

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS EFICIENTES  
(EM•1®) Y MICROORGANISMOS DE MONTAÑA A DIFERENTES  
CONCENTRACIONES EN PLANTINES DE CAFÉ (*Coffea arábica L.*) EN  
CARANAVI - LA PAZ**

**Ana Melisa Laruta Alvarez**

**La Paz – Bolivia**

**2021**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS EFICIENTES  
(EM•1®) Y MICROORGANISMOS DE MONTAÑA A DIFERENTES  
CONCENTRACIONES EN PLANTINES DE CAFÉ (*Coffea arábica L.*) EN  
CARANAVI - LA PAZ**

*Tesis de Grado presentado como  
requisito para optar al título de  
Ingeniero Agrónomo*

**ANA MELISA LARUTA ALVAREZ**

**ASESOR:**

Ing. Casto Maldonado Fuentes

**TRIBUNAL EXAMINADOR:**

Ing. M. Sc. Juan José Vicente Rojas

Ing. M. Sc. Carlos López Blanco

**APROBADO**

**PRESIDENTE TRIBUNAL EXAMINADOR:** .....

La Paz - Bolivia

2021

## DEDICATORIA

*Con mucho amor*

*A Dios, por cada día de bendición en este camino transcurrido, que a pesar de las adversidades y tropiezos me extendió su mano y lucho cada batalla conmigo hasta lograr un propósito hecho a su voluntad.*

## AGRADECIMIENTOS

- ❖ A mi familia por brindarme su apoyo incondicional, paciencia y ejemplo de superación.
- ❖ Agradezco a la Universidad Mayor de San Andrés, al plantel docente y administrativo de la Facultad de Agronomía, que fue fundamental para mi formación profesional.
- ❖ Al Ing. Casto Maldonado Fuentes, asesor de la presente tesis de grado, por el apoyo y la paciencia otorgada a mi persona durante el trabajo de investigación.
- ❖ A mis Tribunales: Ing. Juan José Vicente Rojas y al Ing. Carlos López Blanco por brindar su tiempo, hacer observaciones y sugerencias en el proceso de la realización y culminación del trabajo de investigación.
- ❖ Al † Ing. Johnny Ticona Aliaga, por sus recomendaciones durante la ejecución del trabajo de investigación.
- ❖ Al “Programa Nacional de Café” que mediante el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), hizo posible el presente trabajo de investigación.
- ❖ Al apoyo imprescindible por parte de amigos que recibí en la etapa experimental de campo en la presente investigación.
- ❖ A todas la personas que estuvieron presentes durante mi formación académica.

## Índice general

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Justificación .....	2
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.2.1. Objetivo general .....	3
1.2.2. Objetivos específicos .....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1. Centro de origen del café arábico .....	4
2.2. Producción de café a nivel mundial .....	4
2.3. Desarrollo de la caficultura en Bolivia.....	5
2.4. Producción de café en Bolivia .....	5
2.5. Producción de café en Caranavi .....	6
2.6. Generalidades del café .....	6
2.6.1. Clasificación taxonómica.....	6
2.6.2. Descripción morfológica .....	7
2.6.2.1. Descripción botánica.....	7
2.6.2.2. Raíces .....	7
2.6.2.3. Tallo.....	7
2.6.2.4. Hojas .....	8
2.6.2.5. Flores.....	8
2.6.2.6. Frutos y semillas .....	8
2.6.3. Descripción del cultivar de café en estudio.....	9
2.7. Producción de plantines de café .....	10
2.7.1. Selección de la semilla.....	10
2.7.2. Acondicionamiento de germinadores y almacigo.....	10

2.7.3. Acondicionamiento del vivero.....	11
2.7.4. Características de un sustrato.....	12
2.7.4.1. Propiedades físicas del sustrato .....	13
2.7.4.1.1. Densidad aparente .....	13
2.7.4.1.2. Densidad real .....	14
2.7.4.1.3. Porosidad .....	14
2.7.4.2. Propiedades químicas del sustrato .....	15
2.7.4.2.1. Capacidad de intercambio catiónico .....	15
2.7.4.2.2. Conductividad eléctrica.....	15
2.7.4.2.3. pH.....	16
2.7.4.2.4. Materia Orgánica .....	17
2.7.4.3. Propiedades biológicas del sustrato.....	18
2.7.5. Repique.....	18
2.7.6. Cuidados que se deben tener en el vivero .....	19
2.7.7. Plagas y enfermedades que atacan al cultivo de café en la etapa de vivero ...	19
2.7.7.1. Nematodos .....	19
2.7.7.2. Minador de la hoja .....	19
2.7.7.3. Gusano medidor .....	20
2.7.7.4. Damping off .....	20
2.7.7.5. Mancha de hierro .....	20
2.7.7.6. Ojo de gallo.....	20
2.7.8. Trasplante a campo definitivo.....	21
2.8. Microorganismos en el suelo.....	21
2.8.1. Los principales efectos del EM en área agrícola .....	22
2.8.2. Aplicaciones foliares.....	22

2.8.3. Aplicación al suelo .....	23
2.8.4. Grupos microbianos que componen los EM .....	23
2.8.4.1. Bacterias fototróficas .....	24
2.8.4.2. Levaduras .....	24
2.8.4.3. Bacterias ácido lácticas .....	25
2.8.4.4. Hongos de fermentación .....	25
2.8.4.5. Actinomicetos .....	25
2.9. Microorganismos Eficientes (EM•1®) comercial .....	25
2.9.1. Aplicaciones y uso de (EM•1®) comercial .....	26
2.9.2. Microorganismos de Montaña (MM) .....	27
2.9.3. Reproducción y activación de MM.....	27
2.9.4. Aplicación.....	28
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
3.1. Localización .....	29
3.1.1. Características climáticas.....	30
3.2. Materiales .....	30
3.2.1. Material Biológico e insumos.....	30
3.2.2. Equipos y materiales de campo .....	30
3.2.3. Material de gabinete.....	31
3.3. Metodología .....	31
3.3.1. Procedimiento experimental .....	31
3.3.1.1. Diagnóstico.....	31
3.3.1.2. Acondicionamiento de vivero .....	31
3.3.1.3. Preparación de sustrato.....	32
3.3.1.4. Repique .....	32

3.3.1.5.	Aplicación de microorganismos EM•1® y MM.....	33
3.3.1.6.	Labores culturales.....	33
3.3.1.7.	Evaluación del experimento.....	34
3.3.1.7.1.	Porcentaje de prendimiento (%).....	34
3.3.1.7.2.	Desarrollo foliar (días).....	34
3.3.1.7.3.	Altura de planta (cm).....	34
3.3.1.7.4.	Diámetro de tallo (mm).....	34
3.3.1.7.5.	Longitud de la raíz (cm).....	35
3.3.1.7.6.	Análisis de calidad de sustrato.....	35
3.3.1.7.7.	Evaluación económica.....	35
3.4.	Diseño experimental.....	36
3.4.1.	Análisis estadístico.....	36
3.4.2.	Descripción de tratamientos.....	37
3.4.3.	Croquis Experimental.....	38
3.5.	Variables de respuesta.....	39
4.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	40
4.1.	Análisis de calidad de sustrato en función de los microorganismos aplicados....	40
4.1.1.	Análisis de parámetros físicos.....	40
4.1.2.	Análisis de parámetros químicos.....	42
4.2.	Análisis estadístico del desarrollo agro morfológico.....	47
4.2.1.	Porcentaje de prendimiento (%).....	47
4.2.2.	Desarrollo foliar (días).....	48
4.2.3.	Número de pares de hojas al trasplante.....	49
4.2.4.	Ancho de lámina de hojas (cm).....	52
4.2.5.	Longitud de lámina de hojas (cm).....	53



4.2.6. Diámetro de tallo (mm) .....	56
4.2.7. Altura de planta (cm) .....	57
4.2.8. Longitud de raíz principal (cm) .....	58
4.2.9. Longitud de raíz lateral (cm) .....	60
4.3. Análisis de correlación .....	65
4.4. Análisis económico parcial .....	66
5. CONCLUSIONES .....	67
6. RECOMENDACIONES.....	69
7. BIBLIOGRAFÍA.....	70
ANEXOS.....	77

### **Índice de cuadros**

Cuadro 1. Clasificación taxonómica .....	6
Cuadro 2. Niveles de interpretación de la C.I.C.....	15
Cuadro 3. Niveles de Conductividad Eléctrica.....	16
Cuadro 4. Composición de EM .....	24
Cuadro 5. Características climáticas de la zona de estudio.....	30
Cuadro 6. Descripción de los tratamientos .....	37
Cuadro 7. Parámetros físicos del sustrato correspondiente a cada tratamiento .....	40
Cuadro 8. Parámetros químicos del sustrato correspondiente a cada tratamiento ....	42
Cuadro 9. Análisis de varianza para porcentaje de prendimiento (transformación raíz cuadrada).....	47
Cuadro 10. Análisis de varianza para número de pares de hojas al trasplante (transformación raíz cuadrada) .....	49
Cuadro 11. Análisis de efectos simples para la interacción AxB .....	49

Cuadro 12. Prueba de Duncan para número de pares de hojas al trasplante .....	52
Cuadro 13. Análisis de varianza de tratamientos para ancho de lámina de hoja .....	52
Cuadro 14. Prueba de Duncan para ancho de lámina de hojas .....	53
Cuadro 15. Análisis de varianza de tratamientos para longitud de lámina de hoja ....	53
Cuadro 16. Prueba de Duncan para longitud de lámina de hoja .....	54
Cuadro 17. Análisis de varianza del factor A y B para longitud de lámina de hoja.....	54
Cuadro 18. Prueba de Duncan para el factor A (plantines inoculados con microorganismos) para longitud de lámina de hoja .....	55
Cuadro 19. Análisis de varianza para diámetro de tallo.....	56
Cuadro 20. Prueba de Duncan para el factor B (concentraciones) para diámetro de tallo .....	56
Cuadro 21. Análisis de varianza para altura de planta .....	57
Cuadro 22. Análisis de varianza de tratamientos para longitud de raíz principal .....	58
Cuadro 23. Prueba de Duncan para longitud de raíz principal .....	59
Cuadro 24. Análisis de varianza del factor A y B para longitud de raíz principal .....	60
Cuadro 25. Análisis de varianza de tratamientos para longitud de raíz lateral.....	60
Cuadro 26. Prueba de Duncan para longitud de raíz lateral. ....	61
Cuadro 27. Análisis de varianza para longitud de raíz lateral del factor A y B .....	61
Cuadro 28. Análisis de varianza de efectos simples para la interacción (AxB) .....	62
Cuadro 28. Prueba de Duncan para Longitud de raíz lateral .....	64
Cuadro 29. Matriz de correlación/coeficiente de ocho variables cuantitativas .....	65
Cuadro 30. Análisis de costos parciales (Bs) que varían de acuerdo al ensayo (proyección para 10000 plantines) .....	66

## Índice de figuras

Figura 1. Criterio de clasificación de semillas .....	10
Figura 2. Disponibilidad de nutrientes de acuerdo al pH .....	17
Figura 3. Ubicación geográfica del vivero Bolinda .....	29
Figura 4. Características de chapolas de café con raíces deformes.....	33
Figura 5. Distribución de unidades experimentales .....	38
Figura 6. Tiempos promedios en días para el desarrollo de pares de hojas en plantines .....	48
Figura 7. Gráfica de interacción de los niveles de A (plantines inoculados con microorganismos) en los niveles de B (concentraciones).....	50
Figura 8. Gráfica de interacción de los niveles de B (concentraciones) en los niveles de A (plantines inoculados con microorganismos) .....	51
Figura 10. Gráfica de interacción de los niveles de A (plantines inoculados con microorganismos) en los niveles de B (concentraciones).....	62
Figura 11. Gráfica de interacción de los niveles de B (concentraciones) en los niveles de A (plantines inoculados con microorganismos) .....	63

## Índice de anexos

Anexo 1. Desarrollo de los plantines de café en maceta en etapa de vivero .....	77
Anexo 2. Cuadro de valores promedio registrados de las variables agro morfológicas en plantines de café .....	78
Anexo 3. Análisis de costos parciales .....	79
Planilla de costos (Bs) para producción de plantines de café (proyección para 10000 plantines) .....	79
Anexo 4. Desarrollo de la investigación en plantines de café en la etapa de vivero ..	81
Anexo 5. Análisis Físico-Químico de los sustrato por tratamiento .....	83

## 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 en la colonia Bolinda con el objetivo de evaluar la eficiencia de Microorganismos Eficientes (EM•1®) siendo este un producto comercial y Microorganismos de Montaña (MM) preparados artesanalmente con microorganismos locales, 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. De noviembre de 2019 a marzo de 2020, se evaluaron seis tratamientos a tres distintas concentraciones, T<sub>1</sub> (EM•1® a 1 %), T<sub>2</sub> (EM•1® a 3 %), T<sub>3</sub> (EM•1® a 6 %), T<sub>4</sub> (MM a 1 %), T<sub>5</sub> (MM a 3 %) y T<sub>6</sub> (MM a 6 %), para un análisis comparativo, también se evaluó un tratamiento testigo (T<sub>0</sub>). La aplicación se realizó semanalmente durante el primer mes y posteriormente cada 15 días hasta culminar la investigación. 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> (MM a 6 % de concentración) por presentar incremento en la porosidad, materia orgánica y un pH cercano a neutro.

Las variables morfológicas tomadas en cuenta fueron: porcentaje de prendimiento, desarrollo foliar, altura de planta, diámetro de tallo, longitud y ancho de lámina de hoja, longitud de raíz y número de pares de hojas al trasplante. La aplicación de microorganismos eficientes estimuló el desarrollo de los plantines, las variables evaluadas que registraron estadísticamente valores significativos, fueron superiores 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>) resultó ser la que 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). Por otra parte el T<sub>3</sub> presentó valores menores al testigo (T<sub>0</sub>) en diámetro de tallo (3,70 cm) y altura de planta (16,5 cm). El uso de MM locales presenta mayor rentabilidad frente producto comercial EM•1®, considerando las respuesta del T<sub>5</sub> tratándose de un producto local.

**Palabras clave:** Microorganismos eficientes, microorganismos de montaña, fertilidad, café (*Coffea arábica L.*).

## Abstract

Efficient microorganisms of natural origin, with populations of lactic acid bacteria, phototrophic bacteria, yeasts, actinomycetes and fermentation 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 conducted in Caranavi, La Paz in the Bolinda colony with the objective of evaluating the efficiency of Efficient Microorganisms (EM-1®) being this a commercial product and Mountain Microorganisms (MM) prepared by hand with local microorganisms, and their responses to different concentrations, in the agro-morphological behavior of coffee seedlings, substrate and profitability in the nursery stage. From November 2019 to March 2020, six treatments were evaluated at three different concentrations: 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 %); for a comparative analysis a control treatment (T<sub>0</sub>) was also evaluated. The application was carried out weekly during the first month and then every 15 days until the end of the research. To evaluate the effect of the treatments on the substrate, the initial and final physical and chemical characteristics were determined, showing a better response in T<sub>6</sub> (MM at 6 % concentration) because of an increase in porosity, organic matter and a pH close to neutral.

The morphological variables taken into account were: percent stand, leaf development, plant height, stem diameter, leaf blade length and width, root length and number of pairs of leaves at transplanting. The application of efficient microorganisms stimulated the development of the seedlings; the evaluated variables that registered statistically significant values were superior 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>) was the one that recorded the highest 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). On the other hand, T<sub>3</sub> presented lower values than the control (T<sub>0</sub>) in stem diameter (3.70 cm) and plant height (16.5 cm). The use of local MM was more profitable than the commercial product EM-1®, considering the response of T<sub>5</sub> and the fact that it is a local product.

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

## 1. 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 son capaces de control biológico de 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.

### **1.1. Justificación**

El Programa Nacional de Café dependiente del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), tiene por objeto desarrollar el potencial productivo, sostenible del cultivo de café dentro del marco de producción orgánica y apunta a mejorar la productividad del café mediante la renovación de plantaciones antiguas, innovación de tecnologías y producción de plantines de calidad, lo cual dinamizará la economía del sector cafetalero.

Desde el punto de vista ambiental, se va realizando la producción de café orgánico como una alternativa frente al impacto ambiental negativo causado por el uso indiscriminado de agroquímicos en otros cultivos, por tal motivo surge la necesidad de disponer y desarrollar procesos de investigación, con el propósito fundamental de mejorar la calidad y producción de plantines de café bajo un enfoque agroecológico y amigable con el medio ambiente.

Es necesario dar alternativas al productor en la producción orgánica de café, con insumos disponibles y económicos buscando la sostenibilidad del cultivo.

El presente trabajo se basa en analizar si existen diferencias en el empleo de Microorganismos Eficientes (EM•1®) comerciales y Microorganismos de Montaña

(MM) locales, en el desarrollo de plantines de café en la etapa de vivero y dar una alternativa económicamente viable al productor.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo general**

➤ Evaluar la eficiencia de Microorganismos Eficientes (EM•1®) y Microorganismos de Montaña a diferentes concentraciones en plantines de café (*Coffea arábica L.*) en Caranavi - La Paz.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

➤ Comparar la calidad de sustratos en tratamientos sin y con aplicación de microorganismo comercial y local (EM•1® y MM) bajo tres concentraciones diferentes.

➤ Evaluar las características agronómicas de los plantines de café en vivero, bajo los tratamientos aplicados de microorganismo comercial y local (EM•1® y MM).

➤ Determinar los costos parciales de producción de plantines en vivero con la aplicación de los tratamientos.



## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Centro de origen del café arábico**

El cultivo de café Arábica comenzó en Etiopía (África) a inicio del siglo VIII (FECAFEB, 2006). En el transcurso de los siglos XIII y XIV paso a las Guyanas, Antillas y Sumatra, fue introducida al Brasil en 1727 y a fines del siglo XVIII se encontraba distribuida en toda América Central y México. Siendo la variedad Typica de la *Coffea arábica L.* la única planta de café cultivada en América y la Antillas hasta la década de los 60 del pasado siglo (Cuba, 2006 citado por Mamani, 2013).

### **2.2. Producción de café a nivel mundial**

Según el Informe de Mercado del Café de la Organización Internacional del Café (2020), el mayor productor de café del mundo sigue siendo Brasil. La producción aumentó en 2019/20 en los cinco mayores países productores, excepto en Brasil, que representa alrededor del 35% de la producción mundial. En 2019/20, la producción de Arábica del Brasil estuvo en el año de cosecha baja de su ciclo bienal y se calcula que la cosecha total fue de 58 millones de sacos, un 10,9% menos que en 2018/19. La producción de Arábica del Brasil descendió un 17,4%, a 37 millones de sacos, y la de Robusta aumentó un 3,4%, a 21 millones de sacos. Se calcula que la cosecha de Vietnam en 2019/20 fue de 31,5 millones de sacos, un 0,7% más alta que la del año anterior. Se calcula que la producción total de Colombia en 2019/20 fue de 14,1 millones de sacos, un 1,7% más alta que la 2018/19, ya que, después de un fuerte crecimiento en los tres primeros meses del año cafetero, vinieron los precios más bajos y el mal tiempo. Se calcula que en Indonesia, después de tres años de descenso, la producción aumentará en 2019/20, gracias al buen tiempo, un 16,5%, a 11.2 millones de sacos. La producción de Etiopía creció con firmeza después del descenso en 2010/11 del 19%, a 5,56 millones de sacos, y se calcula que en 2019/20 habrá crecido un 2,1%, a 7,7 millones de sacos, gracias al buen tiempo y a un nivel adecuado de lluvia.

### **2.3. Desarrollo de la caficultura en Bolivia**

Se dice que la planta de café fue traída por africanos que huían de la esclavitud en Brasil en 1780 y que se establecieron en la región de los Yungas. Solamente a partir de 1950, el café alcanza una producción suficiente para la explotación (FECAFEB, 2006).

