



Artículo

## Microorganismos eficientes (EM•1®) y de montaña en plantines de café (*Coffea arabica* L.), Caranavi - La Paz

### Efficient microorganisms (EM-1®) and mountain microorganisms in coffee seedlings (*Coffea arabica* L.), Caranavi - La Paz

Ana Melisa Laruta Alvarez, Casto Maldonado Fuentes

**RESUMEN:**

Los microorganismos eficientes de origen natural por presentar poblaciones de bacterias ácido lácticas, bacterias fototróficas, levaduras, actinomicetos y hongos de fermentación, son considerados benéficos por mejorar las fertilidad física, química y biológica de suelos, creando de esta manera un ambiente favorable para la planta. La investigación se realizó en Caranavi, La Paz, colonia Bolinda para evaluar la eficiencia de un producto comercial Microorganismos Eficientes (EM•1®) y Microorganismos de Montaña (MM) preparados artesanalmente y sus respuestas a diferentes concentraciones, en el comportamiento agro morfológico de plantines de café, en el sustrato y en rentabilidad en la etapa de vivero, se evaluaron siete tratamientos a tres distintas concentraciones bajo un diseño completamente al azar, T<sub>1</sub> (EM•1® a 1 %), T<sub>2</sub> (EM•1® a 3 %), T<sub>3</sub> (EM•1® 6 %), T<sub>4</sub> (MM a 1 %), T<sub>5</sub> (MM a 3 %) y T<sub>6</sub> (MM a 6 %) y el testigo (T<sub>0</sub>). Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre el sustrato se determinó las características físicas químicas iniciales y finales, demostrando mejor respuesta el T<sub>6</sub> por presentar incremento en la porosidad, materia orgánica y un pH cercano a neutro. Entre las variables morfológicas la aplicación de microorganismos eficientes estimuló el desarrollo de los plantines siendo estadísticamente las diferencias significativas en comparación al testigo en el T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> y T<sub>6</sub>. La aplicación de MM a 3 % de concentración (T<sub>5</sub>) registró mayores valores promedios en número de hojas al trasplante (7,33 hojas), ancho de lámina de hoja (5,78 cm), longitud de lámina de hoja (13,3 cm), diámetro de tallo (4,06 cm), longitud de raíz principal (19,97 cm) y longitud de raíz lateral (27,15 cm). El uso de MM locales presenta mayor rentabilidad que el producto comercial EM•1®, considerando las respuestas del T<sub>5</sub> tratándose de un producto local.

**PALABRAS CLAVE:**

Microorganismos eficientes, microorganismos de montaña, fertilidad, café (*Coffea arabica* L.).

**ABSTRACT:**

Efficient microorganisms of natural origin, with populations of lactic acid bacteria, phototrophic bacteria, yeasts, actinomycetes and fermenting fungi, are considered beneficial for improving the physical, chemical and biological fertility of soils, thus creating a favorable environment for the plant. The research was carried out in Caranavi, La Paz, Bolinda colony to evaluate the efficiency of a commercial product Efficient Microorganisms (EM-1®) and Mountain Microorganisms (MM) prepared by hand and their responses at different concentrations, in the agro-morphological behavior of coffee seedlings. Seven treatments were evaluated at three different concentrations under a completely randomized design: T<sub>1</sub> (EM-1® at 1 %), T<sub>2</sub> (EM-1® at 3 %), T<sub>3</sub> (EM-1® at 6 %), T<sub>4</sub> (MM at 1 %), T<sub>5</sub> (MM at 3 %) and T<sub>6</sub> (MM at 6 %) and the control (T<sub>0</sub>). To evaluate the effect of the treatments on the substrate, the initial and final physical and chemical characteristics were determined, with T<sub>6</sub> showing a better response due to an increase in porosity, organic matter and a pH close to neutral. Among the morphological variables, the application of efficient microorganisms stimulated seedling development, with statistically significant differences compared to the control in T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> and T<sub>6</sub>. The application of MM at 3% concentration (T<sub>5</sub>) registered higher average values in number of leaves at transplanting (7.33 leaves), leaf blade width (5.78 cm), leaf blade length (13.3 cm), stem diameter (4.06 cm), main root length (19.97 cm) and lateral root length (27.15 cm). The use of local MM was more profitable than the commercial product EM-1®, considering the responses of T<sub>5</sub> as a local product.

**KEYWORDS:**

Efficient microorganisms, mountain microorganisms, fertility, coffee (*Coffea arabica* L.).

**AUTORES:**

Ana Melisa Laruta Alvarez: Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. melisa.laruta20@mail.com

Casto Maldonado Fuentes: Docente Investigador, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. casmaf@gmail.com

Recibido: 30/06/2021. Aprobado: 02/08/2021.



## INTRODUCCIÓN

El cultivo de café originario de África, es considerado un rubro muy importante en las regiones productoras como La Paz, Cochabamba y Santa Cruz, siendo el municipio de Caranavi del departamento de La Paz la capital cafetalera. En la región de los Yungas actualmente debido a los bajos rendimientos que se tiene, los productores en la necesidad de mejorar su producción y/o renovar sus plantaciones, van realizando prácticas culturales como la poda para la obtención de nuevos brotes.

Para el éxito de la plantación se debe tomar en cuenta el desarrollo del cultivo desde la obtención de semilla de calidad, condiciones adecuadas en el vivero, el sustrato adecuado para la producción de plantines de buena calidad, aspectos fundamentales para garantizar el éxito de los plantines en campo definitivo.

