



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
EXTENSIÓN LA MANÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES
COMO COMPLEMENTO A LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN EL
CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*).”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniera Agrónomo

AUTORAS:

Ayala Pilatasig Nancy Rocío

Valdiviezo Zambrano Shirley Katherine

TUTOR:

Ing. Espinosa Cunuhay Kleber MSc

LA MANÁ-ECUADOR
MARZO-2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotras, Ayala Pilatasig Nancy Rocio con C.C. 0504257163 y Valdiviezo Zambrano Shirley Katherine con C.C. 0202257176, declaramos ser autoras del presente Proyecto de Investigación: “EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES COMO COMPLEMENTO A LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*)”, siendo el Ing. Espinosa Cunuhay Kleber Augusto MSc. tutor del presente trabajo; y eximamos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles acciones de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Ayala Pilatasig Nancy Rocio
C.I: 0504257163

Valdiviezo Zambrano Shirley Katherine
C.I: 0202257176

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES COMO COMPLEMENTO A LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*)” de Ayala Pilatasig Nancy Rocio y Valdiviezo Zambrano Shirley Katherine, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, 31 de marzo del 2022



Ing. Espinosa Cunuhay Kleber Augusto MSc.
C.I: 0502612740
TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y de Recursos Naturales, por cuanto las postulantes: Ayala Pilatasig Nancy Rocio y Valdiviezo Zambrano Shirley Katherine, con el título de Proyecto de Investigación: “EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES COMO COMPLEMENTO A LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*)”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del proyecto.

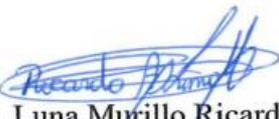
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

La Maná, 31 de marzo del 2022

Para constancia firman:


Ing. Pincay Ronquillo Jean MSc.
C.I: 1206384586
PRESIDENTE


Ing. Zambrano Cuadro Natalia MSc.
C.I: 1206241422
LECTOR 1 MIEMBRO


Ing. Luna Murillo Ricardo
C.I: 0912969227
LECTOR 2 SECRETARIO

AGRADECIMIENTO

En primer lugar gracias a Dios, por darme vida y permitir llegar a esta etapa de mi formación profesional.

A nuestros padres, por ser el soporte en los buenos y malos momentos de nuestra carrera universitaria.

Agradecimientos a nuestra familia en general, quienes fueron la fuente de inspiración en los momentos más difíciles de nuestra vida como estudiantes.

A los docentes por las enseñanzas impartidas durante toda nuestra formación académica.

Al Ing. Kleber Espinosa Cunuhay, por ser nuestro tutor y guiarnos de manera técnica y profesional durante la ejecución del presente proyecto.

Nancy & Shirley

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a Dios, el Ser supremo sin El nada de esto fuese posible.

A nuestros padres, por su apoyo constante durante este difícil camino hasta lograr ser unas profesionales.

Dedicamos este proyecto de investigación a todas esas personas que de uno u otra manera aportaron con su granito de arena para el cumplimiento de esta anhelada meta.

Nancy & Shirley

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TEMA: “EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES COMO COMPLEMENTO A LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*)”.

Autoras:

Ayala Pilatasig Nancy Rocio

Valdiviezo Zambrano Shirley Katherine

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el Centro Experimental La Playita de la Universidad Técnica de Cotopaxi sede La Maná, con el propósito de evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café y como objetivos específicos: Caracterizar los parámetros de desarrollo vegetativo del café en base a la fertilización orgánica, analizar las interacciones de los microorganismos eficientes en relación a la aplicación de abonos orgánicos edáficos y determinar los costos de producción del café con abonos orgánicos y microorganismos eficientes. Se planteo un Diseño Completamente al Azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, los tratamientos estuvieron constituidos por la interacción de los abonos humus y compost con los microorganismos eficiente endomicorizas y trichodermas, dando como resultado T1: Trichoderma – humus, T2: Trichodermas – compost, T3: endomicorizas – humus, T4: endomicorizas – compost y un testigo absoluto. Se evaluaron las variables: altura de planta (cm), diámetro de tronco (cm), perímetro foliar (m), longitud de ramas (m) y se realizó un análisis de costos por tratamiento. Al finalizar la investigación se obtuvieron los siguientes resultados: mayor altura de planta a los 30 días y 60 días con T3, en los 90 días el mejor tratamiento fue el T1: Trichoderma – humus; para el diámetro de tronco los mejores resultados a los 30 días presento la aplicación de endomicorizas y humus, así como a los 60 días el mejor tratamiento se registró con T3, en los 90 días el mayor resultado registro T3: endomicorizas – humus, el mayor perímetro foliar se obtuvo con T3: endomicorizas – humus con a los 30, 60 y 90 días respectivamente. Para el análisis de costos el testigo presento menores costos, pero expreso resultados bajos de desarrollo vegetativo en comparación con los otros tratamientos.

Palabras clave: café, humus, compost, micorriza, trichoderma.

ABSTRACT

This research was developed at the La Playita Experimental Center of the Technical University of Cotopaxi, La Maná, with the purpose of evaluating the effect of the application of efficient microorganisms as a complement to organic fertilization in coffee cultivation and as specific objectives: Characterize the parameters of vegetative development of coffee based on organic fertilization, analyze the interactions of efficient microorganisms in relation to the application of edaphic organic fertilizers and determine the costs of coffee production with organic fertilizers and efficient microorganisms. A Completely Random Design was proposed, with five treatments and four repetitions, the treatments were constituted by the interaction of the humus and compost fertilizers with the efficient endomycorrhizae and trichoderma microorganisms, resulting in T1: Trichoderma - humus, T2: Trichodermas - compost , T3: endomycorrhizae - humus, T4: endomycorrhizae - compost and an absolute control. The variables were evaluated: plant height (cm), trunk diameter (cm), leaf perimeter (m), branch length (m) and an analysis of costs per treatment was performed. At the end of the investigation, the following results were obtained: greater plant height at 30 days and 60 days with T3, in 90 days the best treatment was T1: Trichoderma - humus; for the diameter of the trunk, the best results at 30 days presented the application of endomycorrhizae and humus, as well as at 60 days the best treatment was registered with T3, in the 90 days the greatest result was registered T3: endomycorrhizae - humus, the greatest Leaf perimeter was obtained with T3: endomycorrhizae - humus at 30, 60 and 90 days, respectively. For the cost analysis, the control presented lower costs, but expressed low results of vegetative development compared to the other treatments.

Keywords: coffee, humus, compost, mycorrhiza, trichoderma.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pág.
PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
6. OBJETIVOS	5
6.1. Objetivo General.....	5
6.2. Objetivo Específicos.....	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREA EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	7
8.1. Generalidades del cultivo de café.....	7
8.2. Origen	7
8.3. Clasificación taxonómica	8
8.4. Valor nutricional.....	9
8.5. Valor económico.....	9
8.6. Descripción del cultivo.....	9
8.6.1. Raíz.....	9
8.6.2. Planta	10
8.6.3. Hojas.....	10
8.6.4. Flores	10
8.6.5. Frutos	11
8.6.6. Semillas	11

8.7. Manejo del cultivo	12
8.7.1. Clima y Suelo	12
8.7.2. Requerimientos nutricionales del café.....	12
8.8. Mecanismo de producción.....	13
8.8.1. Labores de limpieza.....	13
8.8.2. Propagación	13
8.8.3. Sombra.....	14
8.8.4. Trasplante	14
8.8.5. Poda	14
8.9. Abonos orgánicos	15
8.9.1. Humus.....	16
8.9.2. Compost.....	17
8.10. Microorganismos eficientes.....	17
8.10.1. Trichoderma spp.....	18
8.10.2. Endomicorrizas	19
9. PREGUNTA CIENTÍFICA O HIPÓTESIS.....	20
10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	21
10.1. Ubicación y duración del ensayo.....	21
10.2. Condiciones meteorológicas.....	21
10.3. Materiales y equipos.....	21
10.4. Tipos de investigación.....	24
10.5. Diseño experimental.....	24
10.6. Factores en estudio	24
10.7. Análisis de varianza.....	25
10.8. Tratamientos en estudio.....	25
10.9. Esquema del experimento.....	25
10.10. Variables evaluadas	26
10.10.1. Altura de la planta (cm).....	26
10.10.2. Diámetro de tronco (cm).....	26
10.10.3. Perímetro foliar (cm)	26
10.10.4. Longitud de ramas (m)	26
10.10.5. Análisis de costos	27
10.11. Manejo del ensayo	27

10.11.1. Obtención de muestras de suelo	27
10.11.2. Labores preculturales.....	27
10.11.3. Labores culturales.....	27
10.11.4. Riego.....	28
10.11.5. Aplicación de abonos edáficos	28
10.11.6. Aplicación de microorganismos eficientes.....	28
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	29
11.1. Análisis de suelo.....	29
11.2. Efecto simple	31
11.3. Interacciones.....	35
11.4. Análisis por tratamientos	39
11.5. Análisis de costos	42
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, AMBIENTALES, SOCIALES Y ECONÓMICOS)	44
13. PRESUPUESTO.....	45
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
15. BIBLIOGRAFÍA	47
16. ANEXOS	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas con relación a los objetivos planeados.	6
Tabla 2. Clasificación taxonómica del café.....	8
Tabla 3. Requerimientos nutricionales del cultivo de café.....	13
Tabla 4. Condiciones climatológicas del sitio del ensayo	21
Tabla 5. Características del café Catuaí.....	22
Tabla 6. Elementos presentes en el humus	22
Tabla 7. Características físico químicas del compost.....	23
Tabla 8. Características de las endomicorrizas.....	23
Tabla 9. Características de <i>Trichoderma harzianum</i>	24
Tabla 10. Esquema del diseño experimental.	25
Tabla 11. Esquema del análisis de varianza.	25
Tabla 12. Tratamientos en estudio.....	25
Tabla 13. Esquema del experimento.....	26
Tabla 14. Análisis de suelo antes de iniciar la investigación	29
Tabla 15. Análisis de suelo posterior a la investigación	30
Tabla 16. Altura de planta por M.E. en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (<i>Coffea arabica</i>).....	31
Tabla 17. Longitud de ramas por M.E. en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (<i>Coffea arabica</i>)	31
Tabla 18. Diámetro de tronco por M.E. en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (<i>Coffea arabica</i>)	32
Tabla 19. Perímetro foliar por M.E. en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (<i>Coffea arabica</i>).....	32

Tabla 20. Altura de planta por abonos en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (<i>Coffea arabica</i>)	33
Tabla 21. Longitud de ramas por abonos en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (<i>Coffea arabica</i>)	33
Tabla 22. Diámetro de tronco por abonos en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (<i>Coffea arabica</i>)	34
Tabla 23. Perímetro foliar por abonos en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (<i>Coffea arabica</i>)	34
Tabla 24. Altura de planta en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (<i>Coffea arabica</i>).....	40
Tabla 25. Diámetro el tronco en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (<i>Coffea arabica</i>).....	40
Tabla 26. Longitud de ramas en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (<i>Coffea arabica</i>).....	41
Tabla 27. Perímetro foliar en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (<i>Coffea arabica</i>).....	42
Tabla 28. Análisis de costos en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (<i>Coffea arabica</i>).....	43
Tabla 29. Presupuesto de la investigación.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Interacción de la altura de planta de café en diferentes edades.....	35
Figura 2. Interacción del diámetro de tronco de café en diferentes edades.....	36
Figura 3. Interacción de longitud de ramas de café en diferentes edades.	37
Figura 4. Interacción del perímetro foliar en plantas de café.	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Contrato de cesación de derechos	52
Anexo 2. Reporte de Urkund.....	55
Anexo 3. Certificado del idioma ingles	56
Anexo 4. Hoja de vida del docente tutor	57
Anexo 5. Hoja de vida de las estudiantes investigadoras	58
Anexo 6. Evidencias fotográficas	60
Anexo 7. Análisis de suelos al iniciar la investigación	62
Anexo 8. Análisis de suelos al finalizar la investigación	63

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:

Efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (*Coffea arabica*).

