

**Evaluación de la eficiencia de
Microorganismos de Montaña (MM) en la
Finca Agroecológica Zamorano**

José Adrián Orbe Panchana

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

Evaluación de la eficiencia de Microorganismos de Montaña (MM) en la Finca Agroecológica Zamorano

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Ambiente y Desarrollo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

José Adrián Orbe Panchana

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2017

Evaluación de la eficiencia de Microorganismos de Montaña (MM) en la Finca Agroecológica Zamorano

José Adrián Orbe Panchana

Resumen. La agricultura convencional se encarga de suplir insumos necesarios para la alimentación humana. Este sistema de producción ha provocado situaciones negativas en el equilibrio natural del ecosistema al utilizar fertilizantes sintéticos y extensión de la frontera agrícola. Ante ello, surge la agricultura orgánica misma que pretende obtener alimentos causando un impacto mínimo al equilibrio ecológico. Este sistema de producción emplea prácticas como biofertilizantes, abonos, uso eficiente del recurso agua y espacio que a su vez contribuye a mitigar los efectos negativos derivados por prácticas convencionales. El estudio evaluó la eficiencia de cuatro dosificaciones de biofertilizante Microorganismos de Montaña (MM) en rábano. El diseño experimental usado fue Bloques Completos al Azar BCA 4x4 y análisis estadístico ANOVA de un factor. El mayor crecimiento foliar, radicular y el peso de bulbo se obtuvo con la dosis T1 (27.20 ml) de biofertilizante. Los resultados son representativos para 1 m², con ello se estimaron los costos de producción para 20 m². Se evidenció que en rábano la dosis T1 (27.20 ml) de biofertilizante genera una producción económicamente viable. En las características químicas del suelo se notaron mínimos cambios en proporciones de pH, macro y micro elementos. Las dosis empleadas influyeron en el crecimiento del cultivo y en la modificación del suelo. Se recomienda utilizar los Microorganismos de Montaña (MM) en combinación con otros abonos orgánicos para obtener mejores rendimientos y realizar más estudios en suelos de Zamorano.

Palabras clave: Agroecología, cultivo, factibilidad, químicas.

Abstract: Conventional agriculture is in charge of supplying necessary inputs for human food. This production system has caused negative situations in the natural balance of the ecosystem when using synthetic fertilizers and extension of the agricultural border. Faced with this, organic agriculture arises that seeks to obtain food with minimal impact on the ecological balance. This production system uses practices such as biofertilizers, fertilizers, efficient use of water and space, which in turn helps to mitigate the negative effects of conventional practices. The study evaluated the efficiency of four dosages of biofertilizer Mountain Microorganisms (MM) in radish. The experimental design used was 4x4 Randomized Complete Blocks and one factor ANOVA. The highest leaf growth, root growth and bulb weight were obtained from T1 (27.20 ml) of biofertilizer. The results are representative for 1 m², thus estimating the production costs for 20 m². It was evidenced that in horseradish the dose T1 (27.20 ml) of biofertilizer generates an economically viable production. The chemical characteristics of the soil showed minimal changes in pH, macro and micro element proportions. The doses used influenced the growth of the crop and the modification of the soil. It is recommended to use the Mountain Microorganisms (MM) in combination with other organic fertilizers to obtain better yields and to carry out more studies in soils of Zamorano.

Keywords: Agroecology, chemical, cultivation, feasibility.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
4. CONCLUSIONES.....	18
5. RECOMENDACIONES.....	19
6. LITERATURA CITADA.....	20
7. ANEXOS.....	23

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Características ambientales de la Finca Agroecológica Zamorano.....	4
2. Dosificación total de biofertilizante MM.	7
3. Análisis estadístico ANOVA de la segunda aplicación.	12
4. Análisis estadístico ANOVA de la tercera aplicación.....	12
5. Prueba post-hoc DUNCAN de la tercera aplicación.	13
6. Análisis estadístico ANOVA para el peso de rábano.....	14
7. Resultado de la prueba Post-hoc Duncan para el peso de rábano.	14
8. Costos de producción para un área 20 m ²	15
9. Peso estimado de rábano en un área de 20 m ²	16
10. Relación beneficio/costo de la producción de rábano en 20 m ²	16
11. Resultados de los análisis de muestras de suelo en laboratorio.....	17

Figuras	Página
1. Mapa de la Finca Agroecológica Zamorano.....	3
2. Proceso para la elaboración de Microorganismos de Montaña (MM).....	4
3. Representación gráfica del diseño experimental.	5
4. Sitios de recolección de muestras.	9
5. Desarrollo foliar de rábano en la segunda y tercera aplicación.	10
6. Desarrollo radicular del cultivo en la segunda y tercera aplicación.	11

Anexos	Página
1. Establecimiento del ensayo.	23
2. Lista de insumos utilizados en la preparación de biofertilizante MM.....	24
3. Ficha de campo para recolección de datos.	24

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura convencional es un sistema de producción integral, del que se obtiene un mayor rendimiento de cultivos que la agricultura tradicional. Esta eficiencia se consigue empleando tecnologías (plaguicidas, preparación mecánica del suelo, fertilizantes, OMG's) en la producción agrícola (Ceccon, 2008). Este sistema experimentó cambios desde su establecimiento en 1940 hasta la actualidad. Este proceso desencadenó situaciones negativas, mismas que comprenden contaminación de suelos por residuos químicos, deforestación y uso irracional de productos sintéticos en la producción agrícola. Además, se produjeron problemas sociales y una economía mundial inestable (FAO, 1962).

La agricultura es un factor importante para el desarrollo económico de los países. En países en vías de desarrollo representa hasta el 35 % de su PIB anual. La distribución poblacional en estos países comprende el 30% en zonas urbanas y 70% en zonas rurales. De la población rural, el 86% de sus habitantes dependen directamente de la agricultura (BM, 2008).

Actualmente la producción agrícola está monopolizada y es administrada por países con mayores índices de desarrollo (EE.UU., Europa, Asia). Sumado a ello, la demanda de productos pecuarios a nivel mundial ha incrementado en las dos últimas décadas. Para la actividad pecuaria se destina un 35 % de la producción agrícola mundial lo que representa el 26 % del área total cultivable. Estas actividades generan altos índices de contaminación de recursos naturales intensificando los efectos del cambio climático (FAO, 2014).

La agroecología es una alternativa de producción que promueve el uso de policultivos, abonos orgánicos, abonos verdes y controladores biológicos. Este sistema se destaca por ser una tecnología de bajo costo y accesible para familias bajos ingresos. Su aplicación representa el 50% menos inversión que usar productos químicos y la productividad es similar. El sistema agroecológico integra recursos naturales, seres humanos y factores socioeconómicos, para establecer un desarrollo agropecuario sostenible (Rivera, 2007).

En la producción agroecológica se utilizan abonos orgánicos para suplir los requerimientos de nutrientes y minerales necesarios para el desarrollo de cultivos. Este tipo de sustrato reúne condiciones necesarias para la reproducción, disponibilidad de alimento y desarrollo de sus procesos metabólicos de microorganismos como levaduras, hongos y bacterias (Tencio, 2013). La eficiencia de la aplicación de abonos orgánicos se ven reflejados en rendimientos de cultivos y en el mejoramiento de las características físico químicas del suelo (Sana, 2015).

El suelo es el medio donde se realizan interacciones entre organismos vivos, factores inertes (compactación, agua) y elementos minerales (N, P, K Mg, Ca Na) como compuestos orgánicos e inorgánicos. Las plantas aprovechan compuestos inorgánicos para sus procesos biológicos. Por su parte, los microorganismos realizan sus procesos metabólicos mediante procesos de solubilización y degradación de materia orgánica en compuestos simples aprovechables para las plantas (Pineda., 2014). Los procesos biológicos de los microorganismos, varían entre cada especie y su eficiencia se ve condicionada por las características físicas (estructura, humedad del suelo), químicas (disponibilidad de minerales) y biológicas (materia orgánica) (Campo, 2014).