La agricultura orgánica es un sistema global de gestión de la producción que fomenta y realza la salud de los agros ecosistemas, inclusive la diversidad biológica, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo. Hace hincapié en la utilización de prácticas de gestión, con preferencia a la utilización de insumos no agrícolas. Esto se consigue aplicando, siempre que es posible, métodos agronómicos, biológicos y mecánicos, en contraposición a la utilización de materiales sintéticos, para desempeñar cualquier función específica dentro del sistema (FAO, 1999).

Reconocer que la presencia de una gran diversidad de microorganismos en suelos favorece en gran manera a la salud del suelo y planta es un paso de vital importancia para su preservación. Se estima que los microorganismos eficientes (EM•1®) y microorganismos de montaña (MM), contienen un promedio de 80 especies de 10 género de microorganismos, que pertenecen básicamente a bacterias lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetos y hongos (Restrepo y Hansel, 2015).

Diferentes investigaciones han demostrado que la inoculación con microorganismos benéficos es capaz de controlar biológicamente patógenos, producción de fitohormonas, fijación biológica del nitrógeno, mineralización de la materia orgánica, mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo

solubilizándolos y facilita su absorción por el sistema radicular. Sin embargo, demostraron distintos efectos debido a diversos factores como captura de microorganismos de distintos ambientes, especie cultivada, y dosis de los microorganismos.

La incorporación de microorganismos benéficos como inoculante probiótico en sustratos y la aplicación foliar para la producción de plantines de café, alcanzaron resultados positivos demostrados en las características físico - químicas del sustrato y el desarrollo agro morfológico de los plantines.

## LOCALIZACION

### Ubicación de la zona de estudio

La presente investigación se desarrolló en el vivero ubicado en la comunidad de Bolinda, Cantón Central Caranavi Rural, Municipio de Caranavi del Departamento de La Paz. Geográficamente se encuentra en las coordenadas: 15°48'09,6" de Latitud Sur y 67° 33'16,6" de Longitud Oeste.

## METODOLOGÍA

### Diseño experimental y Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente aleatorio con dos factores de estudio (Factor A: plantines inoculados con microorganismos con dos niveles y Factor B: Concentraciones con tres niveles) en total seis tratamientos o combinaciones más un testigo (Sin aplicación de microorganismos), cada uno con tres repeticiones.

Se realizó los análisis de varianza (ANOVA) con el software estadístico InfoStat al 5% de probabilidad de error, comparación de medias bajo la prueba de Duncan (5 %), análisis de efectos simples mediante un análisis de varianza. Para variables con distribución discreta (porcentajes y conteos) los cálculos estadísticos en base a datos transformados mediante la función raíz cuadrada.

### Descripción de tratamientos

Tratamiento testigo (T<sub>0</sub>)

**Factor A:** plantines inoculados con microorganismos  
 a<sub>1</sub>: Plantines inoculados con EM•1®; a<sub>2</sub>: Plantines inoculados con MM

**Factor B:** concentraciones

b<sub>1</sub>: 1 % concentración; b<sub>2</sub>: 3 % concentración;  
 b<sub>3</sub>: 6 % concentración

Superficie total = 34.44 m<sup>2</sup>, area total de la cada U.E. = 1 m<sup>2</sup>, número de macetas por m<sup>2</sup> = 40, número total de plantines en estudio = 840

### Variables de respuesta

✓ Calidad de sustrato (70 % tierra negra, 20 % estiércol ovino y 10 % cascarilla de arroz) sin y con aplicación de microorganismos comerciales y locales (EM•1® y MM) a distintas concentraciones durante el desarrollo de los plantines. La evaluación de las características físico - químicas a partir de los resultados de laboratorio: textura, densidad aparente, densidad real, nitrógeno total potasio

intercambiable, fósforo disponible, conductividad eléctrica, pH, CIC y materia orgánica.

✓ Las variables agromorfológicas de plantines fueron: desarrollo foliar (número de días al primer, seundo, tercer y cuarto par de hojas, longitud y ancho de hojas, número de pares de hoja por planta al trasplante, altura de planta (cm), diámetro de tallo (mm), longitud de la raíz (cm).

✓ Para el análisis económico de producción para diez mil plantines se considero: la evaluación del Ingreso Bruto, Ingreso Neto, Beneficio Costo (utilidad) y Costo Unitario.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de parámetros físicos del sustrato

En la Tabla 1 se observa una diferencia en la clase textural en los tratamientos y del testigo (T<sub>0</sub>) con respecto al valor inicial, debiéndose a la cascarilla de arroz que mejora las características físicas del sustrato facilitando la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes.

Tabla 1: Parámetros físicos por tratamiento

Parámetro	I	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
Clase textural	Y	FY						
Densidad aparente (g/cc)	0,90	0,90	0,77	0,80	0,78	0,78	0,85	0,78
Porosidad (%)	62,5	58,85	64,56	64,11	66,25	64,00	62,36	66,55

Dónde: I = Sustrato Inicial; Y = Arcilloso; FY = Franco Arcilloso; T<sub>0</sub> = (testigo); T<sub>1</sub> = EM•1® a 1 % concentración; T<sub>2</sub> = EM•1® a 3 % concentración; T<sub>3</sub> = EM•1® a 6 % concentración; T<sub>4</sub> = MM a 1 % concentración; T<sub>5</sub> = MM a 3 % concentración; T<sub>6</sub> = MM a 6 % concentración

La cascarilla de arroz beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica del sustrato, asimismo que estimula el desarrollo uniforme del sistema radicular de las plantas, así como su actividad simbiótica con la microbiología de la rizósfera (Merino, 2013).