Fecha de inicio:

Octubre del 2021

Fecha de finalización:

Marzo del 2022

Lugar de ejecución:

La Maná; Centro Experimental “La Playita” sector La Playita, Parroquia El Triunfo, Cantón La Maná.

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Carrera que auspicia:

Ingeniería Agronómica

Proyecto de investigación vinculado:

Al sector Agrícola

Equipo de trabajo:

Valdiviezo Zambrano Shirley Katherine

Ayala Pilatasig Nancy Rocio

Ing. Kleber Espinosa Cunuhay MSc. (Docente tutor)

Área de conocimiento:

Agricultura, silvicultura y pesca

Línea de investigación:

Aplicación de abonos edáficos.

Sub línea de investigación:

Producción agrícola sostenible

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La demanda del café orgánico a nivel mundial se incrementó considerablemente en los últimos años, por su contenido saludable y el manejo con productos libres de contaminantes, para obtener un producto con estas características, su manejo agronómico, sobre todo la fertilización debe realizarse de manera orgánica, con productos que no contaminen el ecosistema no afecten la calidad del café. Al mismo tiempo para Lara *et al.*, (2017) la aplicación de microorganismos eficientes como un complemento a la fertilización orgánica está dando excelentes resultados, sobre todo en aplicaciones edáficas en suelos con deficiencia de nutrientes o contenidos desequilibrados de estos.

El presente proyecto de investigación se ejecutó en el Centro Experimental La Playita, ubicada en la parroquia El Triunfo del cantón La Maná, con ubicación geográfica WGS 84: Latitud S 0° 56' 27'', longitud W 79° 13' 25'', con una altura promedio de 120 m.sn.m. La investigación fue de tipo experimental, debido a que analiza las variables de estudio de la respuesta agronómica y el beneficio económico del café, con dos fertilizantes orgánicos foliares y dos fuentes de microorganismos eficientes en el Centro Experimental "La Playita". El diseño experimental que se utilizó es el Diseño Completamente al Azar, con un número de cuatro tratamientos, con cinco repeticiones y con un número de 4 unidades experimentales por tratamiento.

Se obtuvieron los siguientes resultados: mayor altura de planta a los 30 días con T3 (Endomicorrizas + Humus), 224.60 cm, mientras a los 60 días 255.19, en los 90 días el mejor tratamiento fue el T1 (Trichodermas + Humus) con 273,90 cm; para el diámetro de tronco los mejores resultados a los 30 días presento la aplicación de endomicorrizas y humus, con promedios de 4.90 cm, en la evaluación a los 60 días el mejor tratamiento se registró con T3 alcanzando 5.59 cm de diámetro, en los 90 días el mayor resultado registro T3 (Endomicorrizas + Humus), con 7.34 cm ,el mayor perímetro foliar se obtuvo con T3) (Endomicorrizas + Humus), con 3.70, 4.55 y 5.42 a los 30, 60 y 90 días respectivamente. El testigo presento menores costos con USD. 6.93.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En la actualidad el consumo productos alimenticios producidos de manera orgánica está teniendo una mayor acogida en comparación con cultivos manejados tradicionalmente con

químicos que pueda llegar a tener efectos negativos en la salud de quienes los consumen. Es por ello que Hoyos y Alvis, (2018) justifican que el consumo de café manejado orgánicamente esta popularizado gracias a la diferencia de su sabor, olor y textura, convirtiendo a este cultivo altamente rentable, sobre todo si su manejo su producción es con técnicas de cultivos amigables integrando las Buenas Prácticas Agrícolas a la fertilización orgánica dando como resultado un producto final un café sin residuos de químicos y sin causar efectos negativos a quien lo consume.

En cuanto al manejo del café (Murillo, 2017) resalta que en el cultivo de café la fertilización es una de las principales labores de las que depende la producción, en el mejor de los casos la fertilización se realiza de manera orgánica, pero es necesario complementar la fertilización orgánica en el cultivo para que la planta pueda asimilar de manera eficiente los elementos presentes en dichos abonos, sin ocasionar deficiencias o bloqueo de elementos por exceso de contenidos de cierto elemento.

Si bien es cierto que los abonos orgánicos tienen excelentes beneficios sin causar contaminación, su aplicación en suelos con deficiencia de materia orgánica se ve afectada por factores como textura y estructura de este suelo. La incorporación de microorganismos eficientes como inoculantes bacterianos restauran el equilibrio microbiológico en el suelo, mejorando considerablemente sus condiciones físicas y químicas, por lo que incrementan la producción de los cultivos, por otro lado mantienen el equilibrio y sostenibilidad del ecosistema, con una agricultura más amigable con el medio ambiente. En este contexto Canchani *et al.*, (2018) mencionan que el uso de los microorganismos eficientes en combinación con abonos orgánicos edáficos incrementa considerablemente las variables productivas, obtenido mayor productividad con menores costos de producción.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Los beneficiarios directos de proyecto de investigación son los productores cafetaleros del sector, mediante el conocimiento de la aplicación de abonos orgánicos con interacciones de microorganismos eficientes, incrementaran la producción de sus cultivos de manera orgánica, así mismo se beneficiaron las estudiantes investigadoras y los docentes que participan del proyecto.

Los beneficiarios indirectos son los 150 estudiantes de la carrera de Ingeniería Agronómica, además de los agricultores del sector, los cuales al adquirir conocimientos mediante las técnicas innovadoras de aplicación de microorganismos eficientes en complemento a la fertilización orgánica la aplicaran en sus cultivos.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La fertilización convencional a base de productos químicos esta popularizada entre los productores cafetaleros, se debe principalmente a la falta del manejo de estos insumos, la mayoría de insumos que se recomienda para la producción cafetalera son de origen químico, que a más de perjudicar la textura y estructura del suelo, crea efectos negativos en la planta como la dependencia de estos fertilizantes o el bloqueo de nutrientes, que dificulta la correcta asimilación de minerales por parte de la planta (López, 2013).

En cuanto a Muñoz y Barceló, (2019) mencionan que el café a pesar de ser uno de los productos más consumidos a nivel mundial su producción se ve disminuida debido al poco conocimiento sobre su manejo con técnicas innovadoras como son la incorporación de microorganismos eficientes en complemento a la fertilización orgánica, si bien es cierto la fertilización orgánica tiene múltiples beneficios pero en ciertos casos se ve condicionada a la especie que se cultive, tipo de suelo donde se aplique, y demás factores que limitan sus beneficios, llegando a ser de accionar menos eficiente en suelos pobres y altamente explotados.

La producción cafetalera en nuestro país va desapareciendo paulatinamente, si bien es cierto que en la década de los 90, llego a posicionarse entre los principales productos agrícolas, con el pasar del tiempo su producción decreció por factores como plagas y enfermedades, manejo incorrecto del cultivo, bajo precio en los mercados y sobre todo al incremento de los fertilizantes convencionales que se usan para su producción, por lo que los agricultores dedicados a este cultivo al no tener suficientes recursos para adquirir los fertilizantes abandonan la producción cafetera (Gómez, 2020). De acuerdo a las estadísticas de (Anecafe, 2019), en la provincia de Cotopaxi el café es producido en las zonas subtropicales de la provincia, concretamente en los cantones La Maná y las zonas limítrofes con la provincia de Los Ríos. Esta producción cafetalera se da en pequeñas o medianas extensiones, donde la mayor parte es manejada por los miembros de la misma familia, sin contar con asesorías técnicas en el manejo fitosanitario ni en las labores de fertilización.

En la zona de La Maná, aún existen cultivos de café, los cuales ocupan pequeñas extensiones en comparación con otros cultivos, el poco incentivo que tiene su producción impide que se lleve su producción de manera extensiva, además se desconoce de un correcto plan de fertilización en base a productos orgánicos, sobre todo en combinación con elementos como microorganismos eficientes. Es por ello que Rojas y Ortuño (2017) sostienen que sumado al poco interés que tienen los agricultores en lo que se refiere a la agricultura limpia son uno de los principales factores negativos en la producción cafetalera, por ello se requiere dar a conocer las bondades de los microorganismos eficientes como endomicorrizas y Trichoderma, que facilitan la asimilación de nutrientes minerales por parte del café, incrementando considerablemente su producción de manera sostenible y sustentable.

Finalmente los bajos precios de comercialización del café debido al poco interés de las autoridades por este cultivo, sumados a los elevados costos de fertilización química son uno de los limitantes para el manejo tradicional del café, en ocasiones los costos de fertilización de este cultivo representan gastos excesivos, por lo que los agricultores se ven obligados a abandonar los cafetales o reemplazarlo por otros cultivos extensivos.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en el Centro Experimental La Playita.

6.2. Objetivo Específicos

- Caracterizar los parámetros de desarrollo vegetativo del café en base a la fertilización orgánica.
- Analizar las interacciones de los microorganismos eficientes en relación a la aplicación de abonos orgánicos edáficos.
- Determinar los costos de producción por tratamiento del café con abonos orgánicos y microorganismos eficientes.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREA EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas con relación a los objetivos planeados.

Objetivos	ACTIVIDADES	RESULTADOS	VERIFICACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar los parámetros de desarrollo vegetativo del café en base a la fertilización orgánica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de las plantas de café. *Altura de planta. *Longitud de ramas. *Número ramas 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer los parámetros de desarrollo vegetativo del café posterior a la aplicación de los tratamientos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Resultado del análisis de suelo. • Datos estadísticos.
<ul style="list-style-type: none"> • Analizar las interacciones de los microorganismos eficientes en relación a la aplicación de abonos orgánicos edáficos 	<ul style="list-style-type: none"> *Aplicación de los abonos. *Medir las variables planteadas en cada uno de los tratamientos que se va aplicar. *Diámetro de tronco *Perímetro foliar 	<ul style="list-style-type: none"> • Comportamiento agronómico de las plantas. • Plantas de mayor vigor y tamaño 	<ul style="list-style-type: none"> • Datos estadísticos al finalizar la investigación
<ul style="list-style-type: none"> • Determinar los costos de producción por tratamiento del café con abonos orgánicos y microorganismos eficientes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo de los costos con la aplicación de los abonos orgánicos y la incorporación de los microorganismos eficientes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la factibilidad económica de la aplicación del abono orgánico en el cultivo del café. 	<ul style="list-style-type: none"> • Descripción de costo del abono, y otros materiales empleados en el cultivo de café, con el fin de determinar su factibilidad económica.

Elaborado por: Ayala y Valdiviezo (2021).

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. Generalidades del cultivo de café

De acuerdo a Del Águila et al., (2018) el café se define como el grano seco de la planta, ya sea tostado o molido. El cafeto es una planta que produce semillas, es originario de África su nombre se deriva de la ciudad de Kaffa, en Etiopia. Durante muchos años estuvo prohibida la exportación de plantas de café fuera de los países musulmanes. La expansión global del género de la planta de *Coffea* partió del trópico africano. Con el tiempo su producción y consumo se extendió hasta el Cairo.

A principio del siglo XVII, se introdujo el café en la india y a fines de ese siglo, se llevó a la isla de Java donde las condiciones climáticas y el suelo fértil permitieron que el café se adapte a la perfección a las Islas Orientales. En mediados del siglo XVIII, los consumidores de café estaban expandidos por toda Europa. En el continente africano el café se introdujo en finales del siglo XVIII, el cultivo se extendió por el Caribe hasta llegar a Sudamérica. Renard, (1993) menciona que el café fue introducido a Brasil en 1727 y a Jamaica, Santo Domingo y parte de Centroamérica, donde se propagó a nivel de todos los países de la región. A partir de la revolución industrial y el incremento poblacional a mediados del siglo XX, el café se a constituido como una bebida de consumo a nivel de todo el mundo.

