

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

TESIS



**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES
EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE CAFÉ (*Coffea arábica* L.).**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

PRESENTADO POR:

Bach. GARCÍA ANCCASI, Magali

PARA OPTAR por EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

HUANCAVELICA, PERÚ

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por la Ley 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS VIRTUAL

En la ciudad Universitaria de Común Era de la Facultad de Ciencias Agrarias; se llevó a cabo la sustentación por vía virtual y cuyo link meet.google.com/gom-wmxo-xfu El 19 de octubre del 2021 a horas 09:00 Am, donde se reunieron; el jurador calificador, conformado de la siguiente manera:

Presidente : Dr. Efraín David ESTEBAN NOLBERTO

Secretario : Mg. Marino Bautista Vargas

Vocal : Ph. D. Agustín PERALES ANGOMA

Designados con Resolución N° 108-2021-D-FCA-UNH; del proyecto de investigación titulado **“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.)”**

Cuyo autor es el graduado: BACHILLER:

GARCIA ANCCASI, Magali

A fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación virtual del proyecto de investigación antes citado.

Finalizando la evaluación; se invitó al público presente y al sustentante abandonar la plataforma virtual; y luego de una amplia deliberación por parte del jurado, se llevó al siguiente resultado.

APROBADO POR UNANIMIDAD

APROBADO POR MAYORIA

DESAPROBADO

En conformidad a lo actuado firmamos al pie.

Dr. Efraín David ESTEBAN NOLBERTO

Presidente

Mg. Marino Bautista Vargas

Secretario

Ph. D. Agustín PERALES ANGOMA

Vocal

Título

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICRIORGANISMOS EFICIENTES EN EL
DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ (*Coffea arábica* L.).

Autor

Bach. GARCÍA ANCCASI, Magali.

Asesor

Ph.D. PERALES ANGOMA, Agustín.

Agradecimientos

Expreso mi más sincero agradecimiento a:

- Los Docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias por sus consejos, tolerancia y mi formación profesional al servicio de mi país.
- Al Ph.D. AGUSTIN PERALES ANGOMA, por su asesoría, por su apoyo brindado en las etapas de desarrollo y redacción del informe, y de manera especial por el soporte académico y moral brindado. Agradecerle por su paciencia y confianza.
- Señor Washinton Champi Huamán, Gerente de la “COMPAÑIA CAFETALERA DEL CENTRO SAC.” por brindarme el apoyo y facilidad en del vivero Agroforestal tecnificado del distrito de Rio Tambo, Provincia Satipo, Región Junín.
- Bach/ing.Yover Melquiades Cuba Huamán, administrador del vivero agroforestal tecnificado de la “COMPAÑIA CAFETALERA DEL CENTRO SAC” por su apoyo y hospitalidad durante la ejecución del presente trabajo
- Ronaldo Apolinario Quiñones por su invaluable apoyo a lo largo de la etapa de campo de la investigación.
- A victoria Anccasi Cayllahua y Fidel Carrillo Riveros Agradecerle de manera especial por el soporte a lo largo de la formación profesional con mucho cariño.

Dedicatoria

A Dios.

Por darme vida, salud y sabiduría para terminar esta investigación.

A mi Madre.

Clarisa Anccasi Cayllahua, quién me enseñó desde pequeña a luchar por alcanzar mis metas en mi vida profesional. Mi triunfo es tuyo madre querida ¡la amo!

A mis Hermanos.

Angelica, Darlyn, Gustavo, Isamar, Juan, María y Martha, ¡Gracias! Sin ustedes, no hubiera podido realizar este sueño.

A mi Esposo.

Ronald Milton Sierra Solís, quién me brindo su amor, cariño, comprensión, paciencia, y el apoyo constante, para obtener el título profesional ¡Gracias!

A mi adorado Hijo.

Iker Ronaldo Sierra García, quién motivo y presto su tiempo, que le pertenecía, para terminar la investigación, con su sonrisita y preguntitas ¿trabajando mamita? ¡Gracias, mi amor, más puro del universo!

Tabla de contenidos

Acta de sustentacion.....	ii
Título.....	iii
Autor.....	iv
Asesor.....	v
Agradecimientos.....	vi
Dedicatoria.....	vii
Tabla de contenidos.....	viii
Tabla de contenido de tablas.....	xii
Tabla de contenido de gráficos.....	xiv
Tabla de contenido de apéndice.....	xv
Resumen.....	xvi
Abstract.....	xvii
Introducción.....	xviii
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	20
1.1.1. Problema general.....	20
1.1.2. Problemas específicos.....	21
1.2. Objetivos de la investigación.....	21
1.2.1. Objetivo general.....	21
1.2.2. Objetivos específicos.....	21
1.3. Justificación e Importancia.....	21
1.4. Limitaciones de la investigación.....	22
1.5. Alcance.....	22

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	23
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	23
2.1.1. A nivel internacional.....	23
2.1.2. A Nivel Nacional	27
2.1.3. A Nivel Local:.....	28
2.2. Bases teóricas.....	28
2.2.1. Qué se entiende sobre microorganismos efectivos (EM).....	28
2.2.2. Componentes microbianos que contienen los EM.....	29
2.2.3. Aplicaciones agrícolas y propiedades funcionales que desempeñan los EM.....	33
2.2.4. Efectos de los microorganismos eficientes sobre la fisiología de la planta	37
2.2.5. Aplicaciones agrícolas de los microorganismos eficientes	38
2.2.6. Aplicaciones agrícolas de los microorganismos eficientes	39
2.2.7. Datos básicos del cultivo de café	40
2.3. Formulación de hipótesis	46
2.3.1. Hipótesis general.....	46
2.3.2. Hipótesis específicas:.....	46
2.4. Variables e indicadores	46
2.4.1. Variable dependiente.....	46
2.4.2. Variable independiente	46
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	47
3.1. Materiales.....	47
3.1.1. Material vegetal.....	47
3.1.2. Material de escritorio y campo.....	47
3.1.3. Insumos	47
3.2. Métodos.....	48

3.2.1.	Métodos de investigación.....	48
3.2.2.	Lugar de experimentación.....	48
3.2.3.	Características geográficas del campo experimental	48
3.2.4.	Características climáticas.....	48
3.2.5.	Características edáficas	48
3.2.6.	Preparación de la semilla	49
3.2.7.	Preparación de la almaciguera	49
3.2.8.	Siembra de las semillas en el almácigo.....	49
3.2.9.	Preparación del sustrato	49
3.2.10.	Preparación de los tubetes.....	49
3.2.11.	Colocación de las plántulas en el tubete	49
3.2.12.	Aplicación de los tratamientos.....	50
3.2.13.	Diseño experimental	50
3.2.14.	Croquis experimental	50
3.3.	Tipo de investigación.....	51
3.4.	Nivel de investigación.....	51
3.5.	Población, muestra y muestreo.	51
3.5.1.	Población.....	51
3.5.2.	Muestra	51
3.5.3.	Muestreo	52
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	52
3.6.1.	Técnica de recolección de datos.....	52
3.6.2.	Instrumentos de recolección de datos	53
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	53
3.7.1.	Técnicas de procesamiento	53

3.7.2. Técnicas de análisis de datos	53
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	54
4.1. Presentación de resultados	54
4.1.1. Germinación.....	54
4.1.2. Alturas de plantas (cm)	60
4.1.3. Diámetro de tallos	67
4.1.4. Número de hojas	69
4.1.5. Longitud de raíz	70
4.1.6. Índice de vigor de plantas	71
4.1.7. Peso fresco de plantas	73
4.1.8. Peso seco de plantas.....	74
4.2. Discusión de resultados.....	76
4.2.1. Germinación (%).....	76
4.2.2. Alturas de plantas /cm)	77
4.2.3. Diámetro de tallo (mm).....	78
4.2.4. Número de hojas	79
4.2.5. Longitud de raíz (cm).....	80
4.2.6. Índice de vigor	80
4.2.7. Peso fresco de plantas	81
4.2.8. Peso seco de plantas.....	81
Conclusiones	83
Recomendaciones.....	84
Referencias Bibliográficas	85
Apéndice	94

Tabla de contenido de tablas

Tabla 1	Análisis de varianza del porcentaje de germinación de plántulas de café a los 30 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.....	54
Tabla 2	Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) del porcentaje de germinación de plántulas de café a los 30 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM).....	55
Tabla 3	También se muestra el coeficiente de variación (CV = 6,21 %) que según Calzada (1983) es considerado de muy bueno.	56
Tabla 4	Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) del porcentaje de germinación de plántulas de café a los 60 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM).....	56
Tabla 5	Análisis de varianza del porcentaje de germinación de plántulas de café a los 90 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.....	57
Tabla 6	comparación de promedios del porcentaje de germinación de plántulas de café a los 90 dds por efecto de microorganismos benéficos (EM).....	58
Tabla 7	Análisis de varianza del porcentaje de germinación de plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.....	59
Tabla 8	Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) del porcentaje de germinación de plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM).....	59
Tabla 9	Análisis de varianza de la altura de plantas (cm) de plántulas de café a los 30 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.....	61
Tabla 10	Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) de la altura de plántulas de café (cm) a los 30 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM)	61
Tabla 11	Análisis de varianza de la altura de plantas (cm) de plántulas de café a los 60 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.....	62
Tabla 12	Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) de la altura de plántulas de café (cm) a los 60 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM)	63
Tabla 13	Análisis de varianza de la altura de plantas (cm) de plántulas de café a los 90 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.....	64
Tabla 14	Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) de la altura de plántulas de café (cm) a los 90 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM)	64
Tabla 15	Análisis de varianza de la altura de plantas (cm) de plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.....	65

Tabla 16 Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) de la altura de plántulas de café (cm) a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM).	66
Tabla 17 Análisis de varianza del diámetro de tallos (mm) de plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95	67
Tabla 18 Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) del diámetro de tallos (mm) de plántulas de café (cm) a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM)..	68
Tabla 19 Análisis de varianza del número de hojas por plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.	69
Tabla 20 Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) del número de hojas por plántula de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM).....	69
Tabla 21 Análisis de varianza de la longitud de raíz (cm) de plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.....	70
Tabla 22 Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) de la longitud de raíz (cm) de plántula de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM).	71
Tabla 23 Análisis de varianza del índice de vigor de plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.	72
Tabla 24 Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) del índice de vigor de plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM).	72
Tabla 25 Análisis de varianza del índice de vigor de plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.	73
Tabla 26 Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) del peso fresco de la parte aérea de plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM).....	74
Tabla 27 Análisis de varianza del peso seco de la parte aérea (g) de plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.....	75
Tabla 28 Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) del peso seco (parte aérea) de plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM).	75

Tabla de contenido de gráficos

Gráfico 1 Porcentaje de germinación de plántulas de café a los 30 dds.	55
Gráfico 2 Porcentaje de germinación de plantulas de cafe a los 60 dds.	57
Gráfico 3 Porcentaje de erminacion de plantulas de cafe a los 90 dds.	58
Gráfico 4 Porcentaje de germinacion de plantulas de cafe a los 120 dds.	60
Gráfico 5 Ritmo de germinacion de plantulas de cafe hasta 60 dias ddt. por efecto de las diferentes dosis de microorgnaismos eficaces.....	60
Gráfico 6 Altura de plantulas de cafe por efecto de las dosis de microorganismos eficaces, a los 30 dds.	62
Gráfico 7 Altura de plantulas de cafe por efecto de las dosis de microorganismos eficaces, a los 60 dds.	63
Gráfico 8 Altura de plantulas de cefe por efecto de las dosis de microorganismos eficaces, a los 90 dds.	65
Gráfico 9 Altura de plantulas de cafe por efecto de las dosis de microorganismos eficaces, a los 120 dds.	66
Gráfico 10 Ritmo de crecimiento de plántulas de café hasta 60 dds, por efecto de las dosis de microorganismos eficaces.....	67
Gráfico 11 Diametro de tallo (mm) de plantulas de cafe por efecto de las dosis de microorganismos eficaces, a los 120 dds.	68
Gráfico 12 Numero de hojas/plantulas de cafe por efecto de las dosis de microorganismos eficaces, a los 120 dds.	70
Gráfico 13 Longitud de raiz (cm) de plantulas de cafe por efecto de las dosis de microorganismos eficaces, a los 120 dds.	71
Gráfico 14 Indice de vigor de plantulas de cafe por efecto de las dosis de microorganismos eficaces, a los 120 dds.	73
Gráfico 15 Peso fresco de la parte aerea (g) de plantulas de cafe por efecto de las dosis de microorganismos eficaces, a los 120 dds.....	74
Gráfico 16 Peso seco de la parte aerea (g) de plantulas de cafe por efecto de las dosis de microorganismos eficaces, a los 120 dds.....	76

Tabla de contenido de apéndice

Apéndice 1 Matriz de consistencia.....	94
Apéndice 2 Panel fotográfico	95

Resumen

En el vivero de plantas de la Asociación de Productores Agroecológicos y Orgánicos Nuevo Posuzo, ubicado en la carretera marginal Satipo-Mazamari km 4.8, Río Negro-Satipo-Junín en el periodo de setiembre del 2020 a febrero del 2021 se condujo el experimento sobre la producción de plántulas de café (*Coffea arábica* L.) usando el cultivar Caturra amarillo. El objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de un biofertilizante a base de microorganismos eficientes (EM) en el desarrollo de las plántulas. Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente aleatorizados, con 5 tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos aplicados fueron un control, aplicaciones foliares de microorganismos eficientes (EM), a 50, 100, 150 y 200 mL/L. Las variables evaluadas fueron germinación (%), altura de planta (cm), número de hojas, diámetro de tallo (mm), longitud de raíz (cm), a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra (dds), índice de vigor de planta, peso fresco y seco de planta a los 120 (dds). Existe una similitud expresada en los diferentes momentos evaluados y para todas las variables en estudio estimulando significativamente la germinación, altura de planta, número de hojas por planta, diámetro de tallo, vigor de planta, peso fresco y seco de planta por efecto incremental de las dosis de la solución de microorganismos eficientes (EM) a excepción de la longitud de raíz. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en esta investigación, se demostró el efecto de las diluciones sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas de café.

Palabras clave: Microorganismos eficientes, *Coffea arábica*, crecimiento de plántulas, aplicación foliar.

Abstract

In the garden nursery of the Association of Agroecological and Organic Producers Nuevo Posuzo, located on the marginal highway Satipo-Mazamari km 4.8, Río Negro-Satipo-Junín, in the period from September 2020 to February 2021, the experiment on the production of seedlings of coffee (*Coffea arabica* L.) using the yellow Caturra cultivar. The objective was to evaluate the effect of the application of a biofertilizer based on efficient microorganisms (EM) in the development of the seedlings. The experimental design of completely randomized blocks was used, with 5 treatments and four repetitions. The treatments applied were a control, foliar applications of efficient microorganisms (EM), at 50, 100, 150 and 200 mL / L. The variables evaluated were germination (%), plant height (cm), number of leaves, stem diameter (mm), root length (cm), at 30, 60, 90 and 120 days after sowing (dds), plant vigor index, fresh and dry plant weight at 120 (dds). There is a similarity expressed in the different moments evaluated and for all the variables under study, significantly stimulating germination, plant height, number of leaves per plant, stem diameter, plant vigor, fresh and dry weight of the plant due to the incremental effect of the Efficient microorganism (EM) solution dose except for root length. Taking into account the results obtained in this research, the effect of dilutions on the growth and development of coffee plants was demonstrated.

Keywords: Efficient microorganisms, *Coffea arabica*, seedling growth, foliar application.

Introducción

La agricultura sostenible es vital en el mundo de hoy, ya que ofrece el potencial para satisfacer nuestras necesidades agrícolas, algo que la agricultura convencional no logra. Este tipo de agricultura utiliza una técnica agrícola especial en la que los recursos ambientales se pueden utilizar en su totalidad y, al mismo tiempo, se asegura de que no se le cause ningún daño. Por lo tanto, la técnica es amigable con el medio ambiente y garantiza productos agrícolas seguros y saludables. Las poblaciones microbianas son fundamentales para los procesos fundamentales que impulsan la estabilidad y productividad de los agroecosistemas. Varias investigaciones se dirigieron a mejorar la comprensión de la diversidad, la dinámica y la importancia de las comunidades microbianas del suelo y sus funciones beneficiosas y cooperativas en la productividad agrícola (Shankar et al., 2011).

En esta perspectiva, se hace necesario estudiar el efecto de diferentes concentraciones de microorganismos eficientes (EM) en el crecimiento y desarrollo de plántulas de café, para las condiciones experimentales del Valle de Satipo - Junín, para lo cual se ha planteado.

El trabajo de tesis titulado: “Efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en la producción de plántulas de café (*Coffea arábica* L.), el cual tuvo su origen con el planteamiento del siguiente problema, ¿Cuál es el efecto de las dosis de EM en el crecimiento de las plántulas de café a nivel de almácigo en condiciones de vivero?, y se planteó como objetivo general: Evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en la producción de plántulas de café (*Coffea arábica* L)

La presentación de este trabajo de investigación se encuentra estructurada de la siguiente manera: CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, en el que se expone el planteamiento del problema, formulación del problema, objetivo: general y específico de la investigación, así como la justificación del problema. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL, el cual aborda los antecedentes, las bases teóricas, la

hipótesis, definición de términos y definición operativa de variables e indicadores. CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS, se encuentra referido al ámbito de estudio, el tipo de investigación, el nivel de investigación, el método de investigación, del diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos y el procedimiento de recolección de datos. CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS, se expone la presentación de resultados y la discusión.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento y formulación del problema

Entre las conclusiones de la problemática del sector café en Perú está la deficiente capacidad productiva, debido principalmente a que las parcelas tienen una deficiente gestión de manejo técnico. La mayoría de los agricultores utilizan sistemas tradicionales de manejo agronómico y son reacios al cambio, poseen una escasa visión empresarial y ambiental, lo que implica una baja rentabilidad y dificulta la generación de ingresos suficientes para adaptar nuevas técnicas y pagar la mano de obra necesaria para su implementación.

En este contexto, la ampliación de nuevas áreas de cultivo dedicadas al café, así como la renovación de plantaciones viejas exige al agricultor, el conocimiento y dominio de alternativas que posibiliten encontrar de manera precisa y práctica la recomendación que mejor se acondiciona a la necesidad de utilizar una tecnología adecuada. En esta etapa de producción de plántulas, es esencial que el caficultor se asegure entre otros aspectos, no solo de seleccionar la variedad correcta, sino también de que las semillas o plántulas que está trasplantando son todas de la variedad que se indica y que tenga la mejor calidad fisiológica y fitosanitaria posible para que cada una exprese su mayor potencial de producción por un periodo de 20 a 30 años. En Perú, algunos productores de café creyendo ahorrar costos, prefieren comprar los plantones en viveros comerciales en lugar de producirlas, con el riesgo de que sean de baja calidad sanitaria y fisiológica al no provenir de semilla seleccionada o de haberlas propagado inadecuadamente.