Los resultados de densidad aparente de los sustratos indican un comportamiento variado. El T<sub>1</sub> obtuvo el valor más bajo con 0,77 g/cc seguido del T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>6</sub> que obtuvieron un valor igual a 0,78 g/cc, sin embargo, todos los tratamientos obtuvieron mejor respuesta en la densidad aparente comparado con el T<sub>0</sub> (testigo).

La densidad aparente se modificó durante el proceso de experimentación por la incorporación de microorganismos. En ese sentido Ibáñez (2011), menciona los microorganismos eficientes mejoran la estructura y agregación de las partículas del suelo,

reduce su compactación e incrementa los espacios porosos.

También se evidencia un aumento de la porosidad en todos los tratamientos, el T<sub>6</sub> con 66,55 % seguido del T<sub>3</sub> con 66,25 % con relación al testigo T<sub>0</sub> y al valor inicial con 62,5 % de porosidad. Asimismo, se evidencia una reducción de la porosidad del T<sub>0</sub> (58,85 %) con respecto al valor inicial.

De acuerdo a los datos obtenidos en el análisis final del sustrato se tiene datos de pH que se encuentran dentro los parámetros citados por Chilon (2014). Con respecto al pH inicial (I) de 7,18, todos los tratamientos al finalizar la investigación registraron un descenso en el pH.

Sin embargo, pese a que los valores no cumplen con los parámetros propuestos por Quintero *et al.* (2011) para el caso de los sustratos, que indica que la porosidad puede llegar a valores de 95% o superiores, recomendándose un mínimo de 85%, los datos de porosidad obtenidos por el efecto de los tratamientos no influyen en el desarrollo de plantines de café, debido al flujo de agua que permite este tipo de sustratos.

Al respecto Sanchez (2020), menciona que la porosidad al ser un parámetro que depende tanto de la textura como la estructura del suelo, en suelos arcillosos los microorganismos descompactan los suelos por la creciente población microbiana, formando micro agregados hasta lograr formar macro agregados.

### Análisis de parámetros químicos del sustrato

Los valores de calidad química del sustrato inicial y de cada tratamiento al finalizar la investigación se detallan en la Tabla 2. Chilon (2014), reporta parámetros de pH ligeramente ácidos (6,1 - 6,5) a neutros (6,6 - 7,3). Al respecto Verlag y Schwenningen (2001), mencionan que los suelos tienden a acidificarse en clima húmedo, debido a la lixiviación de cationes básicos. El rango de pH recomendado para el café es de 5,4 y 6,8 aunque se le proporcione a la planta todos los nutrientes necesarios si el pH esta fuera de rango es imposible su absorción (WCR, 2019). Díaz *et al.* (2009), corrobora que el producto EM•1® tiende a disminuir el pH (comportamiento de acidez residual) cuando es aplicado solo. De acuerdo a estas diferencias es posible que en los productos en estudio (EM•1® y MM) existan especies microbianas diferentes.

Tabla 2. Parámetros químicos por tratamiento

Parámetro	I	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
pH en agua 1:5	7,18	6,49	6,35	6,17	6,16	6,25	6,45	6,98
CE en agua 1:5 (mmho/cm)	0,46	0,09	0,12	0,18	0,18	0,46	0,13	0,17
CIC (meq/100 g)	-	15,25	16,21	13,28	11,91	15,38	15,66	12,63
Materia orgánica (%)	-	5,99	8,96	5,99	7,76	7,88	7,79	7,88
Nitrógeno total (%)	0,39	0,49	0,41	0,40	0,40	0,41	0,31	0,13
Nitrógeno mineral (ppm)	-	6,30	12,6	10,5	9,10	6,30	2,80	6,30
Potasio intercambiable (meq/100 g)	2,46	2,14	1,97	0,24	0,20	2,17	2,17	2,00
Fósforo disponible (ppm)	5,25	6,60	12,9	7,6	8,45	6,25	10,4	12,05

Donde I =Sustrato Inicial; CE = conductividad eléctrica; CIC = Capacidad de intercambio Catiónico; T<sub>0</sub> = (testigo); T<sub>1</sub> = EM•1® a 1 % concentración; T<sub>2</sub> = EM•1® a 3 % concentración; T<sub>3</sub> = EM•1® a 6 % concentración; T<sub>4</sub> = MM a 1 % concentración; T<sub>5</sub> = MM a 3 % concentración; T<sub>6</sub> = MM a 6 % concentración.

Los valores de conductividad eléctrica (C.E.) de la muestra inicial del sustrato (0,46 mmho/cm) y los tratamientos al finalizar la investigación, indican un descenso de este parámetro en la mayoría de los tratamientos incluyendo el testigo, probablemente debido a la lixiviación de sales, por efecto de las altas precipitaciones registradas en el período de estudio. Por otra parte, el T<sub>4</sub> no experimento cambios en la C.E., esto indica que incremento en el contenido de sales como consecuencia de la descomposición de la materia orgánica, tomando en cuenta que todos los tratamientos se encontraban en las mismas condiciones climáticas y que también habría experimentado un lavado de sales. Los valores de C.E. del sustrato se encuentran dentro los parámetros que permite un adecuado desarrollo de la planta (CE<1).