En 1980 se importó plantines de café tipo caturra y se promovió su cultivo en las regiones de Coroico, Chulumani y La Asunta. Con esta gran campaña, muchos campesinos dejaron sus cultivos tradicionales de café arábico, ya adaptados a la altura, y sembraron el nuevo tipo de café. A lo largo del siglo XX, se constituyó en un cultivo preferido por los hacendados y pasó luego a ser considerado un producto importante en la economía campesina yungueña luego de la Reforma Agraria; sin embargo, la comercialización y la exportación estuvo controlada por grandes empresarios que obtenían amplias ganancias. A pesar del poder de los grandes del café en Bolivia, su papel en el mercado internacional fue minúsculo y no fue sino a través de la producción de cafés seleccionados y de la participación en mercados solidarios que la economía del café en Bolivia pudo lograr mejores resultados (Soux, 2016).

### **2.4. Producción de café en Bolivia**

El 95% de la producción cafetalera se concentra en los Yungas del departamento de La Paz y el restante 5% se produce en los departamentos de Santa Cruz, Beni Pando, Cochabamba y Tarija (FECAFEB, 2006).

En Bolivia, el censo nacional del café realizado del año 2011 al 2012, registró 17.491 unidades productivas, con una superficie producida de 36.105 ha, una producción de 14.123 t, siendo el rendimiento 0.391 t/ha (MDRyT *et al.*, 2013).

La superficie cultivada en la campaña de verano 2012-2013 de café fue de 22.685,9 ha y un rendimiento de 13.298 t y 2.314 unidades productivas de producción

agropecuaria (UPA) con certificación orgánica, solo en La Paz la superficie cultivada fue de 21.670,7 ha y 2.182 UPA seguido del departamento de Santa Cruz con una superficie de 586,8 ha con 126 UPA (INE, 2015).

## 2.5. Producción de café en Caranavi

La actividad económica productiva del café se manifiesta de manera significativa en el departamento de La Paz, con una participación del 96,4 % respecto de la superficie total cultivada en producción a nivel nacional. En el departamento de La Paz, destaca la provincia Caranavi con una contribución del 74,2 % de la superficie en producción en relación al total departamental (MDRyT *et al.*, 2013).

Al cumplir 25 años de creación, Caranavi denominada “Capital Cafetalera de Bolivia”, registra una superficie cultivada de 13.381 hectáreas de café y una producción de 179.956 quintales, según datos del Censo Agropecuario 2013 (INE, 2015).

## 2.6. Generalidades del café

### 2.6.1. Clasificación taxonómica

El cuadro 1, presenta la clasificación taxonómica del café según Rojas (2019), basado en la clasificación del APG IV.

**Cuadro 1. Clasificación taxonómica**

<b>División</b>	<b>Angiospermas</b>
<b>Clado</b>	Eudicotiledoneae
<b>Clado</b>	Asteridae
<b>Clado</b>	Lamiidae
<b>Orden</b>	Gentiliales
<b>Familia</b>	Rubiaceae
<b>Género</b>	<i>Coffea</i>
<b>Especie</b>	<i>Coffea arábica</i>
	<i>Coffea canephora</i>
	<i>Coffea liberica</i>

Fuente: Rojas (2019), basado en la clasificación del APG IV.

## **2.6.2. Descripción morfológica**

### **2.6.2.1. Descripción botánica**

El cafeto es un arbusto perenne cuyo ciclo de vida en condiciones comerciales alcanza hasta 20-25 años dependiendo de las condiciones o sistema de cultivo. La planta comienza a producir frutos en ramas de un año de edad y alcanza su máxima productividad entre los 6 y 8 años de edad. La planta puede seguir su actividad por muchos años pero con niveles de productividad bajos (Arcila, s/f).

### **2.6.2.2. Raíces**

La raíz central es pivotante, su longitud en una planta adulta es de 50 a 60 cm aproximadamente, las raíces secundarias (de sostén y laterales) se originan a partir de la pivotante; de las secundarias, generalmente se desarrollan los pelos absorbentes que, en un alto porcentaje (80-90%), se encuentran en los primeros 30 cm del suelo, con un radio de 2 a 2,5 m a partir de la base del tronco. Los pelos absorbentes son muy importantes porque le permiten a la planta la absorción de agua y nutrientes del suelo (Marín, 2012). Figueroa *et al.* (s/f) describe al café con sistema radicular es superficial estando el 60 % en los primeros 30 centímetros y la raíz pivotante puede llegar a más de un metro de profundidad.

### **2.6.2.3. Tallo**

El tallo es leñoso, erecto y de longitud diversa de acuerdo a la variedad. Presenta la particularidad de producir tres tipos de yemas que originan diferentes partes de la planta: el tallo, las ramas y las hojas (Marín, 2012). El tallo principal del cafeto crece verticalmente y primero da dos hojas a la misma altura, opuestas, y luego otras dos opuestas entre sí, pero casi en cruz con las anteriores (FNC, 1958).

#### **2.6.2.4. Hojas**

La lámina de la hoja mide de 12 a 24 cm de largo por 5 a 12 cm de ancho, variando su forma de elíptica a lanceolada (Marín, 2012). La hoja del cafeto presenta un nervio central o raquis, y nervios laterales paralelos entre si los del mismo lado, y casi rectos. Esta disposición se llama nervadura pinnada (FNC, 1958).

Catari (2017), observó el color de la hoja joven en tres estados de acuerdo al cultivar; color verde para los cultivares (CEPAC 1, CEPAC 2, Icatu Precoz, Catuai Rojo, Tupi, Paraíso y Testigo – CR), color verduzco para cultivares (CEPAC 3 y CEPAC 4) y color marrón rojiza de la hoja joven para el cultivar Castillo.

#### **2.6.2.5. Flores**

La floración del café es marcadamente estacional, generalmente coincide con la presencia de las primeras lluvias. En las axilas de las hojas se presentan las yemas florales, el número promedio de flores por nudo es de 40 flores, 20 en cada axila. El número de floraciones varía según la precipitación de la zona. Cuando se abre la flor, las anteras ya han liberado gran cantidad de polen; por esta razón, la autofecundación se da en un alto porcentaje. Una vez que el polen alcanza los óvulos, la fertilización se completa durante cuatro o seis días (Marín, 2012). Figueroa *et al.* (s/f), describe la corola es blanca y formada por 5 pétalos fusionados en su base, dando origen al tubo de la corola; el cual se encuentra inserto en la parte superior del ovario. El ovario, normalmente con dos lóculos, contiene un ovulo por lóculo tiene cinco estambres con antenas, de color blanco y bifurcado en el estigma,

#### **2.6.2.6. Frutos y semillas**

El fruto es una baya drupácea con dos almendras con sus respectivos embriones, que constituyen la semilla (Marín, 2012).

Catari (2017), observó el color de los frutos en dos estados, el color amarillo para cultivares (Icatu Precoz y Paraíso) y color rojo para los cultivares (CEPAC 1, CEPAC 2, CEPAC 3, CEPAC 4, Tupi, Catuai Rojo y Castillo).

### 2.6.3. Descripción del cultivar de café en estudio

El Código Internacional de Nomenclatura de Plantas Cultivadas (1962) citado por Arevalo *et al.* (2006), definen cultivar como un conjunto de plantas cultivadas que se distinguen por caracteres permanentes, morfológicos, fisiológicos, citológicos, químicos, etc., desarrollados para la agricultura, silvicultura u horticultura.

FONADIN (Fondo Nacional de Desarrollo Integral, 2018), indica lo siguiente:

- ✓ Cultivar obtenida mediante cruce de Mundo Novo y Caturra.
- ✓ Originario de Brasil.
- ✓ Porte medio (2,25 m).
- ✓ Bandolas (ramas) forman ángulos de 45 grados con el eje principal.
- ✓ Entrenudos cortos.
- ✓ Hojas terminales de color verde tierno
- ✓ Resistente al invierno, excelente productor.
- ✓ Recomendada para la zona de los yungas

Por otra parte Maldonado (s/f), indica que el cultivar catuai rojo es de porte mediano de 2,8 m de altura, entrenudos cortos presenta maduración de fruto tardío y des uniforme especialmente en regiones de elevada altitud, es susceptible a roya (*Hemileia vastatrix*), mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), minador (*Leucoptera coffeella*) y broca (*Hypothenemus hampei*).

El catuai es una variedad que se adapta muy bien en rangos de 600 a 1.370 metros sobre el nivel del mar, un poco más alto que Caturra, con una altura promedio de 2,25 metros, las ramas laterales forman un ángulo cerrado de 45 grados con el tallo principal, con entrenudos cortos. Las hojas nuevas color verde claro y las hojas adultas tienen una forma redondeada y de color verde oscuro. Es una variedad muy vigorosa,

que desarrolla mucho crecimiento lateral con ramas secundarias, conocidas como “palmillas” (ANACAFE, 2020).

## 2.7. Producción de plantines de café

### 2.7.1. Selección de la semilla

La selección de la semilla es muy importante para tener cafetos sanos, vigorosos, resistentes a enfermedades, al mal clima y de los que esperamos mayor producción y más calidad (FONADIN, 2018).

INATEC (2016), recomienda que la selección de las semillas para la siembra y almacenamiento deben cumplir las siguientes características para asegurar su productividad: Sanidad, madurez, viabilidad, energía germinativa, longevidad.



Fuente: Reporte fotográfico, 2019.

**Figura 1. Criterio de clasificación de semillas**

### 2.7.2. Acondicionamiento de germinadores y almacigo

Nina *et al.* (2017), recomienda que los germinadores pueden estar contruidos de cajones de madera, ladrillo y otros materiales; con este sistema se asegura la sanidad de las plántulas y se evita muchas plagas y enfermedades. El semillero se suele dividir en hileras de 1 m de ancho por 1 a 8 m de largo y 20 cm de profundidad (Figuroa *et al.*, 1996).

En la preparación del sustrato (arena fina) para la germinación de las semillas de café, es necesario desinfectar el área con agua hervida o formol al 5 %, esta actividad se realiza para prevenir cualquier enfermedad puesto que las semillas son muy vulnerables en la etapa de germinación (Fondo Nacional de Desarrollo Integral, 2018).

El semillero es el medio utilizado para la siembra de la semilla y donde ésta permanecerá entre 35 a 50 días para zonas bajas y de 50 a 65 en zonas altas previos al trasplante, el sustrato para la preparación del semillero debe ser preferentemente de arena de río, cuando se emplea este tipo de sustrato, es posible obtener un mejor sistema radicular de las plantitas (INIAP, 1993). El riego debe realizarse a chorro fino por la mañana o por la tarde cada vez que sea necesario para mantener húmedo el sustrato (Figuroa *et al.*, 1996).

Investigaciones en Colombia sobre la mejor altitud para producir plantas demostró que a los seis meses de edad solo están listas para el trasplante las plántulas ubicadas a altitudes inferiores a los 1600 m.s.n.m. que estos almácigos pueden establecerse con sombra y a altitudes cercanas a los 2000 metros no deben instalarse almácigos de café (Valencia, 1999).

### **2.7.3. Acondicionamiento del vivero**

El vivero es el lugar destinado a la producción de plantines de café, se puede realizar en bolsas de macetas, tubetes o camas de preparados de sustrato para raíz desnuda. Un buen vivero orienta plantas seleccionadas, sanas y bien formadas, que cuando sean trasplantadas a campo aseguren una buena producción de café (Nina *et al.*, 2017).

El INIAF (s/f), recomienda que el vivero sea ubicado en un lugar aireado, cercado, seguro y plano, cerca del campo definitivo del cultivo y fuente de agua limpia.

Oliva *et al.* (2014), considera la siguiente secuencia en la instalación de un vivero:



- ✓ Eliminar todo obstáculo del área donde se instalará el vivero.
- ✓ Nivelar el área para hacerla plana con una ligera pendiente (3% como máximo), una mayor pendiente impide o incomoda realizar los trabajos.
- ✓ La posición de las camas de preferencia deben estar orientados de Este a Oeste, para que las plantitas reciban mayor tiempo la luz solar.
- ✓ Para el techo, de preferencia utilizar material de la zona pero opcionalmente se puede utilizar malla rashell de 70% de sombra, para facilitar a que las plantas repicadas no sufran un estrés y ayudar al crecimiento.
- ✓ Desinfectar el suelo con plaguicidas respetando las normas para su uso.

#### **2.7.4. Características de un sustrato**

Sáez (1999), señala que el término “sustrato”, refiere a todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que colocado en contenedor, de forma pura o mezclado, permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular; el sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición de la planta allí ubicada. Esto último, clasifica a los sustratos en químicamente inertes (perlita, lana de roca, roca volcánica, etc.) y químicamente activos (turbas, corteza de pino, etc.). Un buen sustrato desde el punto de vista físico, debe ser liviano, esponjoso y con buena capacidad de almacenar agua. En cuanto a las propiedades químicas, es valioso saber cuál es la riqueza del medio de crecimiento para resolver la necesidad de enriquecerlos. Los sustratos compuestos principalmente por materiales orgánicos como el compost, humus de lombriz, estiércoles de animales, aportan cantidades adecuadas de nutrientes, por lo que no requieren de fertilización.

Los sustratos pueden presentar cantidades elevadas de sales. Los altos contenidos de sales pueden ocasionar problemas a la producción, por ejemplo: Inhibición de la germinación de las semillas, reducción marcada del crecimiento, quemado del borde de las hojas, muerte de raíces con aumento de la predisposición al ataque de enfermedades (INATEC, 2016).

CICAFE (2011), recomienda que el sustrato debe estar constituido por suelo bien suelto (50%), granza de arroz (25%) y abono orgánico bien descompuesto (25%). Por otra parte Nina *et al.* (2017), indica que el preparado del sustrato debe ser la mezcla de tierra agrícola con abono gallinaza o estiércol de vacuno en una proporción 4:1, o mezclar tierra agrícola con compost en una proporción de 2:1.

Las propiedades físicas son consideradas como las más importantes para un sustrato. Esto es debido a que si la estructura física de un sustrato es inadecuada, difícilmente podremos mejorarla una vez que se ha establecido el cultivo. En cambio, las propiedades químicas si pueden ser alteradas posterior al establecimiento del cultivo. Por ejemplo, si un sustrato no posee un pH o el nivel nutricional adecuado, estos puede mejorarse añadiendo enmiendas o abonos. Similarmente, un exceso de sales solubles puede remediarse con un lavado (o lixiviado) con agua de baja salinidad (Cabrera, 2002).

#### **2.7.4.1. Propiedades físicas del sustrato**

##### **2.7.4.1.1. Densidad aparente**

Ballester (1993), considera como optimo un valor inferior a 0,3 – 0,4 g/cc para la mayoría de las plantas en maceta, salvo en el caso de plantas grandes o sometidas a cierto viento, las cuales pueden requerir hasta 0,5 – 0,75 g/cc. Según Gavilán (2004), citado por Miranda (2003), se define como la masa seca del material sólido por unidad de volumen aparente del sustrato húmedo, es decir incluyendo el espacio poroso entre las partículas. La densidad aparente (DAP) juega un papel importante, ya que los sustratos y los contenedores se transportan durante su manejo, manipulación y consecuentemente su peso será tomado en cuenta.

La densidad aparente representa al modo en el que el sustrato se presenta en la realidad y por lo tanto indica su peso. Para el cultivo de plantas en macetas al aire libre se recomienda una densidad aparente de 0,50 a 0,75 g/cc (Martínez y Roca, 2011).

#### **2.7.4.1.2. Densidad real**

La densidad real ( $d_r$ ) corresponde a la relación de la masa con respecto al volumen del sustrato sin considerar los espacios porosos. Este valor es propio de cada material y no depende del grado de compactación ni del tamaño de sus partículas; sin embargo, es interesante relacionar el efecto de la presencia de poros ocluidos, esto es, poros dentro de las partículas del material que conforman el sustrato, como es el caso de la cascarilla de arroz, con la porosidad. La densidad real siempre va a variar entre 1,50 y 2,65 g/cc. En la medida que el sustrato sea más orgánico más se acercará a valores cercanos a 1,5 (Quintero *et al.*, 2011). La densidad real de los materiales orgánicos ronda los 1,45 g/cc y la de los minerales es de alrededor de 2,65 g/cc (Martínez y Roca, 2011).

#### **2.7.4.1.3. Porosidad**

Es el total de espacio que no está ocupado por el material sólido que se agrega en la maceta o contenedor y que puede estar ocupado por agua y aire, denominado también como capacidad de retención de agua y capacidad de aire, respectivamente. El espacio poroso total debe ser mayor a 85 % (Cruz *et al.*, 2013).

Ballester (1993), define como el volumen porcentual del sustrato no ocupado por sus propias partículas. Una parte de este volumen corresponde a los poros que proporcionan aireación a las raíces y son los de tamaño mayor a 30 micras. Se estima como óptimo un valor de 70 - 90 % del volumen del sustrato. Debe recordarse que las raíces requieren oxígeno para mantener su actividad metabólica y su crecimiento. El oxígeno es requerido también por los microorganismos y por tanto, las plantas cultivadas en sustratos orgánicos, con elevada población microbiana, requieren el doble o más de oxígeno que las plantas cultivadas en suelos minerales, sin abundante materia orgánica.

## 2.7.4.2. Propiedades químicas del sustrato

### 2.7.4.2.1. Capacidad de intercambio catiónico

Es una medida de capacidad de un sustrato para contener los nutrientes que se encuentren en él. Estos nutrientes no son lavados por el agua, por lo que están disponibles para la planta. Esto significa que con un valor alto de CIC la fertilización de base tendrá mayor eficiencia por no ser tan sensible a la lixiviación. Ese medio podrá almacenar más cantidades de K, Ca y Mg que un medio con una CIC baja. Con un sustrato de baja CIC las fertilizaciones deben ser más pequeñas y frecuentes. Una CIC alta es propia de los sustratos orgánicos. Se expresa en miliequivalentes por unidad de peso o volumen, meq/100 g o meq/100 cc (Baixaul y Aguilar, 2002).

**Cuadro 2. Niveles de interpretación de la C.I.C.**

Valor de CIC (meq.100g -1)	Nivel
≤ 5	Muy bajo
5 – 10	Bajo
10 – 20	Medio
20 - 30	Elevado
≥ 30	Muy elevado

Fuente: Abad *et al.* (2001), citado por Quintero *et al.* (2011).

Como se muestra en el cuadro 2, niveles de interpretación de la capacidad de intercambio catiónico, rangos sugeridos como ideales por Abad *et al.* (2001), para sustratos de cultivos hortícolas, citado por Quintero *et al.* (2011).

### 2.7.4.2.2. Conductividad eléctrica

Hace referencia a la concentración de sales existente en el sustrato cuando es suministrado. En aquellos que son inertes la salinidad es prácticamente nula, en sustratos orgánicos puede tener valores elevados. La podremos determinar a través de un análisis del extracto saturado, para aprovechar dichas sales, si son apropiadas, o proceder al lavado del sustrato empleando agua de riego. Se considera que valores

de conductividad eléctrica superior a 3,5 mS/cm son excesivamente altos para la mayor parte de cultivos hortícolas (Baixaul y Aguilar, 2002).

Lopez y Masaguer (2006), indican que la conductividad eléctrica índice directo del contenido de sales en el sustrato, puede deberse a la aplicación de fertilizantes o al contenido intrínseco de sales en los materiales adecuados. Los valores máximos deben situarse por debajo de 1,0 dS/m, para no comprometer el cultivo por exceso de sales.