8.2. Origen

Según Anecafe, (2019) el café es de tipo arbusto, aunque su origen es incierto, los primeros datos lo remontan a Etiopia. Sin duda, es una de las especies más conocidas del mundo en la actualidad, por su sabor exquisito, además de las propiedades relajantes que tiene sobre el cuerpo. Una versión dice que el cafeto o café fue descubierto por un pastor al ver que sus cabras se lo habían comido, asegurando que el cafeto fue descubierto por unos monjes quienes lo usaban para proporcionarse insomnio en sus horas de oración nocturna.

De todos modos, se conoce el hecho de que existen unas 30 especies de café. El punto de origen del café son la zona montañosa del sur occidente de Etiopia, los altiplanos de Sudan, y la parte norte de Kenia y Tanzania, donde se desarrolla en estado silvestre, como una planta más del bosque caucásico, ubicado en elevaciones entre 1300 a 2000 metros sobre el nivel del mar (Romero L. , 2017).

El principal centro de distribución estaba en Yemen (Arabia Félix), donde se introdujo desde Etiopia, alrededor del año 575 D.C. Los pueblos indígenas de África, también en esos años, fueron a Mozambique y Madagascar. Los holandeses trajeron semillas a Java, en 1960, y desde esta isla trajeron una sola planta al jardín botánico de Ámsterdam (Holanda), en 1706. De esta planta tomaron semillas para el jardín botánica de Paris (Francia), en 1713. Se cree que de este único linaje descendieron la mayoría de los cafetales de América Latina (Romero J. , 2019).

Herrera *et al.*, (2007) analizan que en América latina se introdujo alrededor de 1714, procedente de Holanda y con destino a la Guyana Holandesa y en 1720, desde Francia a la isla Martinica. A partir de esa isla se propago a México, Centroamérica, Colombia (siendo el principal país productor de café) , Venezuela y Brasil. Fue introducido en Ecuador en 1830, en los recintos Las Maravillas y El Mamey, del cantón Jipijapa, provincia de Manabí, para después propagarse por todo del litoral ecuatoriano, lo cual estuvo condicionado a la disponibilidad de terrenos en los bordes de los ríos, facilitando así su comercialización.

8.3. Clasificación taxonómica

El café pertenece al género *Coffea* con alrededor de 103 especies, todas diploides y alógamas con excepción de *Coffea arábica* que es tetraploide y autógena. Aunque existen variedades mejoradas, producto de la combinación de variedades con características productivas, como adquiriendo la resistencia a plagas y enfermedades. El origen de todas las especies es el continente africano y la región de Etiopia y parte de África del norte. Unicamente tres de estos son mencionados como cultivares comerciales, se destacan entre estos genotipos: *Coffea arabica* L., *C. canephora* Pierrees-Froehner y por último la *C. liberica* Bull ex – Hiern, de la combinación genética de estas subespecies se obtienen diversos clones que se encuentran distribuidos por todo el mundo (Alvarado, 2007).

Tabla 2. Clasificación taxonómica del café.

Reino	Vegetal
Nombre Científico	<i>Coffea arábica</i>
Reino	Plantae
División	Magnoliophytta
Clase	Magnoliatea
Orden	Gentianales
Género	Coffea
Familia	Rubiáceae

Fuente: Herrera *et al.*, (2007).

Elaborado por: Ayala y Valdiviezo (2022).

8.4. Valor nutricional

El café es naturalmente la bebida más rica en cafeína, la cual tiene una propiedad de estimulante, gracias a su sabor amargo y con alto contenido de proteína que permite mayor concentración en las actividades que desarrollen las personas. Destaca su contenido de ácidos orgánicos que le dan un sabor, olor y aroma característico y le dan esa acidez propia de los cafetos de calidad, también posee un alto contenido de potasio, calcio y vitaminas A, B y niacinas, por lo que es una bebida de sabor concentrado con un elevado aporte en proteínas es superior en comparación a otras bebidas similares como las plantas aromáticas (Romero J. , 2019).

8.5. Valor económico

Las especies de café económicamente más importante son *Coffea arábica* que produce alrededor de 80, 90% de la producción mundial, *C. canephora* alrededor del 20% y *C. liberica* sobre un 1%, de las cuales *Coffea arábica* se cultiva en el mundo es la más importante exportación generadora de divisas para estos países productores de cultivos (Sayago, 1999).

8.6. Descripción del cultivo

8.6.1. Raíz

El sistema radical o raíz es un órgano que cumple una función de apoyo a través del cual la planta del café obtiene el agua y los nutrientes que necesita para su crecimiento y producción. El cafeto tiene una raíz pivotante principal que penetra verticalmente en el suelo hasta una profundidad de 50 centímetros o más; a partir de aquí, las raíces secundarias y terciarias crecen horizontalmente, ayudando al anclaje de la planta y desde allí comienzan a desarrollarse las raicillas que son encargadas de la asimilación de nutrientes para la planta, por ello es necesario que la fertilización sea aplicada o incorporada con productos de rápida asimilación (Arcila, Farfán, & Moreno, 2007).

Las raicillas del cafeto son bastantes superficiales, responsables de tomar el agua y los nutrientes minerales esenciales necesarios. En los primeros 10 centímetros de profundidad del suelo, hay una mayor parte del sistema radical. El 80% de los pelos absorbentes se hallan a unos 30 cm del tronco. El 94% de las raíces se encuentran en los primeros 30 cm de profundidad en el suelo. Generalmente la longitud de las raíces laterales coincide con la longitud de las ramas (Martinez R. , 2016).

8.6.2. Planta

El cafeto es un arbusto con alturas variables según la especie, llegando a ser de 2 a plantas de hasta 6 metros de alto, que está constituido por un tronco leñoso central que termina en brotes apicales u ortotrópicos, el café arábico tiene un solo tallo y a veces tiene un comportamiento multicaule. Las ramas primarias y el tronco forman la estructura principal del cafeto. El tallo principal se desarrolla verticalmente y de él emergen otro tallo ortotrópicos secundarios conocidos como chupones o brotes. En el tallo principal se encuentra las yemas que dan lugar a ramas primarias y a los brotes ortotrópicos (Enríquez, 2014).

8.6.3. Hojas

Las hojas aparecen sobre ramas laterales o plagiotrópicas en el mismo plano y en posición opuesta. Presenta un peciolo corto, convexo en la parte inferior y plano en la superior. La hoja tiene una textura suave, fuerte y ondulada. Su forma varía de ovalada (elíptica) a lanceolada. La parte superior de la hoja es de color verde brillante y verde claro mate en el envés. En la superficie superior de la hoja las venas son hundidas y prominentes en la parte inferior. El tamaño de las hojas puede variar hasta los 15 cm de largo. La función principal de las hojas está relacionada con la fotosíntesis y los procesos fotomoleculares, que son necesarios para regular la producción (Rivera, 2009).

8.6.4. Flores

La estructura floral del cafeto, como las principales especies de la familia Rubiácea están formados por un grupo separado por yemas, que crecen entre los nudos por todas las ramas laterales. Cada flor tiene un reservorio corto en la base que se extiende en un cáliz de color verde que mide de 1 a 2 milímetros (mm) de largo, con cinco espigas terminales. La corola es un tubo largo, cilíndrico en la base y de color blanco, que mide de 6 a 12 mm de largo, que se abre en cinco pétalos. Está formado por 5 estambres incrustados en la corola. El gineceo consta de un ovario superior con dos óvulos. El estilo es delgado y largo con terminaciones estigmáticas. La iniciación y desarrollo de la flor están influenciados por la luz solar (luminosidad menor a 13 horas), agua (mínimo 10 mm de lluvia), temperatura (20 a 25°C y por reguladores de crecimiento vegetal (hormonas). El cafeto es una planta libre, cuando la flor se abre, una parte del polen se ha liberado internamente, lo que se ha producido desde el 90 a 95% de autofecundación. Estas características evitan riesgos de contaminación genética, aunque la

polinización cruzada en ciertos casos se realiza para mantener las características varietales de la plantación (Romero J. , 2019).

La floración del café arábigo es marcadamente estacional, generalmente ocurre solo durante el clima húmedo, pero el ciclo puede ser mucho menos variable cuando las condiciones climáticas son relativamente estables durante todo el año. El número de flores producidas y su tamaño depende de las relaciones hídricas predominantes. Las condiciones excesivamente húmedas pueden provocar la formación de varios tipos de flores estériles de color verdoso, conocidas como “flores-estrella”. Las lluvias en la época de la polinización pueden reducir el cuaje de los frutos en forma considerable (Alvarado, 2007).

8.6.5. Frutos

El fruto de cafeto conocido comúnmente como “cerezos” por sus granos similares a este fruto, es una drupa poliesperma, es carnoso, de color verde al principio; pero al madurar rojo o púrpura, realmente amarillo, llamado cereza de café, es de forma ovalada o elipsoidal ligeramente achatada. Es una drupa que suele contener dos semillas con una longitud de 10 a 17 mm conocidas como café uva. Para la maduración se necesitan entre 7 a 8 meses, de color rojo o amarillo en dependencia de la variedad. El fruto está compuesto por: la pulpa (exocarpio y mesocarpio), el pergamino (endocarpio), la película plateada (testa), la semilla (endospermo) y el embrión (Alvarado, 2007).

8.6.6. Semillas

Son un aspecto muy importante a tener en cuenta en el desarrollo de las plantas, ya que de ella depende el éxito del uso de las semillas, en primer lugar se debe conocer la calidad de semillas confiables, variedades puras y provenientes de bosques plantados con buen rendimiento productivo y comportamiento agronómico estable, también se debe conocer el procesamiento, cuidado de los cerezos y semillas, la cual es necesario realizar el manejo adecuado para mantener su poder germinativo. Las semillas de café son dobles de contextura dura, en su interior se concentra el albumen que es lo que le da el sabor y característica propia de cada variedad y especie, cada variedad tiene su sabor particular, por ello los consumidores optan las variedades de sabor amargo y concentración propia que se le da el manejo orgánico, a diferencia de café manejado tradicionalmente, el cual no presenta un aroma que es solicitado por las personas que consumen café (Colonia, 2012).

8.7. Manejo del cultivo

8.7.1. Clima y Suelo

El café es una planta que desarrolla su floración sobre todo en terrenos altos con moderada presencia de lluvias. En el factor clima Chávez, (2009) afirma que las plantas continúan con el crecimiento vegetativo durante la estación seca, pero florecen unos días o semanas después del inicio de la estación lluviosa. La recolección del fruto comprende en el 50 a 60% de los costos totales de producción, se puede obtener más de una cosecha anual, sobre todo en zonas con época de lluvias, costará menos a los productores que dos cosechas anuales en regiones con dos periodos lluviosos cortos. El cultivo se desarrolla en sitios con altas precipitaciones de 750 mm/año hasta 3000 mm/año, es decir en altitudes de 200 a 1700 metros, donde la precipitación pluvial anual es de 2000 a 3000 mm y la temperatura promedio por año es de 16 °C a 22 °C. Lo más importante es tomar en cuenta la precipitación acorde a la época del cultivo. Se puede decir que las plantas necesitan lluvias abundantes y uniformemente distribuidas (o riego) desde el comienzo de la floración hasta el final del verano para promover el desarrollo del fruto y vigor de la planta (Arcila, Farfán, & Moreno, 2007).