Por lo que se hace necesario seguir desarrollando trabajos de investigación orientados a generar conocimiento y tecnología al alcance del caficultor.

1.1.1. Problema general

- ¿Cuál es el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en la producción de plántulas de café (*Coffea arábica* L.)?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de las dosis de EM en el crecimiento de las plántulas de café anivel de almácigo en condiciones de vivero?
- ¿Cuál es el efecto de las dosis de EM en el desarrollo de las plántulas de café a nivelde almácigo en condiciones de vivero?
- ¿Cuál es el efecto de las dosis de EM en el peso de las plántulas de café a nivel dealmácigo en condiciones de vivero?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en la producción de plántulas de café (*Coffea arábica* L.)

1.2.2. Objetivos específicos

- Cuantificar el efecto de las dosis de EM en el crecimiento de las plántulas de café anivel de almácigo en condiciones de vivero.
- Determinar el efecto de las dosis de EM en el desarrollo de las plántulas de café anivel de almácigo en condiciones de vivero.
- Evaluar el efecto de las dosis de EM en el peso de las plántulas de café a nivel de almácigo en condiciones de vivero.

1.3. Justificación e Importancia

El aporte de la presente investigación tiene el propósito de implementar información para el uso de microorganismos eficientes en la producción de plántulas de café (*Coffea arábica*), siendo una alternativa en reemplazo el cultivo de los agricultores, así mismo, con el propósito de aportar conocimiento respecto a la eficiencia de las plántulas de café, que es de vital importancia ya que no se cuentan con antecedentes de dicha investigación y se pretende formar conocimientos para futuras investigaciones de esta índole.

1.4. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones, que se tubo, fueron básicamente la falta de información, para poder desarrollar la investigación, pero el esfuerzo y tenacidad hizo que superemos estas limitaciones.

1.5. Alcance

La investigación se centra principalmente en evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en la producción de plántulas de café (*Coffea arábica* L.)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. A nivel internacional

Calero et al (2019), realizaron la investigación titulada: “Microorganismos eficientes y vermicompost lixiviado aumentan la producción de pepino”, experimento, en la que evaluaron Los principales problemas de la producción de pepino, residen mayormente en la escasez de fertilizantes minerales, afectaciones climatológicas y limitado uso de los biofertilizantes, por lo cual, es importante buscar alternativas eficientes que aumenten la productividad, la racionalidad y la sustentabilidad. El objetivo de esta investigación fue evaluar la utilización individualizada y asociada de los biofertilizantes microorganismos eficientes y vermicompost lixiviado en el incremento agro productivo del pepino. El trabajo fue desarrollado en la unidad productiva “El Estadio”, Sancti Spíritus, Cuba, entre enero a abril de 2015 y fue utilizado el cultivar Su Yi Sung de pepino. Los tratamientos aplicados fueron un control, inoculación al suelo y aplicaciones foliares de Microorganismos eficientes y vermicompost lixiviado, a 100 y 200mL L-1 y la inoculación al suelo, con Microorganismos eficientes, a 100mL L-1 y aplicaciones foliares con vermicompost lixiviado, a 100mL L-1. Las variables evaluadas fueron el número de hojas, de flores femeninas y de frutos por planta, longitud de frutos (cm), masa de los frutos (g) y el rendimiento (kg m⁻²). Los resultados mostraron que la aplicación individual y combinada de los biofertilizantes tuvieron un efecto bioestimulante en la producción de pepino y la aplicación de microorganismos eficientes a 100mL L-1 y la combinación con vermicompost lixiviado a 100mL L-1 constituyen una alternativa en la productividad del cultivo, especialmente, porque aumentaron el número de hojas, flores femeninas, frutos, masa y

longitud de los frutos e incrementaron el rendimiento en 42% con relación al tratamiento control.

Según, Alvarez & Carlos (2018). En su investigación Titulada “Producción de posturas de café con la aplicación de microorganismos eficientes en Angola” , manifiestan que en la Estación Experimental de Café del municipio Amboim, provincia Cuanza Sul, Angola se condujo un experimento sobre la producción de posturas de café (*Coffea arabica* L.) usando el cultivar Catuaí rojo. El propósito fue evaluar el efecto de la aplicación de un biofertilizante a base de microorganismos eficientes (ME) en el desarrollo de las posturas. Se utilizó un diseño experimental de bloques totalmente aleatorizados, con cuatro repeticiones. Se incluyeron los tratamientos siguientes: control absoluto, aplicación de ME en dosis de 2, 4 y 6 ml m⁻² con frecuencia de una y dos veces quincenal, aplicadas en el agua de riego. Se evaluaron los parámetros número de pares de hojas verdaderas y altura de las posturas a los 50, 75, 100 y 125 días de la germinación. Los mejores resultados en la producción de las posturas de café se obtuvieron a los 125 días con la aplicación quincenal de 2 ml m⁻² del biofertilizante a base de ME.

Según, Umaña (2017), en su tesis titulada “Ingeniería Ecológica: efecto del uso de microorganismos de montaña sobre el suelo con base en dos cultivos agrícolas”. Manifiestan que en la actualidad la ingeniería presenta proyectos íntimamente ligados con el manejo de los recursos naturales en base a un contexto presupuestario ajustado. En particular la rama de la ingeniería agrícola ha implementado entre otras estrategias el uso de los microorganismos. El objetivo de esta investigación fue analizar el potencial de los microorganismos de montaña (MM) como sistemas de biofertilización de suelos. Inicialmente se procedió a la reproducción de los

microorganismos para luego ser trabajados de acuerdo con tres periodos de incubación (7 días, 15 días, 22 días). Los tratamientos de incubación fueron aplicados en forma de fertirriego a recipientes con volumen de suelo definido, en los cuales se encontraban sembradas las semillas de dos plantas de ciclo de vida corto (culantro y espinaca). Paralelo a lo anterior se generó un cuarto tratamiento control (sin fertirriego) para establecer comparaciones. En todos los casos se realizaron cuatro repeticiones idénticas con variaciones espaciotemporales para minimizar el sesgo. Luego de terminado el proceso de siembra y cosecha, se procedió a extraer las plantas y el suelo para estudiarlos en base a pruebas biológicas, químicas, físico-estructurales, agronómicas y posteriormente analizar los resultados. Dentro de las pruebas biológicas realizadas se estimó la incidencia de microorganismos en el suelo y se calculó la respiración del mismo. Como parte de las pruebas químicas se determinó pH, acidez, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , P^{5+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} y carbono, así como el porcentaje de materia orgánica del suelo. Las pruebas físico-estructurales realizadas incluyeron una estimación del grado de retención de agua por gramo de suelo y una determinación de textura del suelo. Finalmente, como parámetro de respuesta para analizar diferencias entre la efectividad de los tratamientos, se determinó pruebas de tamaño de hojas y biomasa seca utilizando las plantas cultivadas tras un periodo de crecimiento de nueve semanas. Con base en lo realizado, se encontró una mejora en los tratamientos con respecto al control. Esta mejora se observó de forma particularmente significativa en varios casos para el segundo tiempo de incubación (15 días) y se cuantificó con base en la actividad microbiana intensificada. No se encontraron diferencias estructurales en el suelo posiblemente por el poco tiempo de experimentación. Como conclusión general se estableció que los incrementos en las propiedades del suelo estuvieron asociados con un aumento en la complejidad del biosistema de estudio, lo cual fue producto de la introducción de los MM en el patrón

de manejo de los cultivos estudiados. Estos aumentos, sin embargo, parecieran estar vinculados con las características del ensamblaje de especies en el biofertilizante producto de los tiempos de incubación del mismo.

Callisaya & Fernández (2017), en la investigación titulada “Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM), en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), municipio de Achocalla.”, describen los resultados de la investigación del efecto de los Microorganismos Eficientes (EM), utilizado en la agricultura como fertilizante foliar, el cual genera beneficios y son catalogados como productos orgánicos. Aplicándose en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), en dos variedades SMR-58 y Eureka bajo condiciones controladas. Evaluándose el comportamiento agronómico del pepinillo y su rendimiento. Se inició captando y recolectando los Microorganismos del suelo en la comunidad de Suiqui áChulumani, se multiplico y a partir de ello posteriormente se aplicó el EM en el cultivo de pepinillo, en la comunidad de Marquirivi Municipio de Achocalla. El diseño utilizado fue Bloques al azar; con 3 repeticiones y 6 tratamientos, en cada tratamiento se evaluaron 12 muestras. Las concentraciones de EM utilizadas fueron: C1=10%, C2= 50% y C3 = 80%. Se registraron datos sobre las variables agronómicas y variables de rendimiento desde el inicio hasta la culminación de la investigación. Estadísticamente se observó diferencias respecto al efecto de la aplicación de EM en cuanto a la altura de planta, número de frutos por planta, y el rendimiento registrándose un rendimiento más alto del T5 con 14.57 kg/4.2 m², resultado de la variedad SMR-58 con la concentración 2 (50% de EM diluida en 5 litros de agua), en comparación al T1, la variedad Eureka con la concentración 1 (10% de EM diluida en 5 litros de agua) que no fueron favorables los datos registrados. En el análisis económico por tratamientos se determinó la relación beneficio/costo B/C, donde los

tratamientos 2, 4, 5 y 6, obtuvieron valores aceptables ($B/C \geq 1$). Mas al contrario los tratamientos 1 y 3 no se registraron ganancias a partir de lo invertido.

2.1.2. A Nivel Nacional

Navarro (2019), realiza la investigación titulada: “Dosis y frecuencias microorganismos de eficaces aplicaciones (em) y su foliar efecto en del rendimiento de los frutos del "ají habanero" (*Capsicum chinense* Jacq.) en el sector de Cieneguillo Sur, Sullana . Este estudio se basa en estudiar el efecto de la dosis y la frecuencia de aplicación foliar de microorganismos eficientes (EM), sobre el rendimiento y otros parámetros de crecimiento y desarrollo del ají habanero, condujo un experimento en un arreglo factorial 3x2 en el diseño experimental de bloques completos aleatorizados (BCA), con un testigo sin aplicación de EM, con tres. De los resultados reportó la existencia de respuestas diferentes sobre el rendimiento, tamaño y número de fruto. Llegó a las siguientes conclusiones: 1) Obtuvo el mayor rendimiento con el tratamiento de 75 ml de EM. No detectó diferencias estadísticas por efecto de la frecuencia de aplicación ni de la interacción frecuencia por dosis de aplicación. 2) Los tratamientos con EM foliar, fue 32% superior al testigo en promedio. 3) Los tratamientos de EM foliar tuvieron efecto significativo sobre el número de frutos/planta; sin embargo, no encontró diferencias estadísticas significativas sobre la altura de planta, peso individual de fruto, longitud y diámetro de fruto. 4) El testigo, no generó incremento en la población de bacterias; sin embargo, los tratamientos 75 ml x 7 días, 50 ml x 14 días y 75 ml x 14 días respectivamente, propiciaron incremento de bacterias en el suelo. 5) Con los tratamientos de EM foliar, observó un efecto significativo sobre el control de la población del nematodo *Meloidogyne* spp con respecto al testigo.

Alvarez et al (2018), desarrollaron la investigación titulada “Incidencia de la inoculación de microorganismos benéficos en el cultivo de

fresa (*Fragaria sp.*)” . Se evaluó el efecto de microorganismos benéficos (MOBs) en el desarrollo del cultivo de fresa (*Fragaria sp.*). La investigación se realizó en tres fases. (i) Primera: en la provincia de Azuay – Ecuador, se recolectaron muestras de distintas plantas ubicadas en tres pisos altitudinales con características climatológicas diferentes. (ii) Segunda: en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en Lima – Perú, con cada muestra vegetal, se preparó la solución madre, así como medios de cultivo para MOBs, después se identificó la flora microbiana benéfica. (iii) Tercera: en la etapa de campo, se inoculó en el suelo un consorcio microbiano, con cuatro repeticiones por cada piso altitudinal; posteriormente se plantó fresa. En los medios de cultivo se constató la presencia de levaduras, *Bacillus spp.*, *Lactobacillus spp.*, y actinomicetos. Se comprobó que, según la procedencia, los microorganismos presentan efectos heterogéneos en el desarrollo de las plantas. Se concluye que en cada piso altitudinal existen microorganismos benéficos de acuerdo a la especie vegetal, que su inoculación en el suelo incrementa el número de hojas, así como también favorece el desarrollo longitudinal, diametral y de raíces, de las plantas de fresa.

2.1.3. A Nivel Local:

En este ámbito, no sé a podido evidenciar investigaciones que precedan a mi estudio.

2.2. Bases teóricas

Habiéndose revisado investigaciones previas y teniendo una recopilación de bibliografías que se utilizarán, se desarrollará los conceptos teóricos analizando cada una de las variables para desarrollar el proyecto de investigación.

2.2.1. Qué se entiende sobre microorganismos efectivos (EM)

Se utiliza el término microorganismos efectivos (EM), para indicar cultivos mixtos específicos de microorganismos benéficos que son empleados como inoculantes microbianos y ha sido empleado en diferentes campos como la agricultura, industria animal, remediación ambiental, entre

otros desde la década del 80, y se encuentra en la actualidad ampliamente distribuida (Vásquez, 2017; Arias, 2010).

Hoyos et al. (2008) mencionan que los microorganismos eficientes o EM (del inglés Efficient Microorganism) son productos formulados líquidos que contienen más de 80 especies de microorganismos, algunas especies son aeróbicas, anaeróbicas e incluso especies fotosintéticas cuyo logro principal es que pueden coexistir como comunidades microbianas e incluso pueden completarse

Por otro lado, los llamados microorganismos efectivos o EM, es un cultivo mixto de bacterias fotosintéticas y productoras de ácido láctico, levaduras, actinomicetos y hongos fermentadores, el mismo que puede ser aplicado para incrementar la diversidad microbiana de los suelos y aumentar la calidad y la salud de los suelos, trayendo como consecuencia el incremento del crecimiento y rendimiento de los cultivos (Soriano, 2016; Himangini et al., 2019).

2.2.2. Componentes microbianos que contienen los EM

Los microorganismos eficientes se componen de cinco grupos microbianos fundamentales: bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetos y hongos filamentosos con capacidad fermentativa (Tanya y Leiva, 2019).

Las bacterias ácido lácticas (BAL)

Este grupo de bacterias incluye géneros como *Lactobacillus* (*L. plantarum*, *L. casei*) *Bifidobacterium*, *Lactococcus*, *Streptococcus* (*S. lactis*) y *Pediococcus*, que pueden ser aisladas a partir de alimentos fermentados, masas ácidas, bebidas, plantas y los tractos respiratorio, intestinal y vaginal de animales homeotérmicos entre otros (Tanya y Leiva, 2019). Son microorganismos que tienen aplicaciones en la fermentación de alimentos

como la leche, carne y vegetales para obtener productos como el yogur, quesos, encurtidos, embutidos, ensilados, bebidas y cervezas, entre otros (Torres et al., 2015). Son cocos o bacilos Gram positivos, no esporulados, no móviles, anaeróbicos, microaerofílicos o aerotolerantes; oxidasa, catalasa y benzidina negativas, carecen de citocromos, no reducen el nitrato a nitrito y producen ácido láctico como el único o principal producto de la fermentación de carbohidratos (Soto et al., 2017). Además, las BAL son ácido tolerante pudiendo crecer algunas a valores de pH tan bajos como 3, 2; otras a valores tan altos como 9,6; y la mayoría crece a pH entre 4 y 4,5. Estas características le permiten sobrevivir naturalmente en medios donde otras bacterias no lograrían sobrevivir (Souza et al., 2015). Desde el punto de vista bioecológico estas bacterias son microaerofílicas por ello se desarrollan bien en una atmósfera con un 5 % de CO₂. Son microorganismos de lento crecimiento muy dependiente de la temperatura, cuyo óptimo es de 30 °C. Pueden mostrar efecto antagónico frente a diferentes agentes fitopatógenos del suelo debido fundamentalmente a la disminución del pH, la producción de péptidos con actividad antimicrobiana como son bacteriosinas clase I y la nisina muy activa contra bacterias Gram positivas (Londoño et al., 2015).

Las bacterias fotosintéticas

Son un grupo de microorganismos autótrofos facultativos pertenecientes fundamentalmente a las especies *Rhodospseudomonas palustris* y *Rhodobacter sphaeroides*. Este grupo utiliza como fuente de energía la luz solar y la energía calórica del suelo y como fuente de carbono moléculas orgánicas producidas por los exudados de las raíces de las plantas (Su et al., 2017). La especie *R. palustris* es una bacteria capaz de producir aminoácidos, ácidos orgánicos, hormonas, vitaminas y azúcares (Feijoo, 2016). Por otra parte, *R. sphaeroides* es una bacteria que puede vivir tanto

en agua dulce como en agua de mar y muestra gran diversidad metabólica que incluyen litotrofismo, respiración aeróbica y anaeróbica, fijación de nitrógeno y síntesis de tetrapiroles, clorofilas, hemo y vitamina B12 (Tanya y Leiva, 2019).

Levaduras

Varias especies del género *Saccharomyces* conforman esta comunidad microbiana, aunque prevalece las especies *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis*. Estos microorganismos requieren como fuente de nitrógeno el amoníaco, la urea o sales de amonio y mezcla de aminoácidos. No son capaces de asimilar nitratos ni nitritos. Se utilizan en la preparación de los microorganismos eficientes capaces de utilizar diversas fuentes de carbono (glucosa, sacarosa, fructosa, galactosa, maltosa, suero hidrolizado y alcohol) y de energía. (Fayemi y Ojokh, 2014). Otros nutrientes requeridos por estos microorganismos es el fósforo que se puede administrar en forma de ácido fosfórico, magnesio (sulfato de magnesio), el calcio, el hierro, el cobre, el zinc, vitaminas del complejo B. Las levaduras sintetizan sustancias antimicrobianas a partir de azúcares y de aminoácidos secretados por bacterias fotosintéticas. Producen hormonas y enzimas que pueden ser utilizadas por las BAL. Como parte de su metabolismo fermentativo producen etanol el cual en elevadas concentraciones puede tener actividad antifúngica (Meena y Meena, 2017). *S. cerevisiae* es un microorganismo quimioorganótrofo, ya que requiere de compuestos orgánicos como fuente de energía y no requiere de luz solar para crecer. Es capaz de utilizar diferentes azúcares, siendo la glucosa la fuente de carbono preferida. Esta especie crece en condiciones de deficiencia de oxígeno. Durante esta condición ambiental, la glucosa es convertida en diferentes intermediarios como etanol, CO₂ y glicerol. Esto último se conoce como fermentación alcohólica, es ampliamente utilizado por la industria para

fermentar los azúcares presentes en diferentes granos como trigo, cebada y maíz (Gao et al., 2019).