El biofertilizante es una fuente de una carga microbiana contribuyendo a que los procesos biológicos y químicos del suelo sean más eficientes. Estos microorganismos, mediante sus procesos fisiológicos agilizan la degradación de materia orgánica en compuestos simples asimilables para el cultivo. Otras bacterias como *Azotobacter*, se adhieren a la zona radicular de la planta lo que permite una mayor eficiencia en la fijación de nitrógeno atmosférico (N₂) al suelo (García, 2016).

Algunas especies de hongos, utilizan sus micelios como adherente de suelo evitando la erosión. Otro especie de hongo es el *Penicillium*, el cual secreta sustancias tóxicas que no permitan colonización de otros microorganismos patógenos (Almánzar, 2012). La adaptabilidad de los MM, está sujeta a condiciones ambientales no controladas (tiempo, lluvias, altas temperaturas), por ello se recomienda aplicarlos en zonas de similares condiciones ambientales y edáficas (Tencio, 2013).

El CATIE realizó investigaciones para evaluar la eficiencia de Microorganismos de Montaña (MM) en la producción de tomate. Los resultados obtenidos reflejaban que la producción de tomate con la aplicación de MM presentó mayor crecimiento vegetativo que el cultivo de tomate sin MM. Además, el cultivo tratado con MM presentó menor incidencia de plagas y enfermedades (Ramírez, 2012).

En la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, se realizó un estudio de caracterización físico y química de Microorganismos de Montaña (MM). Este estudio generó información referente a flujos de proceso para elaboración de MM, la composición nutricional y disponibilidad de elementos minerales de este biofertilizante (Flores, 2016). Con este antecedente, se consideró la continuación del estudio con MM evaluando su eficiencia en campo con el cultivo de rábano.

La investigación tuvo como objetivo principal evaluar la eficiencia de Microorganismos de Montaña (MM) en cultivo de Rábano (*Raphanus sativus* L), en la Finca Agroecológica Zamorano. La eficiencia se evaluó mediante los objetivos específicos; i) Determinar la dosificación óptima de biofertilizante a base de Microorganismos de Montaña (MM) en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus* L.); ii) Cuantificar costos de producción y rendimientos de tres dosificaciones de (MM) en el cultivo de rábano; iii) Caracterizar el efecto de la aplicación de (MM) en el suelo, antes y después del ciclo de rábano.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento del ensayo.

El proyecto se desarrolló en la Finca Agroecológica Zamorano (Figura 1), ubicada en Santa Inés, Francisco Morazán. La finca cuenta con 40.03 hectáreas y funciona como un centro de aprendizaje en sistemas agroecológicos para estudiantes de Zamorano (Cuadro 1).

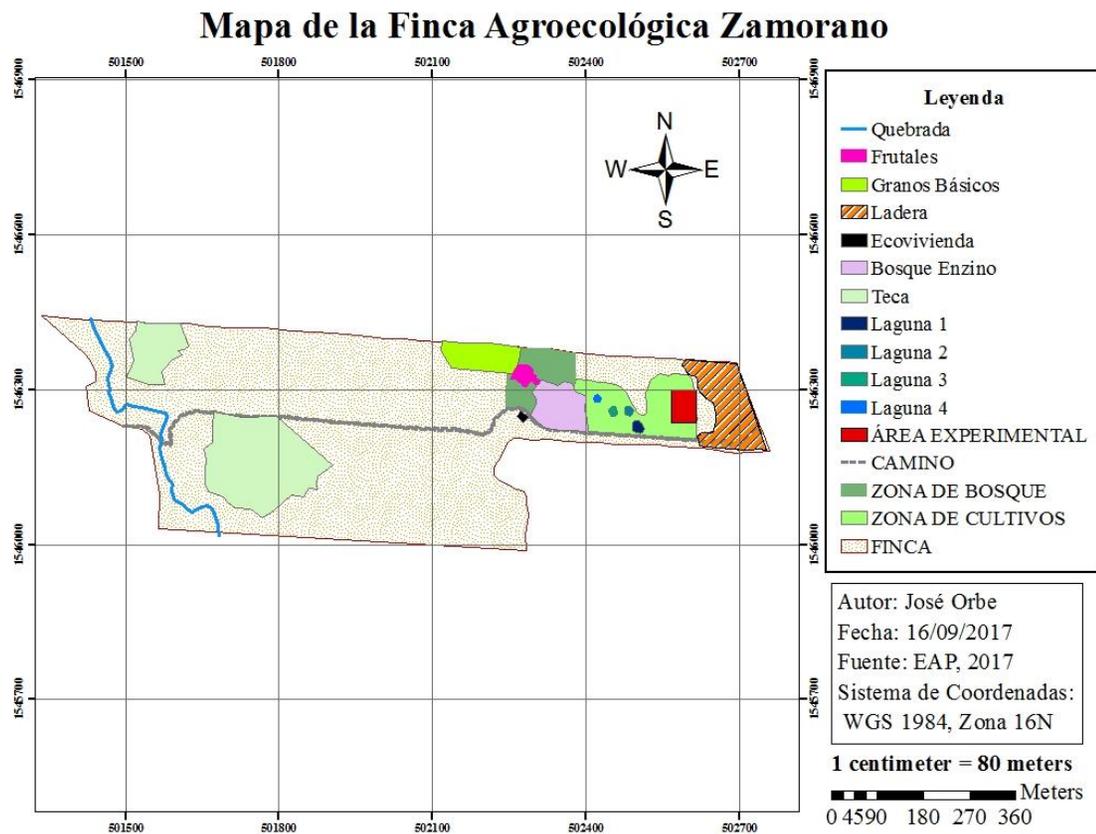


Figura 1. Mapa de la Finca Agroecológica Zamorano.

Cuadro 1. Características ambientales de la Finca Agroecológica Zamorano.

Parámetros	Promedios
Altitud msnm	780
Temperatura °C	23
Precipitación anual (mm)	1100
Topografía	Plana

Fuente: (Samudio, 2007)

Elaboración del biofertilizante.

El biofertilizante se obtuvo siguiendo un flujo de proceso conformado por tres etapas (Figura 2); i) Microorganismos de Montaña Sólidos (MMS); ii) Microorganismos de Montaña Activados (MMA); iii) Microorganismos de Montaña líquido (MM). En el estudio se utilizó el producto Microorganismos de Montaña líquido (MM).