WCR (2019), recomienda que la C.E. de un sustrato sea baja, en lo posible menor a 0,5 mmho/cm, para el café se considera normal 0,5 hasta 3 mmho/cm. Una C.E. baja facilita el manejo de la fertilización y se evitan problemas por fitotoxicidad en el cultivo.

El análisis de la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) demuestra que existe una disminución en los tratamientos a concentraciones altas (6 %) de EM•1® y MM, indicando un grado de mineralización de la MO por altas poblaciones de microorganismos, los cationes de cambio (Ca, Mg, K y

Na) fueron absorbidos por la planta o en su defecto lixiviados.

De acuerdo a Chilon (2014), los valores de 10 - 12 meq/100 g se encuentran dentro de un rango de calificación media. A su vez Diaz *et al.* (2009), obtuvieron similares resultados sobre la C.I.C. al cuarto mes, al evaluar la acción de los microorganismos eficientes a 5 % de concentración, usando compost y mulch para la recuperación de suelos en plántulas de acacia.

Los sustratos con mayor porcentaje de materia orgánica (M.O.) corresponden al T<sub>1</sub> con 8,96 %, T<sub>4</sub> y T<sub>6</sub> con 7,88 %, T<sub>5</sub> 7,79 % y T<sub>3</sub> con 7,73 %, atribuyendo a que las bacterias y hongos inoculados al sustrato aceleran la descomposición del estiércol e incrementan la materia orgánica. El menor contenido de M.O. en el T<sub>0</sub> y T<sub>2</sub> con valores de 5,99 %, con menor descomposición de M.O. observado en el desarrollo radicular, debido a la baja o nula aplicación de EM•1® y MM respectivamente.

Higa (s/f), menciona que los microorganismos eficaces desempeñan un papel muy importante, por ello su aplicación en suelos, permite mejorar las propiedades químicas, aumentan la capacidad de intercambio catiónico del suelo y la materia orgánica.

Analizando el contenido de nitrógeno total expresado en porcentaje, el mayor valor de T<sub>0</sub> con 0,49 %, demuestra un menor grado de mineralización relacionado a los tratamientos con aplicación de microorganismos. El T<sub>1</sub> y T<sub>4</sub> con 0,41 % seguido del T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> con 0,40 % y con menor valor el T<sub>6</sub> con 0,13 % debido a la transformación a nitrógeno mineral por la acción microbiológica para su posterior aprovechamiento por la planta.

La variación existente respecto al valor del sustrato inicial en los tratamientos podría deberse al incremento de la M.O. o a la fijación biológica de nitrógeno por parte de los microorganismos.

Referente al nitrógeno mineral, los tratamientos con aplicación del producto comercial EM•1® manifiestan superioridad en relación a los tratamientos con aplicación de microorganismos de montaña (MM) y al testigo (T<sub>0</sub>), es decir que existe mayor liberación de nitrógeno soluble al sustrato.

El nitrógeno cumple la función de estimular el crecimiento y la formación de proteínas clave para la división celular de las plantas (Simón, 2016).

Al respecto Verlag y Schwenningen (2001), mencionan que la fijación biológica del nitrógeno (FBN) se realiza en la misma célula (cianobacterias y bacterias fotosintéticas fijadoras de N<sub>2</sub>).

Se observa una disminución del contenido de potasio intercambiable en los tratamientos, esto debido a la absorción de la planta. Los tratamientos presentaron una disminución de potasio al aumentar la concentración de EM•1® y MM.

Al respecto Verlag y Schwenningen (2001), mencionan que al contrario de lo que ocurre con N, P y S, no existen reservas orgánicas de K, Na, Mg y Ca en el suelo. La mayor parte de estos elementos se encuentra en manera estructural es decir en minerales primarios o secundarios que pasa por un proceso de meteorización para solubilizarse.

Los resultados coinciden con los de Marrache *et al.* (2019), en el contenido de potasio, con una disminución del T<sub>2</sub> a 108,71 ppm y luego decreció a medida que la dosis de EM aumenta con 95,19 ppm para el T<sub>3</sub> y 94,75 ppm para T<sub>4</sub>, y para T<sub>1</sub> fue de 96,42 ppm. Asimismo, el autor atribuye estos resultados en el caso de las bases como Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup> y K<sup>+</sup> son parte de los minerales, que los microorganismos y las plantas requieren para su desarrollo.

Los tratamientos aumentaron su contenido de fósforo disponible en relación a la muestra de sustrato inicial.

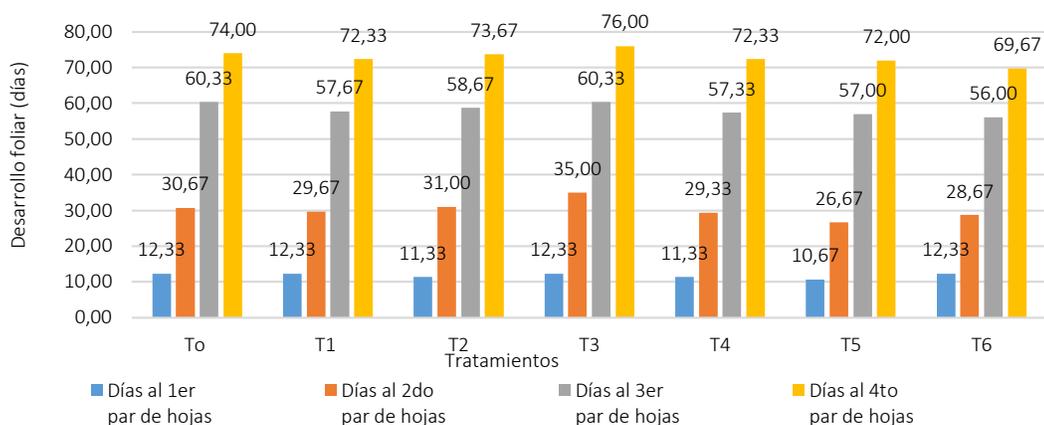


Figura 1. Tiempos promedio en días para el desarrollo de pares de hojas en plantines