**Cuadro 3. Niveles de Conductividad Eléctrica**

<b>Rango</b>	<b>Características</b>
<b>&lt;2</b>	No hay problemas de sales
<b>2 – 4</b>	Ligeros problemas de sales
<b>4 – 8</b>	Medio (problemas de sales)
<b>8 – 16</b>	Fuerte
<b>&gt;16</b>	Muy fuerte salinidad

Fuente: Chilon (2014).

El cuadro 3, muestra valores orientativos para la CE del extracto de saturación (expresados en mMhons/cm<sup>3</sup>).

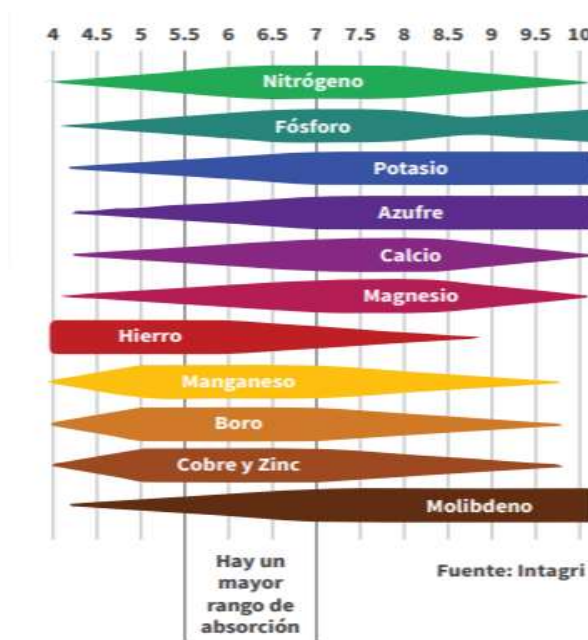
#### **2.7.4.2.3. pH**

El desarrollo de las plantas se ve reducido en condiciones de acidez o alcalinidad marcada. El pH influye en la asimilación de los nutrientes por la planta. Los materiales orgánicos presentan mayor capacidad tampón que los inorgánicos y por lo tanto, mayor capacidad para mantener constante el pH (Baixaul y Aguilar, 2002). Pueden aparecer síntomas carenciales de N, K, Ca y B con valores de pH inferiores a 5, mientras que se producen problemas en la disponibilidad de Fe, P, Mn, Zn y Cu con valores superiores a 6 (Ballester, 993).

El nivel óptimo aconsejado para el manejo de cultivo sin suelo de hortalizas en la disolución del sustrato se sitúa en valores comprendidos entre 5,5 y 6,8 que es el rango

en el que se encuentran de forma asimilable la mayor parte de los nutrientes (Baixaul y Aguilar 2002).

Lopez y Masaguer (2006), mencionan que los requerimientos de la planta y la disponibilidad de algunos nutrientes marca la necesidad de un pH adecuado en el medio del cultivo, siempre con una tendencia mayoritaria a valores ligeramente ácidos, entre 5,5 y 6,6.



Fuente: Intagri citado por (WCR, 2019)

**Figura 2. Disponibilidad de nutrientes de acuerdo al pH**

#### 2.7.4.2.4. Materia Orgánica

La materia orgánica del suelo (MO) es constituida por los organismos del suelo, residuos orgánicos frescos, en proceso de descomposición y humificación. La fracción más estable de la MO son las sustancias húmicas y que en algunos casos llega en miles de años, es una fuente de N, P y S, incrementa la disponibilidad de otros nutrientes es así que fomenta el crecimiento de las plantas a través de fitohormonas y sustancias húmicas, mejora la estructura del suelo, la disponibilidad de agua y la

aireación. Su estabilidad se debe a su estructura compleja y heterogénea así como la unión con partículas de arcilla (Verlag y Schwenningen, 2001).

#### **2.7.4.3. Propiedades biológicas del sustrato**

Bures (2002), menciona las características biológicas provienen mayoritariamente de la presencia de materia orgánica. Todos los materiales orgánicos que no son de síntesis son inestables y se pueden degradar con el tiempo. La materia orgánica fresca en condiciones adecuadas se descompone dando como productos finales elementos minerales y ácidos húmicos y fulvicos, por eso es importante conocer el contenido de materia orgánica y su estado. Algunas propiedades biológicas son las siguientes:

- ✓ Supresividad de hongos patógenos como *Fusarium* o *Rizoctonia* por otros como *Trichoderma* o *Streptomyces*.
- ✓ Actividad reguladora de crecimiento favoreciendo el desarrollo vegetal.
- ✓ Actividad enzimática que favorece la disponibilidad de elementos nutritivos.
- ✓ Micorrizas como *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Ectomicorrizas* y otros agentes biológicos en los sustratos puede favorecer la correcta nutrición de las plantas.

#### **2.7.5. Repique**

Se debe tener la precaución de que los "soldaditos" (fosforito), pequeña planta constituida por un tallo delgado que posee 2 hojas cotiledonares que permanecen en el interior de la semilla y de una raíz cuya proporción es de dos veces más grande que el tallo o "chapolas" (mariposa) una plantita pequeña con un tallo delgado y cuyas dos hojas cotiledonares están completamente abiertas y una raíz dos veces más grande que el tallo, seleccionadas sean de un tamaño homogéneo, sanas y vigorosas, bien formadas, eliminándose las raquílicas, enfermas, deformes y con raíces dobladas. Si la raíz pivotante es muy larga es preferente cortar en la parte terminal, para evitar que quede doblada en el hoyo. Se debe tener cuidado de no cortar más de un tercio de la raíz, ya que se provocaría una bifurcación y problemas en el sistema radicular superficial en el campo. Las plántulas deben ser sembradas al mismo nivel o

profundidad que estaban en el semillero, es necesario introducir el "fosforito" o chapola profundamente en el hoyo y luego levantarla ligeramente hasta que el cuello de la plántula quede a ras del suelo (INIAP, 1993).

#### **2.7.6. Cuidados que se deben tener en el vivero**

FONADIN (2018), recomienda regar los plantines del vivero todas las mañanas, deshierbe cada vez que sea necesario, revisar y eliminar los plantines que presentan retrasos en su crecimiento y monitorear la presencia de plagas y enfermedades.

Nina *et al.* (2017), recomienda aplicar abono foliar cada 15 a 20 días, durante los 4 o 5 meses en la etapa de vivero (abono líquido biol, Basfoliar Algae, kelpac entre otros productos orgánicos).

#### **2.7.7. Plagas y enfermedades que atacan al cultivo de café en la etapa de vivero**

##### **2.7.7.1. Nematodos**

Los géneros más agresivos son *Meloidogyne* y *Pratylenchus metensis*, los síntomas característicos es la formación de tumores o nuditos que debilitan la planta y retardan su crecimiento, las hojas se van amarillando y los brotes se vuelven raquíuticos y la planta acaba por morir (FNC, 1958).

##### **2.7.7.2. Minador de la hoja**

*Leucoptera Coffeella* es una mariposa pequeña color plateada con puntas de color negro de alas, atacan al cafeto en cualquier etapa de crecimiento. Las larvas se comen el tejido entre las capas de la hoja dejando manchas de color marrón de forma irregular y causan defoliación. Los métodos de control pueden ser deshierbes oportunos, abonamiento orgánico y regular la sombra (FONADIN, s/f)



### **2.7.7.3. Gusano medidor**

Con este nombre se conoce al insecto *Pseudoplusia includens*, perteneciente a la familia Noctuidae del orden lepidóptera causa daño en estado larval en las hojas al alimentarse de ellas incluso puede causar la caída de las hojas más afectadas, se recomienda el uso de *Bacillus thuringiensis* o un control manual (Figueroa et al., 1996).

### **2.7.7.4. Damping off**

Mal del tallo ocasionado por el hongo *Rhizoctonia solani* debido al exceso de humedad y mal drenaje, se caracteriza por estrangulamiento a nivel del cuello de las plántulas. Evitar la acumulación de agua en el vivero, la eliminación de plantas que presenten los síntomas y un buen manejo de sombra puede prevenir y controlar el *Damping off* (Nina et al., 2017).

### **2.7.7.5. Mancha de hierro**

Causada por el hongo *Cercospora coffeicola* en viveros sin sombra, esta enfermedad se presenta en las hojas en forma de manchas redondas o semi ovals, las que se desarrollan en forma de círculos concéntricos, muy definidos. El tejido muerto nunca se cae dejando agujereada en la parte afectada. Se puede impedir su propagación proporcionando sombrío al cafetal y con el uso de fungicidas (FNC, 1958).

### **2.7.7.6. Ojo de gallo**

Esta enfermedad es causada por el hongo *Micena citricolor* por el exceso de sombra y alta humedad relativa, ataca a las hojas y frutos en todos sus estados de desarrollo y se caracteriza por manchas redondas hundidas de diferente tamaño, tomando un color amarillento, volviéndose pardo al final. Los métodos de control recomendados son: la regulación de sombra, control de malezas, podas, abonamiento oportuno y como método de prevención la aplicación de caldo bordelés (FONADIN, s/f).

### **2.7.8. Trasplante a campo definitivo**

Los plantines estarán listos para el trasplante a campo definitivo cuando tengan 5 a 6 pares de hojas bien desarrolladas. Los plantines de café deben tener: tallo recto, hojas desarrolladas, libre de enfermedades plantas, plantas muy vigorosas de tamaño aproximadamente de 25 a 30 cm de altura y de muy buena calidad (Nina, *et al.* 2017). Una planta de vivero al suelo con buenas condiciones debe de reunir las siguientes características: " Planta con buen vigor vegetativo, sana y libre de daños en la parte aérea y radicular " Plantas con un buen número de hojas de buen color y sanas " El sistema radicular debe de ser abundante y bien distribuido " Plantas con tallo recto fuerte y de buen grueso " Las plantas deben de poseer de 3 a 4 cruces (IHCAFE, 2001).

### **2.8. Microorganismos en el suelo**

Los microorganismos de la tierra son infinitas entidades dinámicas naturales, de manera que, en cada momento diferentes grupos microbianos dominan la tierra, dependiendo de distintas épocas y estaciones del año. La microbiología de la tierra puede definirse como el estudio de los organismos naturales que la habitan, caracterizándose por tener un metabolismo, funciones, flujo energético y un infinito tejido intercíclico nutricional (Restrepo y Hansel, 2015). Algunos microorganismos del suelo son muy conocidos y han sido aislados y reproducidos con fines comerciales (Simón, 2016).

Los microorganismos eficientes consiste en un cultivo microbiano mixto de especies seleccionadas de microorganismos naturales benévolo o bueno, que coexisten en un medio líquido con un ph de 3,5. Los EM están siendo utilizados para reemplazar agroquímicos y fertilizantes sintéticos en varios cultivos, en la agricultura se utiliza para el mejoramiento de la calidad del suelo contribuyendo a una micro flora balanceada con la mayoría de microorganismos benéficos. A través de esto, es posible transformar cualquier suelo inductor de enfermedades en un suelo supresor de enfermedades. Cuando las plantas tienen un mejor ambiente para su crecimiento y desarrollo, los

niveles de producción se incrementan y aumentan la resistencia a enfermedades, y además de esto, la calidad de los productos que provienen de fincas donde los EM son utilizados, son de mejor apariencia y sabor (Aracena *et al.*, s/f).

### **2.8.1. Los principales efectos del EM en área agrícola**

Entre los efectos de los EM en la agricultura se tienen los siguientes (BID, 2009).

- ✓ Promueve el crecimiento de las raíces y el desarrollo de las plantas.
- ✓ Mejora la capacidad fotosintética de las plantas.
- ✓ Ayuda a las plantas a desarrollar resistencia a plagas y enfermedades.
- ✓ Suprime algunos patógenos que habitan en el suelo.
- ✓ Incrementa la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante.
- ✓ Solubiliza nutrientes en el suelo.
- ✓ Mejora las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos, tanto por aplicación directa de EM como a través de la incorporación de compost o bokashi.
- ✓ Acelera la descomposición natural de los residuos de cosecha dejados en el campo.

Los microorganismos eficientes o eficaces se pueden aplicar al suelo utilizando Bokashi, EM – Compost o pulverizando EM directamente al suelo o aplicándolo en el agua de riego. El uso de EM en el riego es una práctica muy recomendable, la dosis a emplear es de 10 a 100 L /ha (BID, 2009).

### **2.8.2. Aplicaciones foliares**

Las pulverizaciones del cultivo con EM activado previenen el ataque de varios patógenos, y a medida que no se usen plaguicidas químicos en el cultivo favorece el desarrollo de hongos entomopatógenos (hongos que atacan a los insectos) y otros agentes de control biológico, disminuyendo por lo tanto las plagas.

Generalmente se realizan pulverizaciones semanales sobre el follaje con una solución de EM al 2 % (2 L de EM /100 L de agua). Cuando se constate el ataque de insectos

se puede emplear EM 5 o EPF (Extracto de Plantas Fermentadas) en dosis que van del 2 al 5 %, dependiendo de la seriedad del problema. Estos dos productos son fermentados producidos con EM que actúan como repelentes de insectos (BID, 2009).

### **2.8.3. Aplicación al suelo**

BIOEN (2011), menciona lo siguiente:

En las condiciones físicas del suelo mejora la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua, incrementa la capacidad de absorción de agua de lluvia, evitando a su vez la erosión por arrastre de partículas.

En las condiciones químicas del suelo: 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.

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.

Las aplicaciones de EM® al suelo, dependen del tipo del cultivo, en cultivos de ciclo corto cada 8 días durante 1 mes y luego cada 15 días hasta antes de la cosecha (EMPROTEC, s/f).

### **2.8.4. Grupos microbianos que componen los EM**

Higa (s/f), menciona a microorganismos que se encuentran en el EM pertenecen a 3 grupos bien conocidos, y estos son las bacterias ácido lácticas (usadas en la elaboración de yogurt, quesos, etc.) levaduras (usadas para hacer panes, cervezas,

vinos, etc.) y bacterias fototróficas ó fotosintéticas (presentes en las algas verdes e en cualquier partícula de suelo).

#### **Cuadro 4. Composición de EM**

<b>Grupo de microorganismos</b>	<b>Género y especies</b>
<b>Bacterias lácticas</b>	<i>Streptomyces albus</i>
<b>O lactobacilos</b>	<i>Rhodopseudomonas sphaeroides</i>
<b>Bacterias fotosintéticas</b>	<i>Lactobacillus plantarum</i>
<b>Levaduras</b>	<i>Propionibacterium freudenreichii</i>
<b>Actinomicetos</b>	<i>Streptococcus lactis</i> , <i>S. faecalis</i>
<b>Hongos</b>	<i>Azpergillus oryzae</i> , <i>Mucor hiemalies</i> <i>Saccharomyces cericisiae</i> , <i>Cándida útiles</i>

Fuente: Higa y Parr (1994) citado por Restrepo y Hansel (2015).

##### **2.8.4.1. Bacterias fototróficas**

Son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando luz solar y el calor del suelo por que son capaces de desintoxicar los suelos por la transformación de sustancias reducidas y pútridas, como el sulfuro de hidrogeno y sustratos útiles. Esto ayuda a regular la eficiente utilización de la materia orgánica y mejora la fertilidad del suelo. Las bacterias fotosintéticas no solo desarrollan fotosíntesis, sino que también pueden fijar nitrógeno, solubilizadores de fósforo (*Pseudomonas fluorescens*). Además han mostrado que cuando coexisten, en suelos con especies de *Azotobacter*, su habilidad de fijar nitrógeno se incrementa promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas. Sintetizan azúcares de cadenas simples que sirven de alimento a otros microorganismos (Higa, 2013).

##### **2.8.4.2. Levaduras**

Sintetizan sustancias útiles para el crecimiento de las plantas y sustancias antimicrobiales, vitaminas A y D, enzimas como invertasas y galactosidasas, hormonas

que promueven la división celular activa y el crecimiento de las raíces. Sus secreciones son sustratos útiles para microorganismos eficientes como bacterias ácido lácticas y actinomiceto (Ibañez, 2011).

#### **2.8.4.3. Bacterias ácido lácticas**

El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica, bajan el pH del sustrato e inhiben a competidores. Este grupo de bacterias incluye géneros como *Lactobacillus* (*L. plantarum*, *L. casei*) *Bidobacterium*, *Lactococcus*, *Streptococcus* (*S. lactis*) y *Pediococcus* (Higa, 2013).

#### **2.8.4.4. Hongos de fermentación**

Son importantes degradadores aerobios de material vegetal en descomposición en suelos ácidos. Los hongos más importantes asociados a las raíces de la planta son: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* y *Trichoderma* (Ibañez, 2011).

#### **2.8.4.5. Actinomicetos**

Se nutren de materiales orgánicos, degradan desde azúcares simples, proteínas, ácidos orgánicos y otros, hasta materiales complejos compuestos por celulosa, hemicelulosa, lignina quitina y parafinas. Son considerados como mejores agregadores del suelo, pues son muy eficientes produciendo sustancias húmicas y con sus micelios unen partículas del suelo suelto ayudando a la formación de agregados. Algunos actinomicetos producen antibióticos que regulan los patógenos de las plantas que están en el suelo. Entre los más importantes para la nutrición de la planta esta: *Streptomyces*, *Nocardia*, *Actinomyces*, *Frankia* entre otros (Simón, 2016).

### **2.9. Microorganismos Eficientes (EM•1®) comercial**

El uso de la tecnología de microorganismos para la agricultura fue desarrollada en los años 80 por el Dr. Teruo Higa, Universidad Ryukyus, Okinawa, Japón, y fue ganando

popularidad a través de los productos comerciales elaborados en laboratorios y conocidos como EM (Rodríguez y Tafur, 2014). EM•1® es un producto natural elaborado con microorganismos eficientes que aceleran la descomposición natural de materiales orgánicos. Los microorganismos contenidos en EM•1® son benéficos y altamente eficientes. Estos microorganismos no son nocivos, ni patógenos, ni genéticamente modificados, ni químicamente sintetizados. Son microorganismos naturales bien conocidos como levaduras y las bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus*), que promueven un proceso de fermentación antioxidante benéfico, acelera la descomposición de la materia orgánica y promueve el equilibrio de la flora microbiana (Higa, s/f).

La tecnología EM•1® está siendo utilizada para reemplazar agroquímicos y fertilizantes sintéticos en varios cultivos, el EM•1® para la agricultura se enfoca para el mejoramiento de la calidad del suelo construyendo una microflora balanceada con la mayoría de especies de microorganismos benéficos. A través de esto, es posible transformar cualquier enfermedad de suelo inductor de enfermedades en un suelo supresor de enfermedades, zimogénico y finalmente sintetizador. Cuando las plantas tienen un mejor ambiente para su crecimiento y desarrollo, los niveles de producción se incrementan y aumenta la resistencia a enfermedades. Además de esto, la calidad de los productos que provienen de fincas donde el EM•1® es utilizado, son de mejor apariencia y sabor y tienen una vida más larga. EM•1® puede ser utilizada en la preparación del terreno, germinación y enraizamiento del material vegetal, la siembra y trasplante y el mantenimiento tanto al suelo como al follaje de las plantas.

A continuación se detallarán los usos y aplicaciones de EM•1® en sus posibles áreas de aplicación (EMPROTEC, s/f).

### **2.9.1. Aplicaciones y uso de (EM•1®) comercial**

El EM•1® puede ser aplicado en el proceso de compostaje de residuos orgánicos; en suelos y sustratos; en la producción hidropónica; en la agricultura; en la piscicultura y camarónicas; en granjas de producción animal, ayudando en la eliminación de malos

olores; en lagunas de tratamiento de efluentes; en cajas de grasa, fosas sépticas y en los sistemas de efluentes sanitarios (Higa, s/f).

