no revelaron una gran diferencia: un 53% de los encuestados ve más beneficioso las aplicaciones de MM al suelo versus un 47% que prefiere las aplicaciones foliares. El hecho de que ninguno de los encuestados indicó experiencias negativas puede sugerir que el impacto, en general, tiende a ser positivo. Sin embargo, habría que hacer un estudio económico para evaluar si los beneficios obtenidos pueden superar la inversión para comprar, producir y aplicar los productos microbiales.

## **6 ANÁLISIS DE LAS IMPLICACIONES DE LOS RESULTADOS PARA EL DESARROLLO INTEGRAL Y MULTIDISCIPLINARIO**

Antes de citar las implicaciones y definir las escalas del trabajo para el desarrollo hay que indicar que el análisis se realizó bajo la visión de desarrollo sostenible, cuyo concepto se define a continuación. La Comisión Internacional de Ambiente y Desarrollo (Brundtlandt-Commission 1987) definió el desarrollo sostenible como un esquema de uso de recursos que busca satisfacer las necesidades humanas a la vez que preserva el ambiente, de forma que estas necesidades puedan verse satisfechas no solamente para las presentes, sino también por las futuras generaciones.

Para la identificación de las implicaciones para el desarrollo basándose en el concepto ya definido, se utilizó la herramienta multidimensional de enfoque de medios de vida sostenible (EMVS), analizando las implicaciones para los capitales de la comunidad. Para esto se creó una matriz con los capitales y las implicaciones para el desarrollo vistas desde una escala local (Cuadro 4040).

Cuadro 40. Implicaciones para el desarrollo sostenible de los resultados del estudio basados en los capitales de la comunidad a escala local

Recursos, activos o capitales de la comunidad	Implicaciones para el desarrollo
Recursos humanos	Este trabajo contribuirá a fortalecer los conocimientos de las personas con relación a los temas tratados.
	También contribuirá a mejorar la capacidad laboral por los nuevos conocimientos brindados.
Recursos culturales	Contribuirá al conocimiento transmitido de una generación a otra. Donde los padres transmitirán a sus hijos los conocimientos adquiridos para que estos desarrollen sus estrategias de vida.
Recursos sociales	Ayudará a la construcción de laso sociales para el intercambio de conocimientos y técnicas. Así como por el interés de desarrollo en áreas a fines entre las partes involucradas.
	Fermento del uso de materiales locales e independencia de insumos externos.
Recursos políticos	Contribuirá a fortalecer los laso políticos con las agencias de cooperación y desarrollo
Recursos naturales	Contribuirá a la conciencia sobre la dotación de recursos naturales y servicios que brindan los ecosistemas, bosques, y la biodiversidad.
	Ayudara a tomar conciencia sobre la necesidad de conservación y de emprender acciones contra la contaminación.
	Aporta conocimientos para mejorar y obtener una producción más limpia y amigable con el ambiente y beneficiosa para la salud humana.
Recursos productivos y financieros	Aporta información útil para la producción de alimentos para el consumo familiar y producción agropecuaria destinada a nichos de mercados de alimentos sanos.
	También aporta conocimientos que ayudaran a los agricultores a depender menos de proveedores externos de insumos y se podría reflejar en comunidades más estables.
Recursos de infraestructura	Ausencia de implicación

## **7 ANÁLISIS DEL POTENCIAL PARA LA FORMACIÓN DE POLÍTICAS QUE SURGEN DE LOS RESULTADOS**

El impacto social y económico positivo al usar recursos naturales locales en vez de comprar insumos externos, se podría reflejar en comunidades más estables. Uno de los potenciales de este documento para contribuir a la formación de políticas, es que puede servir como fuente de datos y referencia, tomando en cuenta los resultados positivos que se obtuvieron con el uso de materiales locales.

Uno de los mayores potenciales es usarlo como referencia para la creación de políticas destinadas al fomento de estrategias de desarrollo local, con recursos locales y la independencia de productos externos.

## 8 CONCLUSIONES

Mientras que la aplicación foliar de MM en plantas de tomate en macetas no mostró efectos significativos en el experimento 1 en el CATIE (salvo en los casos de el número de hojas y flores), las respuestas positivas para los parámetros flores/planta, frutos/planta, peso/frutos, y rendimiento, así como los parámetros fenológicos (inicio de floración, fructificación y madurez de frutos) en el cultivo comercial de tomate en el experimento 2 en San Ramón demostraron un gran potencial para aplicaciones foliares de MM. Basado en el hecho que, en ambos lugares, se usaron las mismas cepas de MM y los mismos ingredientes y procedimientos para activar las cepas, las razones más probables para estas diferencias en respuestas fueron:

- Que las cepas de MM funcionaron mejor en San Ramón debido a que son nativas de una localización geográfica más cercana (Zarcero), lo cual refuerza la hipótesis de que al usar cepas locales se obtendrán mejores resultados.
- Que las cepas de MM están más adaptadas al las condiciones geográficas (altitud) y de clima (temperatura, humedad, etc.).

Como las aplicaciones foliares de MM en el cultivo de tomate no pudieron modificar la incidencia o severidad de enfermedades, y tampoco la presencia de insectos, se puede concluir que, al menos bajo las condiciones de las plantas jóvenes en el CATIE los MM no tuvieron efecto sobre estas variables.