8.7.2. Requerimientos nutricionales del café

Las plantas de café necesitan al menos 16 elementos nutritivos llamados elementos esenciales; tres de ellos, el carbón, el hidrogeno y el oxígeno, la planta los extrae del agua y del aire; los trece restantes se extraen del suelo a través del sistema radical, los que pueden ser absorbidos también por vía foliar. El criterio utilizado es el nivel de extracción que hace la planta de estos elementos. Esto no quiere decir que algunos sean más importantes que otros (Mosquera & Santos, 2010). En tanto que Garro, (2010) afirma que el cultivo del café requiere una serie de nutrientes para alcanzar su máximo potencial de producción desde el punto de vista de nutricional y requiere en mayor cantidad algunos nutrientes más que otros. Para el elemento Nitrógeno, donde la principal fuente de nitrógeno es la materia orgánica presente en el suelo, lo que puede variar entre 120 a 300 kilogramos de Nitrógeno por hectárea por año. Según (Bedoya & Salazar, 2014), el café tiene los siguientes requerimientos nutricionales a los tres años de edad, expresados en kg/ha, para una densidad de siembra de 1345 arbustos/ha y un estimado de producción de 1256 kg de café óptimo para la comercialización sea local o para exportación.

En si los parámetros de requerimientos nutricionales del café esta determinados de igual manera por el tipo de suelo, clima, luminosidad, y demás factores que inciden en el desarrollo vegetativo del cultivo. A más de ello el contenido nutricional, textura y estructura del suelo tiene mucha importancia debido a que este cultivo requiere de ciertas cantidades de elementos variados dependiendo en estado fisiológico de la planta (Anecafe, 2019).

Tabla 3. Requerimientos nutricionales del cultivo de café

Elemento	Kg-ha/año
N	43
P ₂ O ₅	8.4
K ₂ O	48
CaO	11.3
MgO	4.7
S	2.33
Fe ₂ O ₃	0.31

Fuente: (Bedoya & Salazar, 2014).

8.8. Mecanismo de producción

8.8.1. Labores de limpieza

Las malas hierbas que crecen en el cultivo del café restringen el crecimiento y el rendimiento debido a la competencia por el espacio, agua, luz y nutrientes. Además, las malas hierbas distorsionan la morfología de las plantas y frutos, reduciendo la rentabilidad de las operaciones agrícolas, por lo que es necesario la limpieza de los cultivos por lo, menos una vez al año. (Figueroa, 2012).

8.8.2. Propagación

En la propagación Arcila, (2007) establece que el sistema actual de propagación del café a través de plantas extraídas de semillas en cafetales consiste en sembrar las semillas en viveros especiales, donde se cuidan las plantas hasta que se trasplantan al campo. El establecimiento del vivero debe estar situado sobre una superficie plana, para la siembra utilizar tierra desinfectada, con alto contenido de materia orgánica, evitando los suelos con enfermedades o plantaciones afectadas por patógenos. El almácigo se prepara con la limpieza antes de ubicar las fundas, se debe mantener bajo sombra con mallas negras que permitan la circulación de aire. Es necesario mantener un aproximado de 15 cm de espacio entre fundas. De acuerdo a Guevara, (2019) los materiales de plantación se seleccionan cuidadosamente para adaptarse a las condiciones locales lo mismo que por su capacidad de alto rendimiento, resistencia a las

enfermedades y demás criterios. Cuando las plantas alcanzan los 15 a 20 cm de altura, alrededor de seis a ocho meses después de la siembra, las plántulas están listas para el trasplante.

8.8.3. Sombra

En el caso del uso de sombra, se debe tener en cuenta que en general se requiere menos sombra para el café cuando el suelo es mejor y la humedad del aire es mayor. El efecto de la sombra es indirecto, pero consistente con el comportamiento ecológico de los cafetos e influye directamente en la maduración de frutos, sobre todo en variedades precoces que necesitan un menor tiempo de maduración. Torres, (2015) además afirma que por esta razón es necesario que la poda de los árboles de sombra, en aquellas regiones en donde las condiciones del tiempo cambian apreciablemente a través del año, se regule de tal manera que haya más sombra durante los meses secos y menos durante aquellos meses más húmedos, por ello la labor de poda es necesario realizarla varias veces al año. En una buena finca cafetalera la poda de formación, se puede realizar al comienzo de la estación húmeda, seguida de una poda ligera dependiendo de la intensidad de la lluvia y teniendo en cuenta las condiciones de nubosidad predominantes. Los cultivos de café que se ubican en pisos climáticos altos requieren menos sombra que los que se cultivan en zonas bajas. En casos se pueden lograr buenos rendimientos de café que se encuentren en altitudes elevadas sin sombra, con la excepción de la posibilidad de heladas, en cuyo se requiere una protección relativamente densa (Gómez, 2020).

8.8.4. Trasplante

El establecimiento del vivero debe planificarse de manera organizada alrededor de los 4-5 meses de edad cuando por lo menos posea 6 partes de hojas verdaderas . Es importante realizar el trasplante al campo en condiciones de humedad que sean apropiadas para la planta, el exceso de humedad no afecta al cultivo, pero si las anegaciones por exceso de agua pueden ser generadores de enfermedades bacterianas a nivel de la raíz y cuello de la planta, es recomendable sembrar o en el caso de trasplante realizarlo en la época lluviosa, esto facilitará una rápida aclimatación y reducirá el riesgo de pérdida. (Alvarado, 2007).

8.8.5. Poda

Hay dos aspectos principales a considerar al podar las ramas de café: primero, formar plantas jóvenes para construir una estructura sana y equilibrada con buenas ramas fructíferas, y

segundo, regenerar periódicamente las ramas jóvenes fructíferas, a medida que envejecen y dejan de producir. En tanto a la poda de formación Jimenez *et al.*, (2014) mencionan que se la realiza en las primeras etapas del desarrollo de la planta, para dar la forma a la planta, eliminando ramas secundarias cercanas al suelo, ramas con condiciones fisiológicas deficientes o que se sitúen en convergencia con otras ramas, es si de esta poda depende el tamaño y forma de la planta.

Por otro lado la poda fitosanitaria consiste en eliminar partes de la planta que presenten plagas, enfermedades o condiciones fisiológicas no deseadas. La poda de mantenimiento se realiza para eliminar ramas que se entrelacen entre sí, así como ramas no productivas o que presenten daños por manipulación, del mismo modo en esta poda se eliminan los chupones que emergen del tallo principal. Después década una de las podas antes descritas es recomendable usar un método para sellar y desinfectar las heridas causadas al cortar las ramas (Andrade & García, 2017).

8.9. Abonos orgánicos

Los fertilizantes orgánicos son la principal fuente de nutrientes para las hortalizas para aumentar la producción agrícola. El uso y aplicación de fertilizantes orgánicos no es nuevo, los estudios demuestran que desde la antigüedad se han utilizado para mejorar la fertilidad del suelo, a pesar del contenido de nutrientes y las propiedades químicas del suelo, muchas veces dependen del material del que están hechos, así como la edad y el manejo con el que fueron elaborados Romero *et al.*, (2016).

La importancia de los fertilizantes orgánicos en el suelo es que aumentan la actividad de las bacterias, las cuales son necesarias para el crecimiento y aportar nutrientes a la planta. La combinación de fertilizantes orgánicos favorece a la descomposición de los nutrientes presente en el suelo y ayuda a las plantas a absorber mejor los elementos necesarios para su crecimiento. Además, también aumentan la capacidad de absorber agua y mantener la humedad del suelo. Su acción es prolongada, duradera y se puede utilizar de forma habitual sin dejar residuos en el suelo y con un gran ahorro económico (Mosquera, 2018).

El uso de abonos orgánicos como el humus, compost o bocashi entre otros, son una alternativa para la fertilización tradicional, debido al contenido de nitrógeno y microelementos de los mismos en manera equilibrada, siendo asimilables y aumentando la disponibilidad para las

plantas. En el mismo sentido, se demuestra que la aplicación de fertilizantes orgánicos reemplaza en gran medida el uso de fertilizantes minerales. Los beneficios del uso de estos fertilizantes orgánicos, son bien conocidos a nivel mundial, aunque la literatura científica es poco precisa sobre el contenido de nutrientes y casi no hay referencias a la carga microbiana existente en estos materiales (Ramos & Terry, 2014).

8.9.1. Humus

Debido a su alto contenido de nitrógeno y fosforo, el humus es ampliamente utilizado en la agricultura sustentable, especialmente en suelos bajos en materia orgánica, transformándolos en suelos de alto rendimiento que promueve la actividad de micro y macro nutrientes que se encuentran en estos suelos. El humus crea un efecto biológico en el suelo para que pueda restaurar sus propios nutrientes y eliminar los contaminantes. Es un producto orgánico que tiene una textura granular, es húmedo, no fermenta ni tiene olor, está libre de impurezas o se mezcla con otros fertilizantes no orgánicos (Rodriguez & Sierra, 2009).

Los abonos de procedencia animal constituyen la forma tradicional en la fertilización orgánica, es así que se constituye como una de las mejores labores para aumentar la presencia de los microorganismos en el suelo, del mismo modo manifiesta que los elementos presentes en los abonos orgánicos son transformados en sustancias asimilables que se integran a la microfauna del suelo, para que los microorganismos los descompongan y las plantas los aprovechen (Bedoya & Salazar, 2014).

Según Herran *et al.*, (2008) la calidad del humus obtenido, está en dependencia con la calidad del producto final obtenido, en base a la materia prima utilizada para su elaboración, como resultado se obtienen humus con diferentes propiedades químicas y físicas con contenido de microorganismos, esto quiere decir que mientras mayor diversidad de materia prima para elaborar el humus, más diverso serán los elementos presentes en su contenido, destacando los macro y micronutrientes. La incorporación de materia orgánica como regulador es una buena gobernabilidad en la gestión del suelo, repone los nutrientes absorbidos por las plantas, el mismo tiempo que mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas a largo plazo. Entre las alternativas para la incorporación de enmiendas orgánicas el humus tiene especial importancia, esto debido al equilibrio de nutrientes que posee, además de las grandes cantidades de fibra microbiana y muchos nutrientes de fácil absorción para las plantas (Larreategui & Banchon, 2014).

Los autores Altamirano y Cabrera, (2006) mencionan los múltiples beneficios del humus, entre los que están la alta disponibilidad de fósforo y nitrógeno, lo cual estimula la floración y emisión foliar, contiene potasio que ayuda a tener resistencia a condiciones climatológicas adversas y fomentan la resistencia a enfermedades y plagas. Además, tiene mejores condiciones para el drenaje del agua y mayor capacidad de retención de humedad.

8.9.2. Compost

El abono compost según Pravia y Sztern, (2017) es producto de la descomposición de materia orgánica, como hojas, partes de plantas, desechos domésticos y dependiendo de su resultado final se puede agregar otros componentes para su elaboración, es un abono que además de proporcionar nutrientes a la planta, se encarga de corregir las deficiencias del suelo. Por ello se lo considera como un mejorador de suelos, sumamente útil para prevenir la erosión, mejorar las cosechas en cantidad y calidad. Su producción aporta beneficios directos e indirectos si consideramos los beneficios en la producción, la mano de obra que ocupa su procesamiento, las posibilidades de obtener producciones ambientalmente sanas, reduciendo los efectos adversos que trae la fertilización química. La elaboración del compost se lo considera como una actividad de múltiples beneficios, a más de eliminar residuos vegetales que no sirven, se obtiene uno de los abonos con mayor cantidad de elementos entre los compuestos orgánicos. Los beneficios en el medio ambiente comprenden en disminuir la contaminación al suplementar los químicos con productos orgánicos, beneficiando también a los cultivos donde son aplicados

8.10. Microorganismos eficientes

El papel de los microorganismos eficientes como inoculantes microbianos es restablecer las condiciones y el equilibrio de la población microbiana del suelo, debido a que mejoran las características físicas y químicas, incrementando el rendimiento de los cultivos mediante la protección del suelo. Al mismo tiempo crean una agricultura y un medio ambiente más sostenible. A medida que los Microorganismos Eficientes su población, como una comunidad en el medio en el que se encuentran, aumenta la actividad microbioma, equilibrando el ecosistema de microorganismos y previniendo patógenos (Mesa, 2016).