Se atribuye este comportamiento a los microorganismos presentes que mineralizaron el fósforo del estiércol ovino haciéndolo disponible para la planta. El T<sub>1</sub> y T<sub>6</sub> presentan valores superiores de 12,9 ppm 12,5 ppm respectivamente.

Ibañez (2011), menciona que la aplicación de microorganismos mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radicular.

Marrache *et al.* (2019), en su investigación en cacao demuestra que no se presentaron diferencias significativas en el contenido de fósforo al aplicar EM.

### Análisis estadístico del desarrollo agro morfológico

#### Desarrollo foliar (días)

No existen diferencias significativas en los días a la formación al primer par de hojas en los tratamientos y testigo.

El segundo par de hojas el T<sub>5</sub> y T<sub>6</sub> son similares en el desarrollo con 26,67 y 28,67 días respectivamente, en contraposición al T<sub>3</sub> con un periodo de 35 días.

Para el desarrollo del tercer y cuarto par de hojas, en el T<sub>5</sub> se observa desarrollos foliares a los 57 días y 72 días respectivamente y para el T<sub>6</sub> se registran 56 días 60,67 días respectivamente. Asimismo, se evidencia que el T<sub>0</sub> y T<sub>3</sub> tuvieron un retraso en el desarrollo del tercer par de hojas de

60,33 días y para cuarto par de hojas de 74 y 76 días respectivamente. Por los resultados registrados se infiere que los MM tienen mejor respuesta al desarrollo foliar respecto de los EM•1®.

La tasa de crecimiento de las hojas en plántulas de café alcanza su máximo desarrollo entre 20 y 25 días después de su aparición. El primer par de hojas verdaderas aparece a los 75 días después de la germinación (Valencia, 1999).

#### Número de pares de hojas al trasplante

Al nivel de 5 % existe diferencia altamente significativa en el factor A (plantines inoculados con microorganismos) existiendo heterogeneidad en los niveles del factor, a nivel de 5 % no significativa para factor B (concentraciones). Para la interacción plantines inoculados con microorganismos x concentración (A x B) a nivel del 5% existen diferencias significativas, lo que indica dependencia entre factores.

Los tratamientos responden de manera óptima a la aplicación de microorganismos de montaña (MM) con promedios entre 6,94 y 7,33 pares de hojas con relación al producto comercial microorganismos eficientes (EM•1®), con promedios entre 6.83 a 7 pares de hojas al trasplante (Figura 2). Por los valores registrados se determina que la aplicación de microorganismos, favorece el desarrollo foliar en los plantines de café frente al T<sub>0</sub> que presenta valores menores en el número de pares de hojas al momento de trasplante (6,50 hojas). Tomando en cuenta los resultados bajos de

nitrógeno total y nitrógeno mineral en los tratamientos con aplicación de MM, significa que

este nutriente fue mejor aprovechado por el T<sub>6</sub>, T<sub>5</sub>, favoreciendo al desarrollo foliar de plantines de café.

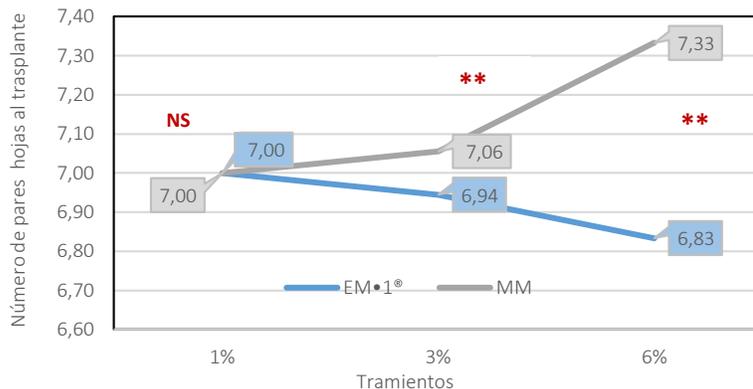


Figura 2. Gráfica de interacción de los niveles de A en los niveles de B

Al respecto Figueroa *et al.* (1996), menciona que el nitrógeno es esencial para el crecimiento del cafeto principalmente para la producción de follaje y de ramas laterales, así como para el desarrollo del fruto. Similar resultado obtuvo Calero *et al.* (2018), en dos cultivares de frijol en la aplicación foliar de microorganismos eficientes 100 ml/l de agua (10 % de concentración) logrando incrementos de 10,03 hojas por plantas en el cultivar Velazco largo, y 11,76 en el cultivar Cuba cueto, con respecto al control sin aplicación.