Respecto a los tiempos de activación de los MM, el comportamiento de los productos finales no fue muy consistente: en algunos casos la efectividad del producto disminuyó a medida que el tiempo de activación aumentó, y viceversa. Por ende, se recomienda utilizar el tiempo de activación de una semana ya que implica menos trabajo y tiempo para el agricultor.

En casos tales como en flores/plantas, frutos/plantas y el rendimiento los MM obtuvieron mejores valores con diferencias estadísticas respecto al EM y en otros como el peso/frutos sin diferencias estadísticas entre ambos, evidenciando el potencial que tienen los MM, pudiendo este ser el caso general que los MM por su composición de microorganismos nativos funcione mejor bajo las condiciones de lugar, que el producto

comercial EM con microorganismos estandarizados y de una procedencia distinta. Los MM tienen un alto potencial para el manejo agroecológico del cultivo.

La percepción de los agricultores sobre esta práctica y sus beneficios refleja una gran aceptación por el público en general. De todos los encuestados, ninguna persona dio comentarios sobre puntos negativos con relación a los beneficios o usos de los MM.

## 9 RECOMENDACIONES

El presente estudio permite generar las siguientes recomendaciones para estudios futuros:

1. Evaluar el efecto de los microorganismos de montaña sobre enfermedades del suelo y de follaje.
2. Determinar en qué modo de aplicación, si foliar o al suelo, y en cual concentración y frecuencia de aplicación estos productos microbianos tienen su mayor potencial.
3. Realizar análisis detalladas microbiológicas y bioquímicas para determinar la composición microbiológica y el contenido de sustancias bioactivas en los MM. Se recomienda de realizar estos análisis a diferentes puntos del ciclo de la extracción y activación de los MM.
4. Evaluar las acciones específicas de los diferentes grupos microbiales y las formas de potenciar su efectividad.
5. Determinar cuáles son los factores ambientales o de manejo que determinan que las aplicaciones de MM tengan efectos benéficos o no; se recomienda investigar este aspecto tanto para aplicaciones foliares como al suelo.
6. Evaluar las diferentes formas de trapeo de los microorganismos para validar la efectividad los mecanismos de trapeo.
7. Evaluar los procedimientos de multiplicación de los MM, para validar su efectividad y ver en qué puntos se puede mejorar.
8. Evaluar cuales son las mejores condiciones de almacenamiento de los MM, y determinar el comportamiento de la viabilidad de los materiales en las condiciones de almacenamiento durante un tiempo determinado.
9. Estudios futuros deben utilizar protocolos más sensitivos a todos los grupos microbiales a la hora de su caracterización biológica.

## 10 BIBLIOGRAFÍA

- Andrew, K-D. 2002. Evaluación de abonos orgánicos y biofertilizantes líquidos para el desarrollo de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo el sistema de cultivo protegido en Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 103 p.
- Barton, KK; Hemming, BB. 1993. Iron chelation in plants and soil microorganisms. Academic Press. London, UK.
- Brundtlandt-commission. 1987. The World Commission on Environment and Development-ONU. Our common Future. Oxford-New York, Oxford University Press. 374 p.
- Campos-Solano, G. 2009. Producción de abono orgánico a partir de desechos de lecherías y porquerizas. Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería - Agencia de Servicios Agropecuarios de Coronado. 2 p.
- Cruz, B-P; Bruque, M-D. 2004. Evaluación de diferentes dosis de microorganismos eficientes (EM) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) híbrido Atar Ha-435. Guayaquil, Ecuador, Universidad de Guayaquil. 16 p.
- Chamberlain, T-P; Daly, M-J; Merfield, C-N. S.f. Utilisation of effective microorganisms commercial organic agriculture – A case study from New Zealand. Canterbury, New Zealand, New Zealand Nature Farming Society. 8 p.
- EcoTecnologías. s.f. Los microorganismos eficaces aliados en el cultivo sostenible de camarones. Falcón, Tinaquillo, Venezuela, EcoTecnologías. 4 p.
- \_\_\_\_\_. S.f. Tecnología EM - microorganismos eficaces.
- Gadd, GM. 1993. Interaction of fungi with toxic metals *New Phytol* 124:25-60.
- González-Chávez; Ángeles, MdC. 2005. Recuperación de suelos contaminados con metales pesados utilizando plantas y microorganismos rizosféricos. Universidad Autónoma Chapingo, México. v. 23, 37 p.
- Higa, T. 1991. Effective microorganisms: A biotechnology for mankind. Washington, D.C., USA., Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming. U.S. Department of Agriculture. 6 p.