### **2.9.2. Microorganismos de Montaña (MM)**

En el manto que reviste la parte inferior de los bosques (mantillo forestal húmedo) están presentes millones de microorganismos diversos. Son varios grupos funcionales de bacterias, actinomicetos, hongos, algas y protozoarios que habitan en armonía, para mantener el flujo energético de la vida en cada espacio y fracción del tiempo (Restrepo y Hansel, 2015).

Por otro lado, se desarrolló una tecnología para reproducir los microorganismos que viven naturalmente en nuestros bosques. Estos microorganismos son llamados comúnmente “Microorganismos de Montaña” o MM. Muchos de estos MM cumplen roles benéficos en los procesos biológicos de los suelos y agro ecosistemas y pueden ser encontrados en la capa superficial y orgánica de todo suelo de un ecosistema natural donde no haya habido intervención depredadora del hombre. Los MM contienen un promedio de 80 especies de microorganismos de unos 10 géneros, que pertenecen básicamente a cuatro grupos: Bacterias fotosintéticas, Actinomicetos, Bacterias productoras de ácido láctico y Levaduras (Rodríguez y Tafur, 2014).

### **2.9.3. Reproducción y activación de MM**

Restrepo y Hansel (2015), describe la siguiente metodología: Se toma 30 a 40 kg materia orgánica en descomposición o mantillo de un bosque cercano y se mezcla en seco con los 80 kg de Salvado y 2 kg de harina de rocas, hasta conseguir una mezcla homogénea; luego mezclar con agua hasta lograr una mezcla con poca humedad y olor afrutado. Finalmente en un recipiente de plástico con una capacidad de 100 a 200 L se va depositando gradualmente el preparado por capas y se aprieta con un pisón, con la finalidad de extraer el oxígeno, no llenar totalmente el recipiente, dejar de 10 a 15 cm libres de volumen. Por último cerrar herméticamente el recipiente, dejándolo en la sombra en reposo por 15 a 30 días.



Para la activación, depositar 10 kg de MM en una bolsa de tela dentro de un recipiente de 200 L llenar el recipiente con 2 galones de melaza de caña, 2 galones de suero de leche, 2 kg de harina de rocas y 100 L de agua no tratada. Este proceso de fermentación anaeróbica demorara un periodo de 30 días

#### **2.9.4. Aplicación**

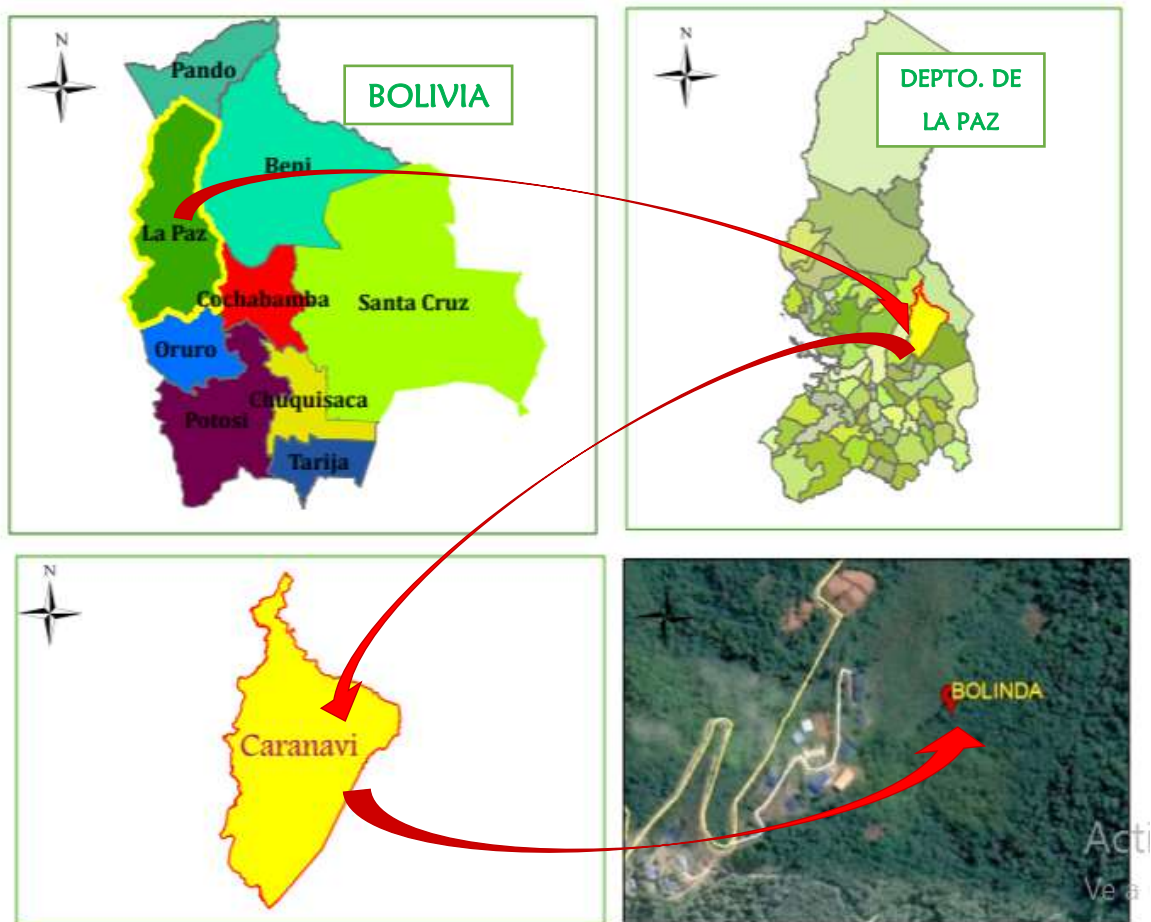
Se recomienda la aplicación del EM territorial o nativo del bosque en la forma pura (sin mezclarlo con agua) cuando los cultivos sufren ataques muy drásticos de algunas enfermedades fungosas y bacterianas. La aplicación foliar de los microorganismos EM territoriales o nativos del bosque se pueden emplear al 2 % en la mezcla final de cualquier biopreparado (Restrepo y Hansel, 2015) asimismo Simón (2016), recomienda aplicaciones foliares a los cultivos a 3 - 4 % (4 L por cada 100 L de agua).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización

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, a una distancia de 10 km de la ciudad de Caranavi.

Geográficamente se encuentra en las coordenadas: 15°48'09,6" de Latitud Sur y 67° 33'16,6" de Longitud Oeste. La figura 3, representa le ubicación geográfica del vivero.



**Figura 3. Ubicación geográfica del vivero Bolinda**

### 3.1.1. Características climáticas

Según el SENAMHI (2020), durante los diez últimos años (2007 - 2017) la zona de estudio registró las siguientes características climáticas (cuadro 5):

**Cuadro 5. Características climáticas de la zona de estudio**

<b>Características climáticas anuales</b>	<b>Periodo de producción de plantines de café agosto a marzo</b>
La precipitación media anual varía de 908,4 a 1.332,4 mm/año	Precipitación media varía de 83,9 a 140,4 mm/mes
Temperatura mínima media de 19,7 °C, máxima media de 33,4 °C y la temperatura media de 26,5 °C	Temperatura mínima media de 20,1 °C, máxima media de 33,9 °C y temperatura media de 27 °C
Humedad relativa media anual de 63,04 %	Humedad relativa media mensual de 62,08%

Fuente: SENAMHI (2021).

## 3.2. Materiales

### 3.2.1. Material Biológico e insumos

- ✓ Plántulas de café Catuai rojo
- ✓ Cascarilla de arroz
- ✓ Tierra negra
- ✓ Cal
- ✓ Estiércol ovino
- ✓ Microorganismo comercial EM•1®
- ✓ Microorganismos de Montaña local (MM)

### 3.2.2. Equipos y materiales de campo

- ✓ Herramientas agrícolas
- ✓ Marbetes
- ✓ Estacas
- ✓ Cintas para delimitación
- ✓ Vernier digital
- ✓ Termómetro
- ✓ Reglas
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Bolsas 15 x 23 cm
- ✓ Bolsas de muestro
- ✓ Planillas de evaluación

### **3.2.3. Material de gabinete**

- ✓ Computadora e impresora
- ✓ Material bibliográfico

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Procedimiento experimental**

La investigación se desarrolló durante el periodo de septiembre del 2019 a marzo de 2020, considerando el periodo óptimo en el cual los plantines cumplen con las características físicas para ser trasplantadas a campo definitivo, basadas en la Norma específica para la certificación de plantines de café (*Coffea arabica spp.*) mediante Resolución Administrativa INIAF N°131/2014 (INIAF, 2016), que detalla las características físicas de plantines de café: tamaño de raíz de 15 a 25 cm, altura mínima de planta desde el cuello de la planta 20 a 30 cm y un número mínimo de 5 pares de hojas.

##### **3.3.1.1. Diagnóstico**

En el marco del Programa Café desarrollado por el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) se busca fortalecer la producción de café de calidad, por tanto parte del proceso es obtener plantines de alta calidad genética y sanitaria a partir de trabajos de investigación en producción orgánica. Las plántulas de café fueron proporcionados de los germinadores producidos en el mismo vivero, procedentes de semilla certificada y registrada de acuerdo a la norma específica para la certificación de semilla de café del INIAF y normas de sanidad vegetal del SENASAG.

##### **3.3.1.2. Acondicionamiento de vivero**

El vivero Bolinda se estableció durante la gestión 2018 - 2019. Para el presente estudio se tomó un área de terreno de acuerdo al número de plantines de producción. Se realizó las mediciones cada 5 m de distancia para realizar la excavación de hoyos a

unos 50 cm de profundidad. Se realizó el posteado cada 5 m de distancia entre postes, unido por la parte superior con alambre galvanizado con el correspondiente tesado. Se cubrió con la malla russell (color negro al 50 % de sombra), a su vez se cubrió todo el perímetro de área con alambre tejido para evitar el ingreso de animales.

### **3.3.1.3. Preparación de sustrato**

Los componentes del sustrato consistió en tierra de monte proveniente de Caballuni, estiércol de ovino proveniente de la ciudad de La Paz y cascarilla de arroz proveniente de Caranavi.

Se realizó la desinfección de componentes del sustrato con el fin de garantizar la producción de plantines de café libres de enfermedad, mediante solarización por el tiempo de una semana registrándose temperaturas hasta 45 °C, garantizando la eliminación de agentes no deseados. Para garantizar este proceso se incorporó cal agrícola 1 kg por m<sup>3</sup> de sustrato.

Se continuó con la mezcla del sustrato bajo la siguiente proporción:

- ✓ 70 % tierra de monte cernida.
- ✓ 20 % estiércol de ovino.
- ✓ 10 % cascarilla de arroz.

Finalmente se llenaron las fundas (15 x 23 cm) con sustrato en tres momentos con el fin de evitar espacios vacíos y el compactado, luego estos se acomodaron en filas de acuerdo al diseño experimental planteado.

### **3.3.1.4. Repique**

Para el repique de plantines en bolsas preparadas con sustrato se procedió con el riego de las mismas llegando a capacidad de campo (cc). Luego se procedió con el repique seleccionando plántulas en estado chapola (mariposa) con mejores características morfológicas (mayor desarrollo, raíz principal recta y de buen tamaño, muchas raíces secundarias y libres de enfermedades, descartando plántulas de raíz deforme, (figura 4). Antes de su repique las plántulas fueron tratadas por inmersión en

una solución de TRICODAMP producto biológico a base de *Trichoderma spp.* antagonista natural de hongos fitopatógenos bajo una dosis recomendada de 10 g/L de agua.

Se procedió con el repique de plantines en bolsas con sustratos con la ayuda de un punzón realizando huecos en el centro de las macetas a una profundidad aproximada de 13 cm, procediendo a colocar el plantín y cubrirlo.



Fuente: Reporte fotográfico 2019.

**Figura 4. Características de chapolas de café con raíces deformes**

#### **3.3.1.5. Aplicación de microorganismos EM•1® y MM**

Con la recomendación de Díaz *et al.* (2009), se realizó la aplicación de EM•1® y MM mediante fumigación de macetas con una mochila fumigadora de 20 L de capacidad previamente calibrada a razón de 3 L/m<sup>2</sup>, con una frecuencia semanal durante el primer mes, luego cada 15 días hasta completar su fase en vivero.

#### **3.3.1.6. Labores culturales**

Durante el desarrollo de plantines en vivero se realizó las labores culturales respectivas como: control de malezas, plagas y enfermedades con las respectivas medidas de control, con el fin de garantizar la calidad de los plantines.

Por otra parte, a fin de evitar el estrés hídrico se realizó riego presurizado bajo el método por aspersión manteniendo el sustrato a capacidad de campo.

### **3.3.1.7. Evaluación del experimento**

#### **3.3.1.7.1. Porcentaje de prendimiento (%)**

A las tres semanas después del repique, se contabilizó el número de plántulas prendidas procediendo al cálculo del porcentaje de prendimiento por cada tratamiento.

#### **3.3.1.7.2. Desarrollo foliar (días)**

- ✓ Se registró el desarrollo foliar después del repique, tomando en cuenta el tiempo en la formación del primer, segundo, tercer y cuarto par de hojas.
- ✓ En la etapa final de plantines en vivero se registró las medidas de longitud y ancho de lámina de hoja, considerando su variabilidad en tamaños (grande, mediana y pequeña).
- ✓ Se realizó el conteo de hojas verdaderas en plantines cuando estos alcanzan un porte de desarrollo adecuado para su trasplante a terreno definitivo.

#### **3.3.1.7.3. Altura de planta (cm)**

La altura de planta se midió cada 15 días desde la superficie del sustrato (cuello del plantín) hasta el ápice (última hoja formada) expresada en cm.

#### **3.3.1.7.4. Diámetro de tallo (mm)**

Para determinar el diámetro de tallo del plantín se realizó las mediciones del cuello de la plántula, con la ayuda de un calibrador vernier digital, con la primera medición al momento del repique, luego cada 15 días.

### 3.3.1.7.5. Longitud de la raíz (cm)

Se procedió a extraer y medir la longitud de la raíz principal y de las raíces laterales observando su desarrollo en tratamientos y el efecto de EM•1® y MM.

### 3.3.1.7.6. Análisis de calidad de sustrato

Se tomaron muestras de sustrato al inicio y al finalizar la investigación por tratamiento para su comparación entre tratamientos y la comparación con respecto a los valores iniciales, para su análisis físico - químico en laboratorio (textura, densidad aparente, densidad real, nitrógeno total potasio intercambiable, fósforo disponible, conductividad eléctrica, pH, CIC y materia orgánica), derivándose las muestras al laboratorio de la Agencia Boliviana de Energía Nuclear "ABEN" y al laboratorio de la Facultad de Agronomía en Suelos y Aguas "LAFASA".

### 3.3.1.7.7. Evaluación económica

Se realizó el análisis de costos parciales en la producción de plantines en vivero con la aplicación microorganismos (EM•1® y MM), insumos utilizados hasta antes de su trasplante a campo definitivo. Los cálculos realizados fueron: Ingreso Bruto, Ingreso Neto, Relación Beneficio Costo y Costo Unitario empleando las siguientes formulas (Matute y Pineda, 2011):

- ✓ Ingreso Bruto ( $YB = P \times Pv$ ). Es el valor monetario obtenido de la cantidad producida (P) por el precio de venta (Pv).
- ✓ Ingreso Neto ( $YN = YB - CP$ ). Resulta de la diferencia de precio bruto (YB) con los costos de producción (CP).
- ✓ Relación Beneficio Costo ( $B/C = YB/CT$ ). Consiste en dividir los ingresos brutos (YB) entre los costos totales (CT).
- ✓ Costo Unitario ( $CU = CT/ Rendimiento$ ). Es la relación entre los costos totales y los rendimientos de la actividad productiva, de tal manera que se expresan en unidad monetaria por unidad de producción.



### 3.4. Diseño experimental

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 3 niveles) en total seis tratamientos o combinaciones más un testigo (Sin aplicación de microorganismos), cada uno con tres repeticiones.

#### 3.4.1. Análisis estadístico

En el presente estudio se realizó los siguientes análisis estadísticos: 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, en base a una tabla de doble entrada de totales. Para variables con distribución discreta (porcentajes y conteos) los cálculos estadísticos en base a datos transformados mediante la función raíz cuadrada. Finalmente se realizó un análisis de correlación lineal de Pearson, a través de la matriz de correlaciones.

El presente estudio el análisis e interpretación de datos se llevó bajo un diseño de completamente al azar (DCA) de un factor y con arreglo factorial (A x B).

a) Para comparar los seis tratamientos y el testigo el modelo estadístico es el siguiente (Ochoa, 2009):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Una observación

$\mu$  = Media poblacional

$\tau_i$  = Efecto del tratamiento

$\epsilon_{ij}$  = Error Experimenta

b) Para comparar A y B el modelo estadístico es el siguiente (Ochoa, 2009):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

**Y<sub>ijk</sub>** = Una observación

**μ** = Media poblacional

**α<sub>i</sub>** = Efecto del i – esimo nivel del factor A (microorganismos)

**β<sub>j</sub>** = Efecto del j – esimo nivel del factor B (concentraciones)

**αβ<sub>ij</sub>** = Efecto del i – esimo nivel del factor A, con el j – esimo nivel del factor B (interacción A x B)

**ε<sub>ijk</sub>** = Error Experimenta

### 3.4.2. Descripción de tratamientos

A continuación se presenta los factores y niveles de estudio. El cuadro 6, presenta la dilución utilizada para EM•1® comerciales y MM local.

**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

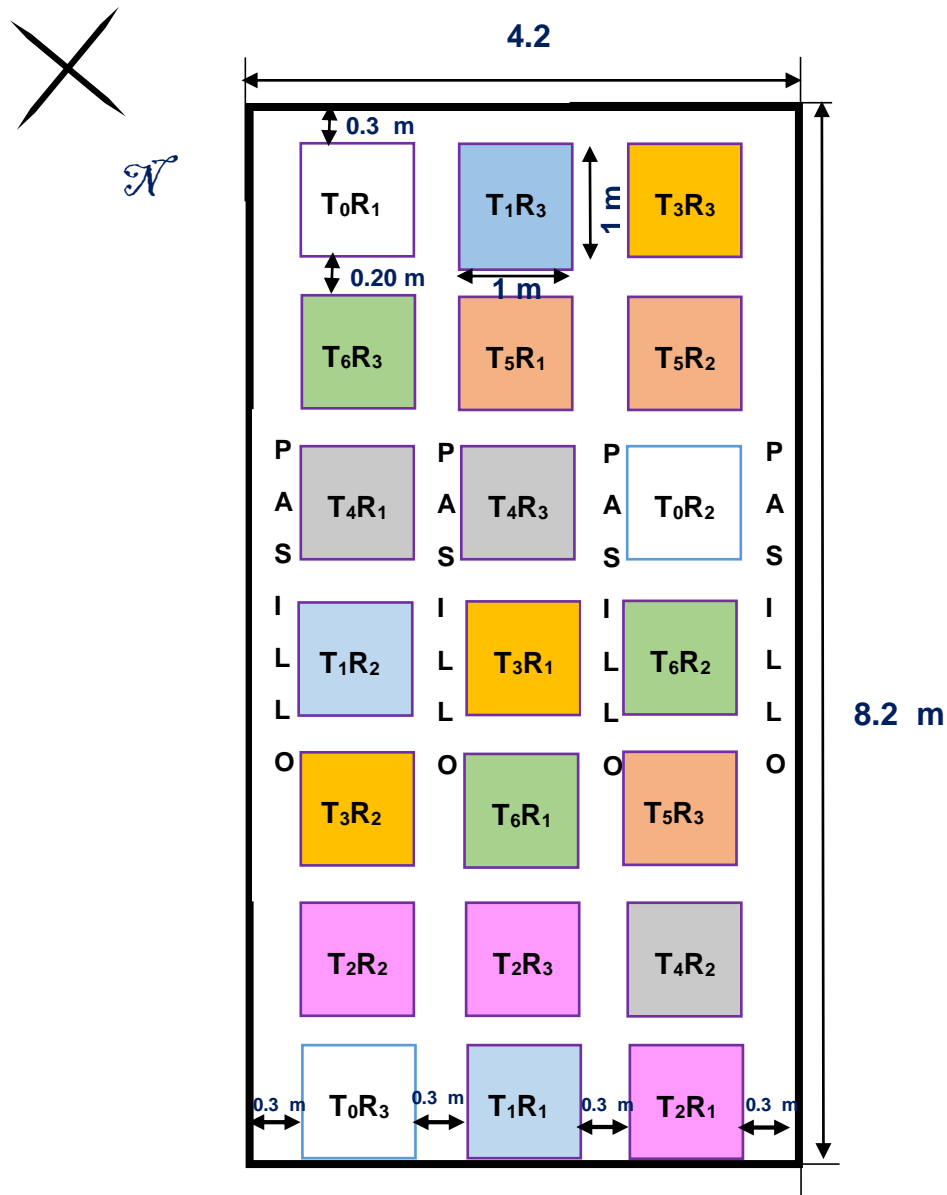
b<sub>3</sub>: 6 % concentración

**Cuadro 6. Descripción de los tratamientos**

Tratamiento	Descripción
T <sub>0</sub>	Testigo
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>
T <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>
T <sub>5</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>

### 3.4.3. Croquis Experimental

La figura 5, presenta la distribución en campo del diseño experimental.