### Ancho de lámina de hoja (cm)

El análisis estadístico demostró similitud en tratamientos para la variable ancho de lámina de hoja, es decir no existe efecto diferente al aplicar microorganismos de montaña (MM) y microorganismos eficientes (EM•1®) a distintas concentraciones, sin embargo, el T<sub>0</sub>, se diferencia de los demás tratamientos por presentar menor promedio de 5,32 cm (Figura 3).

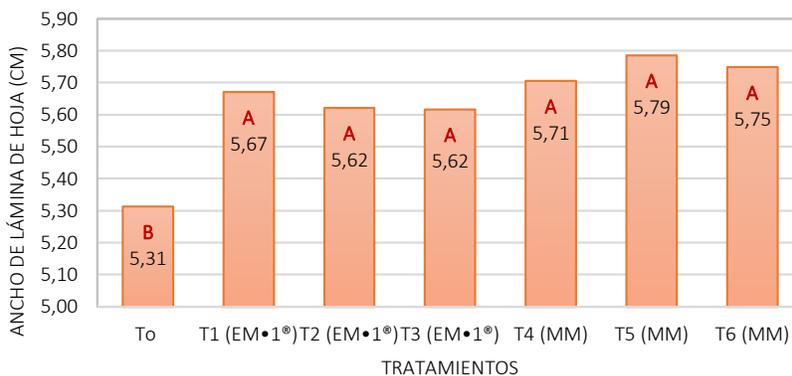


Figura 3. Valores promedio de ancho de lámina de hoja

Sánchez (2020), menciona que el incremento del área foliar, permite aumentar el área fotosintética, por consiguiente, el aumento en la acumulación de reservas por la planta.

### Longitud de lámina de hoja (cm)

A nivel de 5 %, indica diferencia significativa para el factor A (plantines inoculados con microorganismos), es decir sí habrá efecto de

microorganismos la longitud de lámina de hoja. El factor B (concentraciones) y la interacción (A x B) a nivel de 5 % los resultados demuestran no significancia, es decir no existe efecto diferente al aplicar microorganismos de montaña (MM) y microorganismos eficientes (EM•1®) en plantines de café a distintas concentraciones, sobre el ancho de lámina de hoja.

Con respecto a la prueba Duncan, la aplicación de microorganismos de montaña (MM) con una media igual a 13,31 cm, tuvo un óptimo

desarrollo en comparación con la aplicación de microorganismos eficientes (EM•1®) con una media igual a 13,13 cm (Figura 4).

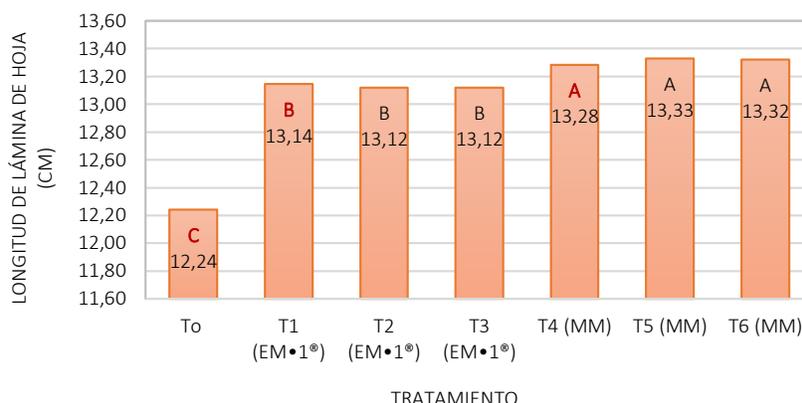


Figura 4. Valores promedio de longitud de lámina de hoja

Según Calero *et al.* (2018), por los resultados obtenidos en dos cultivares de frijol, indica que los microorganismos eficientes aplicados foliarmente a una concentración de 10 %, ejercen un efecto positivo en la producción de materia seca, existiendo diferencias significativas entre los tratamientos respecto del control en ambos cultivares, donde el cultivar Cuba cueto incrementó la producción de este indicador respecto al cultivar Velazco largo.

### Diámetro de tallo (mm)

A un nivel del 5 %, los resultados del análisis de varianza, indica que no existe diferencia significativa en el factor A (plantines inoculados con microorganismos), en el diámetro de tallo, el factor B (concentraciones) indica significancia, por lo que se concluye que hay efecto de concentraciones en el diámetro de tallo. Por otra parte, a nivel de 5 % se evidencia que no hay efecto de interacción de microorganismos (factor A) y concentraciones (factor B), los factores son independientes.

El análisis de comparación Duncan, a concentraciones de 3 y 1 % indica un efecto óptimo similar en el diámetro de tallo con una media igual a 4,06 y 4,03 mm respectivamente, el T<sub>0</sub> presenta un comportamiento similar a los tratamientos con concentraciones de 6 % con una media igual a 3,85 y 3,80 mm.

Calero *et al.* (2019), aplicando microorganismos eficientes en plántulas de tomate

demonstraron resultados superiores en el diámetro de tallo en relación a la no utilización de EM, destacando los resultados al inocular las semillas y su posterior aplicación foliar.

Merino (2013), registro que a concentraciones mayores al 10 % ejercen cierto grado de toxicidad que se refleja en una disminución altura de planta en el cultivo de cacao.

En este entendido Sons (1999) citado por Verlag y Schwenningen (2001), menciona que las bacterias en la rizósfera obtienen suficiente energía fácilmente disponible para empezar a mineralizar el nitrógeno de la materia orgánica, este nitrógeno mineral es inmovilizado indirectamente por la creciente biomasa bacteriana.