- Higa, T; Parr, J-F. 1994. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. Japan, International Nature Farming Research Center Atami. 6 p.
- Higa, T; Wood, M. 2009. Effective microorganisms for sustainable community development. Cooperation with EM Research Organization, Okinawa, Japan. 4 p.
- Higa, T; Parr, J-F. s.f. Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenible. Beltsville, Maryland, Estados Unidos. Traducido por FUNDASES, Centro Internacional de Investigación de Agricultura Natural y Departamento de Agricultura de Estados Unidos. 13 p.
- Higa, T; Wididana, G-N. S.f. The concept and theories of effective microorganims. Okinawa, Japan, University of the Ryukyus. 6 p.
- Hui-Lian, XU; F, PJ; Hiroshi, U. 2000a. Nature farming : History, principles and perspectives. Journal of Crop Production 3(1):1-10. Disponible en <http://www.refdoc.fr/Detailnotice?idarticle=10758635>
- \_\_\_\_\_. 2000b. Effects of a microbial inoculant and organic fertilizers on the growth, photosynthesis and yield of sweet corn. Journal of Crop Production 3(1):183-214. Disponible en <http://www.refdoc.fr/Detailnotice?idarticle=10758610>
- IMN. 2009. Atlas climatologico de Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica.
- Iwaishi, S. 2000. Effect of organic fertilizer and effective microorganisms on growth, yield and quality of paddy-rice varieties. In: Hui-Lian Xu. James F. Parr and Huroshi Umemura. Nature Farming and Microbial Applications. 274 p.
- Kengo, Y; Hui-Lian, XU; F, PJ; Hiroshi, U. 2000. Properties and applications of an organic fertilizer inoculated with Effective Microorganisms. Journal of Crop Production 3(1):255-268. Disponible en <http://www.refdoc.fr/Detailnotice?idarticle=10758623>
- Madigan, MT; Martinko, J; Wesley, A. 2009. Brock. Biología de los microorganismos. 12ª ed. Madrid, Addison-Wesley. 1259 p.
- Mariño, C; Romero, C; Delgado, J; Siura, S. S.f. Efecto del bokashi y microorganismos eficientes (EM) en el rendimiento del cultivo orgánico de brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) Programa de Hortalizas - UNA La Molina. . 16 p.

- Martinez, J-A. 2005. Evaluacion de productos sinteticos y bioplaguicidas para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y gusano del fruto (*Helicoverpa zea*) en el cultivo del tomate (*Lycopersicon sculentum*); Sebaco, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 116 p.
- Moya, F. 2001. Evaluación de la aplicación de microorganismos eficaces (EM) y derivados de este, en el manejo de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de Banano bajo un sistema agroforestal. Licenciatura. Guácimo, Costa Rica, Universidad EARTH. 47 p.
- Mridha, MAU; Chowdhuary, HU; and, HLX; Umemura, H. 1999. Influence of effective microorganisms on seed germination and growth of some crop plants. In: Hui-Lian Xu (Ed). Nature Farming and Sustainable Environment II:130 p.
- Munsell Color. 1997. Munsell color charts for plants tissues. 2nd ed., Munsell Color, Macbeth Division of Kollmorgen Corporation. Baltimore, Maryland, EE.UU. 20 p.
- Network-U.S.A., E-MB. 2005. EM teacher's manual. Recycling at school using effective microorganisms. Tucson, Arizona, EM Bokashii Nerwork--U.S.A. 37 p.
- Nuez, F. 1995. El cultivo de tomate. 1 ed. Madrid, España, Ediciones Mundi-Prensa. 793 p.
- Rosa, R; Suárez, W. 1998. Producción de tomate bajo invernáculo en la región Sur de Uruguay. Junta Nacional de la Granjas, C. Canelones, Uruguay 103 p.
- Samy, J; Xaviar, A; Rahman, A; Sharifuddin, H. 1995. Effect of EM on rice production and methane emission from paddy fields in Malaysia. Kyusei Nature Farming (Fourth International Conference). 210 p.
- Sangakara, U. 1995. Effects of em on vegetable production in sri lanka: an economic analysis. Kyusei Nature Farming (Fourth International Conference). 222 p.
- Santiago, J; Mendoza, M; Borrego, F. 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, MILL) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. Agronomía Mesoamericana 9(1):65 p.
- Sarmiento, FO; Vera, F; Juncosa, J. 2000. Diccionario de ecología: paisajes, conservación y desarrollo sustentable para Latinoamerica.

- Silva, M. s.f. Microorganismos eficientes: solución a problemas ambientales. Disponible en <http://microbiologia-general.blogspot.com/2009/05/microorganismos-eficientes.html>
- Stomp, AM; Han, KH; Wilbert, S; Gordon, M; Cunningham, SD. 1994. Genetic strategies for enhancing phytoremediation. *Recombinant DNA Technology II*. Ann. New York Acad. Sci. 721:481-491.
- Takashi, G; Masaky, S; Shoji, K; Masanobu, S; Hiroyasu, O; Aki, F; Somlak, P. 1999. *Kyusei Nature Farming and the Thechnology of Effective Microorganisms*. Sangakkara, R. International Nature Farming Research Center and Asia Pacific Natural Agriculture Network. 49 p.
- Tobin, JM; B.L'homme; Roux, JC. 1993. Immobilization protocols and effects on cadmium uptake by *Rhizopus arrhizus* biosorbents. . *Biotechnol. Tech.* 7:739-744.
- Torrens, JL; Herman, DC; Maier., R. 1998. Biosurfactant (rhamnolipid) sorption and the impact on rhamnolipid-facilitated removal of cadmium from various soils under saturated flow conditions. . *Environ. Sci. Techn.* 32:776-781.
- Wang, R; Hui-Lian, XU; Mridha, M. 1999. Effects of organic fertilization and EM inoculation on leaf photosynthesis and fruit yield and quality of tomato plants. In: Hui-Lian Xu (Editor). *Nature Farming and Sustainable Environment Volume II*:126 p.
- Yue, S-S; Wang, C-P; Xu, H-l; Dai, J-Y. 2002. Effects of foliar application with effective microorganisms on leaf metabolism and seed yield in soybean plants. New Zealand, Seventh International Conference on Kyusei Nature Farming. Proceedings of the conference held at Christchurch. 62-65 p.