Actinomicetes

Los actinomicetos destacan por su papel principal en la solubilización de la pared celular o componentes de las plantas, hongos e insectos. Por ello tienen gran importancia en el compostaje y en la formación de suelos. Algunas especies de actinomicetes pueden ser endófitos en tejidos vegetales. Como componentes de EM *Streptomyces albus* y *Streptomyces griseus* son las principales especies (Vurukonda et al., 2018). Son excelentes agentes de control biológico debido a su amplio repertorio para producir compuestos antifúngicos que inhiben el crecimiento micelial de varios hongos fitopatógenos (Chaurasia et al., 2018).

Hongos fermentadores

Dentro de los principales representantes de estos hongos encontramos a las siguientes especies: *Aspergillus oryzae* (Ahlburg) Cohn, *Penicillium* sp, *Trichoderma* sp y *Mucor hiemalis* Wehmer. *A. oryzae* es un hongo microscópico, aeróbico y filamentoso. Esta especie ha sido utilizada milenariamente en la cocina china, japonesa y de otros países de Asia Oriental especialmente para fermentar soja y arroz, aunque también se refiere actividad celulolítica. Varias especies del género *Penicillium* son excelentes degradadores de lignina y celulosa, muy comunes en los ecosistemas tropicales por su capacidad de secretar enzimas extracelulares, su adaptación a ambientes ácidos, y al estrés hídrico, su rápido crecimiento (El-Gendy et al., 2017).

Los hongos contribuyen con los procesos de mineralización del carbono orgánico del suelo; además una gran cantidad de los hongos son antagónicos de especies fitopatógenas. Los hongos poseen requerimientos

relativamente bajos de nitrógeno, lo cual les brinda una ventaja competitiva en la descomposición de materiales como la paja y la madera (Yang et al., 2017).

Las especies pertenecientes al género *Trichoderma* sp. se caracterizan por ser hongos saprófitos, que sobreviven en suelos con diferentes cantidades de materia orgánica, los cuales son capaces de descomponerla y en determinadas condiciones pueden ser anaerobios facultativos, lo que les permite mostrar una mayor plasticidad ecológica (Tanya y Leiva, 2019). Las especies de *Trichoderma* se encuentran presentes en todas las latitudes, desde las zonas polares hasta la ecuatorial. Esta distribución tan amplia y su plasticidad ecológica están estrechamente relacionadas con la alta capacidad enzimática que poseen para degradar sustratos, un metabolismo versátil y resistencia a inhibidores microbianos (Tanya y Leiva, 2019). Las especies de *Trichoderma* pueden ejercer diferentes mecanismos biocontroladores como: competencia por espacio y nutrientes, el micoparasitismo, la antibiosis y la inducción de resistencia (Horwath, 2017).

2.2.3. Aplicaciones agrícolas y propiedades funcionales que desempeñan los EM

2.2.3.1 Fijación Del Nitrógeno Atmosférico

Por fijación de nitrógeno se entiende al proceso mediante el cual los microorganismos (en simbiosis o de vida libre) reducen el N atmosférico (N^2) en amoníaco (NH^3), posteriormente este compuesto se transforma en otros compuestos nitrogenados que son útiles para las plantas como son el NH_4^+ (amonio) y el NO_3^- (nitrato) (Intagri, 2018). La fijación de nitrógeno atmosférico por parte de microorganismos tiene notable importancia ambiental e industrial relacionada con el incremento de la fertilidad y

productividad en los suelos, soporte de las plantas y las redes tróficas derivadas (López, 2016) y representa una alternativa a la fertilización nitrogenada, ya que puede disminuir efectos negativos a nivel medioambiental y sanitario ocasionados por los fertilizantes químicos de síntesis (Intagri, 2008).

Dentro de este consorcio de microorganismos fijadores de nitrógenos encontramos a dos grandes grupos: el primero representados por bacterias simbióticas (*Rhizobium*) (García et al., 2017) y el segundo por bacterias de vida libre (*Azotobacter*, *Azospirillum*, *Beijerinckia*, *Azoarcus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Bacillus*) (Grajo et al., 2017; Kakraliya y Singh, 2018)..

2.2.3.2 Descomposición de residuos orgánicos.

El compostaje es un proceso que consiste en la descomposición biológica de residuos sólidos (vegetales y animales), por medio de microorganismos que habitan en el entorno natural que transforma la materia orgánica en CO₂, energía térmica y materia orgánica estabilizada, rica en sustancias húmicas como producto final (Villegas et al., 2017).

El compostaje como proceso tiene como producto final la materia orgánica estabilizada, y su uso genera una ventaja porque mejora las propiedades físicas y químicas del suelo agrícola: favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua, por lo que se obtienen suelos más esponjosos y con mayor humedad, lo que se traduce en mejores condiciones para cultivos (González y Medina, 2014). No obstante, con el manejo inadecuado de la

descomposición de residuos orgánicos, se han registrado problemáticas sanitarias y ambientales, entre otras: presencia de cucarachas, roedores domésticos, moscas; emisión de anhídrido carbónico, metano, ésteres, alcoholes, cetonas, amoníaco, benceno, ácido sulfhídrico, etc., algunos causantes de olores nauseabundos; contaminación de alimentos por patógenos o parásitos, contaminación del suelo y aguas por lixiviados; exposición de los trabajadores a microorganismos y temperaturas altas temperaturas (Obiols, 2008, Yamiris y Gómez, 2004).

Un ejemplo importante es el abono tipo Bocashi, el cual es un abono fermentado en condiciones controladas, producto de un proceso de semi-descomposición aeróbica de residuos orgánicos por medio de poblaciones de microorganismos existentes en los propios residuos, que generan un material parcialmente estable capaz de suministrar nutrientes a las plantas y al mismo tiempo mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Tanya y Leiva, 2019).

2.2.3.3 Supresión De Agentes Fitopatógenos Del Suelo.

La utilización de poblaciones microbianas rizosféricas ha resultado ser eficiente en el control de nematodos del suelo que dañan a las plantas cultivadas. Estos microorganismos generan mejores condiciones de crecimiento, desarrollo y funcionamiento de procesos vitales de las plantas y los protegen de los agentes fitoparásitos. Los microorganismos eficientes se distribuyen en diferentes nichos en la zona de raíz y esta característica genera mayor competencia por espacio y nutrientes, limitando el desarrollo de especies fitopatógenas. Por otro lado, la actividad supresiva de los microorganismos eficientes se complementa

mediante la producción de compuestos con actividad antimicrobiana (antibióticos y compuestos antifúngicos), la producción de metabolitos, la producción de sideróforos, activación de sistemas antioxidantes en plantas, la inducción de resistencia, antibiosis, activación de genes de resistencia en plantas (Schlatter et al., 2017). Las asociaciones de microorganismos eficientes también pueden incrementar la disponibilidad de nutrientes para las plantas y propiciar el reciclaje de nutrientes en el suelo. Por otra parte, estos microorganismos son capaces de degradar agentes tóxicos como pesticidas, producir moléculas orgánicas simples que pueden ser tomadas por las plantas, formación de complejos con metales pesados lo cual limita la toma de estos por la planta (Tanya y Leiva, 2019).

2.2.3.4 Solubilización de fuentes de nutrientes poco solubles.

Debido a la fijación de los fertilizantes fosforados aplicados al suelo, se acumulan y provocan grandes reservas de fósforo de forma insoluble, y no pueden ser asimilados por la planta. Los microorganismos solubilizadores de fosfato disponen de diferentes mecanismos de solubilización como: la producción de ácidos orgánicos, que solubilizan dichos fosfatos insolubles en la zona rizosférica de las plantas. Los fosfatos solubles son absorbidos por la planta, lo cual mejora su performance en su crecimiento y productividad. Entonces, al utilizar esas reservas de fosfato presentes en los suelos, se disminuye la aplicación de fertilizantes sintéticos (Satyaprakash et al., 2017). Los microorganismos solubilizadores de fosfato pueden jugar un papel fundamental y práctico en la mejora de la reserva de fósforo en el suelo sin alterar negativamente la microflora del mismo. La

mayoría de los inoculantes microbianos desarrollados hasta la actualidad se utilizan para mejorar la producción de leguminosas, cereales, hortalizas y frutales con una demanda creciente. Actualmente para la formulación de los bioinoculantes solubilizadores de fósforo exige que posean otras características funcionales como la promoción del crecimiento vegetal (Satyaprakash et al., 2017).

2.2.4. Efectos de los microorganismos eficientes sobre la fisiología de la planta

2.2.4.1 Efectos sobre la nutrición y absorción del agua.

Es conocido el efecto positivo que tiene la aplicación de los microorganismos eficientes sobre la estimulación del desarrollo de las raíces y de la mejora en la nutrición de las plantas cultivadas por el incremento en profundidad y superficie del sistema radical que posibilita una mejor consecución del agua. También es conocido que existen una variedad de microorganismos que son responsables de la solubilización de nutrientes como fósforo y potasio, otros son capaces de fijar el N₂ atmosférico convirtiéndolos en formas asimilables para las plantas. (Aung et al., 2018).

2.2.4.2 Efectos Sobre La Tolerancia A Factores Estresantes.

Existen varias especies de Pseudomonas que al colonizar las raíces de las plantas o el interior del tejido pueden aliviar los efectos del estrés ambiental en la planta al ayudar a la asimilación de nutrientes por la planta, al regular los niveles de hormonas de las plantas, inducir la acumulación de osmolitos y antioxidantes,

también pueden regular o disminuir la expresión de los genes relacionados con el crecimiento de las plantas (Vacheron et al., 2013).

2.2.4.3 Efectos sobre la fotosíntesis.

Las bacterias rizosféricas son capaces de incrementar la tasa fotosintética de las plantas debido al incremento en la conductancia estomática y una mayor eficiencia fotoquímica fundamentalmente bajo situaciones de estrés abiótico. Algunas bacterias mejoran la asimilación del CO₂, incrementan la eficiencia de carboxilación, aumentan el contenido de clorofila y la tasa aparente de transporte de electrones. Asimismo, se ha informado que las rizobacterias protegen la integridad fotoquímica de los fotosistemas, al evitar una presión energética excesiva sobre centros de reacción particularmente del fotosistema II (Olanrewaju et al., 2017).

2.2.5. Aplicaciones agrícolas de los microorganismos eficientes

Varios autores han propuesto la implementación de tecnologías limpias a través del uso de microorganismos con efectos benéficos. Para que la acción de los microorganismos sea eficiente se debe conocer los requerimientos ambientales, entre ellos se consideran la humedad, temperatura y pH. Por otro lado, existe mayor diversidad de microorganismos en ambientes de pH neutro entre valores de 6 a 8 y con temperaturas entre 15 y 45 °C. (Tanya y Leiva, 2019).

Uso en las plantas: inducen mecanismos de eliminación de insectos y enfermedades en las plantas, puesto que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades, consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades, incrementa el crecimiento, calidad y

productividad de los cultivos, y promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas. Incrementa la capacidad de fotosíntesis a través de un mayor desarrollo foliar (Haney et al., 2015).

Uso en semilleros: existe un aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico, aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas (Tanya y Leiva, 2019).

2.2.6. Aplicaciones agrícolas de los microorganismos eficientes

Varios autores han propuesto la implementación de tecnologías limpias a través del uso de microorganismos con efectos benéficos. Para que la acción de los microorganismos sea eficiente se debe conocer los requerimientos ambientales, entre ellos se consideran la humedad, temperatura y pH. Por otro lado, existe mayor diversidad de microorganismos en ambientes de pH neutro entre valores de 6 a 8 y con temperaturas entre 15 y 45 °C. (Tanya y Leiva, 2019).

Uso en las plantas: inducen mecanismos de eliminación de insectos y enfermedades en las plantas, puesto que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades, consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades, incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos, y promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas. Incrementa la capacidad de fotosíntesis a través de un mayor desarrollo foliar (Haney et al., 2015).

Uso en semilleros: existe un aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico, aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas (Tanya y Leiva, 2019).

El uso de los microorganismos eficientes en la agricultura está condicionada por la zona, las características y calidad del suelo del suelo, las condiciones climáticas, las técnicas de cultivo y la forma de riego, entre otros factores; con la aplicación de microorganismos benéficos el suelo retiene más agua, lo que implica una mejora de los cultivos que incrementan su resistencia al estrés hídrico en épocas de sequía o en suelos más arenosos; dicha mejora viene dada tanto por el incremento de materia orgánica en el suelo, reduciendo la porosidad, como consecuencia de la actividad microbiana, como por el equilibrio iónico, favoreciendo así la interacción de las cargas superficiales de la estructura física del suelo con las cargas iónicas del agua (Toalombo, 2012).

2.2.7. Datos básicos del cultivo de café

2.2.6.1 Origen del café

El café (*Coffea arábica*), originalmente crecía en las mesetas de Etiopía, de ahí pasó a Yemen entre los siglos XIII y XIV, a la Guayana Holandesa en el siglo XVIII, posteriormente a las Antillas, Sumatra y a la isla de Reunión. Fue introducida al Brasil en 1727 y a fines del siglo XVIII se encontraba distribuida en toda América Central y México (Cuba, 2006).

Según Barrientos (2011) el café es originario de África de las regiones de Etiopía, Kenia y Tanzania, donde las primeras

plantaciones estaban ubicadas entre los 1.200 a 1.800 metros de altura, a Bolivia fue traído por los españoles en la época de la colonia.

2.2.6.2 Taxonomía del café

La clasificación taxonómica del café según (Alvarado y Rojas, 1994).

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Sub-División: Angiospermae
Clase: Magnoliata
Sub-clase: Asteridae
Orden: Rubiales
Familia: Rubiaceae
Género: Coffea
Especie: arábica

2.2.6.3 Características morfológicas del café

El café es un arbusto perenne, con una altura que varía de dos a seis metros, pudiendo llegar hasta diez metros en estado silvestre. La copa presenta forma cilíndrica con un tallo vertical, de donde salen ramificaciones horizontales. Las hojas adultas son de coloración verde oscura, brillante, de forma elíptica, bordes ondulados, nervios secundarios de poca profundidad. Las inflorescencias se desarrollan en las axilas foliares y originan hasta cuatro flores, en una estructura llamada glómulo. Los frutos presentan un formato oblongo, de coloración amarilla o roja en la

maduración, con dos semillas envueltas por una membrana denominada pergamino (Carvalho, 2008).

- **Raíz**

La raíz principal del café es pivotante, porque nace de una semilla con numerosas raíces secundarias. La parte más importante son las raicillas, que son las encargadas de absorber el agua y los nutrientes para la planta (Cuba, 2006). Según FNC (2010) la raíz penetra verticalmente hasta 50 cm de profundidad.

- **Tallo**

El tallo no es ramificado (recto) y desarrolla verticalmente. La corteza es color rojizo al inicio y cuando empieza a lignificarse el tallo adulto se convierte en color gris, los más flexibles son los de la especie arábica (Cuba, 2006).

El café presenta dos tipos de crecimiento: Ortotrópico, cuando crece verticalmente comprende el tallo principal y chupones y Plagiotrópico cuando crece en forma horizontal que comprenden las ramas primarias, secundarias y terciarias. En los nudos del tallo principal se desarrollan diversos tipos de yemas, las que originan las ramas primarias y los chupones (FNC, 2010).

- **Hojas**

Las hojas son opuestas de forma elíptica, peciolo corto, coriáceas, verde brillante en el haz, algo más pálida en el envés y con nervaduras salientes. El color y tamaño varía según las especies, los bordes son ondulados, están rodeados por dos estípulas agudas que crecen en los nudos del tallo (Cuba, 2006).

- **Flores**

Las flores son hermafroditas, gamopétalas y gamosépalas,

se insertan en las axilas de las hojas de las ramas plagiotrópicas. La inflorescencia se compone en grupos de cuatro flores sobre el glomérulo, existiendo de 3 a 5 de ellos en la base de cada hoja. El total de flores por axila varía de 2 a 16, el color de los pétalos es blanco y el pistilo es tubular, con dos lóculos donde crecen las semillas (Cuba, 2006).

- **Fruto**

El fruto es una drupa con dos semillas generalmente son planoconvexas, se forma como resultado de la unión del grano de polen con el óvulo, luego de la fecundación la semilla se llena de un tejido verde claro y acuoso, el cual se va endureciendo a medida que avanza la maduración del fruto, varía entre 28 a 32 semanas de acuerdo a la temperatura del lugar de la plantación y la variedad, adquiriendo una forma ovoide con un pedúnculo (Cuba, 2006). Según Barrientos (2011) los frutos son bayas de tamaño pequeño, están formado por la cascara o epicarpio, la pulpa o mesocarpio, el pergamino o endocarpio que cubre la almendra, el embrión y la almendra o endospermo.

2.2.6.4 Requerimientos de suelo en el cultivo de café

Los mejores suelos para el café son los de textura, franco – arenoso, con un buen balance de agua y aire en los cuales la permeabilidad es moderada, también debe tener una buena profundidad efectiva (80cm de profundidad), y buen porcentaje de materia orgánica (8 % mínimo). Al cafeto no le convienen suelos con valores de la acidez por debajo de 5 o por encima de 5.5, pues se dificulta la nutrición del cultivo. Los elementos nutritivos que el cafeto requiere en mayor cantidad son: Nitrógeno, Fósforo y Potasio y en menor cantidad Calcio, Magnesio, Azufre, Hierro, Zinc, Manganeso, Boro, Cobre. La carencia de alguno de estos

nutrimentos afecta el normal crecimiento y desarrollo de la plantación cafetera al igual que su producción potencial, tanto en calidad como en cantidad de café. (Villano, 2021).

2.2.6.5 Requerimientos climáticos del cultivo de café

Fotoperiodo: La inducción de la formación de botones florales o diferenciación floral, depende del fotoperiodo o duración del día; esto es, hay plantas que solamente florecen cuando se presentan días cortos; otras en presencia de días largos, y en otras la floración ocurre indiferentemente a la duración del día. Para la floración del cafeto se requieren días cortos, con un fotoperiodo crítico de 13.5 horas de brillo solar, por lo cual, en Perú, este factor no es limitante por presentar todo el año días con un número menor de 13.0 de duración (Alvarado, 2016).

Temperatura: El óptimo de temperatura media del aire para el cultivo de café arábico se encuentra entre 18 y 22 °C. Cuando las temperaturas son superiores a 23.0 C y ocurre un periodo seco en la época de floración se produce aborto floral, lo cual ocasiona una drástica reducción de la producción. Las temperaturas inferiores a 18 °C promueven el crecimiento vegetativo (exuberancia de la planta), reducción en la diferenciación floral y, como consecuencia, baja productividad (Alvarado, 2016).