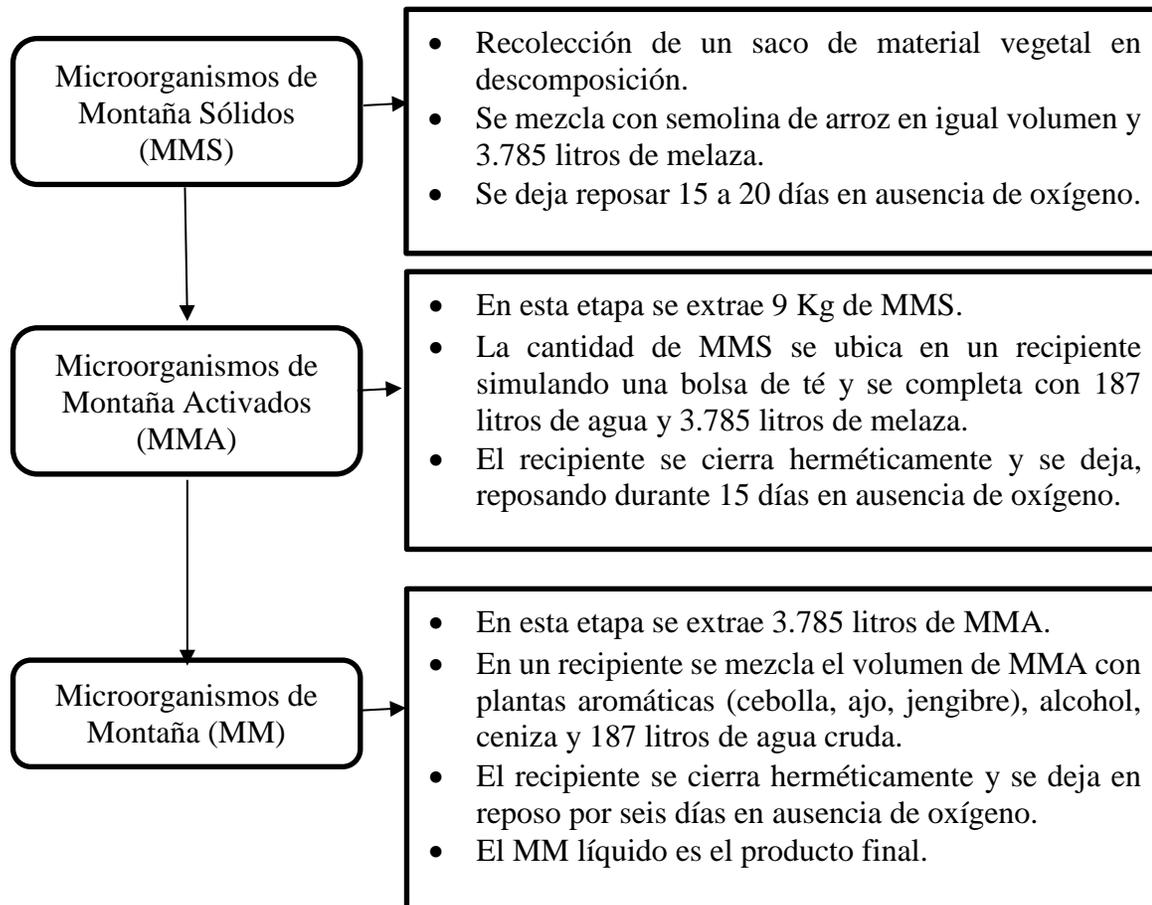


Figura 2. Proceso para la elaboración de Microorganismos de Montaña (MM).

Adaptado de: (Flores, 2016).

Diseño experimental.

El estudio se realizó en un área de 64 m² en la cual se utilizó el diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA), cada uno conformado por cuatro unidades experimentales de 1 m². En cada unidad experimental se trazaron cuatro surcos a una distancia de 0.2 m entre sí (Figura 3).

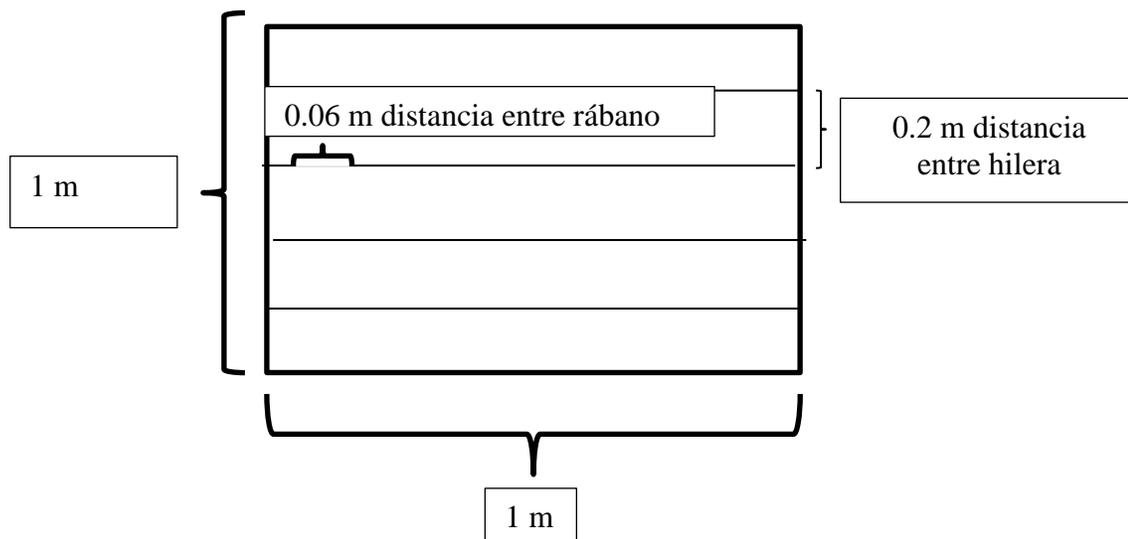
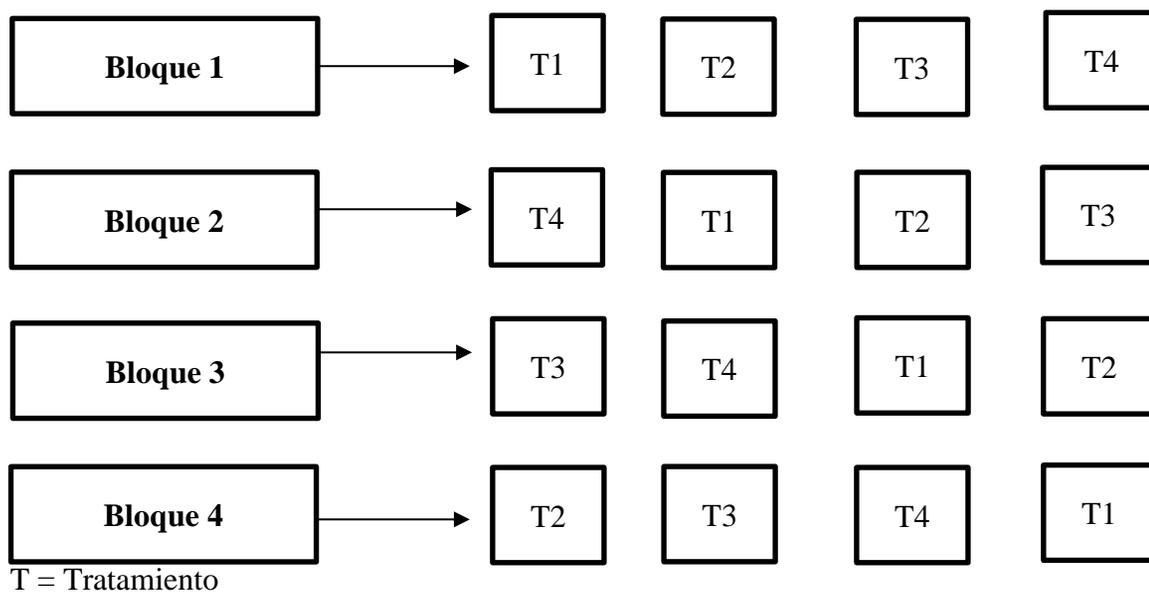


Figura 3. Representación gráfica del diseño experimental.

Cultivo.

El cultivo utilizado fue el rábano (*Raphanus sativus* L.), variedad Crimson Giant. Esta variedad se caracteriza por ser de color rojizo, tolerante a suelos ligeramente ácidos y 85% de viabilidad de la semilla (Torrez, 2011). El cultivo requiere de suelos sueltos para el desarrollo de su sistema radicular, el cual se aprovecha para su comercialización. Su ciclo fisiológico dura de 28 a 30 días en temperaturas de 18 a 23 °C (Goites, 2008).

Preparación del terreno.

La preparación del terreno tuvo un proceso estandarizado de labranza para las 16 unidades experimentales. Este proceso inició con la descompactación y picado de los primeros 25-30 cm del suelo, utilizando una piocha. Seguidamente se mulló el suelo utilizando un azadón y se niveló con un rastrillo. Este proceso garantizó que el cultivo se estableciera bajo condiciones homogéneas de terreno.