Superficie total = 34.44 m<sup>2</sup>; Área total de la cada U.E. = 1 m<sup>2</sup>; Distancia entre macetas de 2 hileras = 0.25 m; Distancia de pasillos U.E = 0.30 m; Número de hileras por U.E. = 2; Número de macetas por m<sup>2</sup> = 40; Número de plantines muestreados por U.E. = 6; Número total de plantines en estudio = 840

**Figura 5. Distribución de unidades experimentales**

### 3.5. Variables de respuesta

- ✓ Calidad de sustrato 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.
- ✓ Características agro morfológicas de plantines: evaluación de porcentaje de prendimiento, desarrollo foliar (número de días al primer, segundo, 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).

Análisis económico de producción para diez mil plantines: evaluación del Ingreso Bruto, Ingreso Neto, Beneficio Costo (utilidad) y Costo Unitario (Matute y Pineda, 2011).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Análisis de calidad de sustrato en función de los microorganismos aplicados

La calidad del sustrato en sus parámetros físicos y químicos se detalla a continuación.

#### 4.1.1. Análisis de parámetros físicos

Los valores de calidad físicos del sustrato inicial y de cada tratamiento al finalizar la investigación se detallan en el cuadro 7.

**Cuadro 7. Parámetros físicos del sustrato correspondiente a cada 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>	
Textura	Arena (%)	25	33	29	35	35	35	31	35
	Limo (%)	23	31	36	34	28	36	32	32
	Arcilla (%)	52	36	36	31	37	30	37	33
	Clase textural (%)	Y	FY	FY	FY	FY	FY	FY	FY
Densidad Real (g/cc)	2,4	2,21	2,17	2,23	2,32	2,19	2,26	2,34	
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 = 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.

Analizando el cuadro 7, se puede apreciar una diferencia en la clase textural en los tratamientos y del testigo (T<sub>0</sub>) con respecto al valor inicial, esto puede deberse a la cascarilla de arroz que mejora las características físicas del sustrato facilitando la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes.

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) con un valor de 0,90 g/cc siendo este igual al valor inicial.

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.

La densidad aparente siendo resultado sobre todo de la proporción de los poros, al respecto Verlag y Schwenningen (2001), mencionan que para fines agrícolas y ecológicos, la densidad aparente es más importante que la densidad real y que al disminuir este parámetro aumenta la MO y la porosidad.

Los resultados del cuadro 7, indican 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.

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. Por otra parte indica

que una baja fertilidad biológica en suelos afecta la fertilidad física provocando compactación.

Al respecto Ballester (1993), menciona que un déficit temporal de oxígeno puede reducir el crecimiento de las raíces y de la parte aérea de la planta, pero condiciones anaeróbicas mantenidas durante unos pocos días pueden llegar a provocar la muerte de algunas raíces.

#### 4.1.2. Análisis de parámetros químicos

Los valores de calidad química del sustrato inicial y de cada tratamiento al finalizar la investigación se detallan en el cuadro 8.

**Cuadro 8. Parámetros químicos del sustrato correspondiente a cada 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 (mMhos/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 = 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 tratamientos con aplicación del producto comercial EM•1® registran un descenso de pH con el aumento de concentración, estos valores pueden atribuirse al pH del producto dado que este presenta un pH ácido de 3,5 por la fermentación producida una vez activado, en cambio, los tratamientos con aplicación de MM produce un incremento de pH con el aumento de concentración. 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.

Chilon (2014), reporta parámetros de pH ligeramente ácidos (6,1-6,5) a neutros (6,6-7,3). Al respecto Verlag y Schwenningen (2001), menciona 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).

Diaz *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.

Por otra parte Rodríguez y Tafur (2013), señalan que la dinámica de variación del pH se debe principalmente a la actividad microbiana, reacciones químicas y biológicas la cual depende de las especies microbianas presentes y que los procesos de mineralización de la materia orgánica por la mayor biomasa microbiana implica una disminución del pH de la solución del suelo por una mayor liberación de CO<sub>2</sub>, no obstante la descomposición microbiana de residuos con un alto contenido de nitrógeno provoca una acumulación de amonio y un incremento del pH del suelo.

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 (milimho por centímetro). Una C.E. baja facilita el manejo de la fertilización y se evitan problemas por fitotoxicidad en el cultivo.

Por lo manifestado los datos reportados en los análisis de los tratamientos demuestran una C.E. baja, que influye en el desarrollo de los plantines de café en vivero.

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.

Por otra parte Marrache *et al.* (2019), al evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) a concentraciones de 10 % y 15 % en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao L.*), reporta valores superiores de M.O. corroborando los resultados obtenidos por el trabajo de investigación.

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), menciona que la fijación biológica del nitrógeno (FBN) se realiza en la misma célula (cianobacterias y bacterias fotosintética 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), menciona 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. 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.

## 4.2. Análisis estadístico del desarrollo agro morfológico

### 4.2.1. Porcentaje de prendimiento (%)

El análisis de varianza presentado en el cuadro 9, a nivel de 5% los valores indican que no existen diferencias significativas en el factor A (plantines inoculados con microorganismos) y factor B (concentraciones) es decir son homogéneo dentro de sus niveles en cuanto al comportamiento de prendimiento de plántulas de café después del repique, a su vez la interacción plantines inoculados con microorganismos x concentración (AxB) no presenta significancia indicando independencia de factores.

Al no existir trabajos similares en el cultivo de café en la etapa de vivero ni en otros cultivos, los datos obtenidos no son comparables.

**Cuadro 9. Análisis de varianza para porcentaje de prendimiento (transformación raíz cuadrada)**

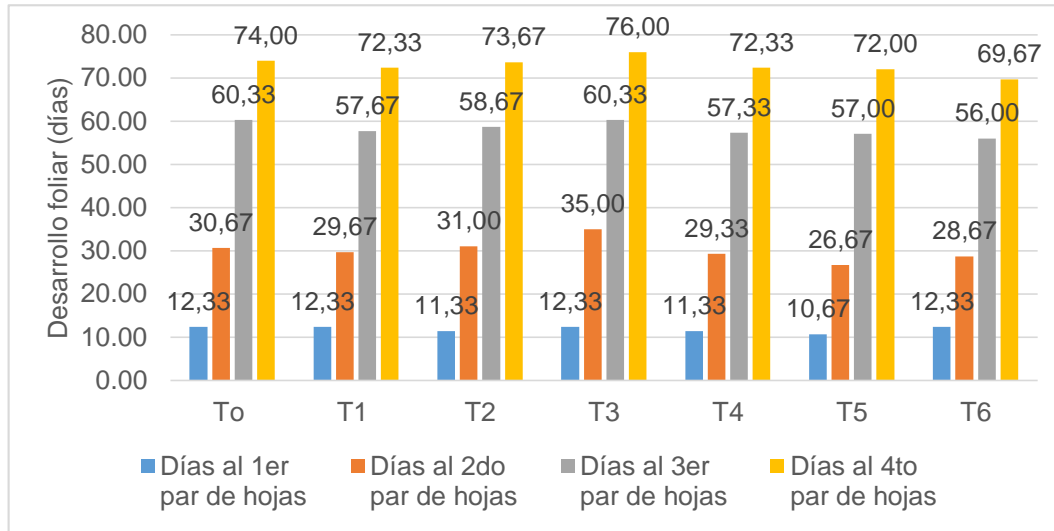
<b>F.V.</b>	<b>S.C.</b>	<b>G.L.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>A</b>	2,0E-03	2	1,0E-03	0,33	0,7221 <b>NS</b>
<b>B</b>	0,01	2	2,6E-03	0,88	0,7982 <b>NS</b>
<b>A*B</b>	1,8E-03	2	8,8E-04	0,29	0,7221 <b>NS</b>
<b>Error</b>	0,04	14	3,0E-03		
<b>Total</b>	0,05	20			

Dónde: S.C. = suma de cuadrados; G.L. = grados de libertad; C.M. = cuadrado medio; p-valor = valor de la probabilidad; NS  $p > 0.05$  = (no significativo).

**CV = 0,55; Media general = 99,52 %**

#### 4.2.2. Desarrollo foliar (días)

Figura 6. Tiempos promedio en días para el desarrollo de pares de hojas en plantines



Analizando la figura 6, se observa que no hay 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 y 69,67 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 geminación (Valencia, 1999).

#### 4.2.3. Número de pares de hojas al trasplante

**Cuadro 10. Análisis de varianza para número de pares de hojas al trasplante (transformación raíz cuadrada)**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	
<b>A</b>	0,03	2	0,09	15,20	0,0003	<b>**</b>
<b>B</b>	1,3E-03	2	6,7E-04	0,65	0,5369	<b>NS</b>
<b>A*B</b>	0,01	2	4,4E-03	4,24	0,0363	<b>*</b>
<b>Error</b>	0,01	14	1,0E-03			
<b>Total</b>	0,06	20				

Dónde: S.C. = suma de cuadrados; G.L. = grados de libertad; C.M. = cuadrado medio; p-valor = valor de la probabilidad;  $p > 0.05$  = NS (no significativo);  $p < 0.05$  = \* (significativo);  $p < 0.01$  = \*\* (altamente significativo).

**CV=1,22**

Al nivel de 5 % el análisis de varianza (cuadro 10) indica que 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 (AxB) a nivel del 5% existen diferencias significativas, lo que indica dependencia entre factores. Para tal caso recurrimos al análisis de efectos simples

**Cuadro 11. Análisis de efectos simples para la interacción AxB**

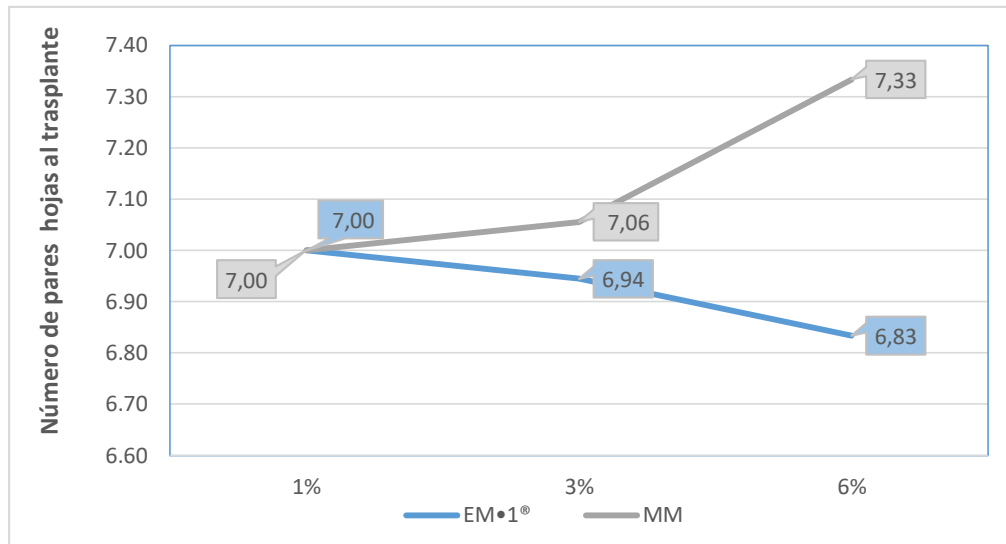
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcalc.	Ft (5%)	Significancia
<b>A(b<sub>1</sub>)</b>	1	0,005	0,0046	4,63	4,60	<b>NS</b>
<b>A(b<sub>2</sub>)</b>	1	0,02	0,0185	18,52	4,60	<b>**</b>
<b>A(b<sub>3</sub>)</b>	1	0,38	0,3750	375,00	4,60	<b>**</b>
<b>B(a<sub>1</sub>)</b>	2	0,04	0,0216	21,60	3,74	<b>**</b>
<b>B(a<sub>2</sub>)</b>	2	0,24	0,1203	120,37	3,74	<b>**</b>
<b>Error</b>	14	0,1	0,0010			

S.C. = suma de cuadrados; G.L. = grados de libertad; C.M. = cuadrado medio;  $F_{calc} < F_t$  = NS (no significativo);  $F_{calc} > F_t$  (5%) = \*\* (altamente significativo).

El análisis de varianza (cuadro 11) demuestra a nivel de 5 % que el factor A en los niveles de B, no tiene efecto significativo para el nivel b<sub>1</sub> y efectos altamente significativo en los niveles de b<sub>2</sub> y b<sub>3</sub> (3 % y 6 % de concentración).

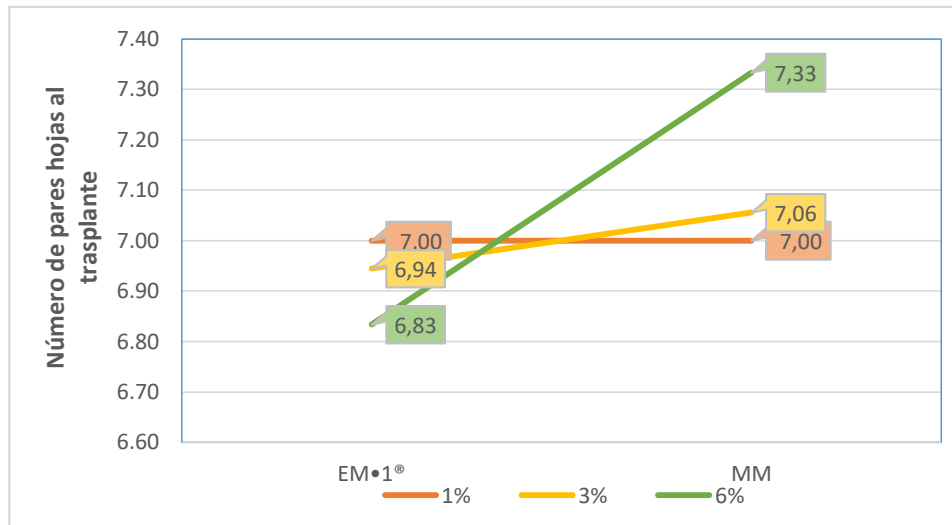
A nivel de 5 % el factor B en los niveles del factor A, presenta diferencias altamente significativas para ambos niveles  $a_1$  y  $a_2$  (EM•1® y MM).

Tomando en consideración el ANVA de efectos simples (cuadro 11), el análisis de comparaciones Duncan (cuadro 12) y la gráfica de interacción con medias de datos originales (figura 7 y 8), se tienen las siguientes interpretaciones.



**Figura 7. Gráfica de interacción de los niveles de A (plantines inoculados con microorganismos) en los niveles de B (concentraciones)**

El efecto de aplicación de microorganismos (EM•1® y MM) a 1 % de concentración ( $b_1$ ), es estadísticamente similar en el número de pares de hojas al trasplante. En la aplicación a 3 % y 6 % de concentración, se tienen diferencias altamente significativas entre EM•1® y MM, estadísticamente los MM presentan superioridad en el número de pares de hojas al trasplante.



**Figura 8. Gráfica de interacción de los niveles de B (concentraciones) en los niveles de A (plantines inoculados con microorganismos)**

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. 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.

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.

Similares resultados 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.

Calero (2019), obtuvo resultados positivos en la aplicación foliar de EM en tres variedades de tomate incrementando el número de hojas por planta en la variedad Amalia en 36 %, 41,32% en la Rilia y 38,0 % en la Seen-2, respecto al tratamiento sin aplicación de EM.

**Cuadro 12. Prueba de Duncan para número de pares de hojas al trasplante**

A	B	Medias	n	E.E.		
MM	6 %	2,71	3	0,02	A	
MM	3 %	2,66	3	0,02	A	B
EM•1®	1 %	2,65	3	0,02		B
MM	1 %	2,63	3	0,02		B
EM•1®	3 %	2,63	3	0,02		B
EM•1®	6 %	2.61	3	0.02		B
To	To	2.55	3	0.02		C

Dónde: E.E. = Error Estándar

La prueba de comparación de medias Duncan (cuadro 12), demuestra que el T<sub>6</sub> y T<sub>5</sub> estadísticamente son similares, el T<sub>5</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> estadísticamente similares entre sí y el T<sub>0</sub> se diferencia de todos los demás tratamientos con menor promedio en número de pares de hojas al trasplante (6,50 pares de hojas).

#### 4.2.4. Ancho de lámina de hojas (cm)

**Cuadro 13. Análisis de varianza de tratamientos para ancho de lámina de hoja**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	
Tratamientos	0,43	6	0,07	4,75	0,0077	**
Error	0,21	14	0,02			
Total	0,64	20				

Dónde: S.C. = suma de cuadrados; G.L. = grados de libertad; C.M. = cuadrado medio; p-valor = valor de la probabilidad; p < 0.01 = \*\* (altamente significativo).

**CV=2,18 Media general = 5,64 cm**

A un nivel de significancia de 5 %, el análisis de varianza para los tratamientos muestra alta significancia en la variable ancho de lámina de hoja (cuadro 13). Considerando el grado de significancia se realiza la prueba de comparación de medias Duncan.

**Cuadro 14. Prueba de Duncan para ancho de lámina de hojas**

Tratamientos	Medias (cm)	n	E.E. (cm)	
T <sub>5</sub>	5,78	3	0,07	A
T <sub>6</sub>	5,75	3	0,07	A
T <sub>4</sub>	5,71	3	0,07	A
T <sub>1</sub>	5,67	3	0,07	A
T <sub>2</sub>	5,62	3	0,07	A
T <sub>3</sub>	5,62	3	0,07	A
T <sub>0</sub>	5,32	3	0,07	B

Dónde: E.E. = Error Estándar

La prueba de comparación de medias Duncan (cuadro 14), demuestra 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, sobre el ancho de lámina de hoja. El T<sub>0</sub>, se diferencia de los demás tratamientos por presentar menor promedio de 5,32 cm.

Sanchez (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.

#### 4.2.5. Longitud de lámina de hojas (cm)

**Cuadro 15. Análisis de varianza de tratamientos para longitud de lámina de hoja**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor
Tratamientos	2,61	6	0,43	21,42	<0,0001 **
Error	0,28	14	0,02		
Total	2,89	20			

Dónde: S.C. = suma de cuadrados; G.L. = grados de libertad; CM = cuadrado medio; p-valor = valor de la probabilidad; p < 0.01 = \*\* (altamente significativo).

**CV=1,9**

El análisis de varianza realizado para los tratamientos (cuadro 15), a nivel de 5 % los resultados muestran alta significancia en los tratamientos sobre la variable longitud de lámina de hoja.