### Altura de planta (cm)

Con una media general de 22,98 cm, los resultados del análisis de varianza, indica que la altura de planta por efecto de la aplicación de EM•1® y MM a distintas concentraciones, no presenta significancia al igual que su interacción (A x B).

Efectos similares para este indicador registra Toalombo (2012), al evaluar la aplicación de microorganismos eficientes autóctonos en el rendimiento de cebolla blanca (*Allium fistulosum*), en

la cual no encontró diferencias significativas en la altura de planta a distintas dosis de aplicación (1, 2, 3 cc por cada litro de agua cada 21 días).

### Longitud de raíz principal (cm)

El análisis de varianza realizado para los tratamientos, al nivel de 5 % los resultados demuestran alta significancia sobre la variable longitud de raíz principal.

El efecto estimulador de la aplicación de microorganismos eficientes en el T<sub>5</sub> con un promedio de 20,03 cm de desarrollo en la longitud de raíz principal siendo este el valor más alto, seguidos del T<sub>6</sub> y T<sub>5</sub> con promedios de 19,97 cm para ambos tratamientos. El T<sub>0</sub> presentó un promedio de 15,30 cm inferior a la media de los tratamientos en estudio, en general los tratamientos estadísticamente demuestran mejor respuesta respecto al testigo.

Al respecto Huang *et al.* (1999) citado por Sanchez (2020), menciona que las rizobacterias son promotoras del crecimiento de las plantas (PGPR por sus siglas en inglés) las cuales colonizan la rizosfera y la superficie de las raíces. Algunas de las especies de PGPR tienen la capacidad de penetrar y proliferar en al interior de las raíces, y de este órgano trasladarse a través del sistema vascular, y sin causar daño,

establecerse y desarrollar poblaciones endófitas en los tejidos internos de las plantas, ya sea en el tallo, hojas u otros órganos. La síntesis de fitohormonas como las auxinas, particularmente el ácido indol acético, promueve el crecimiento de las raíces y la proliferación de pelos radiculares, mejorando la absorción de agua y minerales del suelo y con ello un mejor y mayor desarrollo de la planta.

### Longitud de raíz lateral (cm)

A nivel de 5 % los resultados indican significancia para el factor A (plantines inoculados con microorganismos) y su interacción (A x B), y no significancia para el factor B (concentraciones). Los tratamientos responden de manera óptima a la aplicación de MM a 3 % de concentración (T<sub>5</sub>). Esto se atribuye a la absorción eficiente del fósforo presente en el sustrato favoreciendo el desarrollo radicular (figura 5).

Sanchez (2020), menciona que las rizobacterias actúan como promotoras de crecimiento lateral de las raíces y pelos absorbentes. Figueroa *et al.* (1996), indica que el fósforo cumple un rol esencial en la formación del sistema radicular y flores.

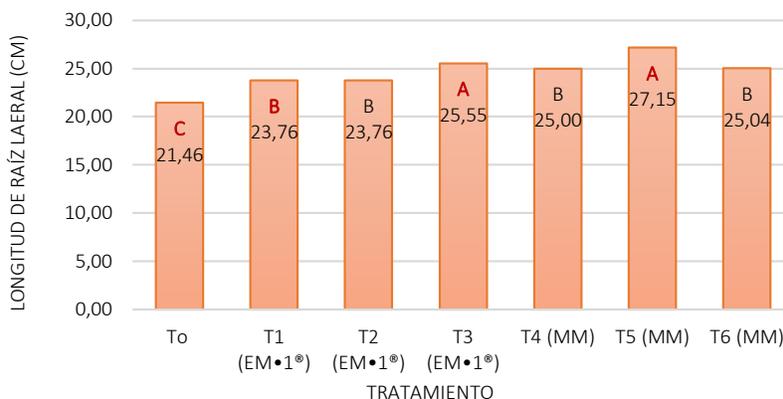


Figura 5. Valores promedio de longitud de raíz lateral

Toalombo (2012), al evaluar la aplicación de microorganismos eficientes autóctonos en cebolla blanca (*Allium fistulosum*), el tratamiento con dosis de 3 cc por cada litro de agua cada 21 días resultó con mayor volumen de la raíz igual a 7,33 cm.

La prueba de comparación Duncan, muestra que el T<sub>5</sub> presenta una media de 27,15 cm y T<sub>3</sub> con

25,55 cm registran un óptimo desarrollo radicular en relación al T<sub>0</sub> con un promedio de 21,46 cm.

## Análisis económico parcial

El empleo del producto comercial EM•1® incrementa los costos de producción de plantines con relación a los MM preparados artesanalmente. No obstante, independientemente de los factores en estudio todos los tratamientos en términos financieros indican rentabilidad ( $B/C > 1$ ) debido a que los beneficios o ingresos son mayores a la inversión o egresos, por cada boliviano invertido los beneficios varían de 61 a 89 centavos.

Los resultados de Merino (2013), en la aplicación de abonos procesados con microorganismos eficientes en plantines de cacao demuestran que los costos de producción de una tonelada de compost con microorganismos eficientes de bosque (MEB) es 81 % más barato que producir compost con microorganismos eficientes formulados comercialmente (MEC®), reflejando su eficiencia con mayores promedios en el número de hojas y diámetro de tallo.

## CONCLUSIONES

La aplicación de EM•1® y MM al 6 % de concentración mejora las características físicas (textura, densidad aparente y porosidad) del sustrato. Considerando que la C.I.C depende del pH, en el tratamiento T<sub>6</sub> reporta valores próximos a un pH neutro.