Siembra.

El área de estudio se irrigó hasta lograr la condición capacidad de campo utilizando una manguera de una pulgada de diámetro conectada a la red hídrica de la finca. En cada unidad experimental se trazaron cuatro surcos con una regleta de madera (Figura 3). La semilla se colocó de forma directa en el surco a una profundidad de tres cm y distancia entre semilla de seis cm obteniendo un total de 67 semillas en cada unidad experimental. Se consideró el porcentaje de germinación de esta variedad y previendo una posible pérdida se añadió un surco extra en cada unidad con 15 semillas adicionales para reposición. El área de estudio se protegió con una valla de malla fina para reducir el riesgo de daños por animales.

Aplicación de biofertilizante MM.

Se evaluaron tres dosificaciones derivadas de una concentración inicial de 278 ml de biofertilizante MM para 20 litros de agua. Se realizaron tres aplicaciones en el ciclo de cultivo, en un intervalo de ocho días entre cada una. Los MM se aplicaron directamente en la parte superior del suelo y en la superficie foliar del cultivo, para ello se utilizó una bomba de fumigar manual marca Bellota con capacidad para 20 litros. Las aplicaciones se realizaron en un rango de temperatura de 18 y 21°C bajo las cuales se mantenía la humedad del suelo (Almánzar, 2012).

Calibración de la bomba.

El objetivo de la calibración fue determinar el volumen de solución descargado. Se inició delimitando un área similar a una unidad experimental del ensayo y se procedió a llenar la bomba con un volumen conocido de solución líquida. Seguidamente se estableció un tiempo de dos minutos para la descarga y se midió con una probeta de 100 ml. Este proceso se repitió cinco veces y se utilizó el volumen promedio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Dosificación total de biofertilizante MM.

Tratamientos	Biofertilizante	Unidades muestrales	Total biofertilizante
	ml		ml
T1	27.20	4	326.4
T2	20.41	4	244.92
T3	13.61	4	163.32
T4	0	4	0

*T. Tratamientos

Recolección de datos. La recolección de datos se realizó cinco días después de cada aplicación de forma aleatoria. Las unidades muestrales para cada unidad experimental fueron 13 rábanos, calculados mediante la fórmula de población [1]. Seguidamente se tomaron las medidas del largo y ancho de hojas y bulbo en centímetros utilizando reglas, cinta métrica y pie de rey. Los datos se registraron organizadamente en un fichero de campo según el tratamiento, unidad experimental, número de individuo y las variables hojas y bulbo (Anexo 3).

Los datos de peso de los rábanos se obtuvieron al final del ciclo del cultivo. Para ello se tomaron aleatoriamente 10 rábanos de cada unidad experimental. Seguidamente se recopiló la información de los pesos en gramos utilizando una balanza digital de marca OZERI®.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q} \quad [1]$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Población

Z = Distribución de gauss $Z = 0.05 = 1.96$

p = Prevalencia esperada del parámetro a evaluar desconocido (0.5).

q = 1-p

d = Error que se estima a cometer 25% = 0.25

(Morillas, 2008).

Costos de producción.

Relación beneficio-costo (B/C).

Este indicador económico que permite conocer cuan rentable es un proyecto. Este indicador expresa tres condiciones, $B/C < 1$, los ingresos son inferiores que sus egresos, $B/C = 0$, los ingresos y egresos son iguales y $B/C > 1$, los ingresos son mayores que sus egresos, significando ganancias (Martínez, 2003). Este indicador se utilizó para evaluar la viabilidad del uso de cuatro dosificaciones de (MM) en la producción de rábano. El B/C [2] se obtuvo al dividir el beneficio neto entre el costo total de cada tratamiento.

$$R (B/C) = BN/CT \quad [2]$$

Donde:

R (B/C) = Relación beneficio costo

BN = Beneficio neto

CT = Costo total

Ingreso bruto por tratamiento (IB). El IB representa el ingreso monetario total por la venta de rábano a un precio de mercado (Fórmula 3).

$$IB = X \times PX \quad [3]$$

Donde:

IB = Ingreso bruto

X = Producto

PX= Precio del producto

Costo total (CT). Se calcula al sumar los costos fijos y costos variables invertidos en las actividades del proceso de producción (Fórmula 4).

$$CT = Y + PY \quad [4]$$

Donde:

CT = Costo total

Y = Costos variables

PY = Costos fijos

Beneficio Neto (BN). El BN se expresa como ganancia por un servicio dado. Se obtiene de la diferencia entre el ingreso bruto y los costos totales de producción (Fórmula 5).

$$BN = IB - CT \quad [5]$$

Donde:

BN = Beneficio o utilidad neta

IB = Ingreso bruto

CT = Costo total

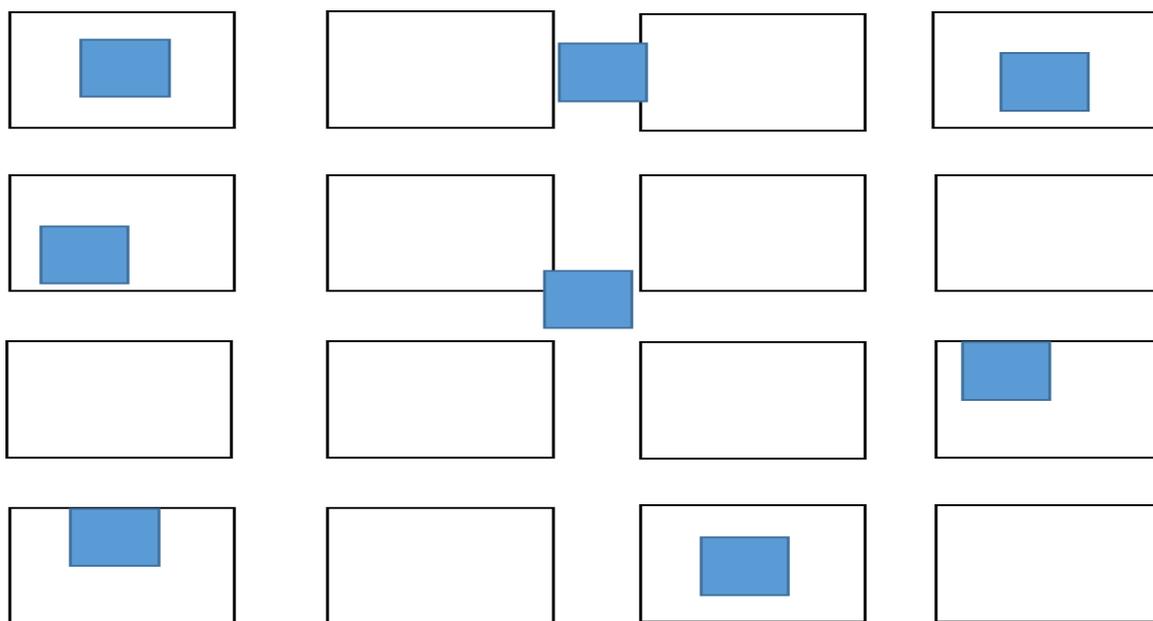
Efecto del biofertilizante MM en el suelo.

Muestreo de suelo.

El método utilizado para la recolección de muestras se rigió por el método y los parámetros establecidos por (Rosario, 2013). Para el estudio se extrajeron dos muestras de suelo, una previa y una posterior a las aplicaciones de biofertilizante. Cada muestra se estructuró de sub-unidades distribuidas aleatoriamente en el área (Figura 4). Estas sub-unidades se recolectaron a una profundidad de 5 a 20 cm de la capa arable de suelo. Seguidamente se mezclaron las porciones de suelo para obtener una muestra representativa del área de estudio y se etiquetaron con información básica (Fecha, hora y lugar).