Para Herrera *et al.*, (2007) los microorganismos como las endomicorrizas y los hongos del género *Trichoderma* se utilizan masivamente como inoculantes para aumentar el vigor de las plantas, a menudo en combinación con fertilizantes orgánicos, que se adaptan bien a suelos cada vez

más agresivos causados por fertilizantes químicos o condiciones desfavorables del suelo. Sin embargo, estos microorganismos son más activos en el suelo, no por las raíces de las plantas sino por otros hongos que viven en la biosfera, lo que aumenta la presencia de microorganismos benéficos en la capa superior del suelo, además estos microorganismos eficientes ayudan a desdoblar la materia orgánica presente en los abonos, sobre todo en enmiendas orgánicas donde el alto contenido de materia orgánica no es aprovechablemente al 100% por la planta, debido a factores como suelos de mala estructura o bloque de elementos por fertilizaciones indiscriminadas.

8.10.1. *Trichoderma spp*

Para Chiriboga *et al.*, (2018) los denominados microorganismos antagonistas como el hongo *Trichoderma spp.*, actúan mediante varios mecanismos que incluyen la competencia por los nutrientes, el hiperparasitismo y la antibiosis de los patógenos. Son por tanto hongos benéficos, evitando el crecimiento de hongos o nematodos que causan enfermedades en las plantas. Muchas de las funciones beneficiosas que este hongo realiza en la agricultura se han comprobado fundamentalmente en el campo de la sanidad vegetal. En este sentido, Hernández *et al.*, (2019) señaló que los microorganismos utilizados como biofertilizantes cumplen tres roles como proveedores de nutrientes, fitohormonas y antagonistas de hongos fitopatógenos.

Por otro lado Companioni *et al.*, (2019) este hongo *Trichoderma spp.* compite directamente con los patógenos tomando sus nutrientes, degradando los elementos de los que se alimentan estos patógenos. También se alimenta de los materiales orgánicos, descomponiéndolos. Por ello, la combinación de materia orgánica y compost favorece su formación en el suelo. Los hongos necesitan humedad para germinar. Además, tiene una alta tasa de crecimiento, por lo que es capaz de autogenerarse en el suelo y prevenir enfermedades que afecten a las plantas. Mientras Hernández *et al.*, (2019) afirma que la aplicación de *Trichoderma spp.*, al suelo tiene varias ventajas, pero cabe señalar que un solo método de control no es suficiente para erradicar la enfermedad de manera efectiva y a largo plazo. Es necesario combinar varias prácticas, para obtener cultivos sanos y económicamente rentables.

Las Trichodermas, además de servir como un método biológico para el control de enfermedades tienen otras propiedades en el suelo y en las plantas. En el suelo mejoran significativamente la textura, especialmente en suelos pobres en nutrientes y con bajo contenido de materia orgánica. Además el efecto positivo que tienen las Trichodermas se basa en la colonización previa del

suelo antes de la instalación de otro tipo de hongos (*Botrytis*, *phytium*, *rhizoctonia*, etc.) que causan enfermedades en las plantas (Martinez & Reyes, 2017).

Las trichodermas, por otro lado, se alimentan de otros hongos, reduciendo su capacidad de crecimiento y afectando las raíces. En este sentido, el hongo induce un estado de opresión en el suelo en ausencia de una enfermedad fúngica suficiente para dañar el cultivo. El éxito de las *Trichoderma* como agente de control biológico se atribuye a su alta fertilidad, capacidad para sobrevivir en condiciones ambientales adversas, eficiencia en el uso de nutrientes, capacidad para transformar la rizosfera, fuerte agresividad contra hongos fitopatógenos y eficiencia en promoción del crecimiento en plantas e inducción de mecanismos de defensa. Las diferentes especies se caracterizan por tener un crecimiento micelial rápido (Sanchez, 2020).

8.10.2. Endomicorrizas

El término endomicorrizas se debe a la integración de diversas especies de micorrizas en un mismo componente. Es así que las relaciones micorrízicas pueden ser clave para reducir la cantidad de fertilizantes (especialmente fosfatos) que se debe aplicar para obtener buenos rendimientos; en suelos con alto contenido de fósforo, las endomicorrizas incrementan el crecimiento y la producción de los cultivos, gracias a sus propiedades simbióticas entre la planta, suelo y raíces. Es por esta razón que se desarrollan plantas con mayor calidad biológica en términos de altura, en cuanto a mayor altura, vigor y área foliar, y se incrementan los rendimientos. Protege las raíces contra ciertos hongos patógenos. Además, promueven la reducción de insumos y de los costos, logrando una agricultura más sustentable y ecológicamente más sana (Noda, 2016).

Las endomicorrizas o micorrizas arbusculares son organismos biotróficos, lo que significa que necesitan raíces vivas para adquirir carbono y energía. Esta relación simbiótica, en general, se considera como mutualista, la cual permite el intercambio de diferentes sustancias entre plantas y hongos micorrízicos a través de la activación de sistemas enzimáticos, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de ambos organismos. Estas endomicorrizas corresponden a una asociación obligada para los hongos que las producen, pero no para las plantas. Su característica principal es la llamada estructura denominada arbusculos, la cual se origina cerca del cilindro vascular de la planta mediante numerosas ramificaciones dicotómicas sucesivas de una hifa, que funciona para transferir nutrientes hacia y desde la planta (Andrade A. , 2018).

La asociación de las endomicorrizas con la planta son el tipo de simbiosis más abundante en la naturaleza, el beneficio de estos microorganismos se da en torno a mejorar las capacidades de las raíces en cuanto a la absorción de agua y nutrientes, por lo que las raíces se desarrollan de mejor manera, incluso en suelos más pobres. Del mismo modo las plantas se ven beneficiadas asimilando mayor cantidad de nutrientes y desdoblado el nitrógeno orgánico. Las relaciones de micorrizas de las plantas no solo se benefician al reforzar las características morfológicas de las plantas, sino que, además, las endomicorrizas tienen la capacidad de hacer que las plantas sean más resistentes a las condiciones climáticas adversas, por ejemplo, sequías, inundaciones, deficiencia de nutrientes o presión del agua (Franco, 2020).

La fertilización con micorrizas es una de las técnicas biológicas utilizadas en muchos casos para mejorar los efectos adversos sobre el suelo causados por el uso descuidado de fertilizantes químicos. Además las endomicorrizas al contener diferentes subespecies en una formulación determinada facilitan la descomposición de la materia orgánica, sobre todo cuando se aplican enmiendas para corregir deficiencias en el suelo. Así mismo las simbiosis entre las endomicorrizas son clave para reducir el uso de fertilizantes químicos, sobre todo en suelos que contienen fósforo, pero su efecto está bloqueado por uno u otro elemento. Para corregir estos bloques se inoculan endomicorrizas para aumentar el crecimiento y el desarrollo temprano de las plantas. Las plantas inoculadas con endomicorrizas desarrollan una calidad biológica superior en cuanto a características como vigor, área foliar y altura de planta. Por su acción simbiótica con el suelo y raíz a de la planta, además protege las raíces contra ciertos hongos patógenos. Además, estos microorganismos productivos ahorran hasta un 50% litros de volumen químico requerido, lo que reduce insumos y costos, e influye en la práctica de una agricultura más ecológica y sustentable (Noda, 2016).

9. PREGUNTA CIENTÍFICA O HIPÓTESIS

Ha. La aplicación de microorganismos eficientes como complemento de la fertilización orgánica mejorara las características vegetativas de las plantas de café.

Ho. La aplicación de microorganismos eficientes como complemento de la fertilización orgánica no mejorara las características vegetativas de las plantas de café.

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

10.1. Ubicación y duración del ensayo

La presente investigación se realizó en el Centro Experimental “La Playita”, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Cantón La Maná. Ubicación geográfica WGS 84: Latitud S 0°56' 21" Longitud W 79° 13' 25", altura 220 msnm. La investigación tuvo una duración de 90 días de trabajo de campo en donde se procedió a registrar todos los datos de campo para su posterior interpretación.

10.2. Condiciones meteorológicas

La investigación se llevó a cabo en el sector La Playita, específicamente en el Centro Experimental La Playita, Universidad Técnica de Cotopaxi, extensión La Maná, el sitio del ensayo se encuentra ubicada en el sector La Playita, perteneciente a la parroquia El Triunfo, cuyas condiciones meteorológicas son las siguiente:

Tabla 4. Condiciones climatológicas del sitio del ensayo

Parámetros	Promedio
Altitud (m.sn.m)	220.00
Temperatura anual (°C)	18-23
Humedad relativa (%)	82
Precipitación anual (mm/año)	1400-1800
Heliofanía (horas-luz/año)	765
Evapotranspiración (mm/año)	744

Elaborado por: Ayala & Valdiviezo (2022)

Fuente: Estación meteorológica INHAMI 2014.

10.3. Materiales y equipos

Variedad de café

La variedad de café de la presente investigación fue la variedad Catuaí, esta variedad, de acuerdo a Coa *et al.*, (2015) es el resultado del cruce genético de las variedades Novo Mundo y Caturra, ambas de origen brasileño, la describen como una planta altamente productiva, de tamaño compacto pero frondosa lo cual se puede aprovechar para plantaciones de alta densidad de siembra. En el Ecuador, Catuaí se distribuye por la región amazónica en especial, al presentar características climatológicas similares a las regiones tropicales de Brasil.

Tabla 5. Características del café Catuaí

Origen	Centroamérica
Variedad	Catuaí
Coloración	Amarillo
Altura de planta	2.50 – 3.0 m
Rendimiento	2.3 – 3.1 Tn/ha
Cosecha	30 – 36 meses
Densidad de siembra	5000 – 6000 plantas/ha
Cruce genético	Novo Mundo x Caturra
Resistencia	Hypothenemus hampei Ferr
Susceptibilidad	Roya del cafeto

Fuente: (Lopez, Escamilla, & Cruz, 2016).

Elaborado por: Ayala & Valdiviezo (2022).

Abono Orgánicos

El humus de lombriz al ser un abono de tipo orgánico producto de la descomposición de materia orgánica, por parte de la lombriz roja californiana presenta un alto contenido de nutrientes, destacando el contenido de macro y micronutrientes, lo cual beneficia tanto a la planta como al suelo. Por ello en el presente proyecto se escogió un abono que cumpla con los requerimientos nutricionales de las plantas de café, presenta las siguientes características:

Tabla 6. Elementos presentes en el humus

Elemento	Contenido	Unidad
Carbono	13.50	%
Nitrógeno	1.33	%
Fosforo	0.47	%
Potasio	2.21	%
Hierro	587.28	ppm
Zinc	12.70	ppm
Manganeso	35.25	ppm
Cobre	4.42	ppm
Magnesio	689.32	ppm

Elaborado por: Ayala & Valdiviezo (2022)

Fuente: (Lopez, Escamilla, & Cruz, 2016).

En cuanto al abono compost utilizado proviene de residuos vegetales, excretas de animales, desperdicios de cocina que se generan en forma controlada, el compost es un abono de alto valor nutritivo, además se utiliza para acondicionar suelos que presenten bloqueo de nutrientes, producto del uso indiscriminado de fertilizantes químicos, en la planta funciona como un catalizador de nutrientes, permitiendo la asimilación más rápida de los elementos presentes en los abonos. El compost se adquirió de manera comercial, y su contenido nutricional se detalla en la tabla 7.