## **ANEXOS**

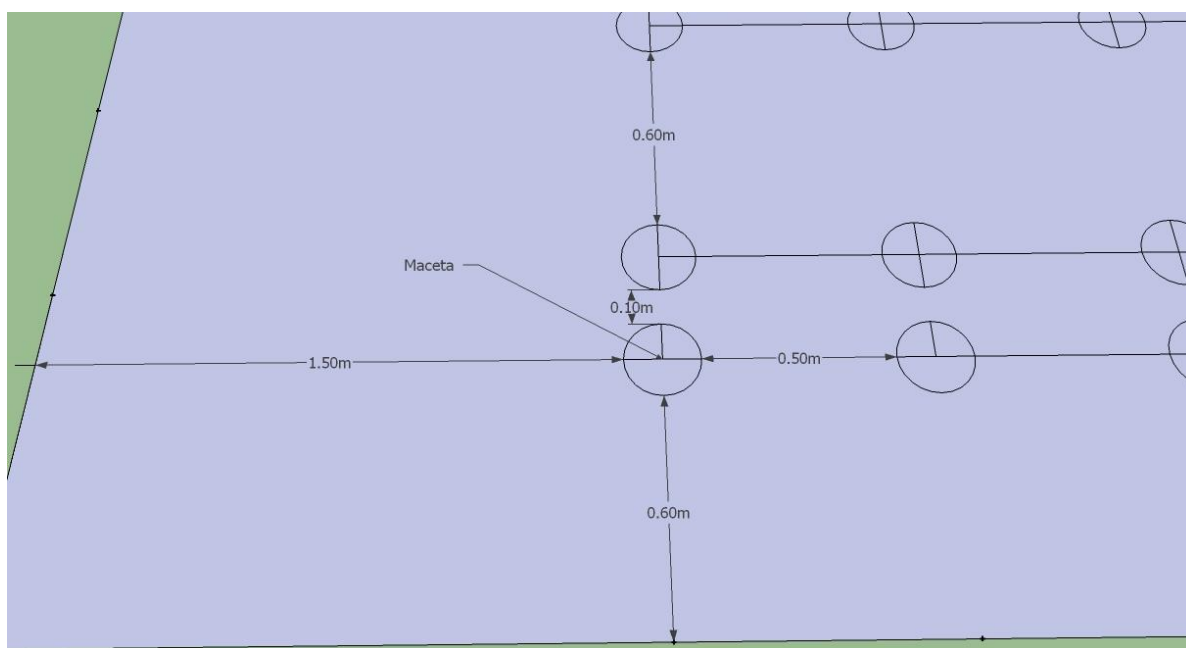
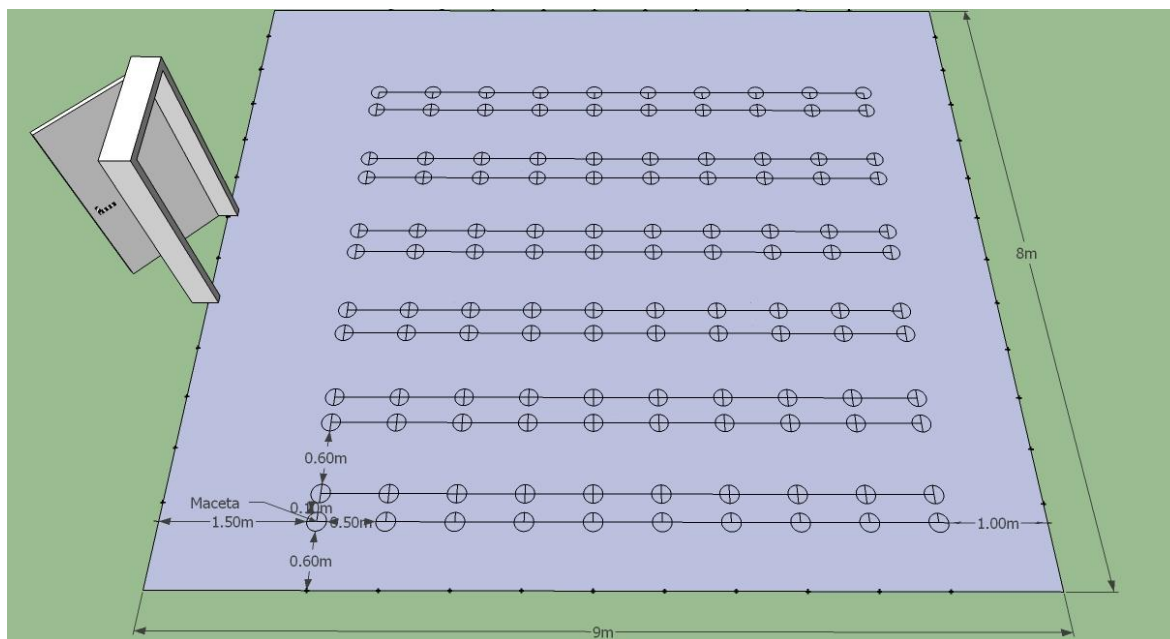
Anexo I. Modelo de tabla de registro de datos de variables del objetivo 1.