Necesidades de agua: Cuando se dispone de agua de riego, una buena gestión es esencial para ahorrar agua sin perjudicar el rendimiento del cultivo. Además, determinar el momento exacto para efectuar el riego es uno de los pasos claves en racionalizar el agua. Estimados exactos de necesidades de agua en el café son muy importantes como falta de agua puede reducir significativamente el desarrollo de la planta sin que muestre

síntomas de marchitez u otro síntoma visible (Yara, 2021). Sin embargo, en las condiciones de nuestro país, el cultivo de café depende básicamente de las precipitaciones pluviales que oscilan desde 700 a 3000 mm; sin embargo, más que la cantidad, más importante es la distribución de las precipitaciones en función del ciclo de la planta. Por encima de los 3000 mm y humedades relativas superiores al 85 % pueden traer como consecuencia problemas fitosanitarios. El mejor café se produce en aquellas áreas que se encuentran en altitudes de 1200 a 1700 metros, donde la precipitación pluvial anual es de 2000 a 3000 mm y la temperatura media anual es de 16° a 22°. Podemos decir que el cultivo requiere una lluvia (o riego) abundante y uniformemente distribuida desde comienzos de la floración hasta finales del verano (Noviembre – Septiembre) para favorecer el desarrollo del fruto y de la madera. En otoño sin embargo es conveniente un período de sequía que induzca la floración del año siguiente (Alvarado, 2016).

2.2.6.6 Características de la variedad Caturra Amarilla

La variedad caturra es el resultado de una mutación natural de la variedad Borbón, la cual tiene una mutación de un solo gen que causa que la planta crezca más pequeño, el proceso de selección para Caturra fue llamado selección masal, lo que significa que un grupo de individuos son seleccionados en base a su rendimiento superior, las semillas de estas plantas se agrupan para formar una nueva generación, y luego se repite el proceso, la variedad nunca fue liberada en Brasil, pero se ha vuelto común en Centroamérica. Es una planta compacta con un buen potencial de rendimiento y de calidad estándar y susceptible a la roya (World Coffee Research, 2018).

2.3. Formulación de hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

- La aplicación de microorganismos eficientes influye en la producción de plántulas de café (*Coffea arábica* L.)

2.3.2. Hipótesis específicas:

- Las dosis de EM tienen efectos diferentes en el crecimiento de plantas de café a nivel de almácigo en condiciones de vivero.
- Las dosis de EM tienen efectos diferentes en el desarrollo de plantas de café a nivel de almácigo en condiciones de vivero.
- Las dosis de EM tienen efectos diferentes en el peso de las plántulas de café a nivel de almácigo en condiciones de vivero.

2.4. Variables e indicadores

2.4.1. Variable dependiente

- Microorganismos eficientes.

2.4.2. Variable independiente

- Plántulas de café.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Material vegetal

Para el desarrollo del experimento se utilizó semilla botánica de café de la variedad “Caturra amarillo” cosechado en la campaña anterior de un campo seleccionado perteneciente a la Asociación de Agricultores Agroecológicos y Orgánicos Nuevo Posuzo.

3.1.2. Material de escritorio y campo

- 01 escritorio
- 01 silla
- 01 computadora
- 01 impresora
- 01 balanza de precisión
- 01 millar de papel bond A-4
- 01 tablero de campo
- 3000 tubetes (contenedores de sustrato)
- 01 pico
- 01 lampa
- 01 cinta métrica (wincha)
- 10 estacas de madera x 50 cm
- 01 rollo de cordel
- 14 kg de yeso
- 20 m² de malla raschell (60 % de sombreado)
- 05 soportes metálicos de la malla de sombreado
- 01 regadera
- 01 machete
- 01 cilindro x 200 L

3.1.3. Insumos

- 0.6 m³ de sustrato (0.3 m³ de suelo agrícola + 0.3 m³ de materia orgánica)

- Agua de riego
- Semillas de café
- Solución de microorganismos benéficos

3.2. Métodos

3.2.1. Métodos de investigación

Para el presente trabajo de investigación se utilizó el método inductivo, el mismo que sugiere obtener conclusiones generales a partir de premisas particulares.

3.2.2. Lugar de experimentación

El experimento se desarrolló en el vivero de la Asociación de Productores Agroecológicos y Orgánicos Nuevo Posuzo, ubicado en la carretera marginal Satipo- Mazamari km 4.8, Río Negro-Satipo-Junín en el periodo de setiembre del 2020 a febrero del 2021.

3.2.3. Características geográficas del campo experimental

Altitud: 628 msnm

Longitud: 74° 42' 00" Oeste

Latitud: 11° 15' 00" Sur

3.2.4. Características climáticas

Clima tropical lluvioso entre los meses de diciembre a marzo y una temperatura que varía a lo largo del año entre los 15°C a unos 32°C.

3.2.5. Características edáficas

En el lugar de experimentación el suelo es clasificado en el orden Ultisol. Son desarrollados y estables, de coloración roja o amarilla, presentan perfil con horizontes bien definidos, siendo característica la constitución del horizonte C por arcillas pesadas. Son de pobre fertilidad natural por presentar pH fuertemente ácido, con poco o nada de calcio, bajos niveles de CIC y alta saturación de aluminio, limitando la capacidad nutricional para la mayoría de cultivos comerciales como maíz, arroz y soya, aun cuando puedan tener altos contenidos de materia orgánica. Los niveles de nitrógeno disponible de estos suelos son bajos por lo que para su uso se requiere de aplicación de enmiendas (cal o dolomita).

3.2.6. Preparación de la semilla

Las semillas de café fueron uniformizadas por tamaño y fueron desinfectadas antes de su siembra.

3.2.7. Preparación de la almaciguera

Con una profundidad de 10 cm, de lados 1.0 y 3.0 m respectivamente se preparó el almacigo que contuvo únicamente arena de río lavada.

3.2.8. Siembra de las semillas en el almácigo

Previamente humedecido la arena del río del almácigo, se colocó las semillas a una profundidad de 2.5 cm y densidad aproximada de 1000 por metro cuadrado. Los riegos fueron permanentes de acuerdo a los requerimientos de humedad. Las plántulas permanecieron en el almácigo aproximadamente durante 45 días, luego del cual fueron repicados a los tubetes.

3.2.9. Preparación del sustrato

Se utilizó una mezcla homogénea de suelo agrícola y materia orgánica en una proporción de 1:1, antes de realizar la mezcla, se procedió a obtener una muestra del suelo agrícola para su análisis de rutina en el laboratorio. Luego de la homogenización del sustrato, se procedió a un proceso de desinfección por el método de solarización.

3.2.10. Preparación de los tubetes

Los tubetes utilizados tuvieron las siguientes características: de capacidad de 168 cm³, color negro, de diámetro en la parte superior igual a 10 cm, en la parte inferior igual a 16 cm y con una altura de 25 cm aproximadamente. Los tubetes fueron llenadas con el sustrato hasta 2 cm antes del borde.

3.2.11. Colocación de las plántulas en el tubete

Se colocaron una plántula por tubete a una profundidad aproximada de 2.5 cm. Una vez terminada el trasplante se procedió a regarlas hasta capacidad de campo con agua de río, utilizando la regadera manual. La aplicación del agua de riego se realizó con una frecuencia de 3 días. Las plántulas

permanecieron en el tubete aproximadamente durante 60 días, los mismos que fueron trasplantadas al terreno definitivo.

3.2.12. Aplicación de los tratamientos

En la fase de crecimiento de las plantas en los tubetes, se aplicó los tratamientos que constituyen la investigación:

3.2.13. Diseño experimental

Para la ejecución del experimento se utilizó el diseño completamente al azar, con 5 tratamientos y 4 repeticiones; para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey a un 95 % de confianza. El diseño estadístico tuvo las siguientes características:

Modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}, i = 1, 2, 3 \quad \text{y } j = 1, 2, 3, 4$$

Donde:

Y_{ij} = Observación correspondiente al i-ésimo tratamiento de la j-ésima repetición. μ = Media general

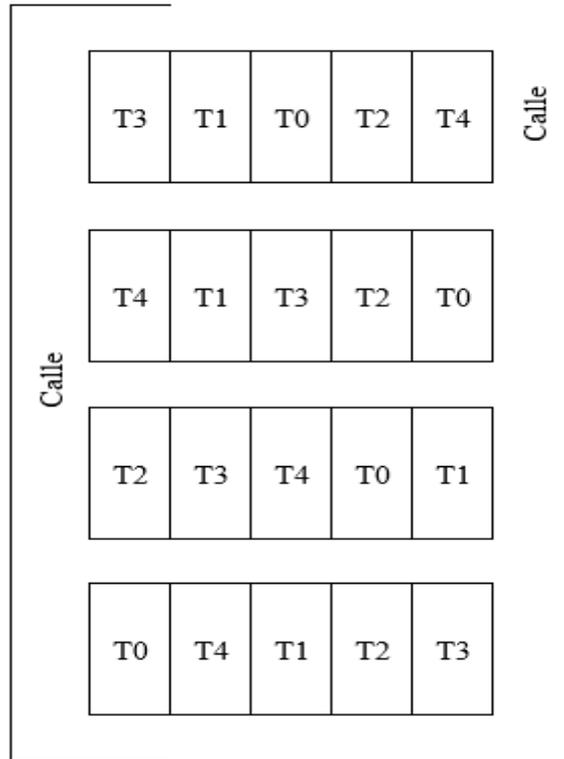
T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

E_{ijk} = Efecto del error experimental atribuido al tratamiento i-ésimo, de la j-ésima repetición

Tratamientos:

T0: 0 ml de EM activado T1: 50 ml de EM activado T2: 100 ml de EM activado T3: 150 ml de EM activado T4: 200 ml de EM activado.

3.2.14. Croquis experimental



3.3. Tipo de investigación

El trabajo de investigación es considerado de tipo experimental. Este tipo de investigación se basó en la manipulación de variables (dosis de EM activado) en condiciones de vivero, replicando un fenómeno concreto y observando el grado en que las variables implicadas y manipuladas produjeron un efecto determinado (características biométricas del café).

3.4. Nivel de investigación

Por el nivel de conocimiento generado, el trabajo de investigación es considerado de nivel aplicado, toda vez que en base a los resultados de experimentación se pudo realizar recomendaciones prácticas a los agricultores.

3.5. Población, muestra y muestreo.

3.5.1. Población

Estuvo constituida por 20 plantas por cada unidad experimental.

3.5.2. Muestra

Para la evaluación de las variables se utilizó 10 plantas por cada tratamiento en cada unidad experimental. Los datos se obtuvieron de muestras

aleatorizadas, de manera que la muestra de la cual se obtuvieron fue representativa de la realidad.

3.5.3. Muestreo

Se utilizó el muestreo aleatorio simple, el mismo que indica que cada planta en la unidad experimental tuvo la misma posibilidad de ser elegido e incluido en la muestra.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnica de recolección de datos

Se utilizó la técnica de observación experimental, en condiciones relativamente controladas por el investigador. Para lo cual se evaluará los siguientes parámetros:

- **Germinación (%):** Con una frecuencia de 10 días a partir de 30 dds, se contó el número total de plantas emergidas por cada tratamiento y en relación al total de plantas sembradas y por regla de tres simple se expresó la germinación en porcentaje.
- **Número de hojas verdaderas:** En 10 plantas tomadas al azar de cada unidad experimental, se contó el número de hojas de cada plántula, aproximadamente a los 120 días post siembra en el germinador. Los resultados se expresan en promedio.
- **Diámetro de tallo (cm):** En 10 plantas tomadas al azar de cada unidad experimental, se midió el diámetro del tallo de cada plántula a dos cm por encima del cuello de la raíz, aproximadamente a los 120 días post siembra en el germinador. Los resultados se expresan en promedio.
- **Altura de planta (cm):** Con una frecuencia de 30 días, en 10 plantas tomadas al azar de cada unidad experimental se midió la altura de plantas desde el cuello de la planta, hasta el ápice de la yema terminal. Los resultados se expresan en promedio.
- **Longitud de raíz (cm):** En 10 plantas tomadas al azar de cada unidad experimental, se midió la longitud de raíz de cada plántula, aproximadamente a los 120 días post siembra en el germinador. Los

resultados se expresan en promedio.

- **Índice de vigor:** Se midió observando todo el grupo de plantas correspondientes a un tratamiento determinado. Se usó una escala que va de 1 a 5 y donde el valor más bajo corresponde a plantas poco desarrolladas y el más alto a plantas sanas y de buen desarrollo (Romero et al., 2000).
- **Peso fresco (g):** Se pesó la planta completa (parte aérea) en una balanza analítica sin la raíz desnuda de 10 plantas seleccionadas al azar de cada tratamiento, aproximadamente a los 120 días post siembra en el germinador. Los resultados se expresan en promedio
- **Peso seco (g).**- Se realizó en el Laboratorio de Fitotecnia de la Universidad Nacional del Centro del Perú - Sede Río Negro en Satipo. Las muestras de 10 plantas tomadas al azar de cada tratamiento, se secaron en estufa a 75 °C y durante 48 horas, tiempo tras el cual fueron pesadas en una balanza analítica.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Se utilizarán entre otros instrumentos, vernier, regla de precisión, contómetro, balanza de precisión, etc.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.7.1. Técnicas de procesamiento

Para el procesamiento de datos se utilizó herramientas y programas estadísticos de Excel, Infostat y R.

3.7.2. Técnicas de análisis de datos

Las variables evaluadas al final del trabajo, se sometieron a un análisis de varianza, y prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), utilizando el paquete estadístico R.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Germinación

En la Tabla 1 se presenta el análisis de varianza del porcentaje de germinación de plántulas de café a los 30 días después de la siembra (dds) por efecto de los niveles de aplicación de microorganismos eficaces. En el cual se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos se ha detectado diferencias estadísticas significativas. También se muestra el coeficiente de variación (CV = 10,74 %) que según Calzada (1983) es considerado de bueno.

Tabla 1 Análisis de varianza del porcentaje de germinación de plántulas de café a los 30 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.

Fuente de Variación	SC	GL	CM	FC	FT	Sig
Tratamientos	7,93	4	1,98	5,53	2,90	*
Error	4,41	12	0,36			
Total	14,31	19				

$X = 31,80$ $S = 0,6$ $CV = 10,74\%$

Fuente de Variación	SC	GL	CM	FC	FT	Sig
Tratamientos	7,93	4	1,98	5,53	2,90	*
Error	4,41	12	0,36			
Total	14,31	19				

$X = 31,80$ $S = 0,6$ $CV = 10,74\%$

X = Promedio

S = Desviación estándar

CV = Coeficiente de variación

¹ = Datos transformados (\sqrt{x})

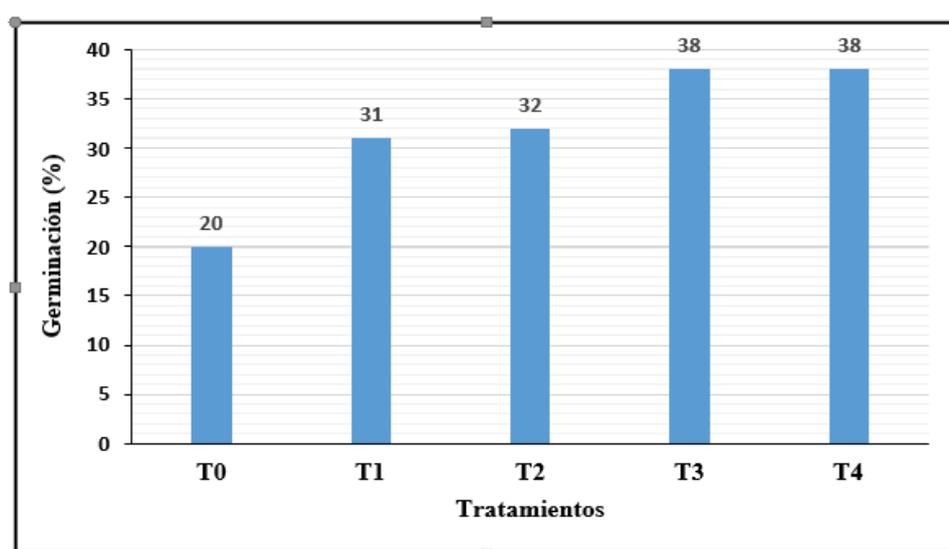
dds = Días después de la siembra

En la Tabla 2 se presenta la comparación de promedios del porcentaje de germinación de plántulas de café a los 30 dds por efecto de microorganismos benéficos (EM).

Tabla 2 Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) del porcentaje de germinación de plántulas de café a los 30 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM).

Orden Mérito	Tratamiento	Germinación (%)	Significación
1	T3	38,00	A
2	T4	38,00	A
3	T2	32,00	A B
4	T1	31,00	A B
5	T0	20,00	B
Promedio general		31,80	

Gráfico 1 Porcentaje de germinación de plántulas de café a los 30 dds.



En la Tabla 3 se presenta el análisis de varianza del porcentaje de

germinación de plántulas de café a los 60 días después de la siembra (dds) por efecto de los niveles de aplicación de microorganismos eficaces. En el cual se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos se ha detectado diferencias estadísticas significativas.

Tabla 3 También se muestra el coeficiente de variación (CV = 6,21 %) que según Calzada (1983) es considerado de muy bueno.