Tabla 7. Características físico químicas del compost

Elemento	Contenido	Unidad
Materia orgánica	36.40	%
Nitrógeno	1.37	%
Fosforo	1.26	%
Potasio	2.52	%
Hierro	438.00	ppm
Zinc	16.28	ppm
Manganeso	35.16	ppm
Cobre	2.71	ppm
Magnesio	632.65	ppm

Elaborado por: Ayala & Valdiviezo (2022)

Fuente: (Lopez, Escamilla, & Cruz, 2016)

Microorganismos eficientes

En el proyecto se inutilizaron micorrizas arbusculares o endomicorrizas, por sus cualidades en el mejoramiento y síntesis de la materia orgánica presente en los abonos. Las endomicorrizas contienen microorganismos del género *Glomus* mayormente, se conoce que este género se adapta a cualquier condición del suelo, siendo un complemento perfecto en combinación con los abonos orgánicos en la aplicación en el cultivo de café. A continuación se detalla las principales características de las endomicorrizas (Crystal chemical, 2021).

Tabla 8. Características de las endomicorrizas

Especies	<i>Glomus fasciculatum</i> , <i>Scutellospora heterogama</i> , <i>Glomus mosseae</i>
pH	6.0 – 6.5
Humedad	8 – 11.6 %
Nivel de colonización	70-99 %
Concentración de esporas	300 esporas/gramo
Densidad aparente	1057 g/cm ³
Calcio	8.0 %
Hierro	0.05 %

Elaborado por: Ayala & Valdiviezo (2022)

De acuerdo a (Senasa, 2021), los microorganismos como las Trichodermas se utilizaron para controlar a enfermedades radicales del suelo, sabiendo que la variedad Catuaí es susceptible a enfermedades radicales fungosas la aplicación de estos microorganismos a más de contribuir con nutrientes para la planta y el suelo tienen la función de actuar como métodos alternativos en el manejo integrado de enfermedades. Las características principales de Trichodermas se detallan a continuación.

Tabla 9. Características de *Trichoderma harzianum*

Especie	<i>Trichoderma harzianum</i>
Pureza	99.5 %
Humedad relativa	8-11 %
Formulación	1 x 10 ⁷ conidias/ml.
Tipo	Antagonista
Concentración	1 x 10 ⁸ conidias/ml
pH	5.0

Elaborado por: Ayala & Valdiviezo (2022).

10.4. Tipos de investigación

La investigación de tipo experimental ya que fomentan las variables en el estudio y la rentabilidad del cultivo de café (*Coffea arabica*), con tres abonos edáficos en el Centro Experimental La Playita, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, extensión La Maná.

La investigación descriptiva se empleó para encontrar observables, cuantificables a partir de la estadística para el análisis de variable a evaluar, mediante la recopilación de datos estadísticos de los tratamientos en estudio, en el cultivo de café, a partir del cual se emitieron los resultados.

La investigación de campo se realizó en el sitio mismo del ensayo, mediante la recopilación de datos de campo de las variables en estudio y en tiempo determinado de cada indicador a evaluar para comprobar los efectos producidos por la aplicación de los abonos edáficos.

Es de tipo analítica, debido al análisis de datos se realizó mediante los programas estadísticos para conocer a exactitud los resultados obtenidos y diferencias entre los tratamientos.

10.5. Diseño experimental

En la presente investigación se empleó un Diseño Completamente al Azar, con un arreglo factorial, se plantearon 4 tratamientos y 5 repeticiones, en los que se aplicaron los abonos edáficos orgánicos más la incorporación de microorganismo eficientes con un tratamiento testigo.

10.6. Factores en estudio

Dentro del presente proyecto se estableció un arreglo factorial de 2*2+1, donde el Factor A corresponde a los microorganismos eficientes (*Trichoderma* y *Endomicorizas*) y el factor B son los abonos edáficos orgánicos (humus y compost), además se utilizó un testigo absoluto.

Tabla 10. Esquema del diseño experimental.

Factor A (M. E.)	Factor B (Abonos)
M. E.1: Trichoderma	A. 1: Humus.
M. E.2: Endomicorrizas	A. 2: Compost

Elaborado por: Ayala y Valdiviezo (2022).

10.7. Análisis de varianza

En la tabla 11 se detalla el esquema del análisis de varianza.

Tabla 11. Esquema del análisis de varianza.

Fuentes de Variación		Grados de libertad
Repeticiones	r-1	3
Tratamientos	t-1	4
Factor A = Microorganismos	a-1	1
Factor B = Abonos	b-1	1
Interacción de Ax B	(a-1) (b-1)	1
Testigo		1
Error	(r-1) (t-1)	12
Total	r.t -1	19

Elaborado por: Ayala y Valdiviezo (2022).

10.8. Tratamientos en estudio

En la siguiente tabla se presenta los tratamientos en estudio y el esquema del experimento para el cultivo del café los cuales fueron producto de la combinación de los factores, dando un total de cinco tratamientos, con cuatro repeticiones más un testigo absoluto.

Tabla 12. Tratamientos en estudio.

Tratamiento	Código	Descripción
T1	T + H	Trichodermas + Humus
T2	T + C	Trichodermas + Compost
T3	E + H	Endomicorrizas + Humus
T4	E + C	Endomicorrizas + Compost
T5	T	Testigo

Elaborado por: Ayala & Valdiviezo (2022).

10.9. Esquema del experimento

El experimento consta de cuatro tratamientos correspondientes a la combinación de los abonos orgánicos, más la incorporación de microorganismos eficientes, y un tratamiento testigo; cada tratamiento estuvo constituido por cuatro repeticiones, de los cuales se tomó cuatro unidades experimentales para registrar todas las variables en estudio.

Tabla 13. Esquema del experimento

Tratamientos	Repeticiones	U. E.	Total
T1	4	4	16
T2	4	4	16
T3	4	4	16
T4	4	4	16
T5	4	4	16
TOTAL			80

Elaborado por: Ayala y Valdiviezo (2022).

10.10. Variables evaluadas

10.10.1. Altura de la planta (cm)

Se evaluaron las variables donde se procedió a medir la altura desde el suelo hasta la parte más alta de la planta, en plantas que presentaron alturas superiores se midió con una regla graduada en centímetros, esta variable se registró a los 30, 60 y 90 días posterior a la aplicación de los abonos, se efectuó con la ayuda de un flexómetro y se expresó en centímetros.

10.10.2. Diámetro de tronco (cm)

Para evaluar esta variable se utilizó un calibrador de precisión en donde se procedió a medir el diámetro del tallo, tomando en cuenta cinco centímetros desde la base del tallo a la parte superior del tallo en cada una de las plantas y se lo expreso en centímetros.

10.10.3. Perímetro foliar (cm)

Para esta variable se procedió a medir con una cinta métrica todo el borde foliar de la planta, de acuerdo a (Arcila, Farfán, & Moreno, 2007) el perímetro foliar está en dependencia con la producción de café, al contar con un mayor perímetro foliar tendremos un mayor rendimiento del cultivo. Los datos del perímetro foliar se expresaron en centímetros.

10.10.4. Longitud de ramas (m)

La longitud de ramas está relacionada con la producción del café, según (Alvarado, 2007), mientras mayor longitud de rama se obtenga mayores serán los rendimientos en cuanto a la producción del café, esta variable se la recopilo en las edades establecidas y se expresó en centímetros.

10.10.5. Análisis de costos

El análisis de costos comprende el detalle de los costos de producción de cada tratamiento y determinar los valores económicos del proceso de evaluación de los recursos principales para realizar el presente proyecto. Para ello se realizó el análisis en función a la depreciación de equipos y herramienta que se utilizaron en el ensayo, así como de los insumos, materiales y recursos utilizados.

10.11. Manejo del ensayo

10.11.1. Obtención de muestras de suelo

Las muestras de suelo se tomaron en horas de la mañana, se seleccionaron 4 submuestras aleatoriamente de todo el sitio del experimento, a una profundidad de 30 cm del suelo. Las muestras fueron unificadas para ser enviadas al laboratorio de suelos y tejidos AGROLAB.

10.11.2. Labores preculturales

Las labores preculturales consistieron en la eliminación de maleza, limpieza del terreno y la eliminación de ramas secas de las plantas de café, además se realizó una poda de mantenimiento a las plantas de café y se procedió a podar los árboles de cítricos que obstruían el cultivo. Durante las podas se tuvo cuidado de no causar lesiones en las ramas principales ni secundarias, para desinfectar las heridas causadas por la eliminación de ramas se procedió a aplicar una solución de óxido cúprico al 75% más agua al 25%, que se aplicó inmediatamente después de la poda.

10.11.3. Labores culturales

Las labores culturales correspondieron a la eliminación de malezas, que se realizó de manera manual con la ayuda de machetes y herramientas como rastrillos y azadones, se realizó una vez por semana para evitar que la maleza se propague por todo el sitio del ensayo. Del mismo modo se realizaron podas fitosanitarias a las plantas de café, eliminando chupones y ramas no funcionales que perjudican al cultivo. Además se realizaron labores complementarias como el apuntalado de plantas para evitar volcamientos de las mismas.

10.11.4. Riego

El riego fue constante, se regó en las horas de la mañana para evitar un estrés hídrico de las plantas, dado que en el sitio del ensayo el suelo es de textura pedregosa se regó en la mañana y en horas de la tarde. Durante los primeros meses de la investigación se regó constantemente, debido a la época seca y el café al requerir de cantidades de agua para su producción el riego se lo efectuó dos veces por día, es decir en la mañana y en la tarde.

10.11.5. Aplicación de abonos edáficos

La aplicación de abonos edáficos como son el humus y el compost se realizó al inicio y cada 15 días, se utilizó la dosis de compost aplicada por Pilatasig, (2017) en 4 kg/m² en el caso del compost y 2,5 kg/m² en el humus, las dosificaciones se calcularon acorde al análisis del suelo y recomendaciones del producto. La dosis se basó en las aplicaciones efectuadas por Cobo y Palomo, (2021), en el Centro Experimental La Playita. Por tal motivo al seguir un plan continuo de fertilización establecido con anterioridad, se buscó complementar dichas dosis de fertilización con aplicaciones de microorganismos eficientes.

10.11.6. Aplicación de microorganismos eficientes

Los microorganismos eficientes fueron integrados el mismo día de la aplicación de los abonos foliares, para que no exista margen de error en cuanto a los datos experimentales. La aplicación se efectuó de manera edáfica, debido a que tanto las micorrizas como las trichodermas tienen acción en el suelo y en la raíz de la planta.

Las dosis utilizadas se establecieron según la sugerencia de cada producto, y en comparación a investigaciones en café con microorganismos eficientes, tomadas a partir de investigaciones de Vallejos *et al.*, (2019), estableciéndose en 1,5 g/l de agua en las micorrizas y 2 g/l de agua en las Trichodermas. Para ello se dejó reposar el agua por 48 horas antes de preparar la solución, de esta manera se consigue que el agua se oxigene y eliminar restos de elementos presentes en el agua.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

11.1. Análisis de suelo

Análisis de entrada

Antes de la investigación se procedió a realizar un análisis físico químico del suelo, para determinar los parámetros de textura, estructura y elemento disponibles. Se puede observar en la presente tabla que los niveles de materia orgánica son medios, con 4.3%. En este caso (Cobo & Palomo, 2021), indican que el incremento de la materia orgánica se debe a las constantes aplicaciones de abonos y enmiendas orgánicas, ya que en su investigación los niveles de materia orgánica no pasaron del 3,4%, siendo bajos para el cultivo de café. El nivel de pH es de 5.37, siendo de tipo medianamente ácido, para el elemento nitrógeno se observan niveles bajos con 30.30 ppm, los niveles de Cu y Fe se muestran con alta concentración con 2.80 y 179.00 ppm. En tanto al K presenta bajos niveles con 0.16, de igual manera el Ca y Mg demuestran tener niveles bajos para el cultivo con 3.00 y 0.42 meq/100ml.