**Cuadro 16. Prueba de Duncan para longitud de lámina de hoja**

Tratamientos	Medias (cm)	n	E.E. (cm)	
T <sub>5</sub>	13,33	3	0,09	A
T <sub>6</sub>	13,32	3	0,09	A
T <sub>4</sub>	13,28	3	0,09	A
T <sub>1</sub>	13,14	3	0,09	A
T <sub>2</sub>	13,12	3	0,09	A
T <sub>3</sub>	13,12	3	0,09	A
T <sub>0</sub>	12,24	3	0,09	B

Dónde: E.E. = Error Estándar

La prueba de comparación de medias Duncan (cuadro 16), demuestra similitud en tratamientos para la variable longitud de lámina de hoja, es decir no existe efecto diferente al aplicar microorganismos de montaña (MM) y microorganismos eficientes (EM•1®) a distintas concentraciones, en la longitud de lámina de hoja. Por otra parte el T<sub>0</sub>, con una media de 12,24 cm representa menor longitud de lámina de hoja.

**Cuadro 17. Análisis de varianza del factor A y B para longitud de lámina de hoja**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	
<b>A</b>	0,15	1	1,30	6,81	0,0228	*
<b>B</b>	4,3E-04	2	2,2E-04	0,01	0,9902	<b>NS</b>
<b>A*B</b>	4,0E-03	2	2,0E-03	0,09	0,9132	<b>NS</b>
<b>Error</b>	0,26	12	0,02			
<b>Total</b>	0,42	17				

Dónde: S.C. = suma de cuadrados; G.L. = grados de libertad; C.M. = cuadrado medio; p-valor = valor de la probabilidad; p > 0.05 = NS (no significativo); p < 0.05 = \* (significativo).

**CV=1,12**

El análisis de varianza presentado en el cuadro 17 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 (AxB) 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.

**Cuadro 18. Prueba de Duncan para el factor A (plantines inoculados con microorganismos) para longitud de lámina de hoja**

<b>A: plantines inoculados con microorganismos</b>	<b>Medias (cm)</b>	<b>n</b>	<b>E.E. (cm)</b>	
<b>MM</b>	13,31	9	0,05	A
<b>EM•1®</b>	13,13	9	0,05	B

Dónde: E.E. = Error Estándar

Con respecto a la prueba Duncan (cuadro 18), la aplicación de microorganismos de montaña (MM) con un 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.

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.

#### 4.2.6. Diámetro de tallo (mm)

**Cuadro 19. Análisis de varianza para diámetro de tallo**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	
<b>A</b>	0,05	2	0,02	1,19	0,3320	<b>NS</b>
<b>B</b>	0,24	2	0,12	6,24	0,0115	*
<b>A*B</b>	0,04	2	0,02	1,25	0,3374	<b>NS</b>
<b>Error</b>	0,27	14	0,02			
<b>Total</b>	0,61	20				

Dónde: S.C. = suma de cuadrados; G.L. = grados de libertad; C.M. = cuadrado medio; p-valor = valor de la probabilidad;  $p > 0.05 = \text{NS}$  (no significativo);  $p < 0.05 = *$  (significativo).

**CV=3,54**

A un nivel del 5 %, los resultados del análisis de varianza presentados en el cuadro 19, 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.

**Cuadro 20. Prueba de Duncan para el factor B (concentraciones) para diámetro de tallo**

B: Concentraciones	Medias (mm)	n	E.E. (mm)		
<b>3 %</b>	4,06	6	0,06	A	
<b>1 %</b>	4,03	6	0,06	A	B
<b>To</b>	3,85	3	0,08		B C
<b>6 %</b>	3,80	6	0,06		C

Dónde: E.E. = Error Estándar

El análisis de comparación Duncan presentado en el cuadro 20, muestra que a concentraciones de 3 % y 1 % se tendrá un efecto optimo similar en el diámetro de tallo con una media igual a 4,06 mm 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 mm y 3,80 mm.

Los resultados obtenidos se corroboran con Toalombo (2012), tras analizar matemáticamente los resultados de su evaluación de aplicación de microorganismos eficientes autóctonos en cebolla blanca, el tratamiento a una dosis de 1 cc de EM + 1 cc melaza/ 1 L cada 21 días presentó el mejor promedio en diámetro de pseudotallo igual 2,19 cm, que a dosis más altas o el testigo.

Los resultados obtenidos en la evaluación de Calero *et al.* (2019), aplicando microorganismos eficientes en plántulas de tomate demostraron 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.

#### 4.2.7. Altura de planta (cm)

**Cuadro 21. Análisis de varianza para altura de planta**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	
<b>A</b>	4,37	2	2,18	1,79	0,2033	<b>NS</b>
<b>B</b>	7,29	2	3,65	2,99	0,0831	<b>NS</b>
<b>A*B</b>	0,39	2	0,19	0,16	0,8531	<b>NS</b>
<b>Error</b>	17,09	14	1,22			
<b>Total</b>	29,15	20				

Dónde: S.C. = suma de cuadrados; G.L. = grados de libertad; C.M. = cuadrado medio; p-valor = valor de la probabilidad; p > 0.05 = NS (no significativo).

**CV=4,81; Media general = 22,98 cm**

A nivel de 5 % los resultados del análisis de varianza presentados en el cuadro 21, indica que la altura de planta por efecto de la aplicación de EM•1® y MM (factor A) y a distintas concentraciones (factor B), no presenta significancia al igual que su interacción (AxB). Es decir no existe efecto de los tratamientos sobre la altura de planta.

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).

#### **4.2.8. Longitud de raíz principal (cm)**

**Cuadro 22. Análisis de varianza de tratamientos para longitud de raíz principal**

<b>F.V.</b>	<b>S.C.</b>	<b>G.L.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Tratamientos</b>	58,55	6	9,76	4,60	0,0088 **
<b>Error</b>	29,72	14	2,12		
<b>Total</b>	88,27	20			

Dónde: S.C. = suma de cuadrados; G.L. = grados de libertad; C.M. = cuadrado medio; p-valor= valor de la probabilidad;  $p < 0.01 = **$  (altamente significativo).

**CV=7,86**

El análisis de varianza realizado para los tratamientos (cuadro 22), al nivel de 5 % los resultados demuestran alta significancia sobre la variable longitud de raíz principal.

**Cuadro 23. Prueba de Duncan para longitud de raíz principal**

Tratamientos	Medias (cm)	n	E.E. (cm)		
T <sub>3</sub>	20,03	3	0,84	A	
T <sub>6</sub>	19,97	3	0,84	A	
T <sub>5</sub>	19,97	3	0,84	A	
T <sub>4</sub>	19,97	3	0,84	A	
T <sub>2</sub>	17,97	3	0,84	A	B
T <sub>1</sub>	17,32	3	0,84	A	B
T <sub>0</sub>	15,30	3	0,84		B

Dónde: E.E. = Error Estándar

Los niveles de fósforo se relacionan con un desarrollo radicular favorable de la planta, como se presenta en la prueba de comparación Duncan observado en el cuadro 23. 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 el 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.



**Cuadro 24. Análisis de varianza del factor A y B para longitud de raíz principal**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor
<b>A:Microorganismos</b>	8,27	1	8,27	10,64	0,0680 <b>NS</b>
<b>B:Concentraciones</b>	8,80	2	4,40	2,14	0,1603 <b>NS</b>
<b>A*B</b>	4,56	2	2,28	1,11	0,3613 <b>NS</b>
<b>Error</b>	24,68	12	2,06		
<b>Total</b>	46,32	17			

Dónde: S.C. = suma de cuadrados; G.L. = grados de libertad; C.M. = cuadrado medio; p-valor = valor de la probabilidad;  $p > 0.05 = \text{NS}$  (no significativo).

**CV = 7,51; Media general = 19,10 cm**

El análisis de varianza presentado en el cuadro 24, al nivel de 5 %, indica no significancia para el factor A (plantines inoculados con microorganismos) de igual manera para el factor B (concentraciones) y su interacción (AxB), es decir no existe efecto diferente al aplicar microorganismos de montaña (MM) y microorganismos eficientes (EM•1®) a distintas concentraciones, sobre la variable longitud de raíz principal.

Toalombo (2012) al evaluar Microorganismos Eficientes Autóctonos en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*) a distintas dosis y frecuencias de aplicación reporto resultados no significativos para la variable de estudio volumen de raíz.

#### 4.2.9. Longitud de raíz lateral (cm)

**Cuadro 25. Análisis de varianza de tratamientos para longitud de raíz lateral**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor
<b>Tratamientos</b>	57,14	6	9,92	6,60	0,0018 <b>**</b>
<b>Error</b>	20,19	14	1,44		
<b>Total</b>	77,33	20			

Dónde: S.C. = suma de cuadrados; G.L. = grados de libertad; C.M. = cuadrado medio; p-valor = valor de la probabilidad;  $p < 0.01 = \text{**}$  (altamente significativo).

**CV=4,90**

El cuadro 25, de análisis de varianza realizado para los tratamientos, a nivel de 5 % los resultados demuestra alta significancia sobre la variable longitud de raíz lateral.

**Cuadro 26. Prueba de Duncan para longitud de raíz lateral.**

Tratamientos	A	B	Medias (cm)	n	E.E.	
T <sub>5</sub>	MM	3 %	27,15	3	0,59	A
T <sub>3</sub>	EM•1®	6 %	25,55	3	0,59	A
T <sub>6</sub>	MM	6 %	25,05	3	0,59	B
T <sub>4</sub>	MM	1 %	25,00	3	0,59	B
T <sub>1</sub>	EM•1®	1 %	23,76	3	0,59	B
T <sub>2</sub>	EM•1®	3 %	23,75	3	0,59	B
T <sub>0</sub>	-	-	21,46	3	0,59	C

Dónde: E.E. = Error Estándar

La prueba de comparación Duncan (cuadro 26), muestra que el T<sub>5</sub> presenta una media de 27,15 cm y T<sub>3</sub> con 25,55 cm registraron un óptimo desarrollo radicular en relación al T<sub>0</sub> con un promedio de 21,46 cm.

**Cuadro 27. Análisis de varianza para longitud de raíz lateral del factor A y B**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	
<b>A</b>	8,54	1	8,54	8,09	0,0148	*
<b>B</b>	4,05	2	2,02	1,92	0,1893	<b>NS</b>
<b>A*B</b>	11,47	2	5,73	5,43	0,0209	*
<b>Error</b>	12,66	12	1,06			
<b>Total</b>	36,72	17				

Dónde: S.C. = suma de cuadrados; G.L. = grados de libertad; C.M. = Cuadrado Medio; p-valor = valor de la probabilidad; p < 0.05 = \* (significativo)

**CV=4,10**

El cuadro 27, de análisis de varianza a nivel de 5 % los resultados indican significancia para el factor A (plantines inoculados con microorganismos) y su interacción (AxB), y no significancia para el factor B (concentraciones).

**Cuadro 28. Análisis de varianza de efectos simples para la interacción (AxB)**

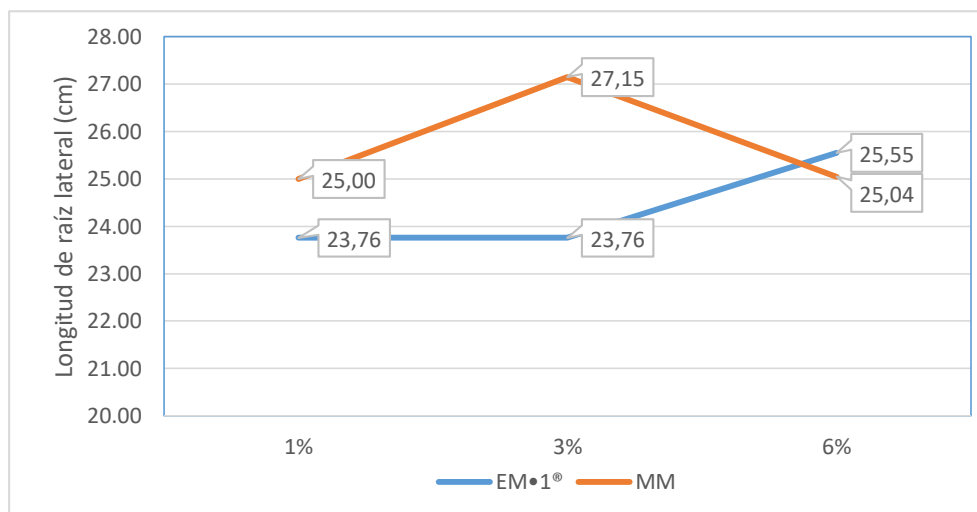
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcalc.	Ft (5%)	Significancia
<b>A(b<sub>1</sub>)</b>	1	2,323	2,32	2,19	4,45	<b>NS</b>
<b>A(b<sub>2</sub>)</b>	1	17,28	17,28	16,31	4,45	<b>**</b>
<b>A(b<sub>3</sub>)</b>	1	0,38	0,383	0,36	4,45	<b>NS</b>
<b>B(a<sub>1</sub>)</b>	2	6,44	3,22	3,04	3,59	<b>NS</b>
<b>B(a<sub>2</sub>)</b>	2	9,06	4,53	4,27	3,59	<b>*</b>
<b>Error</b>	17	36,72	1,06			

S.C. = suma de cuadrados; G.L. = grados de libertad; C.M. = cuadrado medio; Fcalc < Ft = NS (no significativo); Fcalc > Ft (5%) = \*\* (altamente significativo).

El análisis de varianza (cuadro 28), demuestra que el factor A en los niveles de B, tiene efecto no significativo para el nivel b<sub>1</sub> y b<sub>3</sub> (1 % y 6% de concentración) a nivel de 5 %, y efecto altamente significativo en el nivel de b<sub>2</sub> (3 % de concentración).

A nivel de 5 % factor B en los niveles del factor A, se observa no significancia en el nivel a<sub>1</sub>, y diferencia altamente significativa para el nivel a<sub>2</sub> (EM•1® y MM).

Tomando en consideración el ANVA de efectos simples (cuadro 27), el análisis de comparaciones Duncan (cuadro 28) y la gráfica de interacción con medias de datos originales (figura 10 y 11), se tienen las siguientes interpretaciones:

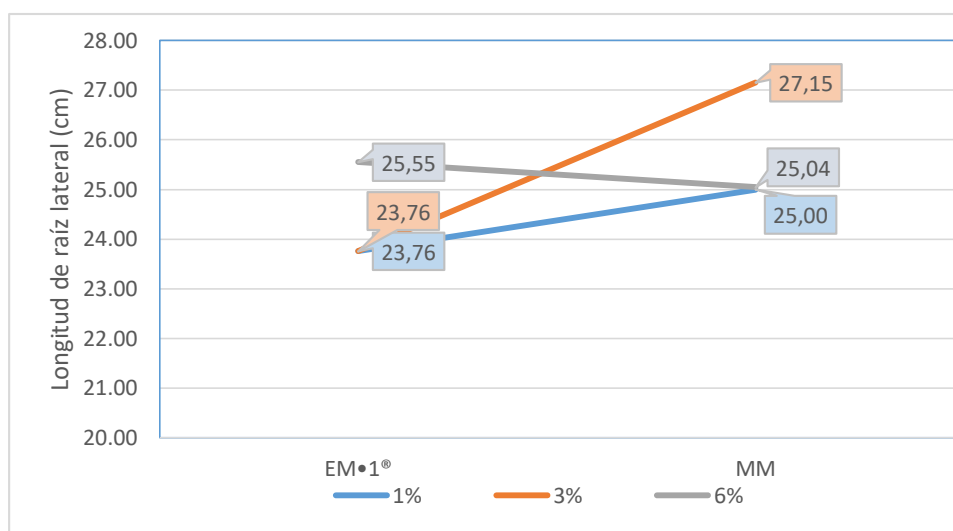


**Figura 10. Gráfica de interacción de los niveles de A (plantines inoculados con microorganismos) en los niveles de B (concentraciones)**

El efecto de aplicación de microorganismos (EM•1® y MM) a 1 % (b<sub>1</sub>) de concentración, es estadísticamente similar en la longitud de raíz lateral.

La aplicación al 3 % de concentración (b<sub>2</sub>), se tienen diferencias altamente significativas entre EM•1® y MM, estadísticamente los MM, se destaca frente a los EM•1®, presentando valores superiores en la longitud de raíz lateral.

No significancia presenta la aplicación de microorganismos (EM•1® y MM) a 6 % de concentración (b<sub>3</sub>), presentando valores similares en la longitud de raíz lateral.



**Figura 11. Gráfica de interacción de los niveles de B (concentraciones) en los niveles de A (plantines inoculados con microorganismos)**

Los tratamientos responden de manera óptima a la aplicación de microorganismos de montaña (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.

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.

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 (cuadro 28), 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.

**Cuadro 28. Prueba de Duncan para Longitud de raíz lateral**

Tratamientos	A	B	Medias (cm)	n	E.E. (cm)	
T <sub>5</sub>	MM	3 %	27,15	3	0,59	A
T <sub>3</sub>	EM•1®	6 %	25,55	3	0,59	A
T <sub>6</sub>	MM	6 %	25,05	3	0,59	B
T <sub>4</sub>	MM	1 %	25,00	3	0,59	B
T <sub>1</sub>	EM•1®	1 %	23,76	3	0,59	B
T <sub>2</sub>	EM•1®	3 %	23,75	3	0,59	B
T <sub>0</sub>	-	-	21,46	3	0,59	C

Dónde: E.E. = Error Estándar

### 4.3. Análisis de correlación

El análisis de correlaciones (cuadro 29), se aprecia el resultado de los grados de asociaciones existentes en las diferentes variables de estudio de características cuantitativas de las muestras de plantines de café.

**Cuadro 29. Matriz de correlación/coeficiente de ocho variables cuantitativas**

Variable	% Prend.	N° pares hojas trasp.	Long. de lámina de hoja	Ancho de lámina de hoja	Altura de planta	Diám. de tallo	Long. de raíz principal	Long. de raíz lateral
% de prendimiento	1,00							
N° pares hojas a trasplante	0,48*	1,00						
Longitud de lámina de hoja	0,43*	0,86 **	1,00					
Ancho de lámina de hoja	0,48*	0,89 **	0,98 **	1,00				
Altura de planta	-0,29*	0,29*	0,45*	0,50*	1,00			
Diámetro de tallo	-0,44*	0,30*	0,37*	0,41*	0,92 **	1,00		
Longitud de raíz principal	0,75*	0,70*	0,86*	0,84*	0,20 ns	-0,02 ns	1,00	
Longitud de raíz lateral	0,73*	0,63*	0,84*	0,86*	0,35*	0,14 ns	0,92 **	1,00

Considerando algunas correlaciones altamente significativas (cuadro 29), siendo las variables de: Longitud de lámina de hoja y ancho de lámina de hoja  $r=0,98$ , altura de planta y diámetro de tallo  $r=0,92$ , longitud de raíz principal y longitud de raíz lateral  $r=0,92$ , número de pares de hojas al trasplante y ancho de lámina de hoja  $r=0,89$ , número de pares de hojas al trasplante y longitud de lámina de hoja  $r=0,86$ .

#### 4.4. Análisis económico parcial

**Cuadro 30. Análisis de costos parciales (Bs) que varían de acuerdo al ensayo (proyección para 10000 plantines)**

Tratamientos	Costo parcial de producción	YB	YN	B/C	CU
<b>T1 (Plantín+EM•1® 1 %)</b>	14929,5	28000	13070,5	1,88	1,49
<b>T2 (Plantín+EM•1® 3 %)</b>	15907,5	28000	12092,5	1,76	1,59
<b>T3 (Plantín+EM•1® 6 %)</b>	17383,5	28000	10616,5	1,61	1,74
<b>T4 (Plantín+MM 1 %)</b>	14806,5	28000	13193,5	1,89	1,48
<b>T5 (Plantín+MM 3 %)</b>	15540,0	28000	12460,0	1,80	1,55
<b>T6 (Plantín+MM 6 %)</b>	16647,0	28000	11353,0	1,68	1,66

Dónde: YB = Ingreso Bruto; YN = Ingreso Neto; CU = Costo Unitario

El cuadro 30, muestra que 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.