Fuente de Variación	SC	GL	CM	FC	FT	Si g.
Tratamientos	3,6 2	4	0,90	4,76	2,90	*
Error	2,2 8	12	0,19			
Total	6,1 6	19				

X = 49,6

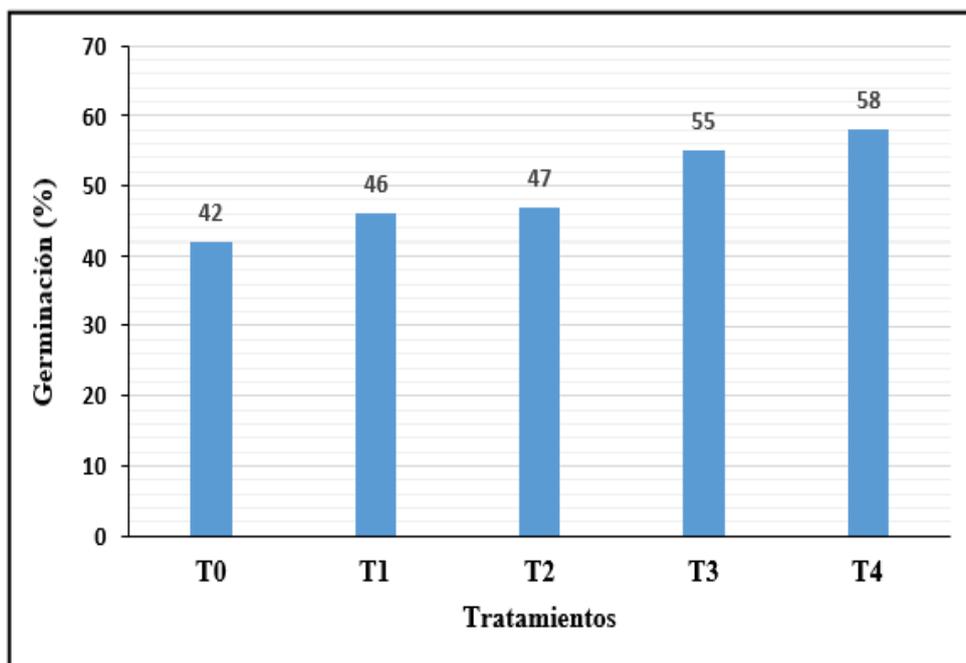
S =
0,44

CV = 6,21
%

Tabla 4 Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) del porcentaje de germinación de plántulas de café a los 60 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM)

Orden Mérito	Tratamiento	Germinación (%)	Significación
1	T4	58,00	A
2	T3	55,00	A B
3	T2	47,00	A B
4	T1	46,00	A B
5	T0	42,00	B
Promedio general		49,6	

Gráfico 2 Porcentaje de germinación de plántulas de café a los 60 dds.



En la tabla 5 se presenta el análisis de varianza del porcentaje de germinación de plántulas de café a los 90 días después de la siembra (dds) por efecto de los niveles de aplicación de microorganismos eficaces. En el cual se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos se ha detectado diferencias estadísticas significativas. También se muestra el coeficiente de variación ($CV = 5,75 \%$) que según Calzada (1983) es considerado de muy bueno.

Tabla 5 Análisis de varianza del porcentaje de germinación de plántulas de café a los 90 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.

Fuente de Variación	SC	GL	CM	FC	FT	Sig.
Tratamientos	2,47	4	0,62	2,38	2,90	NS
Error	3,12	12	0,26			
Total	6,98	19				

$X = 78,80$

$S = 0,51$

$CV = 5,75 \%$

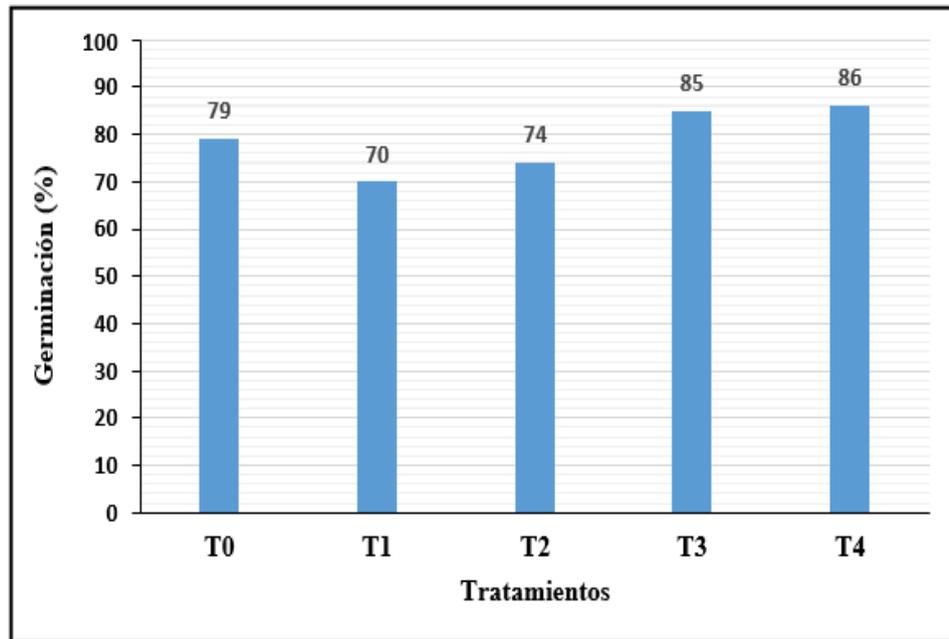
En la Tabla 6 se presenta la comparación de promedios del porcentaje

de germinación de plántulas de café a los 90 dds por efecto de microorganismos benéficos (EM).

Tabla 6 comparación de promedios del porcentaje de germinación de plántulas de café a los 90 dds por efecto de microorganismos benéficos (EM).

Orden Mérito	Tratamiento	Germinación (%)	Significación
1	T4	86,00	A
2	T3	85,00	A
3	T0	79,00	A
4	T2	74,00	A
5	T1	70,00	A
Promedio general		78,80	

Gráfico 3 Porcentaje de germinación de plántulas de café a los 90 dds.



En la Tabla 7 se presenta el análisis de varianza del porcentaje de germinación de plántulas de café a los 120 días después de la siembra (dds) por efecto de los niveles de aplicación de microorganismos eficaces. En el cual se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos se ha detectado diferencias estadísticas significativas. También se muestra el

coeficiente de variación (CV = 2,11 %) que según Calzada (1983) es considerado de muy bueno.

Tabla 7 Análisis de varianza del porcentaje de germinación de plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.

Fuente de Variación	SC	GL	CM	FC	FT	SIG.
Tratamientos	0,19	4	0,05	1,11	2,90	NS
Error	0,50	12	0,04			
Total	0,89	19				

X = 94,4

S =
0,20

CV = 2,11
%

En la Tabla 8 se presenta la comparación de promedios del porcentaje de germinación de plántulas de café a los 120 dds por efecto de microorganismos benéficos (EM).

Tabla 8 Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) del porcentaje de germinación de plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM)

Orden Mérito	Tratamiento	Germinación (%)	Tasa de incremento (%)
1	T4	96,00 a	5,00
2	T1	96,00 a	5,00
3	T3	95,00 a	4,00
4	T2	94,00 a	3,00
5	T0	91,00 a	
Promedio general		94,40	

Gráfico 4 Porcentaje de germinación de plántulas de café a los 120 dds.

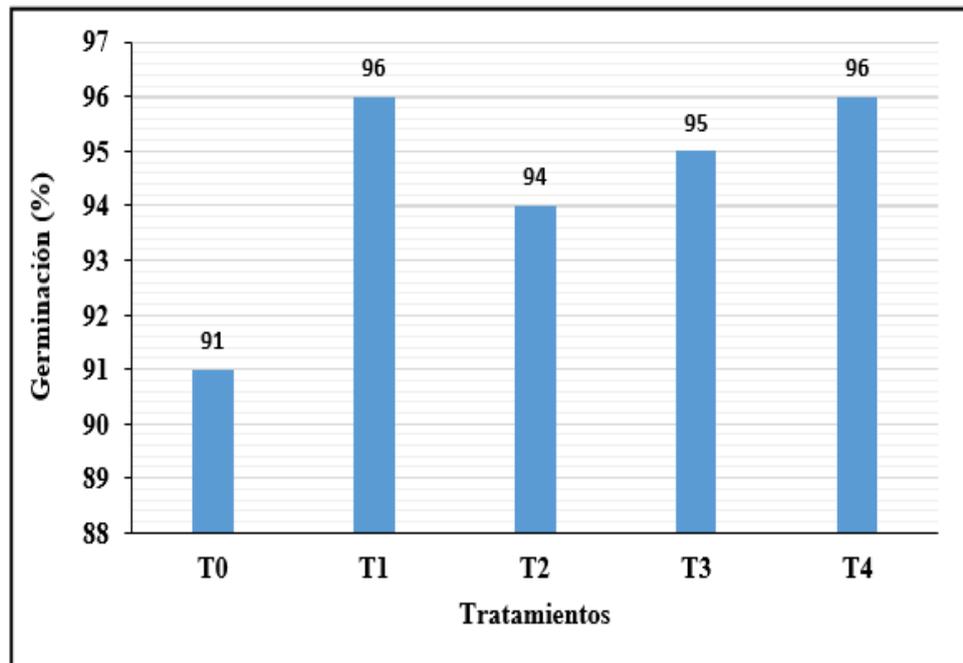
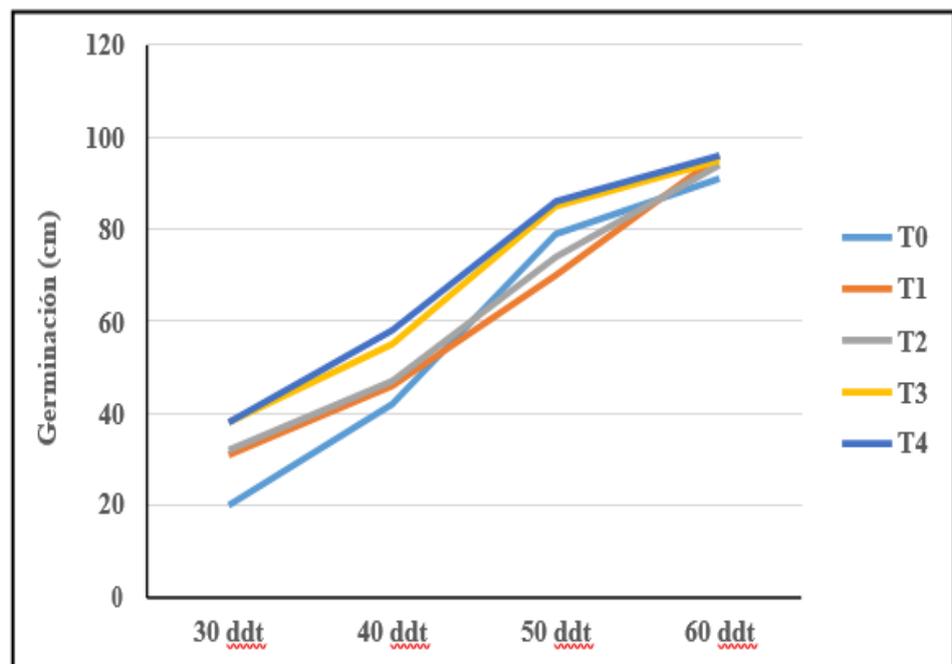


Gráfico 5 Ritmo de germinación de plántulas de café hasta 60 días dd. por efecto de las diferentes dosis de microorganismos eficaces.



4.1.2. Alturas de plantas (cm)

En la Tabla 9 se presenta el análisis de varianza de la altura de plántulas de café (cm) a los 30 días después del trasplante (dds) por efecto de los niveles

de aplicación de microorganismos eficaces. En el cual se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos se ha detectado diferencias estadísticas significativas. También se muestra el coeficiente de variación (CV = 8,90 %) que según Calzada (1983) es considerado de muy bueno.

Tabla 9 Análisis de varianza de la altura de plantas (cm) de plántulas de café a los 30 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.

Fuente de Variación	SC	GL	CM	FC	FT	Si g.
Tratamientos	1,11	4	0,28	5,42	2,90	*
Error	0,62	12	0,05			
Total	1,85	19				

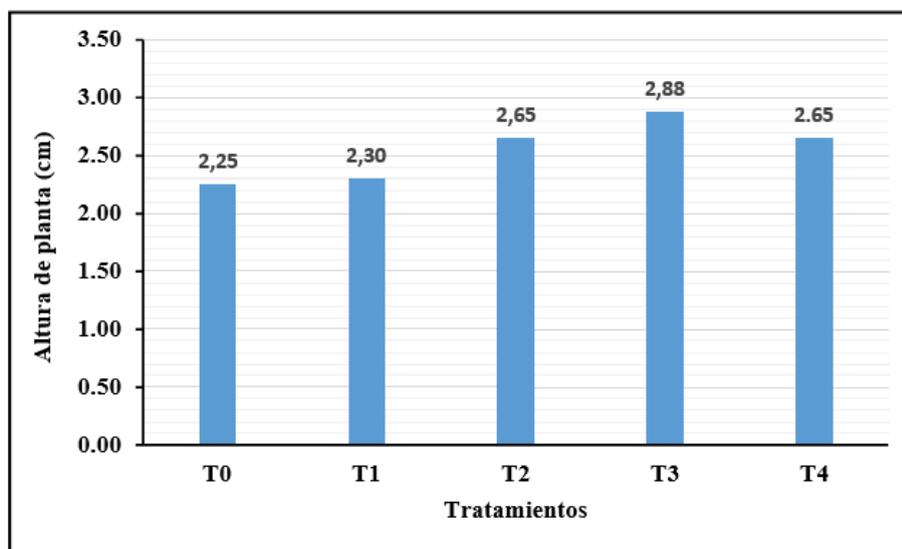
$$X = 2,55 \qquad S = 0,2 \qquad CV = 8,90 \%$$

En la Tabla 10 se presenta la comparación de promedios de la altura de plántulas de café (cm) a los 30 dds por efecto de microorganismos benéficos (EM).

Tabla 10 Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) de la altura de plántulas de café (cm) a los 30 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM)

Orden Mérito	Tratamiento	Altura de planta (cm)	Significación
1	T3	2,88	A
2	T4	2,65	A B
3	T2	2,65	A B
4	T1	2,30	B
5	T0	2,25	B
Promedio general		2,5,5	

Gráfico 6 Altura de plántulas de café por efecto de las dosis de microorganismos eficaces, a los 30 dds.



En la Tabla 11 se presenta el análisis de varianza de la altura de plántulas de café (cm) a los 60 días después de la siembra (dds) por efecto de los niveles de aplicación de microorganismos eficaces. En el cual se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos se ha detectado diferencias estadísticas significativas. También se muestra el coeficiente de variación (CV = 11,67 %) que según Calzada (1983) es considerado de muy bueno.

Tabla 11 Análisis de varianza de la altura de plantas (cm) de plántulas de café a los 60 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.

Fuente de Variación	SC	GL	C M	F C	FT	SI G
Tratamientos	9,28	4	2,32	4,25	2,90	*
Error	6,55	12	0,55			
Total	17,14	19				

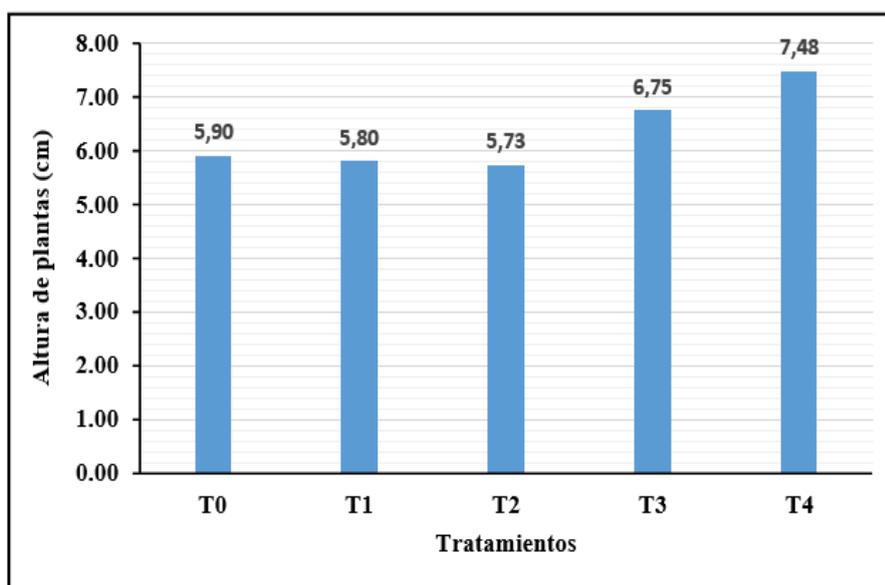
$$X = 6,33 \quad S = 0,74 \quad CV = 11,67 \%$$

En la Tabla 12 se presenta la comparación de promedios de la altura de plántulas de café (cm) a los 60 dds por efecto de microorganismos benéficos (EM).

Tabla 12 Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) de la altura de plántulas de café (cm) a los 60 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM)

Orden Mérito	Tratamiento	Altura de planta (cm)	Significación
1	T4	7,48	A
2	T3	6,75	A B
3	T0	5,90	A B
4	T1	5,80	B
5	T2	5,73	B
Promedio general		6,33	

Gráfico 7 Altura de plántulas de café por efecto de las dosis de microorganismos eficaces, a los 60 dds.



En la Tabla 13 se presenta el análisis de varianza de la altura de plántulas de café (cm) a los 90 días después de la siembra (dds) por efecto de los niveles de aplicación de microorganismos eficaces. En el cual se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos se ha detectado diferencias estadísticas significativas. También se muestra el coeficiente de variación (CV = 8,84 %) que según Calzada (1983) es considerado de muy bueno.

Tabla 13 Análisis de varianza de la altura de plantas (cm) de plántulas de café a los 90 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.

Fuente de Variación	SC	GL	C M	FC	FT	SI G.
Tratamientos	7,9 4	4	1,9 9	3,7 4	2, 90	*
Error	6,3 7	12	0,5 3			
Total	17, 55	19				

$$X = 8,24$$

$$S = 0,73$$

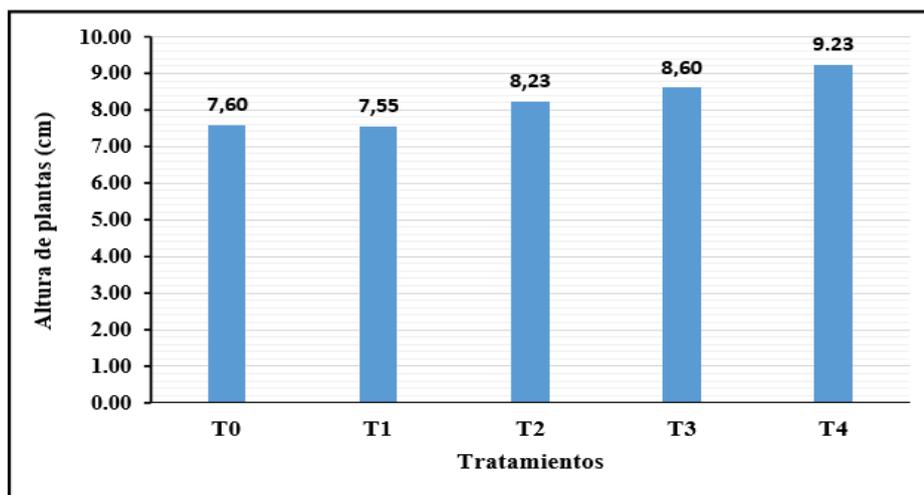
$$CV = 8,84 \%$$

En la Tabla 14 se presenta la comparación de promedios de la altura de plántulas de café (cm) a los 90 dds por efecto de microorganismos benéficos (EM).