Análisis en laboratorio. El análisis realizado a las muestras permitió conocer las características químicas del suelo. Evaluando los parámetros de pH, K, Ca, Mg y Na por el método Mehlich 3, determinados por espectrometría y P por colorimetría. La M.O, N, C.O, por el método Walkley y Black (Laboratorio de Suelos, Zamorano, 2017).

Resultados de laboratorio. Los resultados del análisis aplicado a dos muestras, permitieron la caracterización del suelo en el periodo de tiempo que duro el ensayo.



■ = Puntos de recolección.

Figura 4. Sitios de recolección de muestras.

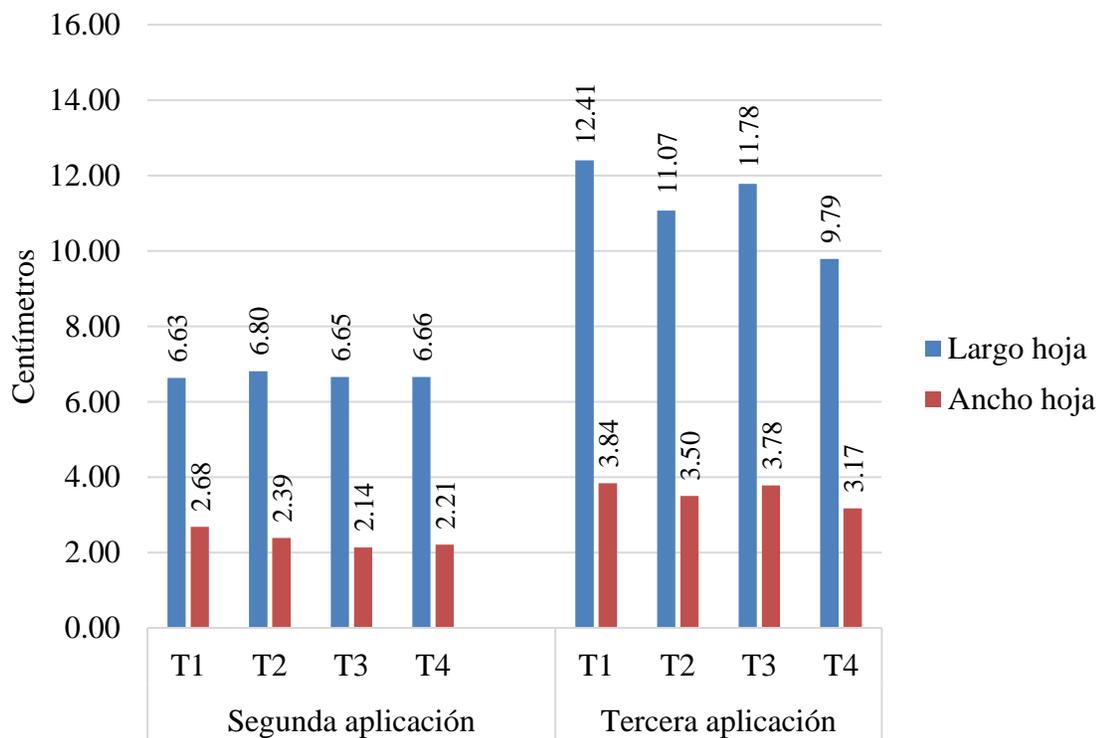
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del Biofertilizante MM en el crecimiento de rábano.

En el ciclo del rábano se realizaron tres aplicaciones de cuatro tratamientos de biofertilizante MM. La eficiencia del biofertilizante se evaluó mediante la recopilación de medidas de largo, ancho de hojas y bulbo de cada tratamiento. Para la variable de peso de bulbo los resultados se obtuvieron en la tercera aplicación.

Desarrollo foliar del cultivo.

Los datos crecimiento foliar después de la primera aplicación no se presentan en los resultados, debido a que en esta fase de crecimiento aún no se reconocían hojas verdaderas. En la segunda toma de datos las mediciones de largo y ancho de hoja presentó un crecimiento homogéneo para los cuatro tratamientos. La tercera toma de datos mostró mayores medidas de hojas con la dosificación T1 (27.20 ml) (Figura 5).

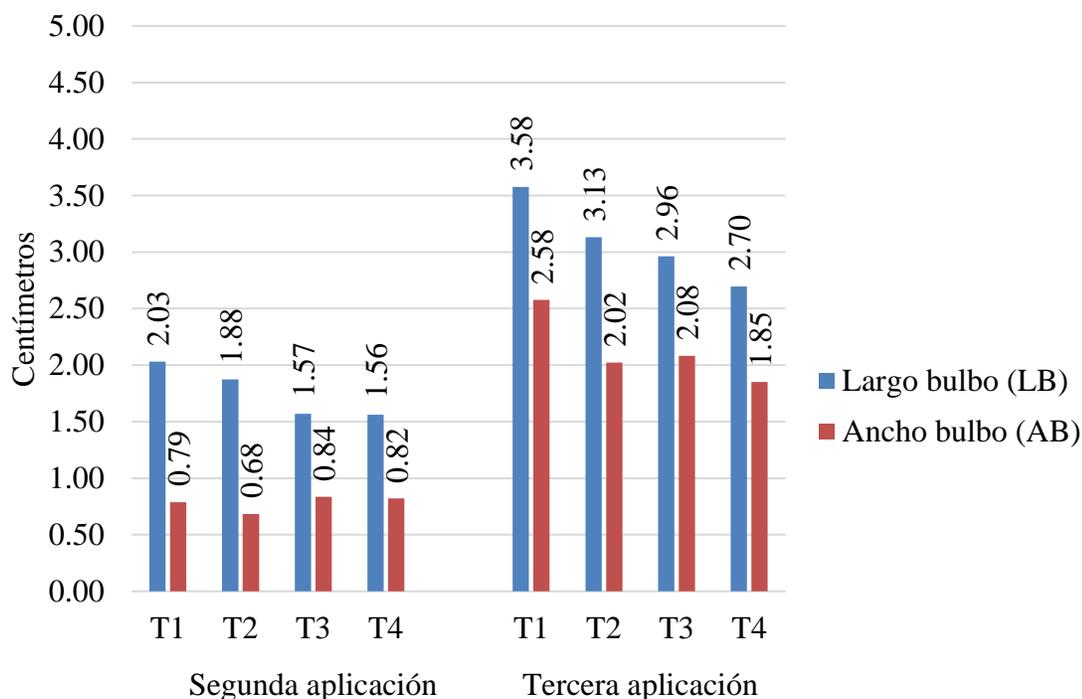


T = Tratamientos

Figura 5. Desarrollo foliar de rábano en la segunda y tercera aplicación.

Desarrollo radicular del cultivo.

Los datos correspondientes a la primera aplicación no se incluyeron en el análisis, debido a que en esta etapa de cultivo los bulbos no están desarrollados, por lo cual no se registraron sus medidas. La segunda recolección de datos muestra mayores medidas de largo y ancho de bulbo con la dosificación T1 (27.20 ml). La tercera recolección de datos evidenció que el cultivo expresó un mayor desarrollo radicular con la dosis T1 (27.20 ml) (Figura 6).



T = Tratamientos

Figura 6. Desarrollo radicular del cultivo en la segunda y tercera aplicación.

Análisis estadístico.

Segunda aplicación.

Los resultados del análisis estadístico ANOVA con nivel de significancia $P < 0.05$, muestra que en esta etapa el crecimiento del cultivo en general fue homogéneo. Para las cuatro dosificaciones no hay diferencias significativas en las medias de las variables ancho de hoja, largo de hoja y ancho de bulbo. Esto significa que estas variables respondieron de la misma manera a las aplicaciones. Sin embargo, se observó que la media del largo de bulbo si presentó diferencias entre dosis. Estos resultados sirvieron para observar el desarrollo del cultivo, pero no se consideraron al momento de determinar que dosificación tuvo mejores rendimientos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis estadístico ANOVA de la segunda aplicación.

		Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Significancia
Largo_b	Inter-grupos	10.354	3	3.451	11.738	.000
	Intra-grupos	74.101	252	.294		
	Total	84.456	255			
Ancho_b	Inter-grupos	.913	3	.304	1.153	.328
	Intra-grupos	66.504	252	.264		
	Total	67.417	255			
Largo_h	Inter-grupos	1.196	3	.399	.112	.953
	Intra-grupos	899.234	252	3.568		
	Total	900.430	255			
Ancho_h	Inter-grupos	11.399	3	3.800	2.514	.059
	Intra-grupos	380.796	252	1.511		
	Total	392.195	255			

Tercera aplicación.

Los resultados del análisis ANOVA con nivel de significancia $p < 0.05$, refleja que las medias de largo, ancho de hojas y bulbo de cada dosis difieren entre sí. Esto afirma que las dosis influyeron en el crecimiento del cultivo (Cuadro 4). Para confirmar estos resultados se aplicó una prueba post-hoc DUNCAN determinando que dosis tuvo mayor influencia en el crecimiento del cultivo.

Cuadro 4. Análisis estadístico ANOVA de la tercera aplicación.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Bulbo_L	Inter-grupos	16.372	3	5.457	5.591	.001
	Intra-grupos	152.276	156	.976		
	Total	168.648	159			
Bulbo_A	Inter-grupos	11.697	3	3.899	7.596	.000
	Intra-grupos	80.077	156	.513		
	Total	91.774	159			
Hoja_L	Inter-grupos	182.221	3	60.740	8.338	.000
	Intra-grupos	1136.479	156	7.285		
	Total	1318.700	159			
Hoja_A	Inter-grupos	11.156	3	3.719	4.024	.009
	Intra-grupos	144.167	156	.924		
	Total	155.323	159			

La prueba post-hoc DUNCAN se aplicó a las medias de largo y ancho de hojas y bulbo. Con esto se afirma que el cultivo manifestó un mejor desarrollo vegetativo que bajo la dosificación T1 (27.20 ml). Las dosificaciones T2 (20.41 ml) y T3 (13.61 ml) no presentan diferencias significativas entre la medida de sus medias. La dosificación T4 (control), presentó la menor media de variables con respecto a las tres dosificaciones (Cuadro 5).

Cuadro 5. Prueba post-hoc DUNCAN de la tercera aplicación.

Tratamientos	Medias de la variables comprendidas para la tercera aplicación			
	Largo bulbo	Ancho bulbo	Largo hoja	Ancho hoja
T1	3.58a	2.58a	12.41a	3.84a
T2	3.13b	2.02b	11.07b	3.50b
T3	2.96b	2.08b	11.78b	3.78b
T4	2.70c	1.85c	9.54c	3.17c

Valores con subíndice (a, b, c) diferente expresan diferencia significativa.

Los resultados son comparables con el estudio de (Fernández, 2013) donde evaluó los rendimientos de tres variedades de rábano (Champion, Crimson Giant y Major) a diferentes densidades de siembra y aplicando biofertilizantes compost y humus de lombriz. El rendimiento se obtuvo mediante la medición del ancho y largo para hojas y bulbo. El estudio concluyó que la variedad Crimson Giant tratada con abono líquido (lombrihumus) presentó mayores medidas de las variables previamente mencionadas.

El estudio con biofertilizante MM manifestó un comportamiento similar con el estudio antes mencionado. En los dos estudios se utilizó la misma variedad de rábano y similares variables de respuesta. En los resultados se evidencia una mayor medida de ancho del bulbo 3.52 cm bajo una dosis de 56.7 ml de lombrihumus y 2.58 cm de ancho de bulbo obtenido de la aplicación de T1 (27.20 ml) de MM.

Peso de los rábanos.

Cada tratamiento se representó por el peso de 40 unidades muestrales representativas para 1 m². El resultado del análisis ANOVA $p < 0.05$ indicó que existe diferencias significativas entre las medias de los pesos de las dosificaciones (Cuadro 6). Esto demuestra que las dosificaciones influyeron en el desarrollo del cultivo el cual manifestó diferentes rendimientos en cada una de ellas. Para determinar la dosis bajo la cual se reflejaron mayores rendimientos se aplicó la prueba post-hoc Duncan.

Cuadro 6. Análisis estadístico ANOVA para el peso de rábano.

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Significancia
Inter-grupos	36386.688	3	12128.896	5.958	.010
Intra-grupos	24430.750	12	2035.896		
Total	60817.438	15			

La prueba post-hoc DUNCAN agrupó los resultados de cada dosificación en base a las medias de los pesos. Las dosis T3 (13.61 ml), T2 (20.41 ml) y T4 (Control) presentan similitud ente sus medias. Esto significa que producir rábano bajo estas tres dosificaciones, se obtendrán similares pesos. Se concluye que la dosis T1 (27.20 ml) obtuvo una mayor media de peso que las demás dosificaciones con una diferencia de 97.75 gramos de la segunda mejor dosis T3 (16.61 ml) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Resultado de la prueba Post-hoc Duncan para el peso de rábano.

Tratamientos	N	Medias de peso en gramos	
		1	2
T4 (Control)	4	79	
T2 (20.41 ml)	4	84	
T3 (13.61 ml)	4	98.25	
T1 (27.20 ml)	4		196
Significancia		0.577	1

T = Tratamientos.

Los resultados son comparables con el estudio de (Grande & Sarmentero, 2008) quienes evaluaron la eficiencia del abono orgánico compost en el desarrollo fisiológico del rábano. Para ello utilizaron las cantidades de (12kg/m²), 50% (6 kg/m²) y 25% (3 kg/m²) de compost. Las variables de respuesta fueron ancho, largo de hojas y ancho, largo y peso de bulbo.

El estudio con biofertilizante MM manifestó un comportamiento similar en los resultados con el estudio antes mencionado. En los dos estudios se evaluaron la eficiencia de dos abonos orgánicos (compost y MM) en la producción de rábano. Las variables de respuesta en ambos casos son similares. El estudio donde se utilizó compost concluyó que el cultivo presentó mayores resultados de desarrollo radicular con la cantidad de 12kg/m². La media del diámetro de bulbo fue de 3.93 cm a diferencia de la media de 3.58 cm de diámetro de bulbo obtenida en el estudio con MM. Esta diferencia se atribuye a la composición del compost, el cual reúne condiciones retención de humedad, disponibilidad de nutrientes favoreciendo el desarrollo y adaptación de microorganismos en el suelo (Roo, 2001).

Costos de producción.

La formulación F2 (Flores, 2016) detalla los insumos para elaborar el biofertilizante MM. A estos insumos se les fijo un precio refiriéndonos en los precios del puesto de ventas Zamorano. Con esta información se estableció el valor de 3.37 lempiras por litro de biofertilizante producido. Las dosificaciones utilizadas en las aplicaciones representaron volúmenes pequeños, de lo cual el costo por dosificación fueron los siguientes T1 (L. 1.00), T2 (L. 0.83), T3 (L. 0.55) y T4 (L. 0.00).

Para el área de estudio la mayor inversión en costos se deriva de actividades como preparación de terreno, aplicaciones, desmalezado, insumos (semillas), el cual representó un valor de 240 lempiras. Seguidamente se consideró proyectar esta información para un área de producción de 20 m² ubicada en la Unidad de Manejo Integrado de Cultivos y Cambio Climático MICC-CC (Cuadro 8).

Cuadro 8. Costos de producción para un área 20 m².