		Variables									
		Altura Planta (mt)	Rendimiento (Kg)				No. Frutos /Planta	Peso por fruto (gr)	Inicio floración (dias)	Inicio fructificación (dias)	Inicio de madurez de frutos (dias)
			Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4					
Bloque I	T-1										
	T-2										
	T-3										
	T-4										
	T-5										
	T-6										
Bloque II	T-1										
	T-2										
	T-3										
	T-4										
	T-5										
	T-6										
Bloque III	T-1										
	T-2										
	T-3										
	T-4										
	T-5										
	T-6										
Bloque VI	T-1										
	T-2										
	T-3										
	T-4										
	T-5										
	T-6										
Bloque V	T-1										
	T-2										
	T-3										
	T-4										
	T-5										
	T-6										

Anexo 2. Modelo de tabla de registro de datos de variables del objetivo 2.

Semana 1		Variables		
		Incidencia de enfermedades	Severidad de infección	Presencia de insectos
Bloque I	T-1			
	T-2			
	T-3			
	T-4			
	T-5			
	T-6			
Bloque II	T-1			
	T-2			
	T-3			
	T-4			
	T-5			
	T-6			
Bloque III	T-1			
	T-2			
	T-3			
	T-4			
	T-5			
	T-6			
Bloque VI	T-1			
	T-2			
	T-3			
	T-4			
	T-5			
	T-6			
Bloque V	T-1			
	T-2			
	T-3			
	T-4			
	T-5			
	T-6			

Anexo 3. Croquis de experimento en sistema de producción protegida o invernadero.



Anexo 4. Modelo de entrevista utilizada.

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**  
**CATIE**

**Diagnostico de Persecución sobre el uso de microorganismos eficientes de montaña  
(MM)**

Encuesta No. \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**1. Datos del productor**

Nombre: \_\_\_\_\_

Experiencia en invernaderos: \_\_\_\_\_ (años).

Asistencia técnica: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Condiciones de la propiedad: Propia \_\_\_\_\_ Alquilada \_\_\_\_\_ Prestada \_\_\_\_\_

Es productor orgánico \_\_\_\_\_ Convencional \_\_\_\_\_ o Ambos \_\_\_\_\_

Cuanto tiempo tiene de producir bajo ese sistema en: finca \_\_\_\_\_ invernadero \_\_\_\_\_

Notas: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**2. Datos de la finca**

Ubicación: \_\_\_\_\_

Área: \_\_\_\_\_

Distribución del área: Finca \_\_\_\_\_ Vivienda \_\_\_\_\_ Bosque \_\_\_\_\_ Otras \_\_\_\_\_

Distribución de la finca: Campo abierto \_\_\_\_\_ Invernadero \_\_\_\_\_ otros \_\_\_\_\_

Esta certificada: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Certificación orgánica: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Cual o cuáles? \_\_\_\_\_

Otra certificación: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Cual o cuáles? \_\_\_\_\_

¿Qué tiempo tiene la certificación? \_\_\_\_\_

**3. Uso de MM**

¿Aplica MM? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_



¿Cuánto tiempo hace que lo usa? \_\_\_\_\_

¿Cómo lo obtiene? Lo fabrica el mismo \_\_\_\_ Lo compra \_\_\_\_ Otra forma \_\_\_\_\_

¿Lo aplica a tomate? Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_ . ¿Cómo? Foliar \_\_\_\_ al suelo \_\_\_\_

¿Con que frecuencia? \_\_\_\_\_

¿Qué dosis usa? Solido \_\_\_\_\_ Líquido \_\_\_\_\_

Procedimiento de activación:

Cuanto de MM? \_\_\_\_\_ Quanto de melaza? \_\_\_\_\_ cuanto de agua? \_\_\_\_\_

Cuanto tiempo anaeróbico? \_\_\_\_\_ Quanto tiempo anaeróbico? \_\_\_\_\_

Opinión sobre del producto:

- Aplicado al suelo:

<b>Pregunta</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Intermedio</b>	<b>Regular</b>	<b>Pobre</b>
Mejora características físicas					
Mejora características químicas					
Mejora características biológicas					
Supresión de enfermedades					
Mejor calidad sanidad del suelo					
Aporte a la calidad del cultivo					
Aporte a la producción del cultivo					
Es rentable					

- Aplicado al follaje:

<b>Pregunta</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Intermedio</b>	<b>Regular</b>	<b>Pobre</b>
Mejora crecimiento de follaje					
Aumenta área fotosintética					
Mejora productividad					
Supresión enfermedades foliares					
Aporte a la calidad del cultivo					
Aporte a la producción del cultivo					
Es rentable					

#### 4. Datos de manejo de cultivos

##### Suelo:

Como es la preparación de la cama de siembra? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Que ingredientes lleva el sustrato que usa y que proporciones? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Desinfecta el suelo? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Cada cuanto tiempo? \_\_\_\_\_

Como lo hace? \_\_\_\_\_

Que producto usa? A- \_\_\_\_\_ B- \_\_\_\_\_ C- \_\_\_\_\_

##### Cultivo:

Variedades de tomate que usa:

A: \_\_\_\_\_ B: \_\_\_\_\_

Prepara su propio semillero? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Densidad de siembra: entre plantas \_\_\_\_\_ entre surcos \_\_\_\_\_