Tabla 14 Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) de la altura de plántulas de café (cm) a los 90 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM)

Orden Mérito	Tratamiento	Altura de planta (cm)	Significación
1	T4	9,23	A
2	T3	8,60	A B
3	T2	8,23	A B
4	T0	7,60	A B
5	T1	7,55	B
Promedio general		8,24	

Gráfico 8 Altura de plántulas de café por efecto de las dosis de microorganismos eficaces, a los 90 dds.



En la Tabla 15 se presenta el análisis de varianza de la altura de plántulas de café (cm) a los 120 días después de la siembra (dds) por efecto de los niveles de aplicación de microorganismos eficaces. En el cual se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos se ha detectado diferencias estadísticas significativas. También se muestra el coeficiente de variación (CV = 9,17 %) que según Calzada (1983) es considerado de muy bueno.

Tabla 15 Análisis de varianza de la altura de plantas (cm) de plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.

Fuente de Variación	SC	GL	CM	FC	F T	SI G.
Tratamientos	34,14	4	8,53	5,27	2,90	*
Error	19,45	12	1,62			
Total	60,96	19				

$$X = 13,89$$

$$S = 1,27$$

$$CV = 9,17 \%$$

En la Tabla 16 se presenta la comparación de promedios de la altura de plántulas de café (cm) a los 120 dds por efecto de microorganismos benéficos

(EM).

Tabla 16 Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) de la altura de plántulas de café (cm) a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM).

Orden Mérito	Tratamiento	Altura de planta (cm)	Tasa de incremento respecto al Testigo (%)
1	T4	15,13 a	23,13
2	T3	14,75 a	21,15
3	T2	14,73 a	21,05
4	T1	13,23 a b	12,09
5	T0	11,63 b	
Promedio general		13,89	

Gráfico 9 Altura de plántulas de café por efecto de las dosis de microorganismos eficaces, a los 120 dds.

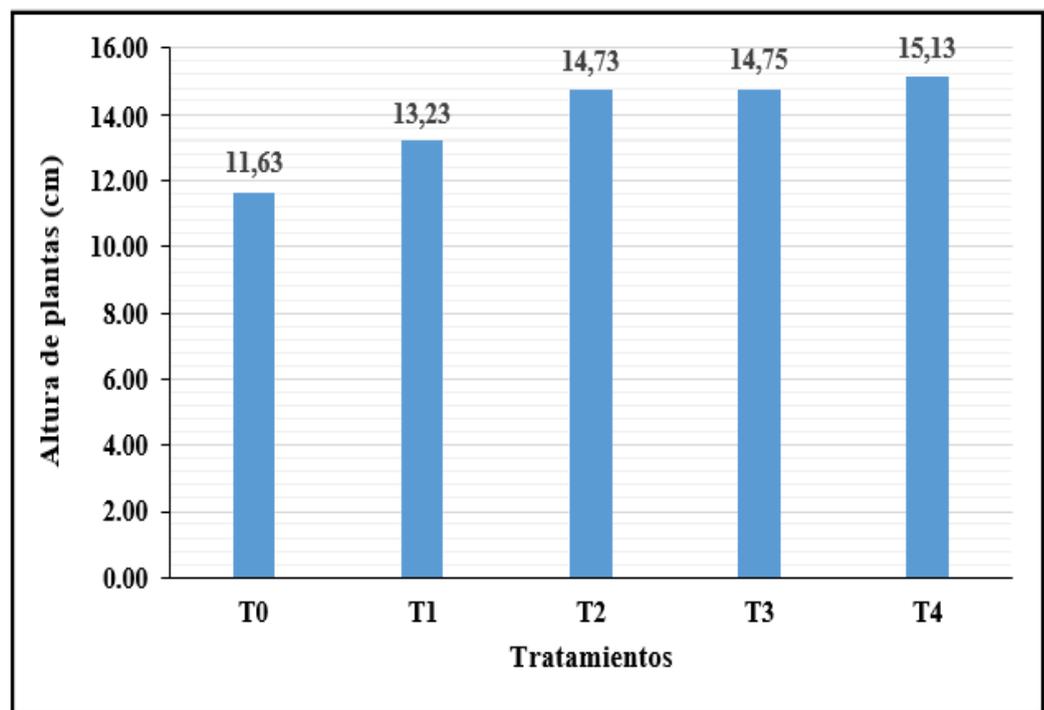
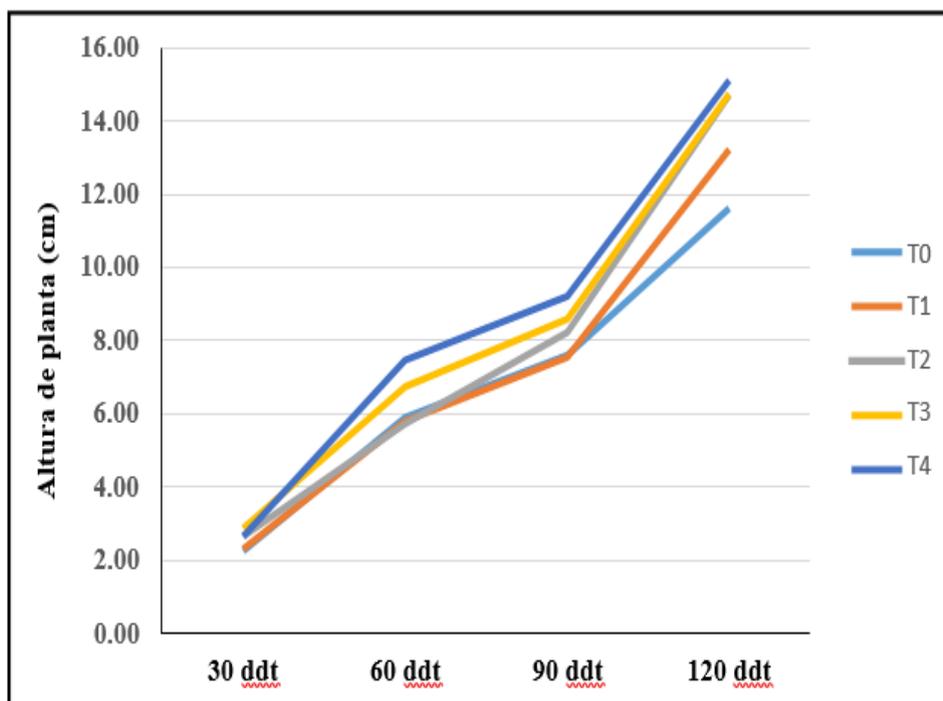


Gráfico 10 Ritmo de crecimiento de plántulas de café hasta 60 dds, por efecto de las dosis de microorganismos eficaces.



4.1.3. Diámetro de tallos

En la Tabla 17 se presenta el análisis de varianza del diámetro de tallos de plántulas de café (cm) a los 120 días después de la siembra (dds) por efecto de los niveles de aplicación de microorganismos eficaces. En el cual se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos se ha detectado diferencias estadísticas significativas. También se muestra el coeficiente de variación (CV = 5,67 %) que según Calzada (1983) es considerado de muy bueno.

Tabla 17 Análisis de varianza del diámetro de tallos (mm) de plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95

Fuente de Variación	SC	GL	CM	FC	FT	SIG
Tratamientos	1,5 0	4	0,3 8	11,7 5	2,9 0	*
Error	0,3 8	12	0,0 3			
Total	5,2 4	19				

X = 3,16

S =
0,17

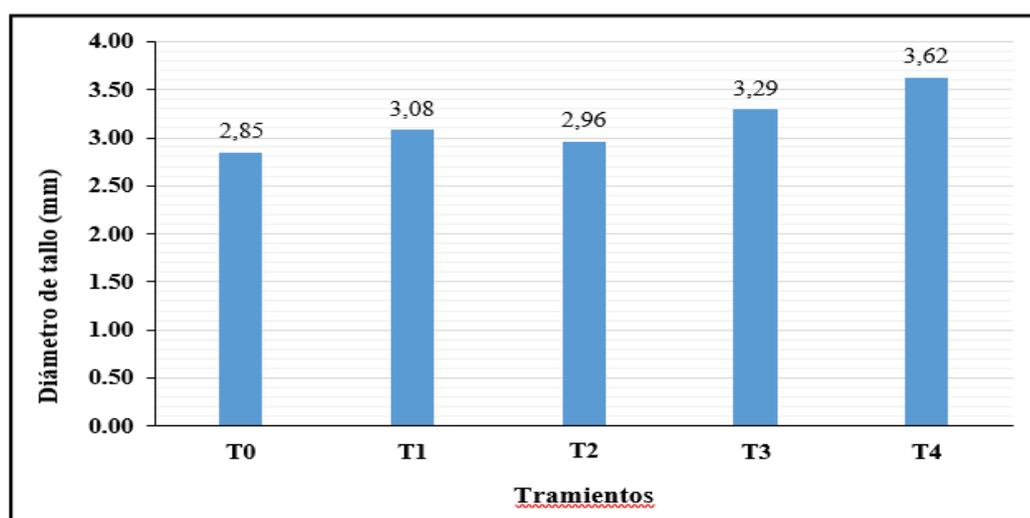
CV = 5,67 %

En la Tabla 18 se presenta la comparación de promedios del diámetro de tallos de plántulas de café (cm) a los 120 dds por efecto de microorganismos benéficos (EM).

Tabla 18 Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) del diámetro de tallos (mm) de plántulas de café (cm) a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM).

Orden Mérito	Tratamiento	Diámetro de tallos (mm)	Tasa de incremento (%)
1	T4	3,62 a	21,27
2	T3	3,29 a b	13,37
3	T1	3,08 b c	7,47
4	T2	2,96 b c	3,72
5	T0	2,85 c	
Promedio general		3,16	

Gráfico 11 Diámetro de tallo (mm) de plántulas de café por efecto de las dosis de microorganismos eficaces, a los 120 dds.



4.1.4. Número de hojas

En la Tabla 19 se presenta el análisis de varianza del número de hojas de plántulas de café (cm) a los 120 días después de la siembra (dds) por efecto de los niveles de aplicación de microorganismos eficaces. En el cual se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos se ha detectado diferencias estadísticas significativas. También se muestra el coeficiente de variación (CV = 7,32 %) que según Calzada (1983) es considerado de muy bueno.

Tabla 19 Análisis de varianza del número de hojas por plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.

Fuente de Variación	SC	G L	C M	FC	FT	SI G.
Tratamientos	7,78	4	1,9 4	5,01	2,90	*
Error	4,66	12	0,3 9			
Total	31,6 9	19				

$$X = 8,52$$

$$S =$$

$$CV = 7,32 \%$$

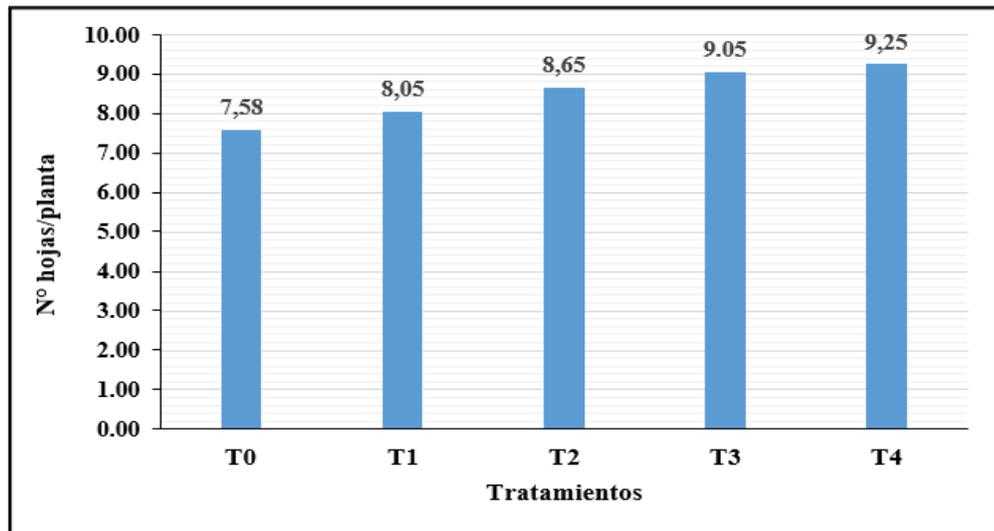
En la Tabla 20 se presenta la comparación de promedios del diámetro de tallos de plántulas de café (cm) a los 120 dds por efecto de microorganismos benéficos (EM).

Tabla 20 Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) del número de hojas por plántula de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM).

Orden Mérito	Tratamiento	Número de Hojas/planta	Tasa de incremento (%)
1	T4	9,25 a	18,05
2	T3	9,05 a	16,24
3	T1	8,65 a b	12,37
4	T2	8,05 a b	5,84
5	T0	7,58 b	

Promedio general	8,52
------------------	------

Gráfico 12 Numero de hojas/plántulas de café por efecto de las dosis de microorganismos eficaces, a los 120 dds.



4.1.5. Longitud de raíz

En la Tabla 21 se presenta el análisis de varianza de la longitud de raíz de plántulas de café (cm) a los 120 días después de la siembra (dds) por efecto de los niveles de aplicación de microorganismos eficaces. En el cual se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos se ha detectado diferencias estadísticas significativas. También se muestra el coeficiente de variación (CV = 7,25 %) que según Calzada (1983) es considerado de muy bueno.

Tabla 21 Análisis de varianza de la longitud de raíz (cm) de plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.

Fuente de Variación	SC	GL	CM	FC	FT	SI G.
Tratamientos	1,86	4	0,47	2,9 3	2,90	*
Error	1,91	12	0,16			
Total	5,68	19				

$$X = 5.50$$

$$S = 0.40$$

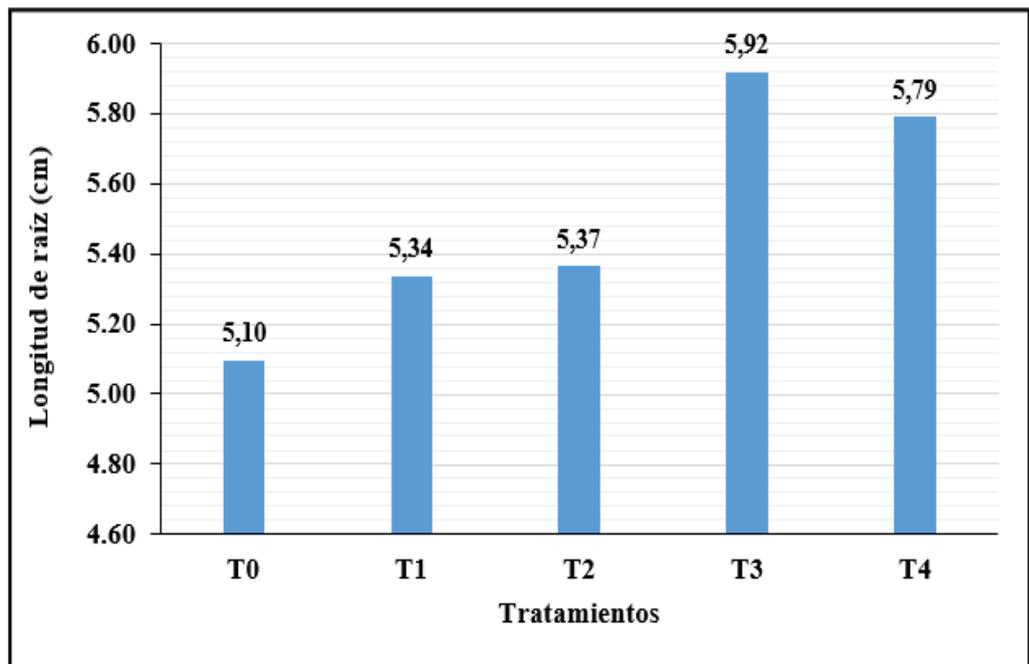
$$CV = 7.25 \%$$

En la Tabla 22 se presenta la comparación de promedios de la longitud de raíz de plántulas de café (cm) a los 120 dds por efecto de microorganismos benéficos (EM).

Tabla 22 Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) de la longitud de raíz (cm) de plántula de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM).

Orden Mérito	Tratamiento	Longitud de raíz (cm)	Tasa de incremento (%)
1	T3	5,92	13,85
2	T4	5,79	11,92
3	T2	5,37	5,03
4	T1	5,34	4,49
5	T0	5,10	
Promedio general		5,50	

Gráfico 13 Longitud de raíz (cm) de plántulas de café por efecto de las dosis de microorganismos eficaces, a los 120 dds.



4.1.6. Índice de vigor de plantas

En la Tabla 23 se presenta el análisis de varianza del índice de vigor de

plántulas de café a los 120 días después de la siembra (dds) por efecto de los niveles de aplicación de microorganismos eficaces. En el cual se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos se ha detectado diferencias estadísticas significativas. También se muestra el coeficiente de variación (CV = 3,83 %) que según Calzada (1983) es considerado de excelente.

Tabla 23 Análisis de varianza del índice de vigor de plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.

Fuente de Variación	SC	GL	CM	FC	FT	SI G.
Tratamientos	2,38	4	0,59	37,7 0	2,9 0	*
Error	0,19	12	0,02			
Total	2,76	19				

X = 3,28

S =
0,14

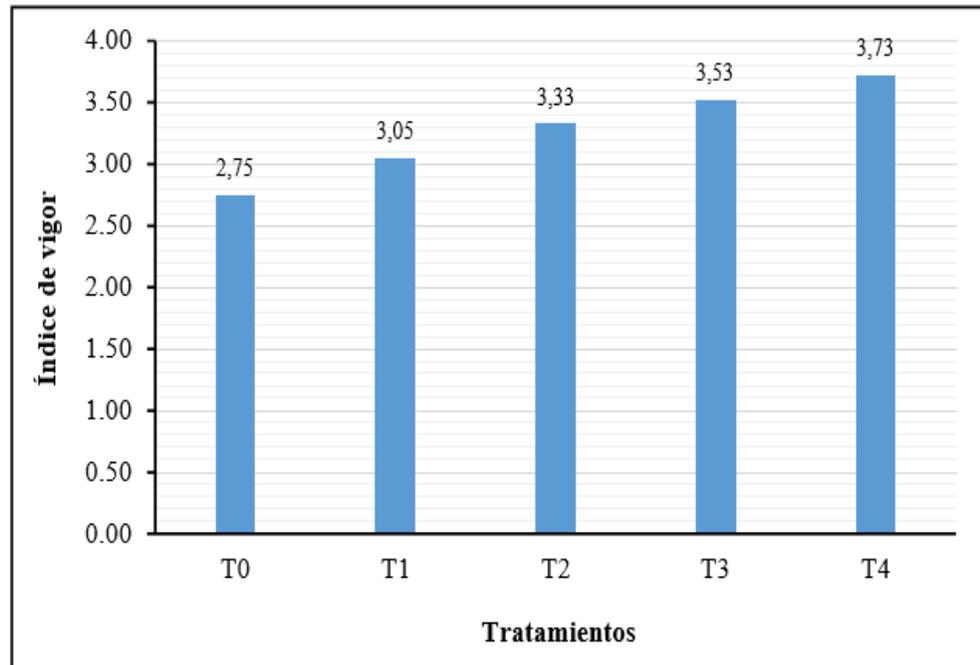
CV = 3,83 %

En la Tabla 24 se presenta la comparación de promedios del índice de vigor de plántulas de café a los 120 dds por efecto de microorganismos benéficos (EM).