Tabla 14. Análisis de suelo antes de iniciar la investigación

%	ppm.									meq/100ml		
M.O.	pH	NH ₄	P	S	Cu	B	Fe	Zn	Mn	K	Ca	Mg
4.3	5.37	30.3 0	44.0 6	13.0 8	2.8 0	0.3 2	197.0 0	6.3 0	6.9 0	0.16	3.00	0.42
M	Me. Ac.	B	B	M	A	M	A	B	M	B	B	B

Elaborado por: Ayala y Valdiviezo (2022).

Fuente: Laboratorio AGROLAB (2021).

Análisis de salida

Los resultados del análisis de suelo posterior a la aplicación de los abonos en conjunto con los microorganismos eficientes muestran mejoras significativas en el suelo, es así que el contenido de materia orgánica se duplicó en comparación con el inicio con 6.2%, confirmando lo expuesto por (Higa & Parr, 2018) los microorganismos eficientes ayudan a transformar los elementos presentes en los abonos y desdoblarlos en materia orgánica, sobre todo en suelos con bajo contenido de microorganismos donde la fertilización tiene un papel importante dentro del cultivo de café.

El nivel de pH se mantiene tal como al inicio, con 5.53, según el análisis es de tipo medianamente ácido, así mismo las concentraciones de nitrógeno se vieron incrementadas con

el efecto de los microorganismos con 31.30 ppm con un nivel medio en base al análisis de suelos. Los macro elementos como el nitrógeno incrementaron sus concentraciones con 31.30 ppm por la simbiosis entre los M.E. y las raíces del café. El fosforo incremento su disponibilidad en el suelo con 105.15 ppm, siendo superior que al iniciar la investigación, otro elemento que aumento sus concentraciones fue el S, con buena disponibilidad en el suelo de 105.15 ppm, en tanto a los microelementos como el Ca y Mg las concentraciones fueron altas después de aplicar los microorganismos eficientes en combinación con los abonos.

En base a los análisis inicial y final se concluye que la acción de los microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica tiene excelentes resultados, la mayoría de elementos disponibles en el suelo incrementaron sus concentraciones, volviéndolos más asimilables para las plantas, al mismo tiempo el suelo presenta una textura equilibrada, con porcentajes idóneos de materia orgánica y demás elementos en cantidades equilibradas, sin notar bloqueo o saturación de elementos.

En investigaciones previas (Sanchez, 2020) ya estableció la rápida acción de los M.E. al descomponer la materia inorgánica presente en los fertilizantes, abasteciendo a la planta de elementos que pueda asimilarlos de mejor manera, lo que acelera aún más la acción de los abonos en la producción de los cultivos. Es así que los microorganismos como Endomicorizas se adaptan a las condiciones inhóspitas del suelo, mejorando las condiciones de suelos con escaso contenido de materia orgánica, volviéndolos adecuados para los cultivos.

Con la incorporación de abonos orgánicos se mejoran considerablemente las propiedades químicas del suelo, manteniendo el nivel de macro y micro nutrientes, y estimulando la actividad biológica del suelo. (Solorzano, 2019) manifiesta que la presencia de microorganismos es un indicador de fertilidad en el suelo, por ello se demuestra que los microorganismos eficientes al aplicarse en combinación con abonos orgánicos promueven la actividad biológica del suelo, mejorando su textura y estructura.

Tabla 15. Análisis de suelo posterior a la investigación

%	ppm.									meq/100ml		
M.O.	pH	NH4	P	S	Cu	B	Fe	Zn	Mn	K	Ca	Mg
6.2	5.53	31.30	105.15	4.54	3.80	0.17	183.50	11.70	9.70	1.43	6.00	3.53
A	Me. Ac.	M	A	B	M	B	A	A	A	A	M	A

Elaborado por: Ayala y Valdiviezo (2022).

Fuente: Laboratorio AGROLAB (2021).

11.2. Efecto simple

Efecto simple por microorganismos eficientes

Altura de planta (cm)

La tabla 15 muestra la mayor altura de planta con endomicorrizas a los 30 días, cuyos valores son de 216.85 cm, en los 60 días endomicorrizas alcanzo el valor más significativo con 240.88 cm de altura, mientras a los 90 días la aplicación de endomicorrizas mantuvo los mayores resultados con alturas promedio de 252.92 cm. El papel de las endomicorrizas en el crecimiento de las plantas de acuerdo a (Andrade A. , 2018) se debe a que bajo ciertas condiciones, como la integración a enmiendas orgánicas, permitiendo una mayor circulación de nutrientes.

Tabla 16. Altura de planta por M.E. en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (*Coffea arabica*)

M. E.	Edades		
	30 Días	60 Días	90 Días
Trichoderma	212.08	b 222.10	b 231.71
Endomicorriza	216.85	a 240.88	a 252.92
CV %	0.86	2.41	1.76

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Elaborado por: Ayala y Valdiviezo (2022).

Longitud de ramas (m)

En la longitud de ramas a los 30 días se observa que la aplicación de endomicorrizas presento mayor longitud de ramas con 1.50 m. en cuanto a los 60 días el mismo microorganismo eficiente tuvo mejores resultados con 1.96 m de largo de ramas, los datos a los 90 días muestran mayor longitud en endomicorrizas con 2.25 m. de largo. (Higa & Parr, 2018) mencionan las funciones de las endomicorrizas es especialmente en las raíces de las plantas, de esta manera establecen una simbiosis entre el suelo y la raíz, incrementando la capacidad de la planta de desarrollar su fisiología que se ve reflejado en el aumento de ramas y tallos.

Tabla 17. Longitud de ramas por M.E. en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (*Coffea arabica*)

M. E.	Edades		
	30 Días	60 Días	90 Días
Trichoderma	1.31	b 1.51	b 1.87
Endomicorriza	1.50	a 1.96	a 2.25
CV %	4.06	1.36	1.92

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Elaborado por: Ayala y Valdiviezo (2022).

Diámetro de tronco (cm)

Para el diámetro de tronco los datos con mayor relevancia se obtuvieron con las micorrizas con 4.57 cm, en tanto la incorporación de micorrizas al suelo obtuvo a los 60 días resultados de 5.17 cm, mientras en los 90 días el microorganismo con valores más significativos en diámetro de tronco fue endomicorrizas con 6.35 cm de diámetro. Los resultados de esta variable superaron los que establecieron (Cobo & Palomo, 2021), en tratamientos testigo alcanzaron resultados de 4.92 cm, por lo que se puede observar que la aplicación endomicorrizas en combinación con abonos orgánicos dan buenos resultados.

Tabla 18. Diámetro de tronco por M.E. en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (*Coffea arabica*)

M. E.	Edades					
	30 Días		60 Días		90 Días	
Trichoderma	4.30	b	4.95	b	5.71	b
Endomicorriza	4.57	a	5.17	a	6.35	a
CV %	2.31		3.46		4.00	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Elaborado por: Ayala y Valdiviezo (2022).

Perímetro foliar (m)

En la siguiente tabla se puede observar que endomicorrizas tuvo mejores resultados en esta variable con 3.16 m a los 30 días, para los 60 días del ensayo endomicorrizas mantiene los resultados más altos con 3.92 m. Finalmente en los 90 días el mejor resultado presento endomicorrizas con 4.65 m de perímetro foliar. En esta variable los resultados fueron inferiores a los reportados por (Cobo & Palomo, 2021), en tratamiento testigo alcanzaron valores de perímetro foliar de 4.87 cm, se puede observar que la aplicación de abonos debe estar complementado con integraciones de microorganismos eficientes para obtener mejores resultados.

Tabla 19. Perímetro foliar por M.E. en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (*Coffea arabica*)

M. E.	Edades					
	30 Días		60 Días		90 Días	
Trichoderma	2.79	b	3.41	b	3.97	b
Endomicorriza	3.16	a	3.92	a	4.65	a
CV %	2.94		3.39		3.15	

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Elaborado por: Ayala y Valdiviezo (2022).

Efecto simple por abonos

Altura de planta

En el análisis por abonos se observa que la mayor altura de planta se presentó con aplicaciones de humus, con 216.92 cm de altura a los 30 días, en tanto a los 60 días los resultados más prominentes se registraron con el humus alcanzando 237.25 cm de alto. Para los 90 días se obtuvieron mejores resultados con aplicaciones de humus con alturas promedio de 251.93 cm. Como se puede evidenciar los resultados son superiores al finalizar la investigación a los de (Cobo & Palomo, 2021), mediante incorporación de abonos orgánicos edáficos, sin embargo fue el testigo que alcanzo una altura de 224.00 cm.

Tabla 20. Altura de planta por abonos en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (*Coffea arabica*)

Abonos	Edades					
	30 Días		60 Días		90 Días	
Humus	216.92	a	237.25	a	251.93	a
Compost	212.00	b	225.72	b	232.71	b
CV %	0.86		2.41		1.76	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Elaborado por: Ayala y Valdiviezo (2022).

Longitud de ramas

En la longitud de ramas los resultados con mayores índices se dieron con aplicaciones de humus, que a los 30 días obtuvo 1.59 m de altura, los datos a los 60 días muestran que humus mantiene los mejores resultados con 2.05 m de largo, la evaluación de longitud de ramas a los 90 días muestra que la aplicación de humus obtuvo valores superiores con 2.49 m de largo. Lo que concuerda con lo expresado por (Alvarado, 2007) en cuanto a la acción de los abonos edáficos orgánicos, los cuales presentan altos contenidos de nitrógeno que estimulan en desarrollo de las partes vegetativas de la planta, en especial en ramas y hojas.

Tabla 21. Longitud de ramas por abonos en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (*Coffea arabica*)

Abonos	Edades					
	30 Días		60 Días		90 Días	
Humus	1.59	a	2.05	a	2.49	a
Compost	1.22	b	1.43	b	1.63	b
CV %	6.37		6.26		5.26	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Elaborado por: Ayala y Valdiviezo (2022).

Diámetro de tronco

Para el diámetro de tronco los resultados más altos se obtuvieron con el abono humus, con 4.62 cm, en los 60 días se observa que el mismo abono mantiene los mejores resultados con 5.33 cm de diámetro, finalmente en los datos de 90 días se puede observar que las aplicaciones de humus tienen mejores resultados con 6.73 cm de diámetro. La aplicación de abonos como el humus trae numerosos beneficios, estos se ven reflejados en el incremento de diámetro de tallo en las plantas, en el caso puntual del café, se obtuvieron resultados similares a los de (Brito, 2020), en la edad de 30 días, al contrario a los 60 días, el mismo autor muestra resultados inferiores, con 1.48 cm con aplicaciones de abono edáfico orgánico.

Tabla 22. Diámetro de tronco por abonos en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (*Coffea arabica*)

Abonos	Edades					
	30 Días		60 Días		90 Días	
Humus	4.62	a	5.33	a	6.73	a
Compost	4.25	b	4.79	b	5.33	b
CV %	3.28		2.73		3.28	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Elaborado por: Ayala y Valdiviezo (2022).

Perímetro foliar

En la tabla 21 se analiza el perímetro foliar por abonos donde el mejor resultado a los 30 días presento el humus con un promedio de 3.44 m, en el análisis a los 60 días el mayor perímetro foliar se dio con el humus alcanzando valores de 4.15 m. En tanto a los 90 días la aplicación de humus obtuvo mayores resultados con 5.02 cm de perímetro foliar. En el efecto simple del perímetro foliar se aprecia que (Pilatasig, 2017), en su ensayo con diferentes abonos edáficos, con el testigo logro mejores resultados en perímetro foliar con 4.87 cm, lo que da a entender que este abono a pesar de aportar materia orgánica para la planta, en aplicaciones únicas su efecto es menor que en combinaciones con microorganismos eficientes.