Hace rotación de cultivo? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Que cultivos? \_\_\_\_\_

##### Fertilización:

Química? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Orgánica? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Hace análisis de suelo? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Cada qué tiempo? \_\_\_\_\_

Hace análisis foliar? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Cada qué tiempo? \_\_\_\_\_

##### Fórmula utilizada:

A: \_\_\_\_\_ B: \_\_\_\_\_ C: \_\_\_\_\_

Dosis: \_\_\_\_\_

Forma de aplicación: Al suelo? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Al follaje? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Frecuencia de aplicación: Al suelo \_\_\_\_\_ Foliar \_\_\_\_\_

##### Abono utilizado:

A: \_\_\_\_\_ B: \_\_\_\_\_ C: \_\_\_\_\_

Dosis: \_\_\_\_\_

Forma de aplicación: Al suelo? Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_ Al follaje? Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

Frecuencia de aplicación: Al suelo \_\_\_\_\_ Foliar \_\_\_\_\_

### 5. Manejo de insectos-plagas

¿Cuales insectos se presentan con más frecuencia?	Tipo de control		Producto utilizado
	Orgánico	Químico	
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

### 6. Manejo de enfermedades

¿Cuales enfermedades se presentan con más frecuencia?	Tipo de control		Producto utilizado
	Orgánico	Químico	
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

### 7. Manejo de malezas

¿Cuales malezas se presentan con más frecuencia?	Tipo de control		Producto utilizado	Frecuencia
	Orgánico	Químico		
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

### 8. Mercado

¿Dónde vende sus productos? \_\_\_\_\_

¿Es estable el mercado? \_\_\_\_\_

¿Tiene sobre precio? \_\_\_\_\_

Observaciones \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Anexo 5. Contrastes para la variable número de hojas/planta, en el cultivo de tomate, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña, microorganismos eficientes, agua y melaza, y un testigo.

Contrastes	F	gl (num)	gl (den)	p-valor
Testigo vs el resto	0,13	1	98	0,7213
Agu_Mel vs MMs	0,33	1	98	0,5675
EM vs MMs	0,05	1	98	0,8209
MM3_T3 vs MM1_T3 y MM2_T3	0,54	1	98	0,4662
MM2_T3 vs MM1_T3 y MM3_T3	0,01	1	98	0,9271
MM1_T3 vs MM2_T3 y MM3_T3	0,56	1	98	0,4543
MM3_T2 vs MM1_T2 y MM2_T2	1,32	1	98	0,2530
MM2_T2 vs MM1_T2 y MM3_T2	6,52	1	98	0,0122
MM1_T2 vs MM2_T2 y MM3_T2	0,53	1	98	0,4682
MM3_T1 vs MM1_T1 y MM2_T1	0,80	1	98	0,3732
MM2_T1 vs MM1_T1 y MM3_T1	0,24	1	98	0,6282
MM1_T1 vs MM2_T1 y MM3_T1	1,80	1	98	0,1825
MM1 vs MM2 y MM3	0,59	1	98	0,4442
MM2 vs MM1 y MM3	1,47	1	98	0,2283
MM3 vs MM1 y MM2	0,15	1	98	0,7023
MM1_T1 vs MM1_T2 y MM1_T3	3,77	1	98	0,0551
MM1_T2 vs MM1_T1 y MM1_T3	0,59	1	98	0,4442
MM1_T3 vs MM1_T1 y MM1_T2	1,71	1	98	0,1946
MM2_T1 vs MM2_T2 y MM2_T3	1,33	1	98	0,2522
MM2_T2 vs MM2_T1 y MM2_T3	6,65	1	98	0,0114
MM2_T3 vs MM2_T1 y MM2_T2	0,38	1	98	0,5401
MM3_T1 vs MM3_T2 y MM3_T3	0,02	1	98	0,9023
MM3_T2 vs MM3_T1 y MM3_T3	0,05	1	98	0,8301
MM3_T3 vs MM3_T1 y MM3_T2	0,12	1	98	0,7291
T1 vs T2 y T3	3,13	1	98	0,0802
T2 vs T1 y T3	3,29	1	98	0,0727
T3 vs T1 y T2	0,08	1	98	0,7772

P <= 0,05 corresponde a diferencias significativas.

**MM1:** MM del productor A. **MM2:** MM del productor B. **MM3:** MM del productor C. **T1:** tiempo de activación de una semana. **T2:** tiempo de activación de dos semanas. **T3:** tiempo de activación de tres semanas. **EM:** microorganismos eficientes (producto comercial). **Agu\_Mel:** agua y melaza. **F-value:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula. **gl (num):** Grados de libertad del numerador. **gl (den):** Grados de libertad del denominador.