Tabla 24 Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) del índice de vigor de plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM).

Orden Mérito	Tratamiento	Índice de vigor	Tasa de incremento (%)
1	T4	3,73 a	35,64
2	T3	3,53 a b	28,36
3	T2	3,33 b c	21,09
4	T1	3,05 c	10,91
5	T0	2,75 d	
Promedio general		3,28	

Gráfico 14 Índice de vigor de plántulas de café por efecto de las dosis de microorganismos eficaces, a los 120 dds.



4.1.7. Peso fresco de plantas

En la Tabla 25 se presenta el análisis de varianza del peso fresco (g) de plántulas de café a los 120 días después de la siembra (dds) por efecto de los niveles de aplicación de microorganismos eficaces. En el cual se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos se ha detectado diferencias estadísticas significativas. También se muestra el coeficiente de variación (CV = 6,37 %) que según Calzada (1983) es considerado de muy bueno.

Tabla 25 Análisis de varianza del índice de vigor de plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.

Fuente de Variación	SC	GL	CM	FC	FT	SI G.
Tratamientos	2,32	4	0,58	3,7 9	2,90	*
Error	1,84	12	0,15			
Total	5,49	19				

$$X = 6,15$$

$$S = 0,39$$

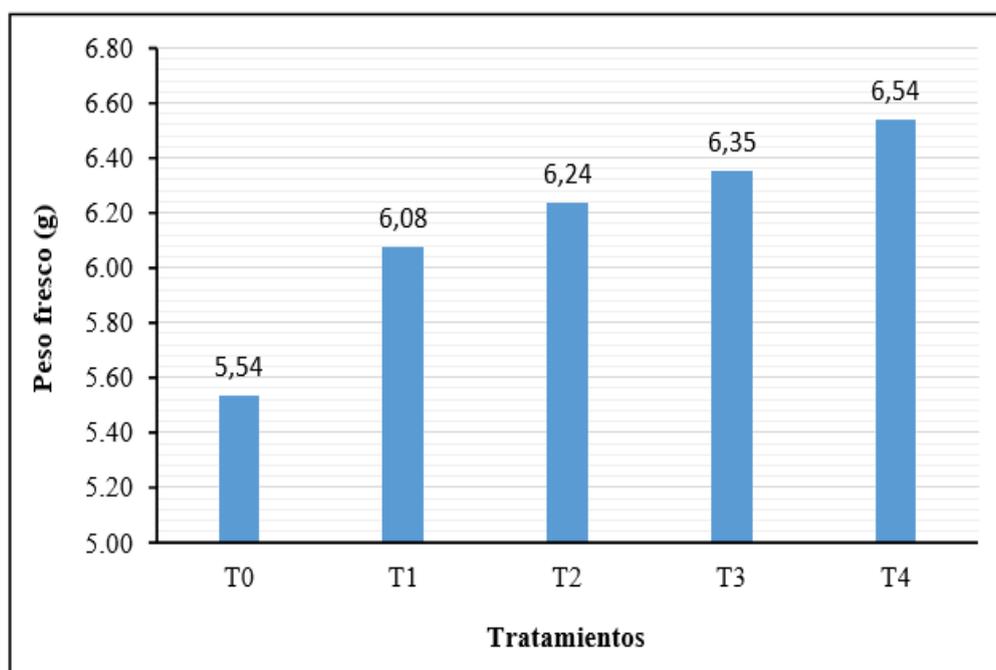
$$CV = 6.37 \%$$

En la Tabla 26 se presenta la comparación de promedios del peso fresco de la parte aérea de plántulas de café (g) a los 120 dds por efecto de microorganismos benéficos (EM).

Tabla 26 Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) del peso fresco de la parte aérea de plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM).

Orden Mérito	Tratamiento	Peso fresco (parte aérea) (g)	Tasa de incremento (%)
1	T4	6,54 a	18,05
2	T3	6,35 a b	14,62
3	T2	6,24 a b	12,64
4	T1	6,08 a b	9,75
5	T0	5,54 b	
Promedio general		6,15	

Gráfico 15 Peso fresco de la parte aérea (g) de plántulas de café por efecto de las dosis de microorganismos eficaces, a los 120 dds.



4.1.8. Peso seco de plantas

En la Tabla 27 se presenta el análisis de varianza del peso seco (g) de plántulas de café a los 120 días después de la siembra (dds) por efecto de los niveles de aplicación de microorganismos eficaces. En el cual se puede apreciar que para la fuente de variación de tratamientos se ha detectado diferencias estadísticas significativas. También se muestra el coeficiente de variación (CV = 2,70 %) que según Calzada (1983) es considerado de excelente.

Tabla 27 Análisis de varianza del peso seco de la parte aérea (g) de plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM), al 95 % de confianza.

Fuente de Variación	SC	GL	CM	FC	FT	SI G.
Tratamientos	0,11	4	0,03	7,68	2,90	*
Error	0,04	12	3,5x10 ⁻³			
Total	0,60	19				

$$X = 2,19$$

$$S = 0,14$$

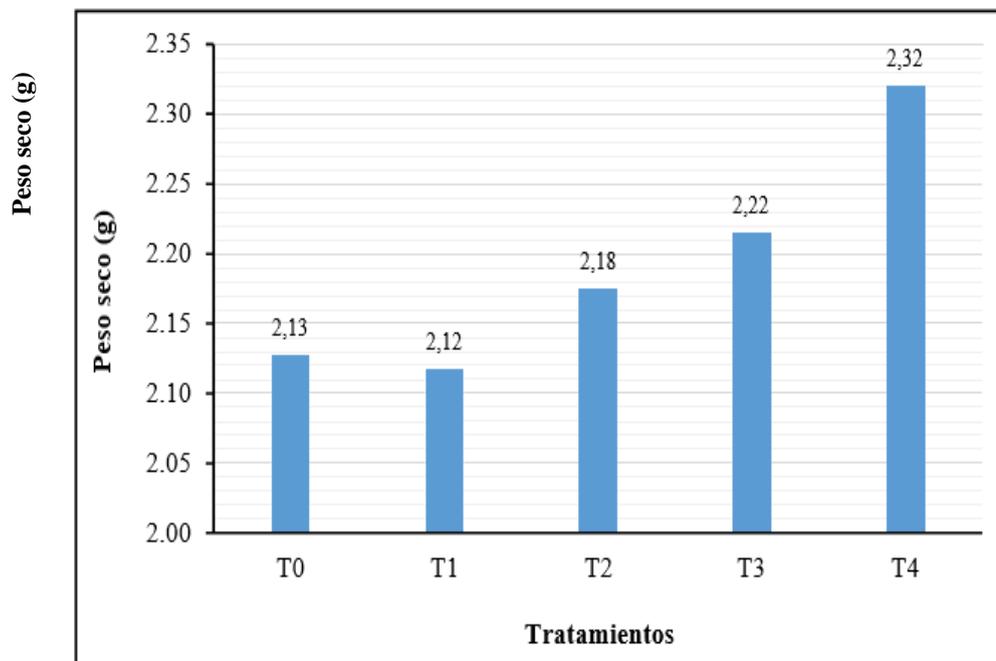
$$CV = 2,70 \%$$

En la Tabla 28 se presenta la comparación de promedios del peso seco (g) de plántulas de café a los 120 dds por efecto de microorganismos benéficos (EM).

Tabla 28 Comparación de promedios (Tukey, $\alpha = 0,05$) del peso seco (parte aérea) de plántulas de café a los 120 dds por efecto de los niveles de microorganismos benéficos (EM).

Orden Mérito	Tratamiento	Peso seco (parte aérea) (g)	Tasa de incremento (%)
1	T4	2,32 a	9,43
2	T3	2,22 a b	4,72
3	T2	2,18 b	2,83
4	T0	2,13 b	0,47
5	T1	2,12 b	
Promedio general		2,19	

Gráfico 16 Peso seco de la parte aérea (g) de plántulas de café por efecto de las dosis de microorganismos eficaces, a los 120 dds.



4.2. Discusión de resultados

4.2.1. Germinación (%)

En condiciones de campo no se considera que la germinación ha finalizado hasta que se produce la emergencia y desarrollo de una plántula normal (concepto agronómico). Entre los factores que afecta el proceso de germinación está la humedad del suelo, el mismo que en escasez producirá una emergencia de plántulas lenta y desuniforme. Arias (2010), Luna y Mesa (2016) mencionan que los EM promueven la germinación de las semillas. Estos bioproductos según Toalombo (2012) y Morocho y Leiva (2019), mejoran la vitalidad y viabilidad de las semillas por su efecto hormonal similar al del ácido giberélico, de allí la importancia que existe en la disminución del tiempo medio de la germinación de las semillas de café. Los resultados (Tabla 1 y 3) del análisis de varianza para la germinación de plántulas de café indican que a los 30 y 40 ddt, las diferentes dosis de microorganismos eficientes (EM) produjeron porcentajes de germinación estadísticamente diferentes. Siendo a los 40 ddt que el Tratamiento 4 (200 ml

de EM) presentó el mayor porcentaje de germinación para este periodo (58,0 %) y el Testigo (0 ml de EM) produjo el menor porcentaje de germinación (42,0 %) (Tabla 4). Para los periodos de 50 y 60 ddt, se uniformizó el proceso de germinación, alcanzando valores superiores al 90,0 %, por lo que no se detectaron diferencias significativas por efecto de los tratamientos (Tabla 5 y 7). Resultados similares fueron reportados por Fernández (2015), quién al evaluar el efecto de bacterias promotoras de crecimiento en los primeros 40 días después de la siembra de semillas, observó que las cepas mencionadas presentaron diferencias significativas en la germinación de semillas del cafeto, en contraste a la prueba control sin inocular, alcanzando el mayor porcentaje de germinación las cepas FN205 y PS118 con 66,7% y 65,7% respectivamente. Contrariamente, Ferrás et al (2020) al evaluar el efecto de lactofermentos en la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de café, no encontró diferencias significativas en la viabilidad y el tiempo medio de germinación de las semillas en ambas campañas; sin embargo, cuando estas fueron embebidas con este bioproducto al 6% hubo una tendencia a mejorar estos indicadores.

4.2.2. Alturas de plantas /cm)

Castañeda (1997), indica que la altura de planta es un indicador del grado de desarrollo de la parte aérea, por lo que presenta fuerte correlación con número de hojas y superficie foliar. El análisis de varianza de la altura de plantas a los 120 ddt (Tabla 15) indica que al 95 % de probabilidad existe diferencias estadísticas entre tratamientos, y la prueba de comparación de promedios (Tabla 16) produjeron dos grupos. Resultados similares fueron reportados por Montes y Anaya (2019), quienes encontraron que la altura de planta fue homogénea en los diferentes tratamientos y el análisis de varianza detecto diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,05$) entre tratamientos para algunas etapas de evaluación. También reportaron que al realizar la prueba de promedios de Duncan ($p=0,05$) detectaron dos grupos, siendo las plantas más altas, los tratamientos T1, T3 y T4. Escalante (2011), de los resultados del análisis de variancia aplicado a los tratamientos en estudio, dedujo que existen diferencias altamente significativas ($\alpha = 0,01$), entre los tratamientos en altura de tallo a los 126,

156 y 186 días después de la siembra. En promedio general, los tratamientos produjeron una altura de plantas de 13,89 cm. Los tratamientos T4, T3, T2 y T1 produjeron las mayores alturas de planta con 15.13, 14.75, 14.73 y 13.23 cm y que superaron en 23,13, 21,15, 21,05 y 12,09 % respectivamente al testigo (Tabla 16). Al respecto, Garza et al. (2016), en suelos con baja fertilidad, con inoculantes micorrizicos (IM) encontraron efecto benéfico en la nutrición, crecimiento y producción de granos de café y que en promedio (32,8 %) las plantas tratadas fueron más altas que los testigos. Finalmente, Alvares y Damiao (2018) al evaluar la altura de las plántulas de café, los tratamientos 3 y 5 superan estadísticamente al control. También refieren que cuando las plántulas de café fueron inoculadas con el pool de microorganismos, estas presentaron mejores características anatómicas después de 16 semanas de establecidas en el vivero (32,8 % más altas que las del control). En este caso, con la aplicación de EM a las 18 semanas, obtuvieron un incremento de altura en las posturas del 27 y 19,4

% para los tratamientos 3 y 5 respectivamente; este resultado lo compara con lo expuesto por Higa y Parr (1994) al destacar la acción de diferentes sustancias activas (producidas por los EM) que promueven el crecimiento de los cultivos e inducen a las plantas a utilizar sus recursos para incrementar el número de hojas y crecer en altura.

4.2.3. Diámetro de tallo (mm)

Samaniego (2006), indica que el diámetro es una medida de la robustez del plantón. De la Tabla 17 se desprende que el grosor de tallos de plántulas de café se vio afectado significativamente por efecto de los microorganismos. Resultados similares fueron reportados por Escalante (2011) donde observó diferencias de medias altamente significativas entre tratamientos, es decir que estadísticamente son diferentes los promedios que obtuvo en diámetro de tallos entre tratamientos. De acuerdo a los valores obtenidos de 14,41%, 16,58% y 11,51% a los 126, 156 y 186 días después de la siembra. También menciona que el coeficiente de variabilidad (CV) que obtuvo indica muy buena homogeneidad de los resultados experimentales. Sin embargo, Alvares y Damiao (2018) no encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos que estudió. Al comparar los promedios por efecto de los

tratamientos (Tabla 18) se evidenció que los tratamientos T4, T3, T1 y T2 en orden decreciente estimularon en 21,27, 13,37, 7,47 y 3,72 % el engrosamiento de tallos respetivamente al comparar con el testigo. Al respecto, Gonzales et al (2015) al evaluar el efecto de Bioenraiz como estimulante de la germinación y el desarrollo de plántulas de cafeto, evidenciaron que a la concentración más baja se diferenciaron de lo alcanzado en el control e indujo mayor diámetro del tallo y se alcanzaron valores que, aunque menores de los obtenidos con 200 ml/L del biopreparado superaron al control.

4.2.4. Número de hojas

Del resultado del análisis de varianza (Tabla 19) se desprende que hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Resultados similares fueron reportados por Calero et al. (2019b) al evaluar microorganismos eficientes y vermicompost en pepino y refieren que para el número de hojas por planta fue significativamente ($p = 0,05$) superior con la aplicación de EM100 individual, sin diferencias estadísticas a la aplicación individual de VL100, pero sí mostró una alta significancia en relación con las variantes EM200, VL200, EM+VL (100) y el tratamiento control. De la Tabla 20 se desprende que los tratamientos T4 con 18,05 %, T3 con 16,24 %, T1 con 12,37 % y T2 con 5,84 % incrementaron el número de hojas por planta respecto al testigo. Resultados similares fueron reportados por Calero et al (2019b), en la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en las variedades Amalia, Rilia, Seen-2, con la inoculación a las semillas con microorganismos eficientes, logrando incrementos en el diámetro del tallo, la altura, el número de hojas y disminución del ciclo de producción en comparación a los tratamientos individuales y al control sin aplicación. Al respecto Ravindran et al (2016) refieren que estos incrementos en el número de hojas respecto al tratamiento control alcanzado por la aplicación del bioproducto EM, se pudo deber a que los microorganismos del suelo desempeñan un papel importante en diferentes transformaciones químicas en los suelos, que influyen en la disponibilidad de macro y micronutrientes para las plantas.

4.2.5. Longitud de raíz (cm)

El análisis de varianza de la longitud de raíz de plántulas de café a los 120 ddt (Tabla 21) indica que al 95 % de probabilidad no existe diferencias estadísticas entre tratamientos, y en la prueba de comparación de promedios (Tabla 22) se confirma estos resultados. Sin embargo, las diferencias numéricas encontradas permiten estimar el incremento en la longitud de la raíz por efecto de los tratamientos respecto al tratamiento testigo. Resultados similares fueron evidenciados por **Carrillo et al. (2020)** al evaluar el efecto de inóculos microbianos en el crecimiento de plántulas de tomate, quienes refirieron que la dilución de 2,5 ml/L, estimula la longitud radical sin diferencias estadísticas entre ellas. El comportamiento presentado para esta variable de la longitud radical, pudo estar asociado a la actividad fisiológica de los microorganismos inoculados (**Vega et al. 2016**). Por otro lado, **Richardson et al (2009)** indican que el sistema radical bien desarrollado puede contribuir a la absorción de mayor cantidad de agua y nutrientes, los cuales pueden ser utilizados por los microorganismos inoculados y por tanto se obtiene un incremento de la producción de la fitohormona ácido indolacético (AIA) compuesto promotor del crecimiento vegetal, que induce un incremento en el número y longitud de los pelos radicales.

4.2.6. Índice de vigor

Del resultado del análisis de varianza (Tabla 23) se desprende que hubo diferencias estadísticas significativas para la fuente de variación de tratamientos. Resultados similares fueron reportados por Romero et al. (2000) quienes encontraron que a nivel de sustratos y niveles de iluminación, diferencias significativas al nivel del 99 % de probabilidad en el índice de vigor de plántulas. En la Tabla 24 se observa que existe una correlación positiva entre la cantidad de solución de EM aplicada y el índice de vigor de las plantas, el cual significa que a mayor cantidad de solución de microorganismos eficientes mayor índice de vigor. En la misma tabla se puede visualizar la tasa de incremento en vigor de los tratamientos respecto al testigo, en la cual el T4 (200 ml de EM), T3 (150 ml), T2 (100 ml) y T1 (50 ml) en forma descendente supera en vigor al testigo (0 ml) en 35,64, 28,36,

21,09 y 10.91 % respectivamente.

4.2.7. Peso fresco de plantas

Al evaluar el efecto de las diferentes concentraciones de solución de microorganismos eficientes sobre el peso fresco foliar de plántulas de café, se infiere que existe diferencias estadísticas significativas al nivel de $\alpha = 0.05$ (Tabla 25). El coeficiente de variación (6.37 %) indica que en el experimento se ha controlado satisfactoriamente el error experimental. El tratamiento 4 y el testigo son estadísticamente diferentes, contrariamente, los tratamientos 3, 2 y 1 no difieren estadísticamente. Sin embargo, superan en cantidad de peso seco al testigo sustancialmente (Tabla 26). Resultados similares fueron reportados por Julca et al. (2016) en relación al peso fresco los tratamientos con Aminovigor (10 ml/l) y Fertigas Plus (20 ml/l) tuvieron los mayores valores con 6.54 g y 6.67 g, respectivamente, mientras que, para el peso seco, el mayor valor (2.65 g) se obtuvo con Aminovigor (10 ml/l).