Tratamientos	Total MM tesis (1 m ²)	Total MM área comercial (20 m ²)	Precio MM Litro	Costo MM área comercial
	L	L	HNL	HNL
T1	0.08	1.6	3.37	5.4
T2	0.06	1.2	3.37	4.0
T3	0.04	0.8	3.37	2.7
T4	0	0	0	0

MM = Microorganismos de Montaña

Rendimientos. El peso se obtuvo de 40 unidades muestrales representativos para 1 m² de cada tratamiento. Seguidamente se estimó el peso total considerando la densidad poblacional inicial de 67 rábanos por unidad experimental. Con estos resultados se proyectó el rendimiento para el área de 20 m².

El rendimiento de producción estimado aplicando MM en 20 m² es inferior al obtenido en unidad MICC.CC. La dosificación T1 (27,20 ml) presentó mayores rendimientos de peso de rábano en comparación a las tres dosificaciones. La diferencia de peso entre el área comercial y la dosis T1 (27.20 ml) es de 9.95 Kg (Cuadro 9).

Cuadro 9. Peso estimado de rábano en un área de 20 m².

Tratamientos	Promedio del peso	Peso en área de	Peso de la unidad
	m ²	producción 20 m ²	MICC-CC
	Kg	Kg	Kg
T1 (27.20 ml)	1.30	26.08	36.03
T2 (20.41 ml)	0.56	11.18	36.03
T3 (13.61 ml)	0.65	13.07	36.03
T4 (Control)	0.52	10.51	36.03

T = Tratamientos

Estimación de costos.

La viabilidad del proyecto de producción de rábano aplicando biofertilizante MM se determinó mediante la relación beneficio-costo. Para ello se consideraron los costos de producción en un área de 20 m² y los ingresos por venta del producto (Cuadro 10).

Cuadro 10. Relación beneficio/costo de la producción de rábano en 20 m².

Tratamientos	Rendimiento	Precio por	Ingreso total	Costo total	Relación
	esperado en				
	20 m ²			producción	costo
	Kg	HNL	HNL	HNL	
T1 (27.20 ml)	26.08	22.2	578.98	385.40	1.50
T2 (20.41 ml)	11.18	22.2	248.20	384.00	0.65
T3 (13.61 ml)	13.07	22.2	290.15	382.70	0.76
T4 (Control)	10.51	22.2	233.32	380.00	0.61

T = Tratamientos

Los rendimientos obtenidos con la dosificación T1 (27.20 ml) de biofertilizante MM expresan una relación beneficio-costo de 1.50. Esto significa que por cada unidad monetaria invertida en la producción se obtendrá una ganancia de 0.50 unidades. Con respecto a los tratamientos T2 (20.41 ml), T3 (13.61 ml) y T4 (Control) la relación beneficio-costo es menor uno, lo cual significa que producir con estas tres dosificaciones no se obtendrá rentabilidad.

Efecto del biofertilizante MM en el suelo.

Los resultados del análisis de la primera muestra de suelo con baja disponibilidad de macro y micro elementos. La cantidad de materia orgánica se considera en el rango mínimo requerido para producción. El pH es de 5.74 ligeramente ácido, este parámetro es un factor condicionante ya que reacciones bioquímicas y disponibilidad de nutrientes dependen directamente de sus niveles (Arroyo y Quesada, 2004).

Los resultados de laboratorio de la segunda muestra de suelo reflejan que el pH descendió 0.22 de su valor inicial incrementando la acidez del suelo. Este cambio pudo haberse dado por la producción de ácidos orgánicos de bacterias y secreciones de toxinas de especies de hongos antagonicos (Vásquez y Dávila, 2008). Otra causa que pudo cambiar el nivel de pH es la composición de los ingredientes como cascaras, alcohol, vinagre, usados en la elaboración de biofertilizante MM (Mora, 2010).

Cuadro 11. Resultados de los análisis de muestras de suelo en laboratorio.

Muestra	pH (H ₂ O)	g/100g			mg/Kg (extractable)				
		C.O.	M.O.	N total	P	K	Ca	Mg	Na
Santa Ines AT	5.74	1.67	2.87	0.14	9	232	1042	141	5

Santa Ines DT 5.52 1.67 2.87 0.14 11 256 910 149 21

AT. Antes de tratamientos

DT. Después de tratamientos

(Zamorano, 2017)

Para considerar estable la cantidad de (C.O.) y nitrógeno (N), se requiere una carga abundante y diversa de microorganismos en el suelo. Esta condición permite una mayor fijación de estos elementos en el suelo. Este proceso dura varios años, y no se han observado cambios significativos de cantidades a corto plazo en suelos con bajo contenido de materia orgánica (Barquero, 2015).

El fósforo (P), naturalmente se encuentra en mínimas cantidades de forma orgánica e inorgánica en el suelo. Es considerado un elemento importante para el desarrollo fisiológico de cultivos, debido a ello se requiere el uso de fertilizantes a base de este elemento (Banerjee, Palit, Sengupta, & Standing, 2010). El resultado del análisis mostró un aumento de dos mg de P. Este incremento pudo haberse dado por procesos metabólicos principalmente de bacterias y en menor acción por acción, de hongos los cuales solubilizan nutrientes de la materia orgánica generando compuestos fosforados (Pineda, 2014).

El potasio K y los micro elementos Ca, Mg y Na están presentes naturalmente en el suelo de forma orgánica e inorgánicas. Su proporción en el suelo es baja en el primer análisis, pero posterior a las aplicaciones de MM estas proporciones incrementaron 24 mg/Kg en K; 8 mg/Kg en Mg; 16 mg/kg en Na y disminuyo 132 mg/Kg de Ca. Esta modificación de las proporciones de minerales se atribuye probablemente a la adhesión de ceniza para la preparación de biofertilizante MM. La ceniza es una fuente de minerales para la nutrición microbiana que compone principalmente por K, Ca, Mg y Na (Gullón, Soalleiro, et. al., 2001). Con respecto a la disminucion del Ca después de las aplicaciones, se debió presuntamente a que el biofertilizante no aportó este elemento al suelo y el Ca natural fue aprovechado por el cultivo y microorganismos (Flores, 2016).

4. CONCLUSIONES

- Cada dosificación de MM influyó de manera diferente en el crecimiento foliar y radicular del cultivo. La dosis T1 (27.20 ml) presentó la mayor media de ancho de hoja 3.84 cm, largo de hoja 12.41 cm, ancho de bulbo 2.58 cm, largo de bulbo 3.58 cm y peso de bulbo 196 gr.
- La elaboración del biofertilizante MM no represento altos costos monetarios en la producción de rábano. Esta situación radica en los volúmenes mínimos de MM utilizado (Cuadro 2) y a su costo de elaboración de HNL. 3.37 por litro. Por ello, los MM figuran como una alternativa viable para el desarrollo socioeconómico y ambiental sostenible.
- La producción de rábano con la aplicación de la dosis T1 (27.20 ml) presentó una relación beneficio-costos de 1.5. Esto significa que producir con esta dosificación se obtiene una rentabilidad económica de 0.5 unidades por unidad invertida en el proceso de producción de rábano.
- La aplicación de MM influyó a la modificación de algunas características químicas del suelo. Estas modificaciones se expresaron en la disminución de pH, el incremento en las proporciones de P, K Mg, Na y la disminución de Ca (Cuadro 11). El efecto de MM en la proporción de estas características químicas podría cambiar si el tiempo de investigación se extiende a más de 30 días en varios ciclos de cultivo.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar la aplicación de la dosis T1 (27.20 ml) de MM como complemento de abonos orgánicos compost, bocashi, lombrihumus. La adopción de estas prácticas disminuye la dependencia de productos químicos y mantiene una productividad económicamente viable.
- Socializar con pequeños productores y familias rurales el uso de biofertilizante MM y aplicar la dosis T1 (27.20 ml) particularmente en la producción de cultivos hortícolas y frutales. Estos productos significan el medio principal de alimento y mejoramiento de la situación económica de estas familias.
- Replicar la metodología de este estudio para evaluar el efecto del biofertilizante MM en el suelo con varios ciclos de cultivo en la Finca Agroecológica Zamorano. Los resultados a obtener se deberán evaluar combinando pruebas de campo con análisis de laboratorio de manera que se puedan comparar con los resultados de este y otros estudios con MM.