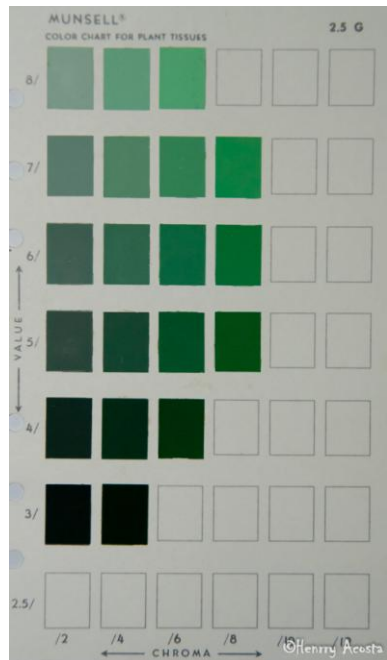
Anexo 6. Contrastes para la variable número de flores/planta, en el cultivo de tomate, con aplicación foliar de diferentes mezclas de microorganismos de montaña, microorganismos eficientes, agua y melaza, y un testigo

Contrastes	F	gl (num)	gl (den)	p-valor
Testigo vs el resto	1,05	1	98	0,3075
Agu_Mel vs MMs	2,57	1	98	0,1123
EM vs MMs	0,94	1	98	0,3353
MM3_T3 vs MM1_T3 y MM2_T3	2,48	1	98	0,1186
MM2_T3 vs MM1_T3 y MM3_T3	0,13	1	98	0,7147
MM1_T3 vs MM2_T3 y MM3_T3	2,63	1	98	0,1081
MM3_T2 vs MM1_T2 y MM2_T2	1,92	1	98	0,1694
MM2_T2 vs MM1_T2 y MM3_T2	10,56	1	98	0,0016
MM1_T2 vs MM2_T2 y MM3_T2	2,87	1	98	0,0933
MM3_T1 vs MM1_T1 y MM2_T1	1,63	1	98	0,2043
MM2_T1 vs MM1_T1 y MM3_T1	0,04	1	98	0,8508
MM1_T1 vs MM2_T1 y MM3_T1	3,84	1	98	0,0530
MM1 vs MM2 y MM3	0,23	1	98	0,6361
MM2 vs MM1 y MM3	1,56	1	98	0,2152
MM3 vs MM1 y MM2	0,79	1	98	0,3761
MM1_T1 vs MM1_T2 y MM1_T3	7,06	1	98	0,0092
MM1_T2 vs MM1_T1 y MM1_T3	0,02	1	98	0,8801
MM1_T3 vs MM1_T1 y MM1_T2	3,56	1	98	0,0621
MM2_T1 vs MM2_T2 y MM2_T3	2,22	1	98	0,1396
MM2_T2 vs MM2_T1 y MM2_T3	9,78	1	98	0,0023
MM2_T3 vs MM2_T1 y MM2_T2	1,16	1	98	0,2850
MM3_T1 vs MM3_T2 y MM3_T3	0,59	1	98	0,4433
MM3_T2 vs MM3_T1 y MM3_T3	0,44	1	98	0,5101
MM3_T3 vs MM3_T1 y MM3_T2	2,24	1	98	0,1373
T1 vs T2 y T3	3,28	1	98	0,0734
T2 vs T1 y T3	4,34	1	98	0,0399
T3 vs T1 y T2	0,03	1	98	0,8706

$P \leq 0,05$  corresponde a diferencias significativas.

**MM1:** MM del productor A. **MM2:** MM del productor B. **MM3:** MM del productor C. **T1:** tiempo de activación de una semana. **T2:** tiempo de activación de dos semanas. **T3:** tiempo de activación de tres semanas. **EM:** microorganismos eficientes (producto comercial). **Agu\_Mel:** agua y melaza. **F-value:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula. **gl (num):** Grados de libertad del numerador. **gl (den):** Grados de libertad del denominador.

Anexo 7. Ejemplo de carta de colores para tejidos de plantas Munsell.



2.5 G 3/2



2.5 G 3/4



2.5 G 4/2



2.5 G 4/4



2.5 G 4/6



2.5 G 5/2



2.5 G 5/4



Anexo 8. Informe de análisis microbiológicos ejecutados a los MM utilizados en los ensayos, con el tiempo de activación de una semana.

**INSTITUTO NACIONAL DE APRENDIZAJE**  
**Subgerencia Técnica**

**INFORME DE RESULTADOS DEL SERVICIO TECNOLÓGICO**

Centro Ejecutor: Laboratorio de Fitoprotección, CNEAO-INA.

Responsable de realizar la prueba: Ing. Rommel Vega Obando

Fecha: 21 de noviembre de 2011

Firma: \_\_\_\_\_

TIPO DE PRUEBA: Análisis microbiológico de MM Tiempo 1

CODIGO	PRUEBA	ESPECIFICACIÓN DE LA PRUEBA	CONDICIONES AMBIENTALES
	Bacterias		Variable
	Hongos y Levaduras		Incubacion aeróbica
RESULTADOS OBTENIDOS			
	M1T1	M2T1	M3T1
Hongos	no presencia	no presencia	no presencia
Levaduras	mayor a 10 <sup>3</sup> UFC/ml	mayor a 10 <sup>3</sup> UFC/ml	mayor a 10 <sup>3</sup> UFC/ml
<i>Pseudomonas sp</i>	no presencia	mayor a 10 <sup>3</sup> UFC/ml	mayor a 10 <sup>3</sup> UFC/ml
<i>Erwinia sp</i>	mayor a 10 <sup>3</sup> UFC/ml	mayor a 10 <sup>3</sup> UFC/ml	mayor a 10 <sup>3</sup> UFC/ml
Actinomicetos	no presencia	no presencia	no presencia
OBSERVACIONES:			
El análisis microbiológico se realizó a una muestras líquidas de MM suministrada por Henry Acosta.			