## 5. CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de la investigación a la aplicación de EM•1® y MM como inoculante microbiano, se determinó que los tratamientos mejoraron las características físico-químicas del sustrato, en relación al T<sub>0</sub> (testigo).

La aplicación de EM•1® y MM al 6 % de concentración mejora las características físicas (textura, densidad aparente y porosidad) del sustrato, características determinantes para un buen desarrollo del cultivo. Considerando que la C.I.C depende del pH, se concluye que el T<sub>6</sub> (MM 6 % de concentración) reporta valores próximos a un pH neutro de 7, condición óptima para que el flujo de cationes pueda ser absorbido por la planta.

Se concluye que el T<sub>6</sub> (MM 6 % de concentración) mejora las características físico-químicas del sustrato para ser empleados en la producción de plantines de café asegurando un óptimo desarrollo de plantines de café en la etapa de vivero. El empleo de microorganismos es una opción para mejorar la calidad del sustrato o suelos y evitar el deterioro de los ecosistemas agrícolas por prácticas convencionales.

La aplicación de EM•1® y MM estimuló el desarrollo morfológico de plantines de café, en relación con el testigo sin aplicación.

La aplicación de EM•1® en la investigación demuestra un desarrollo morfológico significativo en el T<sub>3</sub> (EM•1® 6 % de concentración) respecto al desarrollo de raíz lateral, considerando que esta característica es determinante para el trasplante a campo definitivo.

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.



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®.

Tomando en cuenta el análisis de costos, el T<sub>5</sub> (MM 3 % de concentración) es recomendable ya que se obtienen mayores beneficios. En el caso de EM•1® el T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> son los recomendados para su empleo.

El empleo de microorganismos de montaña es viable para los productores agropecuarios como manejo económico y rentable de la producción, considerando que no es sustituto de la fertilización o de enmiendas.

## **6. RECOMENDACIONES**

Generar información sobre el efecto inhibitor que tienen los microorganismos eficientes sobre los microorganismos patógenos y específicamente para el control de nematodos en el cultivo de café.

Realizar investigaciones empleando microorganismos eficientes para la recuperación de la fertilidad física, química y biología de suelos.

Añadir como complemento y evaluar la efectividad de abonos orgánicos como ser: compost, bocashi, lombrihumus o minerales al momento de la activación de microorganismos. La adopción de estas prácticas disminuye la dependencia de productos químicos y mantiene una productividad económicamente rentable.

Realizar procesos de investigación combinando la aplicación de EM•1® y MM en un mismo sustrato.

Evaluar el comportamiento de variedades comerciales de café con aplicación de EM•1® y MM.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- ANACAFE (Asociación Nacional de Café). (2020). Guía de Variedades de Café. 55 p.
- Aracena, P., Torrez, C. (s/f). Biofertilizantes & Plaguicidas Naturales. *Revista Innova Inventa*. 25 p.
- Arcila, J. s/f. Sistemas de producción de café en Colombia. [Archivo PDF]. <https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo2.pdf>
- Arévalo, R., Bertoncini, E., Guirado, N., Chaila, S. 2006. Los términos cultivar o variedad de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Revista Chapingo Serie*. 9 p. [Archivo PDF]. <https://www.redalyc.org/pdf/609/60912102.pdf>
- Ballester-Olmos, F. (1993). Sustratos Para El Cultivo De Plantas Ornamentales. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Reforma Y Desarrollo Agrario. [Archivo PDF] Hojas Divulgadoras. Núm. 11/92 HD. 44 p. [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1992\\_11.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1992_11.pdf)
- Baixaül, C; Aguilar, J. (2002). Cultivo sin Suelo de Hortalizas. Generalitat Valenciana. 107 pp. <http://agriculturers.com/wp-content/uploads/2016/12/Cultivo-sin-suelo-de-hortalizas.pdf>
- BIOEN (Servicios de Asistencia Técnica para el Sector Agropecuario y Ambiental). (2011). En Tecnología EM (Microorganismos Eficaces). <http://www.bioem.com.pe/agricultura.html>
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo). (2009). Manual Práctico de uso de EM. [Archivo PDF]. Ed 1. 35 p. [https://www.emuruguay.org/images/Manual\\_Practico\\_Uso\\_EM\\_OISCA\\_BID.pdf](https://www.emuruguay.org/images/Manual_Practico_Uso_EM_OISCA_BID.pdf)
- Bures, S. (2002). Sustratos: propiedades físicas, químicas y biológicas. *Horticultura internacional*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2599810>
- Cabrera, R. I. (8 de octubre de 2002). Manejo de sustratos para la producción de plantas ornamentales en maceta. . Texas, USA. 9 p. <http://www.uaaan.mx/postgrado2/images/files/hort/simposio2/Ponencia06.pdf>

- 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., Pére, 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>
- Catari, P., (2017). Caracterización morfoagronómico de diez cultivares de café (*coffea arabica l.*) En la Estación Experimental de Sapecho del departamento de La Paz. [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia]. 84 p.
- Chilon, E., (2014). Manual de fertilidad de suelos y nutrición de plantas. 240 p.
- CICAFE (Centro de Investigación en Café). (2011). Guía Técnica para el Cultivo del Café. [Archivo PDF]. 72 p. [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers14-12/010018384.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers14-12/010018384.pdf)
- Cruz-Crespo E., Can-Chulim A., SandovalL-Villa M., Bugarin-Montoya, R., Robles Bermudez, A., Juarez Lopez, P. (2013). Sustratos en la horticultura. *CONACYT. Xalisco, Mexico. Revista Bio Ciencia*. 10 pp. <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/handle/123456789/719>
- Diaz, 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>
- EMPROTEC (EM Producción y Tecnología) (s/f). Guia de la Tecnologia de EM. [Archivo PDF]. 36 p. [http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Bolet\\_in%20Tecnologia%20%20EM.pdf](http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Bolet_in%20Tecnologia%20%20EM.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>

- FECAFEB (Federación de Caficultores Exportadores de Bolivia). (2006). Manual de Calidad de Café para las familias cafetaleras de FECAFEB. 5-14.
- Figuroa, E., Pérez, F., Godínez, L., (s/f). La producción y el consumo del café. 7 p.
- FNC (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia). (1958). Manual del cafetero colombiano. *DSPACE* 571 p.  
<https://biblioteca.cenicafe.org/jspui/handle/10778/831>
- FONADIN (Fondo Nacional de Desarrollo Integral). (2018). Manual Práctico de Producción de Café. 51 p. .
- FONADIN (Fondo Nacional de Desarrollo Integral). (s/f). Manual Pactico de cafeto. 12
- Hernandez, R., Fernandez, C., Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. [Archivo PDF]. Ed. 6. 4-5 p <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- 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)
- ICO (Organización Internacional del Café). (2020). El año cafetero 2019/20 finaliza con excedente. *International Coffee Organization*. [Archivo PDF]. <http://www.ico.org/documents/cy2019-20/cmr-0920-c.pdf>
- Ibañez, J. (2011). Microorganismos Eficientes o Efectivos (EM) y Rehabilitación de Suelos. *BLOGS* *madri+d*.  
<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2011/03/02/137556>
- IHCAFE (Instituto del Café de Costa Rica). (2011). Guía Técnica para el Cultivo del Café. . [Archivo PDF]. Ed. 1. 72 pp. <http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/cicafe/documentos/GUIA-TECNICA-V10.pdf>
- INATEC (Instituto Nacional Tecnológico). (2016?). Manual de viveros y semilleros: siembra de semillas. JICA. . [Archivo PDF]. 77 pp.  
[https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual\\_de\\_Vivero\\_y\\_semillero.pdf](https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual_de_Vivero_y_semillero.pdf)

- INE (Instituto Nacional de Estadística). 2013. Censo Agropecuario 2013 Bolivia. La Paz, Bolivia. 136 p.
- INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal). (s/f). Producción de plantines de café manejo y cuidado del vivero. La Paz, Bolivia.
- INIAP, (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador). (1993). Manual del cultivo de café. [Archivo PDF]. 223 p. <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1619/1/Manual%20del%20cultivo%20de%20cafe.pdf>.
- Lopez-Cuadrado, M., Masaguer, A. (2006). Sustratos para viveros. Horticultura internacional. [Archivo PDF]. *Revista Extra*. 8 pp. [http://www.horticom.com/Revistasonline/revistas/viveros06/m\\_cruz\\_a\\_masaguer.pdf](http://www.horticom.com/Revistasonline/revistas/viveros06/m_cruz_a_masaguer.pdf)
- Maldonado, C. s/f. Descripción de cultivares de café. La Paz, Bolivia.
- Mamani, R. (2013). Evaluación de dos variedades de café (*Coffea arabica L.*) bajo tres formas de producción en vivero en la estación Experimental de Sapecho. . [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia]. 16 p.
- Marín, G. (2012). Producción de cafés especiales. Manual técnico. Lima-Perú. 46 pp.
- 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/riiarn/v6n2/v6n2\\_a04.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v6n2/v6n2_a04.pdf)
- Martínez, P.F., Roca, D. (2011). Sustratos para el cultivo sin suelo. [Archivo PDF]. Flórez R., V.J. (Ed.). 37-77 p. [https://www.researchgate.net/profile/Dolors\\_Roca/publication/237100771\\_Sustratos\\_para\\_el\\_cultivo\\_sin\\_suelo\\_Materiales\\_propiedades\\_y\\_manejo/links/0deec51b8657d36d7e000000/Sustratos-para-el-cultivo-sin-suelo-Materiales-propiedades-y-manejo.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Dolors_Roca/publication/237100771_Sustratos_para_el_cultivo_sin_suelo_Materiales_propiedades_y_manejo/links/0deec51b8657d36d7e000000/Sustratos-para-el-cultivo-sin-suelo-Materiales-propiedades-y-manejo.pdf)
- Matute, O., Pineda, J. (2011). Guía para la determinación de costos de producción en Café. [Archivo PDF]. Departamento de Investigación y Desarrollo. IHCAFE. 45

[p.http://www.aecid.hn/sitio/documentos\\_publicos/Publicaciones/Desarrollo%20Rural/Libro%20Guia%20Costos%20Cafe%20Honduras.pdf](http://www.aecid.hn/sitio/documentos_publicos/Publicaciones/Desarrollo%20Rural/Libro%20Guia%20Costos%20Cafe%20Honduras.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>
- Miranda, G. (2003). Evaluación de sustrato en base a turba en ambiente protegido, para producción de almacigo hortícola en invernadero, en el municipio de El Alto. [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia]. 72 p.
- MDRyT (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras), FECAFEB (Federación de Caficultores Exportadores de Bolivia), ANPROCA (Asociación Nacional de Productores de Café). (2013). Resultados del Censo Nacional del Café 2011/2012. 192 p.
- Nina, R., Córdova, M., Homar S., Quelali, L. (2017). Manual práctico del cultivo de café. MDRyT/INIAF. La Paz, Bolivia. 33-34.
- Ochoa, R., (2009). Diseños Experimentales. La Paz, Bolivia. 60 p.
- Oliva M., Vacalla F., Pérez D., Tucto A. (2014). Manual: Vivero forestal para producción de plantones de especies forestales nativas: experiencia en Molinopampa, Amazonas – Perú. [Archivo PDF]. 20 p. <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/PUBL1419.pdf>
- 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&scioldt=0,5](https://scholar.google.es/scholar?cluster=1361022004937269356&hl=es&as_sdt=2005&scioldt=0,5)
- Restrepo, J., Hansel, J. (2015). El ABC de la agricultura orgánica fosfitos y panes de piedra. Santiago de Cali. 397 p.
- Rodríguez, K, Monreal, C., Huerta, J., Soria, J., Gálvez, R. (2013). Aporte de Microorganismos Benéficos por la Incorporación al Suelo de Residuos Deshidratados de Col (*Brassica oleracea var capitata*) y su Efecto en el pH.

(Revista mexicana de fitopatología, [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33092013000100004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092013000100004)

- Rodríguez, C., Tafur, T. (2014). Producción de Microorganismos de Montaña para el Desarrollo de una Agricultura Orgánica. In San Martín, Perú: IV Congreso Nacional de Investigación (CONACIN) "Producción y visibilidad científica [Archivo PDF]. 2 p. [https://estaticos.gdq.com/swdata/files/950/950904418/CIn\\_3256.pdf](https://estaticos.gdq.com/swdata/files/950/950904418/CIn_3256.pdf)
- Rojas, F., (2019). Catálogo de Botánica Sistemática. Texto guía. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 10 p.
- Sanchez, P. (18 de agosto de 2020). Interpretación de análisis de suelos. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). México. App Zoom, 4 hrs. 37 min. 42 seg.
- Sáez, J. N. P. (1999). Utilización de sustratos en viveros. Terra Latinoamericana Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. *Redalyc Chapingo*, México. 6 pp. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57317307>
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). (20 de mayo de 2020). Base de datos Meteorológicos - SIAMET, Datos Climáticos de Caranavi del 2007-2017. La Paz, Bolivia <http://senamhi.gob.bo/index.php/sismet>
- Simón, J. (2016). Manual de Macrobiótica en la remediación de suelos en manos campesinas. Guadalajara, México. 93 pp.
- Soux, M. (Agosto de 2016). Apuntes para una historia del café en los Yungas paceños La Paz, Bolivia 37 de Agosto. Consultado 13 junio 2020. Disponible en [http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci\\_pdf&pid=S2519-02532017000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S2519-02532017000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- 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.

Vicente, J. (2018). Métodos multivariados. 22 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)

## ANEXOS

### Anexo 1. Desarrollo de los plantines de café en maceta en etapa de vivero



*Estado fosforito en almacigo*



*Estado mariposa en almacigo*



*Primer par de hojas*



*Estado mariposa en maceta*



*Plantín listo para el trasplante*

## Anexo 2. Cuadro de valores promedio registrados de las variables agro morfológicas en plantines de café

Tratamiento	A	B	Porcentaje de Prendimiento (%)	Nº de Pares hojas al trasplante	Longitud lámina de hoja (cm)	Ancho de lámina de hoja (cm)	Días al 1 <sup>er</sup> par de hojas	Días al 2 <sup>o</sup> par de hojas	Días al 3 <sup>er</sup> par de hojas	Días al 4 <sup>o</sup> par de hojas	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	longitud raíz principal (cm)	Longitud de raíz lateral (cm)
T <sub>0</sub>	sin	sin	97.50	6.83	12.36	5.46	12.00	30.00	59.00	73.00	23.92	3.80	14.08	23.67
T <sub>1</sub>	EM=10	1%	100.00	6.83	13.07	5.47	12.00	28.00	56.00	71.00	21.80	4.06	16.33	24.77
T <sub>2</sub>		3%	97.50	7.00	13.28	5.71	10.00	31.00	59.00	76.00	23.40	4.05	19.70	22.23
T <sub>3</sub>		6%	100.00	6.83	13.22	5.70	13.00	35.00	61.00	76.00	22.62	3.73	21.63	26.32
T <sub>4</sub>	MM	1%	97.50	6.83	13.11	5.62	11.00	30.00	57.00	72.00	23.67	3.77	19.02	24.95
T <sub>5</sub>		3%	100.00	7.00	13.31	6.00	10.00	26.00	57.00	70.00	23.88	4.15	21.40	27.35
T <sub>6</sub>		6%	100.00	7.17	13.43	5.87	13.00	28.00	55.00	70.00	22.63	3.91	19.45	24.85
T <sub>0</sub>	sin	sin	100.00	6.50	12.17	5.21	13.00	31.00	60.00	75.00	21.23	4.03	14.73	20.65
T <sub>1</sub>	EM=10	1%	100.00	7.00	13.19	5.81	13.00	33.00	58.00	72.00	22.88	3.81	16.12	22.85
T <sub>2</sub>		3%	100.00	7.00	13.11	5.60	12.00	30.00	58.00	73.00	22.87	4.18	17.18	24.00
T <sub>3</sub>		6%	100.00	6.83	13.22	5.69	12.00	36.00	61.00	75.00	23.05	3.67	19.20	26.72
T <sub>4</sub>	MM	1%	100.00	7.00	13.27	5.69	10.00	30.00	57.00	71.00	23.13	4.17	19.00	24.60
T <sub>5</sub>		3%	100.00	7.00	13.23	6	12.00	27.00	58.00	71.00	23.25	3.94	17.78	26.52
T <sub>6</sub>		6%	100.00	7.50	13.12	5.59	12.00	28.00	55.00	67.00	22.28	3.93	19.32	25.32
T <sub>0</sub>	sin	sin	100.00	6.17	12.20	5.28	12.00	31.00	62.00	75.00	21.80	3.72	17.05	20.05
T <sub>1</sub>	EM=10	1%	97.50	7.17	13.17	5.73	12.00	28.00	59.00	72.00	24.05	4.15	19.33	23.65
T <sub>2</sub>		3%	100.00	6.83	12.98	5.55	12.00	32.00	59.00	73.00	23.80	4.04	17.00	25.03
T <sub>3</sub>		6%	100.00	6.83	12.92	5.46	12.00	34.00	59.00	74.00	19.72	3.74	19.27	23.62
T <sub>4</sub>	MM	1%	100.00	7.00	13.47	5.81	12.00	28.00	58.00	72.00	25.42	4.23	20.13	25.45
T <sub>5</sub>		3%	100.00	7.17	13.44	6.00	10.00	27.00	56.00	71.00	24.27	4.08	20.73	27.58
T <sub>6</sub>		6%	100.00	7.33	13.42	5.79	12.00	30.00	58.00	71.00	22.82	3.82	21.13	24.97

### Anexo 3. Análisis de costos parciales

#### Planilla de costos (Bs) para producción de plantines de café (proyección para 10000 plantines)

Ítem	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
<b>ALMACIGUERA</b>				
<b>Insumos</b>				
Arena fina	m <sup>3</sup>	1	250	250
Semilla de café	kg	4	175	700
Trichoderma	Bolsa	1	25	25
Fungicida (CTC)	Litro	1	170	170
Yute	m <sup>2</sup>	4	2.5	10
<b>Labores culturales</b>				
Aplicación de riego	Jornal	1	80	80
Desmalezado	Jornal	1	80	80
Evaluación agronómica	Jornal	2	80	160
Control fitosanitario	Hora	5	15	75
<b>VIVERO</b>				
<b>Insumos</b>				
Tierra vegetal	m <sup>3</sup>	15.5	150	2325
Estiércol de oveja	m <sup>3</sup>	4.5	240	1080
Cascarilla de arroz	Sacos	20	9	180
Cal (bolsa 25 kg)	Bolsa	1	40	40
<b>Materiales</b>				
Bolsitas de polietileno (23x15 Cm.)	Unidad	0.1	1500	150
Nylon de 50 micrones de 100 x 2 m	Rollo	1	350	350
Mochila aspersora de 20 L de capacidad	Equipo	2	450	900
Manguera plástica rollo de 85 m.	Rollo	1	250	250
Carretilla	Unidad	2	400	800
Pala	Unidad	2	45	90
Rastrillo	Unidad	1	30	30
<b>Mano de obra</b>				
Preparación del sustrato	Jornal	8	90	720
Llenado de bolsitas con sustrato	Jornal	18	100	1800
Enfilado de macetas	Jornal	10	100	1000
Repique de plántulas	Jornal	5	100	500
<b>Labores culturales</b>				