6. LITERATURA CITADA

- Almánzar, H. A. (2012). Microorganismos eficientes de montaña: evaluación de su potencial bajo manejo agroecológico de tomate en Costa Rica. *CATIE*, pp. 23-25.
- Arcee, P. (25 de Julio de 2017). Preparación de suelo para producción de rábano. (J. Orbe, Entrevistador).
- Arroyo, J. M., & Quesada, E. y. (2004). Aplicación de sistemas de biorremediación de suelos y aguas contaminadas por hidrocarburos. *GEOCISA. Div. Protección Ambiental de Suelos*, pp. 298-299.
- Banerjee, S., Palit, R., Sengupta, C., & Standing, D. (2010). Stress induced phosphate solubilization by *Arthrobacter* sp. and *Bacillus* sp. isolated from tomato rhizosphere. *Australian Journal of Crop Science*, pp. 2-5.
- Barquero, L. C. (2015). Inoculación al suelo con *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum oryzae*, *Bacillus subtilis* y Microorganismos de Montaña (MM) y su efecto sobre un sistema de rotación soya-tomate bajo condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense*, pp. 28-29.
- Banco Mundial (BM) (2008). Agricultura para el desarrollo. *Informe sobre el desarrollo mundial*, pp. 3-10.
- Campo, et al., (2014). Evaluación de Microorganismos de Montaña (MM) en la producción de acelga en la meseta de Popayán, pp. 79-80-81.
- Ceccon, E. (2008). Revolución verde tragedia en dos actos. En U. N. México, *Ciencias* (págs. Vol. 1, Núm 91, pp. 21-24). México: Redalyc.
- FAO. (2016). *Agricultura sostenible y biodiversidad*.
- FAO, O. d. (1962). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. Roma, Italia.
- FAO, O. d. (2014). *Anuario Estadístico de la FAO. La Alimentación y la Agricultura en América Latina y El Caribe*. Santiago.
- Fernández, C. D. (2013). *Comportamiento agronómico de tres variedades de rábano (*Rhapanus sativus*), con diferentes densidades de siembra aplicando abono orgánico líquido*. Quevedo-Ecuador.

- Flores, L. M. (2016). Caracterización físico-química del biofertilizante Microorganismos de Montaña (MM) para la Finca Agroecológica Santa Inés, Zamorano, Honduras, pp. 16-20.
- García, G. V., & al., e. (2016). Nitrógeno mineralizado en anaerobiosis: relación con sistemas de cultivo de agricultura continua. En A. A. AACCS, *Ciencia de Suelo* (Vol. 34(1), pp. 130-135). Argentina.
- Goites, E. D. (2008). *Manual de cultivos para la Huerta Orgánica Familiar*. Buenos Aires-Argentina: INCLUIR.
- Grande, P. G., & Sarmentero, J. P. (2008). *Efectos sobre el cultivo de rábano rojo (Raphanus sativus, L) de tres fertilizantes organicos*. Madrid-España.
- Gullón, F. S., Soalleiro, R. R., & Merino, A. (2001). Evaluación del aporte de cenizas de madera como fertilizante de un suelo ácido mediante un ensayo en laboratorio. En *Investigación agraria. Producción y Protección Vegetales* (págs. Vol. 16(3): 380-383). Lugo-España: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).
- Lal, R. (2004). Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. En *SCIENCE, SOILS THE FINAL FRONTIER*, pp. 1626-1627. www.sciencemag.org.
- Martínez, M. A. (2003). *Estructura de costos, para la producción de hortalizas en invernaderos de la cuenca del Río Reventazón, Turrialba, Costa Rica*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Mora, N. C. (2010). Aprovechamiento y manejo de desechos orgánicos de cocina utilizando Microorganismos Eficientes de Montaña (MEM) aislados de dos bosques secundarios de Costa Rica. *Instituto tecnológico de Costa Rica, Escuela de Biología*, pp. 52-53.
- Morillas, A. (2008). Muestreo en poblaciones finitas, pp. 12-20.
- Pineda, J. C., & Tábor, C. A. (2009). Evaluación de tres dosis de fertilización con abono orgánico y sintético en la producción de zapallo (Cucurbita pepo), Zamorano, Honduras. pp. 8-10.
- Pineda, M. E. (2014). La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. *MICROBIOLOGÍA DEL SUELO*, Cap. 15: pp. 105-109.
- Ramírez, J. G. (2012). *Innovaciones agroecológicas para una producción agropecuaria sostenible en la región de Trifinio*. CATIE.

- Rivera, J. R. (2007). *Manual Práctico: El A,B,C de la agricultura orgánica y harina de rocas*. Managua: SIMAS.
- Roo, U. d. (2001). Qué es la composta y cuales son sus beneficios. *Programa de Manejo Integrado de Recursos Costeros*, pp. 1-3.
- Rosario, B. d. (2013). Toma de muestra en análisis de suelo. *Complejo de laboratorios*, Edición 2: pp. 1-6.
- Samudio, R. R. (2007). Efecto de la aplicación de (*Trichoderma harzianum*) en la producción de maíz dulce (*Zea mays*) variedad Golden Baby, pp. 2-3.
- Sana, A. V. (2015). Microorganismos del suelo y biofertilización, pp. 20-28.
- Sarandón, S., & Flores, C. (2014). *AGROECOLOGÍA: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Buenos Aires, Argentina: Universidad de la Plata.
- Tencio, R. (2013). *Uso de microorganismos benéficos en la agricultura orgánica o ecológica en Costa Rica*. Costa Rica.
- Torres, C. A. (2006). *Metodología de la investigación para la administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Torrez, M. d. (2011). *Evaluación del cultivo de rábano (*Raphanus sativus l.*) variedad Crimson Giant utilizando sustratos mejorados y determinación de los coeficientes "Kc" y "Ky" bajo riego, Finca Las Mercedes, Managua*. Managua-Nicaragua.
- Vásquez, E. R., & Dávila, D. Z. (2008). Efecto de la humedad, temperatura y pH del suelo en la actividad microbiana a nivel de laboratorio. En U. N. Molina, *Ecología Aplicada Volumen 7*: pp. 7-9. Lima- Perú.
- Zamorano, L. d. (2017). *Informe de resultados de análisis de suelos*. Zamorano-Honduras: Ciencia y Producción Agropecuaria.

7. ANEXOS

Anexos 1. Establecimiento del ensayo.



Anexos 2. Lista de insumos utilizados en la preparación de biofertilizante MM.

Insumo	Cantidad	Unidad	%	Precio L.
Ajo	1	Kg	0.5	88
Cebolla	1	Kg	0.5	29
Jengibre	1	Kg	0.5	85.36
Canela en raja	114	g	0.1	119.7
Clavo de olor	114	g	0.1	72.59
Pimienta olorosa	114	g	0.1	10.3
Plantas aromáticas	1	Kg	0.5	100
Agua ardiente Yuscarán 45° alcohol	1	L	0.4	57
Vinagre	1	L	0.5	32.66
Chile verde picante	0.45	Kg	0.2	9.9
MMA	7.6	L	3.8	12.5
Ceniza de madera	1	Kg	1	0
Potasa (KOH)	400	g	0.2	56.4
Melaza	7.6	L	2.6	5
Agua sin cloro	178	L	88.6	1.04

Anexos 3. Ficha de campo para recolección de datos.

Fecha:			Observaciones										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tratamiento o TX RX	Bulbo	L	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		A	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Hojas	L	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		A	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x