Anexo 9. Informe de análisis microbiológicos ejecutados a los MM utilizados en los ensayos, con el tiempo de activación de dos semanas.

**INSTITUTO NACIONAL DE APRENDIZAJE**  
**Subgerencia Técnica**

**INFORME DE RESULTADOS DEL SERVICIO TECNOLÓGICO**

Centro Ejecutor: Laboratorio de Fitoprotección, CNEAO-INA.

Responsable de realizar la prueba: Ing. Rommel Vega Obando

Fecha: 21 de noviembre de 2011

Firma: \_\_\_\_\_

TIPO DE PRUEBA: Análisis microbiológico de MM Tiempo 2

CODIGO	PRUEBA	ESPECIFICACIÓN DE LA PRUEBA	CONDICIONES AMBIENTALES
	Bacterias		Variable
	Hongos y Levaduras		Incubacion aeróbica
RESULTADOS OBTENIDOS			
	M1T2	M2T2	M3T2
Hongos	no presencia	no presencia	no presencia
Levaduras	mayor a 10 <sup>3</sup> UFC/ml	mayor a 10 <sup>3</sup> UFC/ml	mayor a 10 <sup>3</sup> UFC/ml
<i>Pseudomonas sp</i>	mayor a 10 <sup>3</sup> UFC/ml	mayor a 10 <sup>3</sup> UFC/ml	mayor a 10 <sup>3</sup> UFC/ml
<i>Erwinia sp</i>	mayor a 10 <sup>3</sup> UFC/ml	mayor a 10 <sup>3</sup> UFC/ml	mayor a 10 <sup>3</sup> UFC/ml
Actinomicetos	no presencia	no presencia	no presencia
OBSERVACIONES:			
El análisis microbiológico se realizó a una muestras líquidas de MM suministrada por Henry Acosta.			



Anexo 10. Informe de análisis microbiológicos ejecutados a los MM utilizados en los ensayos, con el tiempo de activación de Tres semanas.

**INSTITUTO NACIONAL DE APRENDIZAJE**  
**Subgerencia Técnica**

**INFORME DE RESULTADOS DEL SERVICIO TECNOLÓGICO**

Centro Ejecutor: Laboratorio de Fitoprotección, CNEAO-INA.

Responsable de realizar la prueba: Ing. Rommel Vega Obando

Fecha: 21 de noviembre de 2011

Firma: \_\_\_\_\_

TIPO DE PRUEBA: Análisis microbiológico de MM Tiempo 3

CODIGO	PRUEBA	ESPECIFICACION DE LA PRUEBA	CONDICIONES AMBIENTALES
	Bacterias		Variable
	Hongos y Levaduras		Incubacion aeróbica
RESULTADOS OBTENIDOS			
	M1T3	M2T3	M3T3
Hongos	no presencia	no presencia	no presencia
Levaduras	no presencia	mayor a 10 <sup>3</sup> UFC/ml	mayor a 10 <sup>3</sup> UFC/ml
<i>Pseudomonas sp</i>	no presencia	mayor a 10 <sup>3</sup> UFC/ml	no presencia
<i>Erwinia sp</i>	no presencia	mayor a 10 <sup>3</sup> UFC/ml	mayor a 10 <sup>3</sup> UFC/ml
Actinomicetos	no presencia	no presencia	no presencia
OBSERVACIONES:			
El análisis microbiológico se realizó a una muestras líquidas de MM suministrada por Henry Acosta.			

Anexo II. Prueba de hipótesis marginales (SC tipo III) para las variables del objetivo 1 evaluadas en el experimento 1 en CATIE, Turrialba.

Variable		gl (num)	gl (den)	F-valor	p-valor
Altura (m)	(Intercepto)	1	98	19,01	<0,0001
	Tratamientos	11	98	1,08	0,3886
	Co-variable	1	98	171,74	<0,0001
Número de hojas/panta	(Intercepto)	1	98	52,74	<0,0001
	Tratamientos	11	98	2,56	0,0067
	Co-variable	1	98	191,77	<0,0001
Número de flores/panta	(Intercepto)	1	98	36,89	<0,0001
	Tratamientos	11	98	3,57	0,0003
	Co-variable	1	98	143,11	<0,0001
Número de frutos/panta	(Intercepto)	1	94	1,00	0,3201
	Tratamientos	11	94	1,19	0,3053
	Co-variable	1	94	4,08	0,0461
Inicio de floración	(Intercepto)	1	98	29,76	<0,0001
	Tratamientos	11	98	1,08	0,3876
	Co-variable	1	98	4,19	0,0433
Inicio de fructificación	(Intercepto)	1	94	11,93	0,0008
	Tratamientos	11	94	1,25	0,2666
	Co-variable	1	94	0,14	0,7093
Inicio de madurez de frutos	(Intercepto)	1	64	6,72	0,0118
	Tratamientos	11	64	0,79	0,6483
	Co-variable	1	64	13,42	0,0005

P <= 0,05 corresponde a diferencias significativas.

**gl (num):** Grados de libertad del numerador. **gl (den):** Grados de libertad del denominador. **F-valor:** Valor del estadístico F. **p-valor:** Probabilidad mínima con la que puede rechazarse la hipótesis nula. **SC:** Suma de cuadrados.