Riego y fertilizado	Jornal	12	80	960
Desmalezado y control fitosanitario	Jornal	5	80	400
<b>Costos Variables de Producción CVP (BS/1000 plantines)</b>				13125
<b>Imprevistos (10 %)</b>				1312,5
<b>Costos Variables de Producción CVP (BS/1000 plantines)</b>				14437,5

### Planilla de costos que varían de acuerdo al ensayo

Tratamientos	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo de Insumos de Ensayo (CIE)
T <sub>1</sub> (Plantín + EM•1® 1 %)	litros	82	6	492
T <sub>2</sub> (Plantín EM•1® 3 %)	litros	245	6	1470
T <sub>3</sub> (Plantín EM•1® 6 %)	litros	491	6	2946
T <sub>4</sub> (Plantín MM 1 %)	litros	82	4,5	369
T <sub>5</sub> (Plantín MM 3 %)	litros	245	4,5	1103
T <sub>6</sub> (Plantín MM 6 %)	litros	491	4,5	2210

### Análisis de costos de parciales de producción de acuerdo a cada tratamiento (proyección para 10000 plantines)

CVP	CIE	Costos Parciales de Producción (CVP+CIE)	YB	YN	B/C	CU
14437,5	492	14930	28000	13071	1,88	1,49
14437,5	1470	15908	28000	12093	1,76	1,59
14437,5	2946	17384	28000	10617	1,61	1,74
14437,5	369	14807	28000	13194	1,89	1,48
14437,5	1103	15540	28000	12460	1,80	1,55
14437,5	2210	16647	28000	11353	1,68	1,66

#### Anexo 4. Desarrollo de la investigación en plántulas de café en la etapa de vivero



*Almácigo de café en etapa de chapola a los 40 días después de la siembra*



*Desinfección de sustrato por solarización*



*Mezcla del sustrato: 70% Tierra vegetal 20% Estiércol 10 % Cascarilla de arroz*



*MM-EM-1®*



*Enfilado de los tratamientos*



*Enmacetado del sustrato*



*Repique en estado de chapolas o mariposa*



*Aplicación de EM•1® y MM e insumos repelentes de plagas*



*Recolección de datos*



*Entrega de plantines*



*Toma de datos finales*



*Aclimatación de plantines*

## Anexo 5. Análisis Físico-Químico de los sustrato por tratamiento

### Análisis Físico - Químico del sustrato inicial



### ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : ANA MELISA LARUTA ALVAREZ  
 PROCEDENCIA : Departamento : LA PAZ  
 Provincia : CARANA VI  
 Municipio : CARANA VI

N° SOLICITUD : 001/2020

DESCRIPCIÓN : MUESTRA DE SUSTRATO, MUESTRA 01 (BOLINDA)

N° Lab.	Parámetro	Resultado	Unidades	Método
AS-001-01 /2020	TEXTURA	ARENA	25	%
AS-001-02 /2020		ARCILLA	52	%
AS-001-03 /2020		LIMO	23	%
AS-001-04 /2020		CLASE TEXTURAL	Y	-
AS-001-05 /2020		GRAVA	5,0	%
AS-001-06 /2020	Densidad aparente	0.90	g/cc	Probeta
AS-001-07 /2020	Densidad real	2.40	g/cc	Picnómetro
AS-001-08 /2020	Porosidad	62.50	%	Cálculo numérico
AS-001-09 /2020	pH en agua 1:5	7.18	-	Potenciometría
AS-001-10 /2020	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0.460	dS/m	Conductancia
AS-001-11 /2020	Potasio	2.46	meq/100 g	Emisión Atómica
AS-001-12 /2020	Nitrógeno total	0.39	%	Kjeldahl
AS-001-13 /2020	Fósforo asimilable	5.25	ppm	Espectrofotometría UV-Visible

OBSERVACIONES,- \*\* Cationes de Cambio extraídos con Acetato de amonio 1 N.  
 C.I.C. Capacidad de Intercambio Catiónico.  
 CARBONATOS LIBRES; A: Ausente, P: Presente, PP: Presente en gran cantidad

#### CLASE TEXTURAL

F : Franco  
 L : Limoso  
 A : Arenoso  
 Y : Arcilloso  
 YA : Arcilloso Arenoso  
 FYA : Franco Arcilloso Arenoso  
 FA : Franco Arenoso.  
 AF : Arenoso Franco  
 FY : Franco Arcilloso  
 YL : Arcilloso Limoso  
 FYL : Franco Arcilloso Limoso  
 FL : Franco limoso

Rocio G. Choque Mamani  
 QUÍMICO AMBIENTAL  
 AGENCIA BOLIVIANA DE ENERGÍA NUCLEAR

Ing. Rubén Collisaya Bautista  
 TÉCNICO EN SUELOS  
 AGENCIA BOLIVIANA DE ENERGÍA NUCLEAR

### Análisis Físico - Químico del T<sub>0</sub> final



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
 FACULTAD DE AGRONOMÍA  
 CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
 LABORATORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA  
 EN SUELOS Y AGUAS (LAFASA)



#### ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO: Ana Melisa Laruta Alvarez SOLICITUD: LAF 30\_20  
 PROCEDENCIA: Departamento La Paz FECHA DE ENTREGA: 09/09/2020  
 Provincia Caranavi  
 Comunidad Colonia Bolinda  
 Cultivo Café  
 Código 0

INSTITUTO DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL-INIAF LA PAZ

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
TEXTURA	Arena	%	33
	Limo	%	31
	Arcilla	%	36
	Clase Textural	-	Franco arcilloso
Densidad Real	g/cm <sup>3</sup>	2.216	Picnómetro
Densidad Aparente	g/cm <sup>3</sup>	0.909	Probeta
pH en H <sub>2</sub> O relación 1:5	-	6.49	Potenciometría
Conductividad eléctrica en agua 1:5	mmho/cm	0.09	Potenciometría
Acidez Intercambiable (Al+H)	meq/100g S.	0.38	Volumetría
Carbonatos Libres	-	Ligeramente Calcárea	Efervescencia HCl
Potasio intercambiable	meq/100g S.	2.14	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
Capacidad de Intercambio Catiónico	meq/100g S.	15.25	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión y absorción atómica) Volumetría
Nitrógeno total	%	0.49	Kjeldahl
Nitrógeno Mineral	ppm	6.30	Kjeldahl
Materia orgánica	%	5.99	Walkley y Black
Carbono Orgánico	%	3.48	Walkley y Black
Fósforo disponible	ppm	6.60	Espectrofotometría UV-Visible



Ph.D. Roberto Miranda Casas  
 LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Av. Landaeta esq. Héroes del Acre N.° 1850.  
 Telf. HAREN: 2484647 - 74016356 - 73075326 • E-mail: lafasa.suelos@gmail.com  
 Página web: agro.umsa.bo • La Paz - Bolivia



## Análisis Físico - Químico del T<sub>1</sub> final



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
 CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
 LABORATORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA  
 EN SUELOS Y AGUAS (LAFASA)



## A nálisis Físico - Químico del T<sub>2</sub> final

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
 CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
 LABORATORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA  
 EN SUELOS Y AGUAS (LAFASA)



### ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

**INTERESADO:** Ana Melisa Laruta Alvarez **SOLICITUD:** LAF 31\_20  
**PROCEDENCIA:** Departamento La Paz **FECHA DE ENTREGA:** 09/09/2020  
 Provincia Caranavi  
 Comunidad Colonia Bolinda  
 Cultivo Café  
 Código 1

INSTITUTO DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL-INIAF LA PAZ

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
<b>TEXTURA</b>	Arena	%	29
	Limo	%	36
	Arcilla	%	36
	Clase Textural	-	Franco Arcilloso
<b>Densidad Real</b>	g/cm <sup>3</sup>	2.170	Picnómetro
<b>Densidad Aparente</b>	g/cm <sup>3</sup>	0.769	Probeta
<b>pH en H<sub>2</sub>O relación 1:5</b>	-	6.35	Potenciometría
<b>Conductividad eléctrica en agua 1:5</b>	mmho/cm	0.12	Potenciometría
<b>Acidez Intercambiable (A+H)</b>	meq/100g S.	0.38	Volumetría
<b>Carbonatos libres</b>	-	Ligeramente calcáreo	Efervescencia HCL
<b>Potasio intercambiable</b>	meq/100g S.	1.97	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
<b>Capacidad de Intercambio Catiónico</b>	meq/100g S.	16.21	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión y absorción atómica) Volumetría
<b>Nitrógeno total</b>	%	0.41	Kjendahl
<b>Nitrógeno Mineral</b>	ppm	12.60	Kjendahl
<b>Materia orgánica</b>	%	8.96	Walkley y Black
<b>Carbono Orgánico</b>	%	5.20	Walkley y Black
<b>Fósforo disponible</b>	ppm	12.90	Espectrofotometría UV-Visible



Ph.D. Roberto Miranda Casas  
**LABORATORIO DE SUELOS**

Dirección: Av. Landaeta esq. Héroes del Acre N.º 1850.  
 Telf. IAREN: 2484647 - 74016356 - 73075326 • E-mail: lafasa.suelos@gmail.com

### ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

**INTERESADO:** Ana Melisa Laruta Alvarez **SOLICITUD:** LAF 32\_20  
**PROCEDENCIA:** Departamento La Paz **FECHA DE ENTREGA:** 09/09/2020  
 Provincia Caranavi  
 Comunidad Colonia Bolinda  
 Cultivo Café  
 Código 2

INSTITUTO DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL-INIAF LA PAZ

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
<b>TEXTURA</b>	Arena	%	35
	Limo	%	34
	Arcilla	%	31
	Clase Textural	-	Franco arcilloso
<b>Densidad Real</b>	g/cm <sup>3</sup>	2.229	Picnómetro
<b>Densidad Aparente</b>	g/cm <sup>3</sup>	0.800	Probeta
<b>pH en H<sub>2</sub>O relación 1:5</b>	-	6.17	Potenciometría
<b>Conductividad eléctrica en agua 1:5</b>	mmho/cm	0.18	Potenciometría
<b>Acidez Intercambiable (A+H)</b>	meq/100g S.	0.39	Volumetría
<b>Carbonatos libres</b>	-	Ligeramente calcáreo	Efervescencia HCL
<b>Potasio intercambiable</b>	meq/100g S.	0.24	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
<b>Capacidad de Intercambio Catiónico</b>	meq/100g S.	13.28	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión y absorción atómica) Volumetría
<b>Nitrógeno total</b>	%	0.40	Kjendahl
<b>Nitrógeno Mineral</b>	ppm	10.50	Kjendahl
<b>Materia orgánica</b>	%	5.99	Walkley y Black
<b>Carbono Orgánico</b>	%	3.48	Walkley y Black
<b>Fósforo disponible</b>	ppm	7.60	Espectrofotometría UV-Visible



Ph.D. Roberto Miranda Casas  
**LABORATORIO DE SUELOS**

Dirección: Av. Landaeta esq. Héroes del Acre N.º 1850.  
 Telf. IAREN: 2484647 - 74016356 - 73075326 • E-mail: lafasa.suelos@gmail.com  
 Página web: agro.umsa.bo • La Paz - Bolivia

## Análisis Físico - Químico del T<sub>3</sub> final



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
 CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
 LABORATORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA  
 EN SUELOS Y AGUAS (LAFASA)



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
 CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
 LABORATORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA  
 EN SUELOS Y AGUAS (LAFASA)



### ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

**INTERESADO:** Ana Melisa Laruta Alvarez **SOLICITUD:** LAF 33\_20  
**PROCEDENCIA:** Departamento La Paz **FECHA DE ENTREGA:** 09/09/2020  
 Provincia Caranavi  
 Comunidad Colonia Bolinda  
 Cultivo Café  
 Código 3

#### INSTITUTO DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL-INIAF LA PAZ

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
<b>TEXTURA</b>	Arena	%	35
	Limo	%	28
	Arcilla	%	37
	Clase Textural	-	Franco arcilloso
<b>Densidad Real</b>	g/cm <sup>3</sup>	2.323	Picnómetro
<b>Densidad Aparente</b>	g/cm <sup>3</sup>	0.784	Probeta
<b>pH en H<sub>2</sub>O relación 1:5</b>	-	6.16	Potenciometría
<b>Conductividad eléctrica en agua 1:5</b>	mmho/cm	0.18	Potenciometría
<b>Acidez intercambiable (Al+H)</b>	meq/100g S.	0.27	Volumetría
<b>Carbonatos Libres</b>	-	Ligeramente calcáreo	Efervescencia HCl
<b>Potasio intercambiable</b>	meq/100g S.	0.198	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
<b>Capacidad de Intercambio Catiónico</b>	meq/100g S.	11.91	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión y absorción atómica) Volumetría
<b>Nitrógeno total</b>	%	0.40	Kjeldahl
<b>Nitrógeno Mineral</b>	ppm	9.10	Kjeldahl
<b>Materia orgánica</b>	%	7.76	Walkley y Black
<b>Carbono Orgánico</b>	%	4.50	Walkley y Black
<b>Fósforo disponible</b>	ppm	8.45	Espectrofotometría UV-Visible



Ph.D. Roberto Miranda Casas  
 LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Av. Landaeta esq. Héroes del Acre N.° 1850,  
 Telf. IAREN: 2484647 - 74016356 - 73075326 • E-mail: lafasa.suelos@gmail.com  
 Página web: agro.unsa.bo • La Paz - Bolivia

## Análisis Físico - Químico del T<sub>4</sub> final

**INTERESADO:** Ana Melisa Laruta Alvarez **SOLICITUD:** LAF 34\_20  
**PROCEDENCIA:** Departamento La Paz **FECHA DE ENTREGA:** 09/09/2020  
 Provincia Caranavi  
 Comunidad Colonia Bolinda  
 Cultivo Café  
 Código 4

#### INSTITUTO DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL-INIAF LA PAZ

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
<b>TEXTURA</b>	Arena	%	35
	Limo	%	36
	Arcilla	%	30
	Clase Textural	-	Franco arcilloso
<b>Densidad Real</b>	g/cm <sup>3</sup>	2.178	Picnómetro
<b>Densidad Aparente</b>	g/cm <sup>3</sup>	0.784	Probeta
<b>pH en H<sub>2</sub>O relación 1:5</b>	-	6.25	Potenciometría
<b>Conductividad eléctrica en agua 1:5</b>	mmho/cm	0.46	Potenciometría
<b>Acidez intercambiable (Al+H)</b>	meq/100g S.	0.26	Volumetría
<b>Carbonatos Libres</b>	-	Ligeramente calcáreo	Efervescencia HCl
<b>Potasio intercambiable</b>	meq/100g S.	2.17	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
<b>Capacidad de Intercambio Catiónico</b>	meq/100g S.	15.38	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión y absorción atómica) Volumetría
<b>Nitrógeno total</b>	%	0.41	Kjeldahl
<b>Nitrógeno Mineral</b>	ppm	6.30	Kjeldahl
<b>Materia orgánica</b>	%	7.88	Walkley y Black
<b>Carbono Orgánico</b>	%	4.57	Walkley y Black
<b>Fósforo disponible</b>	ppm	6.25	Espectrofotometría UV-Visible



Ph.D. Roberto Miranda Casas  
 LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Av. Landaeta esq. Héroes del Acre N.° 1850,  
 Telf. IAREN: 2484647 - 74016356 - 73075326 • E-mail: lafasa.suelos@gmail.com

## Análisis Físico - Químico del T<sub>5</sub> final



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
 CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
 LABORATORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA  
 EN SUELOS Y AGUAS (LAFASA)



### ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

**INTERESADO:** Ana Melisa Laruta Alvarez **SOLICITUD:** LAF 35\_20  
**PROCEDENCIA:** Departamento La Paz **FECHA DE ENTREGA:** 09/09/2020  
 Provincia Caranavi  
 Comunidad Colonia Bolinda  
 Cultivo Café  
 Código 5

INSTITUTO DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL-INIAF LA PAZ

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
<b>TEXTURA</b>	Arena	%	31
	Limo	%	32
	Arcilla	%	37
	Clase Textural	-	Franco arcilloso
<b>Densidad Real</b>	g/cm <sup>3</sup>	2.261	Picnómetro
<b>Densidad Aparente</b>	g/cm <sup>3</sup>	0.851	Probeta
<b>pH en H<sub>2</sub>O relación 1:5</b>	-	6.45	Potenciometría
<b>Conductividad eléctrica en agua 1:5</b>	mmho/cm	0.13	Potenciometría
<b>Acidez Intercambiable (Al+H)</b>	meq/100g S.	0.25	Volumetría
<b>Carbonatos libres</b>	-	Ligeramente calcáreo	Efervescencia HCl
<b>Potasio intercambiable</b>	meq/100g S.	2.17	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
<b>Capacidad de Intercambio Catiónico</b>	meq/100g S.	15.66	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión y absorción atómica) Volumetría
<b>Nitrógeno total</b>	%	0.31	Kjeldahl
<b>Nitrógeno Mineral</b>	ppm	2.80	Kjeldahl
<b>Materia orgánica</b>	%	2.09	Walkley y Black
<b>Carbono Orgánico</b>	%	1.21	Walkley y Black
<b>Fósforo disponible</b>	ppm	10.40	Espectrofotometría UV-Visible



Ph.D. Roberto Miranda Casas  
**LABORATORIO DE SUELOS**

Dirección: Av. Landaeta esq. Héroes del Acre N.º 1850.  
 Telf. IAREN: 2484647 - 74016356 - 73075326 • E-mail: lafasa.suelos@gmail.com  
 Página web: agro.umsa.bo • La Paz - Bolivia

## Análisis Físico - Químico del T<sub>6</sub> final

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
 CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
 LABORATORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA  
 EN SUELOS Y AGUAS (LAFASA)



### ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

**INTERESADO:** Ana Melisa Laruta Alvarez **SOLICITUD:** LAF 36\_20  
**PROCEDENCIA:** Departamento La Paz **FECHA DE ENTREGA:** 09/09/2020  
 Provincia Caranavi  
 Comunidad Colonia Bolinda  
 Cultivo Café  
 Código 6

INSTITUTO DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL-INIAF LA PAZ

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
<b>TEXTURA</b>	Arena	%	35
	Limo	%	32
	Arcilla	%	33
	Clase Textural	-	Franco arcilloso
<b>Densidad Real</b>	g/cm <sup>3</sup>	2.344	Picnómetro
<b>Densidad Aparente</b>	g/cm <sup>3</sup>	0.784	Probeta
<b>pH en H<sub>2</sub>O relación 1:5</b>	-	6.96	Potenciometría
<b>Conductividad eléctrica en agua 1:5</b>	mmho/cm	0.17	Potenciometría
<b>Acidez Intercambiable (Al+H)</b>	meq/100g S.	0.36	Volumetría
<b>Carbonatos libres</b>	-	Ligeramente calcáreo	Efervescencia HCl
<b>Potasio intercambiable</b>	meq/100g S.	2.00	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
<b>Capacidad de Intercambio Catiónico</b>	meq/100g S.	12.63	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión y absorción atómica) Volumetría
<b>Nitrógeno total</b>	%	0.13	Kjeldahl
<b>Nitrógeno Mineral</b>	ppm	6.30	Kjeldahl
<b>Materia orgánica</b>	%	7.88	Walkley y Black
<b>Carbono Orgánico</b>	%	4.57	Walkley y Black
<b>Fósforo disponible</b>	ppm	12.05	Espectrofotometría UV-Visible



Ph.D. Roberto Miranda Casas  
**LABORATORIO DE SUELOS**

Dirección: Av. Landaeta esq. Héroes del Acre N.º 1850.  
 Telf. IAREN: 2484647 - 74016356 - 73075326 • E-mail: lafasa.suelos@gmail.com