Los plantines de café con mejor respuesta a la aplicación de MM, fueron aquellos sometidos a concentraciones de 6 % y 3 % de MM (T<sub>6</sub> y T<sub>5</sub>) lo que se corrobora en el desarrollo de las variables agronómicas, número de hojas al trasplante, ancho de lámina de hoja, longitud de lámina de hoja, diámetro de tallo, longitud de raíz principal y lateral, características de calidad de un buen plantín de café. La aplicación de EM•1® y MM como inoculante microbiano, mejoran las características físico-químicas del sustrato y estimulan el desarrollo morfológico de plantines de café, en relación al T<sub>0</sub> (testigo).

El cálculo proyectado para la producción de diez mil plantines, determinó que se obtienen mayores ingresos económicos empleando MM, demostrando mayor rentabilidad frente al producto comercial EM•1®. siendo la relación beneficio costo

en los tratamientos T<sub>6</sub>, T<sub>5</sub> y T<sub>4</sub> de Bs. 1,68, 1.80 y 1.89 respectivamente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Calero, A., Rodríguez, E., Viciado, D., Díaz, Y., Lizazo, I., Dávila, E. (2018). Respuesta de dos cultivares de frijol común a la aplicación foliar de microorganismos eficientes. [Archivo PDF]. 6 p. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v39n3/ctr01318.pdf>
- Calero, A., Quintero, E., Pérez, Y., Olivera, D., Peña, K., Castro, I. (2019). Evaluación de microorganismos eficientes en la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). [Archivo PDF]. *Revista de ciencias agrícolas*. 12 p. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v36n1/2256-2273-rcia-36-01-00067.pdf>
- Chilon E. (2014). Manual de fertilidad de suelos y nutrición de plantas. La Paz, Bolivia. 240 p.
- Díaz, O., Montero, D., Lagos, J. (2009). Acción de microorganismos eficientes sobre la actividad de intercambio catiónico en plántulas de acacia (*Acacia melanoxylon*) para la recuperación de un suelo del municipio de Mondoñedo, Cundinamarca. Colombia. [Archivo PDF]. 20 p. <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v12n1/v12n1a10.pdf>
- FAO (La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (1999). La agricultura orgánica. *Revista Enfoques*. <http://www.fao.org/ag/esp/revista/9901sp3.htm>
- Figueroa, Z., Fishchersworing, H., Rosshamp, R. (1996). Guía para la caficultura ecológica. 171 p.
- Higa, T. (s/f). Tecnología EM. [Archivo PDF]. 4 p. [http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base\\_datos/informaciones\\_tecnicas\\_em1\\_ambiem.pdf](http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/informaciones_tecnicas_em1_ambiem.pdf)
- Ibañez, J. (2011). Microorganismos Eficientes o Efectivos (EM) y Rehabilitación de Suelos. *BLOGS* *madri+d*. <http://www.madrimas.org/blogs/universo/2011/03/02/137556>

- Marrache, K., Rofner, N., Mamani, F. (2019). Indicadores químicos y microbiológicos del suelo bajo aplicación de microorganismos eficientes en plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.). [Archivo PDF]. 8 p. [http://www.scielo.org.bo/pdf/rriarn/v6n2/v6n2\\_a04.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/rriarn/v6n2/v6n2_a04.pdf)
- Merino, E. (2013). Efecto de la aplicación de abonos procesados con microorganismos eficientes en la producción de plantones de Cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN - 51. [Archivo PDF]. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú]. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/161>
- Quintero, M. F., González, C. A., Guzmán, J. M. (2011). Sustratos para cultivos hortícolas y flores de corte. Flórez R., VJ (ed). Sustratos, Manejo del Clima, Automatización y Control en Sistemas de Cultivo sin Suelo. 30 p. [https://scholar.google.es/scholar?cluster=1361022004937269356&hl=es&as\\_sdt=2005&sciodt=0,5](https://scholar.google.es/scholar?cluster=1361022004937269356&hl=es&as_sdt=2005&sciodt=0,5)
- Restrepo, J., Hansel, J. (2015). El ABC de la agricultura orgánica fosfitos y panes de piedra. Santiago de Cali. 397 p.
- Sanchez, P. (18 de agosto de 2020). Interpretación de análisis de suelos. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). México.
- Simón, J. (2016). Manual de Macrobiótica en la remediación de suelos en manos campesinas. Guadalajara, México. 93 pp.
- Toalombo, R. (2012). Evaluación de microorganismos eficientes autóctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*). [Archivo PDF]. [Tesis de grado Universidad Técnica de Ambato Cevallos – Ecuador]. 80 p. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2217/1/Tesis-22agr.pdf>
- Valencia, A. (1999). Fisiología nutrición y fertilización del cafeto. CENICAFE. [Archivo PDF]. <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/861/1/Introducci%C3%B3n.pdf>
- Verlag, N., Schwenningen, V. (2001). Agricultura Orgánica. Alemania. 682 p.
- WCR (World Coffee Research). (2019). La guía de Buenas Practicas en Producción en el Manejo de Vivero de Café. [Archivo PDF]. 74 p [https://worldcoffeeresearch.org/documents/83/Guia\\_2\\_Viveros\\_web.pdf](https://worldcoffeeresearch.org/documents/83/Guia_2_Viveros_web.pdf)