4.2.8. Peso seco de plantas

Al realizar el análisis de varianza del peso seco de la parte aérea de la plántula de café, se encontró diferencias significativas por efecto de los diferentes niveles de microorganismos eficientes (Tabla 27). En la misma Tabla se visualiza que se ha obtenido un eficiente control del error experimental ($CV = 2,70$), el mismo que según Calzada, (1983) es considerado que los resultados son muy confiables. El Tratamiento 4, 3 2 y testigo, superó al T1 en 9,43, 4,72, 2,83 y 0,47 % en peso seco respectivamente (Tabla 28). Al respecto, Encalada et al. (2018) determinaron que existió diferencia significativa entre los tratamientos. El tratamiento que tuvo mayor materia seca fue el T5 con una media de 3,59 g, mientras que los demás tratamientos no difieren estadísticamente entre sí, a diferencia del tratamiento T1 que presentó el menor peso con una media de 1,19 g. También, Blandón, (2008) refiere que con la aplicación del 30 % de humus de lombriz obtuvo cantidades de biomateria seca de 3,90 g. Además, menciona que los mejores resultados se presentaron con los tratamientos T5, T13 y T9 tanto en

peso seco como en peso del área foliar. Mientras que sin la aplicación de abonos orgánicos los resultados son inferiores a los anteriormente mencionados con una media entre 1,59 a 1,19 g de materia seca, como en el caso de los tratamientos T4, T3 y T1 a base de sustrato de base.

Conclusiones

- Los tratamientos incrementales de microorganismos eficientes muestran valores superiores estadísticamente diferentes en el diámetro de tallo y altura de planta respecto al testigo; sin embargo, en la longitud de raíces no se encontró incrementos significativos.
- Las variables porcentaje de germinación, vigor de planta y número de hojas muestran valores superiores y estadísticamente diferentes en comparación al testigo, por efecto de la aplicación de microorganismos eficientes.
- En cuanto al peso fresco y seco de la planta se encontró diferencias significativas superiores respecto al testigo, por efecto de los microorganismos eficientes.

Recomendaciones

- Se recomienda a los agricultores utilizar entre 150 a 200 ml/L de solución de microorganismos eficaces (EM), para las condiciones ambientales del experimento.
- Se recomienda evaluar el efecto de los EM en otras variedades de café y en otras condiciones ambientales.

Referencias Bibliográficas

- Alvarado, L. (2016). Caracterización agronómica de 95 accesiones de café en el banco de germoplasma en san ramón, Chanchamayo, año 2016. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 186 p.
- Álvarez, J.; Damiao, J. (2018). Producción de posturas de café con la aplicación de microorganismos eficientes en Angola. *Centro agrícola*. 45(2): 29-33.
- Álvarez, M.; Tuca, F.; Quispe, E.; Meza, V. (2018). Incidencia de la inoculación de microorganismos benéficos en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.). *Scientia Agropecuaria*. 9(1): 33-42.
- Arias, A. (2010). Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente. *Journal de Ciencia e Ingeniería*. 2(2): 42-45.
- Arias, A. (2010). Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente, *Journal de Ciencia e Ingeniería*. 2(2): 42-45.
- Aung, K.; Jiang, Y. y He, S. 2018. The role of water in plant in plant microbe Interaction. *The Plant Journal*. 93: 771-780.
- Ayemi, O.; Ojokoh, A. (2014). The Effect of different fermentation techniques on the nutritional quality of the cassava product (fufu). *Journal of food processing and preservation*. 38 (1):183-192.
- Blandón, J. (2008). Producción de almácigos de café en tubetes en tres sustratos y tres tipos de fertilización. *Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria*, Universidad de Zamorano. Honduras. 26 p.

- Calero, A.; Quintero, E.; Olivera, D.; Pérez, Y.; Castro, I.; Jiménez, J.; López, E. (2018). Respuesta de dos cultivares de frijol común a la aplicación foliar de microorganismos eficientes. *Cultivos Tropicales*. 39(3): 5-10.
- Calero, A.; Quintero, E.; Pérez, Y.; Gonzáles-Pardo, Y.; Gonzáles, T. (2019b). Microorganismos eficientes y vermicompost lixiviado aumentan la producción de pepino. *UDCA*. 22(2): 1-9.
- Calero, A.; Quintero, E.; Pérez, Y.; Olivera, D.; Peña, K.; Castro, I. (2019 a). Evaluación de microorganismos eficientes en la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum L.*). *Revista de Ciencias Agrícolas*. 36(1): 67-78.
- Callysaya, Y.; Fernández, C. (2017). Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM), en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus l.*), municipio de Achocalla. *Apthapi*. 3(3): 652- 666.
- Calzada, J. (1983). *Métodos estadísticos para la investigación científica*. Editorial Jurídica. Lima 643 p.
- Carrillo, Y.; Terry, E.; Ruíz, J. (2020). Efecto de un inóculo microbiano en el crecimiento de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum L.*). *Cultivos tropicales*, 41(4):
- Castañeda, E. (1997). *Manual técnico cafetalero. Ingeniería para el desarrollo*. Imp. Empresa Grafica Libertad S.A. Lima. Perú. 162 p.
- Chaurasia, A.; Meena, B.; Tripathi, A. (2018). Actinomycetes: an unexplored microorganism for plant growth promotion and biocontrol in vegetable crops. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 34 (9): 132.

- Cisneros, C.; Franco, J.; Fernández, M.; Fuenmayor, J. (2017). Influencia de microorganismos en la disponibilidad de fósforo en plántulas de café (*Coffea arabica*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 15(1): 19-26.
- EL-Gendy, M.; AL-Zahrani, S.; EL-Bondkly, A. (2017). Construction of potent recombinant strain through intergeneric protoplast fusion in endophytic fungi for anticancerous enzymes production using rice straw. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 183 (1): 30-50.
- Encalada, M., Fernández, P., Jumbo, N., Alejo, A., Reyes, L. (2018). Evaluación del crecimiento de plántulas de *Coffea arábica* cv. Caturra en condiciones de vivero con diferentes sustratos y recipientes. *Bosques Latitud cero*, 8(1): 70- 84.
- Escalante, N. (2011). Efecto de abonos orgánicos en la obtención de plantones de dos variedades de café (*Coffea arábica* L.). Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 118 p.
- Feijoo, M. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Científica Agroecosistemas*. 4 (2): 31-40.
- Fernández, J. (2015). Efecto de bacterias promotoras de crecimiento vegetal en el cultivo de café (*Coffea arabica* L. var. Típica) en sus primeros estadios de su desarrollo. Tesis Biólogo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 148 p.
- Ferrás, Y.; Díaz, M.; Guerra, C.; Bustamante, C.; Ortiz, N. (2020). Efecto de lactofermentos en la germinación de semillas y desarrollo de posturasde *Coffea arabica* L. *Revista. Ingeniería Agrícola*. 10(4):

- Gao, Y.; Zhang, Y.; Wen, X. (2019). The glycerol and ethanol production kinetics in low- temperature wine fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* yeast strains. *International Journal of Food Science Technology*. 54 (1): 102-110.
- García, L. y Gallardo, A. (2017). El ciclo global del nitrógeno. Una visión para el ecólogo terrestre. *Ecosistemas*. 26 (1): 4-6.
- Garza, M.; Marroquín, F.; Lerma, J.; Toledo, L.; Martínez, M.; Villalobos, V.; Aguirre, F. (2016). Biofertilizante micorrizico y fertilizante mineral en el crecimiento de *Elaeis guineensis* Jacq. en vivero. *Agroproductividad*, 9 (2): 26-33. <https://www.redalyc.org/journal/849/84961237021/html/>.
- Gonzáles, M.; Medina, M. (2014). Diseño y evaluación del compostaje como alternativa para el tratamiento de residuos de aditivos en la construcción. *Producción más limpia*. 9(1): 44-62.
- González, M.; Rosales, P.; Castilla, Y.; Lacerra, J.; Ferrer, M. (2015). Efecto del Bioenraiz® como estimulante de la germinación y el desarrollo de plántulas de cafeto (*Coffea arabica* L.). *Cultivos Tropicales*. 36(1): 73-79.
- Grajo, M.; Villegas, L.; Montecillo, A. (2017). Effect of Organic Fertilizer Amina P on the Yield of Pineapple (*Ananas comosus* L.) Merr. and Soil Microbial Population. *Philippine Agricultural Scientist*. 100: 12-20.
- Haney, C.; Samuel, B.; Bush, J.; Ausubel, F. (2015). Associations with rhizosphere bacteria can confer an adaptive advantage to plants. *Nat. Plants*. 1: 1-9.
- Higa, T. y Parr, J. (1994). Microorganismos benéficos y eficaces para una agricultura y medio ambiente sustentable. *Microbiología de Suelos*. Centro Internacional e Investigaciones de Cultivos Naturales Atami, Japón.

- Himangini, J.; Somduttand, P.; Mundra, S. (2019). Role of Effective Microorganisms (EM) in Sustainable Agriculture. *Int.J.Curr.Microbiol. App.Sci.* 8(3): 172-181.
- Horwath, W. (2017). The role of the soil microbial biomass in cycling nutrients. In: *Microbial Biomass: A Paradigm Shift in Terrestrial Biogeochemistry*. 41 – 66.
- Hoyos, D.; Alvis, N.; Jabib, L.; Garcés, M. (2008). Utilidad de los microorganismos eficaces (EM®) en una explotación avícola de Córdoba: parámetros productivos y control ambiental. *MVZ Córdoba*. 13 (2): 1369-1379.
- Intagri. (2018). Fijación Biológica de Nitrógeno Atmosférico. Consultado el 1 de agosto del 2021 en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/fijacion-biologica-de-nitrogeno-atmosferico>.
- Julca, A., Borjas, R., Bello, S., Ladera, Y., Rebaza, D. (2016). El crecimiento del café var. Caturra Roja y su relación con la aplicación de abonos orgánicos. *Saber y Hacer*, 2(2): 75-89.
- Kakraliya, M. y Singh, R. (20189). Effect of soil test crop response basis integrated nitrogen management on yield, quality and profitability of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 7 (4): 532-534.
- Londoño, N.; Taborda, M.; López, C.; Acosta, L. (2015). Bacteriocinas producidas por bacterias ácido lácticas y su aplicación en la industria de alimentos. *Alimentos Hoy*, 23 (36): 186-205.
- López, J. (2016). Aspectos básicos de la fijación de nitrógeno atmosférico por parte de bacterias. *Eureka*. 13(1): 203-209.
- Luna, A.; Mesa, R. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores, *Revista científica Agroecosistemas*. 4(2): 31-40.

- Meena, S. y Meena, V. (2017). Importance of soil microbes in nutrient use efficiency and sustainable food production. In: Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture. 3-23.
- Montes, C.; Anaya, M. (2019). Efecto de la fertilización con abono orgánico (A.L.O.F.A) en plantas de café (*Coffea arábica*). *Scientia Et Technica*, 24(2): 340-348.
- Morocho, M.; Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas, *Centro Agrícola*, 46(2): 93-103.
- Navarro, S. (2019). Dosis y frecuencias de aplicación foliar de microorganismos eficaces (EM) y su efecto en el rendimiento de los frutos del “ají habanero” (*Capsicum chinense* Jacq.) en el sector de Cieneguillo Sur, Sullana – Piura. Tesis Biólogo. Universidad de Piura. Piura Perú. 86 p.
- Obiols, J. (2008). Evaluación de los riesgos higiénicos por agentes químicos y biológicos en plantas de compostaje. *Revista Prevención, Trabajo y Salud*. 33: 13-21.
- Olanrewaju, O.; Glick, B.; Babalola, O. (2017). Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 33 (11): 197.
- Ravindran, B.; Wong, W.; Selvam, A.; Sekaran, G. (2016). Influence of microbial diversity and plant growth hormones in compost and vermicompost from fermented tannery waste. *Bioresour. Technol.* 217: 200-204.
- Richardson AE, Barea J-M, McNeill AM, Prigent-Combaret C. (2009). Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. *Plant and soil*. 321(1-2): 305-339.

- Romero, A., Jimenez, F., Muschler, R. 2000. Crecimiento de almácigo de café con abono tipo bocashi y follaje verde de *Erythrina poeppigiana*. Agroforestería de las Américas 26, 37-39.
- Samaniego, R. (2006). Efecto de la producción orgánica y convencional de chile dulce (*Capsicum annuum*) bajo invernadero sobre el componente planta suelo en el Cantón de Alfaro Ruíz – Costa Rica. Tesis Posgrado en Agricultura Ecológica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba – Costa Rica. 92 p.
- Satyaprakash, M.; Nikitha, T.; Reddi, E. (2017). Phosphorous and phosphate solubilising bacteria and their role in plant nutrition. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 6 (4): 2133-2144 p.
- Schlatter, D.; Kinkel, L.; Thomashow, L. (2017). Disease suppressive soils: new insights from the soil microbiome. Phytopathology, 107 (11): 1284-1297 p.
- Shankar, J.; Chandra, V.; Singh, D. (2011). Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. Agriculture, Ecosystems and Environment. 140 (3): 339-353 p.
- Soriano, J. (2016). Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de microorganismos eficaces. Tesis Ing. Forestal y Ambiental. Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo. Perú.
- Soto, J.; Cárdenas, J.; García, J. (2017). Inoculation of substrate with lactic acid bacteria for the development of *Moringa oleifera* Lam plantlets. Cuban Journal of Agricultural Science. 51 (2):

- Souza, R.; Ambrosini, A.; Passaglia, L. (2015). Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. *Genetics and Molecular Biology*. 38 (4): 401-419 p.
- Su, P.; Tan, X.; Li, C. (2017). Photosynthetic bacterium *Rhodospseudomonas palustris* GJ- 22 induces systemic resistance against viruses. *Microbial Biotechnology*. 10 (3): 612-624 p.
- Tanya, M.; Leyva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*. 46(2): 93-103 p.
- Toalombo, M. (2012). Evaluación de microorganismos eficientes autoctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*). Tesis Ing. Agr. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. 95 p.
- Torres, A.; Quipuzco, L.; Meza, V. (2015). Influencia de la fermentación láctica (abono bokashi) en el pre-compost para la producción de biogás y biol en biodigestores tipo Batch. In: *Anales Científicos*. 76 (2): 269-274 p.
- Umaña, S. (2017). Ingeniería Ecológica: efecto del uso de microorganismos de montaña sobre el suelo con base en dos cultivos agrícolas. Tesis de licenciatura. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 54 p.
- Vacheron, J.; Desbrosses, G.; Bouffaud, M. (2013). Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. *Front. Plant Sci*. 4: 356.
- Vásquez, M. (2017). Efecto de los microorganismos eficaces en la calidad fisicoquímica y microbiológica de los lixiviados del relleno sanitario municipal de Cajamarca. Tesis de Maestría. Gestión Ambiental. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú. 140 p.

- Vega, P.; Canchignia, H.; González, M.; Seeger, M. (2016). Biosíntesis de ácido indol-3-acético y promoción del crecimiento de plantas por bacterias. *Cultivos Tropicales*. 37: 33-39.
- Villano, A. (2021). Producción de café (*Coffea arábica* L.): Experiencias en el Centro Poblado San Juan de Ubiriki, Chanchamayo-Perené. Trabajo de Suficiencia Profesional. Agr. Universidd Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 83 p.
- Villegas, V.; Laines, J. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8 (2): 393-406.
- Vurukonda, S.; Giovanardi, D.; Stefani, E. (2018). Plant growth promoting and biocontrol activity of *Streptomyces* spp. as endophytes. *International Journal of Molecular Sciences*. 19 (4): 952.
- Yamiris, T., Gómez, D. (2004). Microorganismos presentes en el compost. Importancia de su control sanitario. *Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente*. 4(7):
- Yang, Z.; Jiang, Z.; Hse, C.; Liu, R. (2017). Assessing the impact of wood decay fungi on the modulus of elasticity of slash pine (*Pinus elliottii*) by stress wave non-destructive testing. *International Biodeterioration y Biodegradation*. 117: 123-127 p.
- Yara. (2021). Nutrición vegetal: Requerimientos de agua en café. Consultado el 2 agosto del 2021 en: <https://www.yara.com.pe/nutricion-vegetal/cafe/suelo-y-agua-para-cafe/>.

Apéndice

Apéndice 1 Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema general: ¿Cuál es el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en la producción de plántulas de café (<i>Coffea arábica</i>L.)?</p> <p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el efecto de las dosis de EM en el crecimiento de las plántulas de café a nivel de almácigo en condiciones de vivero? • ¿Cuál es el efecto de las dosis de EM en el desarrollo de las plántulas de café a nivel de almácigo en condiciones de vivero? • ¿Cuál es el efecto de las dosis de EM en el peso de las plántulas de café a nivel de almácigo en condiciones de vivero? 	<p>Objetivo general: Evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en la producción de plántulas de café (<i>Coffea arábica</i>L.)</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuantificar es el efecto de las dosis de EM en el crecimiento de las plántulas de café a nivel de almácigo en condiciones de vivero. • Determinar el efecto de las dosis de EM en el desarrollo de las plántulas de café a nivel de almácigo en condiciones de vivero. • ¿Evaluar el efecto de las dosis de EM en el peso de las plántulas de café a nivel de almácigo en condiciones de vivero? 	<p>Hipótesis general: La aplicación de microorganismos eficientes influye en la producción de plántulas de café (<i>Coffea arábica</i>L.)</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La dosis de EM tiene efectos diferentes en el crecimiento de plantas de café a nivel de almácigo en condiciones de vivero. • Las dosis de EM tienen efectos diferentes en el desarrollo de plantas de café a nivel de almácigo en condiciones de vivero. • Las dosis de EM tienen efectos diferentes en el peso de las plántulas de café a nivel de almácigo en condiciones de vivero. 	<p>Variable independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Microorganismos eficientes <p>Variable dependiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plántulas de café. 	<p>Tipo: Experimental</p> <p>Nivel: Aplicado</p> <p>Diseño: Experimental</p> <p>Población: 20 plantas por cada unidad experimental.</p> <p>Muestra: 10 plantas por cada tratamiento en cada unidad experimental.</p> <p>Muestreo: Aleatorio simple</p> <p>Técnica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observación experimental <p>Instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vernier • Regla de precisión • Contómetro • Balanza de precisión

Apéndice 2 Panel fotográfico



Camas de Almacigo de café



Plántulas de café en almacigo



Llenado de tubetes en vivero



tubetes listos para transplante de plántulas



Toma de datos de plántulas