Tabla 23. Perímetro foliar por abonos en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (*Coffea arabica*)

Abonos	Edades					
	30 Días		60 Días		90 Días	
Humus	3.44	a	4.15	a	5.02	a
Compost	2.50	b	3.18	b	3.59	b
CV %	3.28		2.63		4.14	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Elaborado por: Ayala y Valdiviezo (2022).

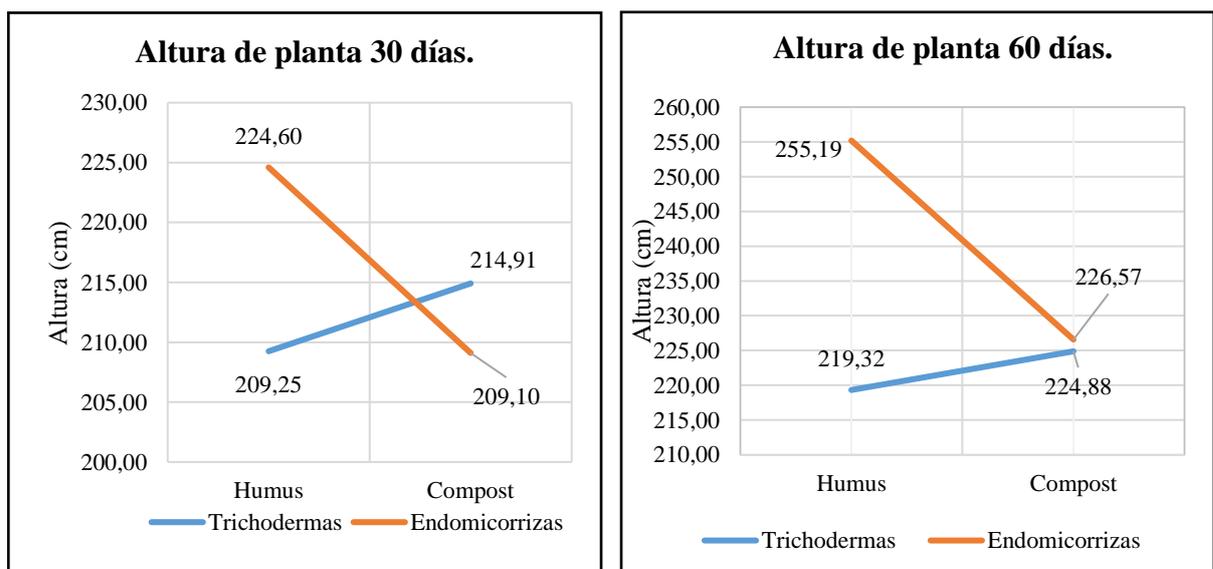
11.3. Interacciones

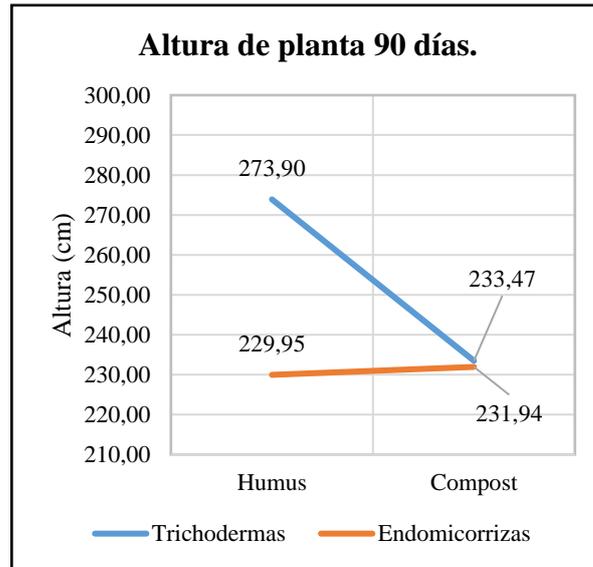
Altura de planta

La interacción entre los abonos y los microorganismos eficientes muestra mejores resultados a los 30 días con aplicaciones de humus y endomicorrizas con 224.60 cm de altura esto quiere decir que los abonos tienen en el mismo comportamiento en cuanto a altura de planta, en los 60 días se observa mejor interacción entre el humus y las endomicorrizas con alturas de 255.19 cm. Finalmente los datos a los 90 días presentan mejor resultado en el tratamiento de humus y compost con 273.90 cm de altura, mientras que en estas edades los abonos tienen diferente comportamiento.

Barquero, (1996) sostiene que si bien los abonos orgánicos tienen influencia directa en el crecimiento de las plantas, su efecto está determinado al cultivo donde se lo aplique, en el caso del café por ser un cultivo perenne y que el manejo sea orgánico tendrá una mejor interacción entre el suelo y la planta. Además Andrade, (2018) menciona las funciones de las endomicorrizas como soporte en el suelo, debido a su estructura crean una simbiosis entre el suelo y la planta, aportando con la desintegración de elementos presentes en ellos abonos para que la planta pueda asimilarla con mayor rapidez, esto permite que el suelo mantenga un equilibrio de elementos, sin bloqueos que generen desórdenes nutricionales para la planta.

Figura 1. Interacción de la altura de planta de café en diferentes edades.



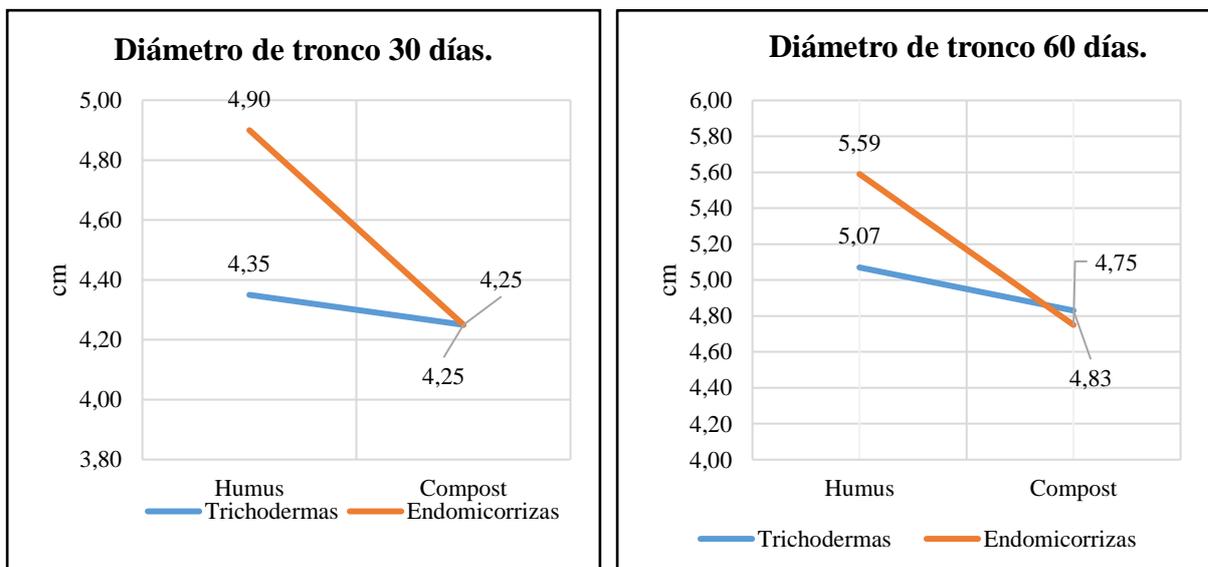


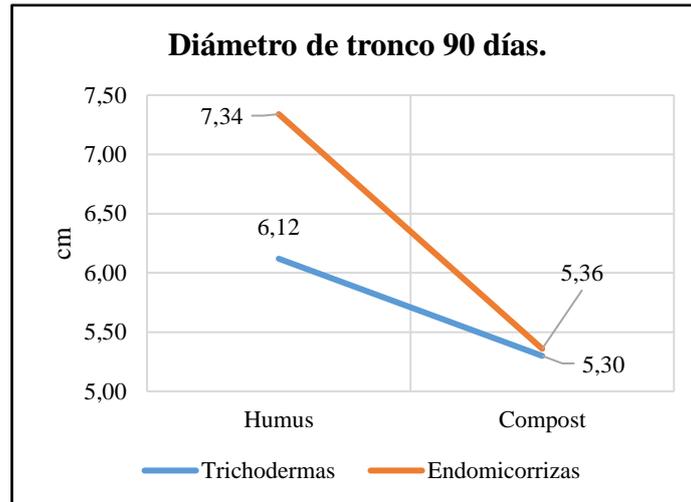
Elaborado por: Ayala & Valdiviezo (2022)

Diámetro de tronco (cm)

En el análisis de la interacción para la variable diámetro de tronco se puede constatar los mejores resultados en aplicaciones de humus y endomicorrizas alcanzando los 4.90 cm de diámetro, mientras la interacción entre abonos y microorganismos eficientes a los 60 días ubican al tratamiento de humus más endomicorrizas con mejores resultados con diámetros de 5.59 cm, la interacción entre los dos factores a los 90 días presenta mejores resultados de interacción en la aplicación de humus en conjunto con endomicorrizas, obteniendo 7.34 cm, de diámetro.

Figura 2. Interacción del diámetro de tronco de café en diferentes edades.



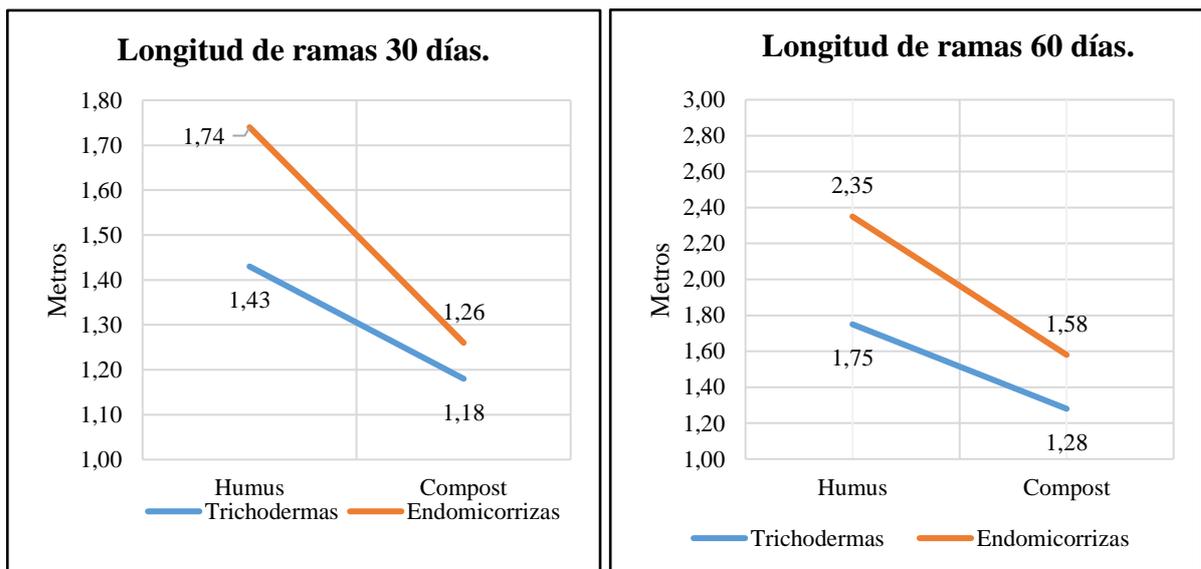


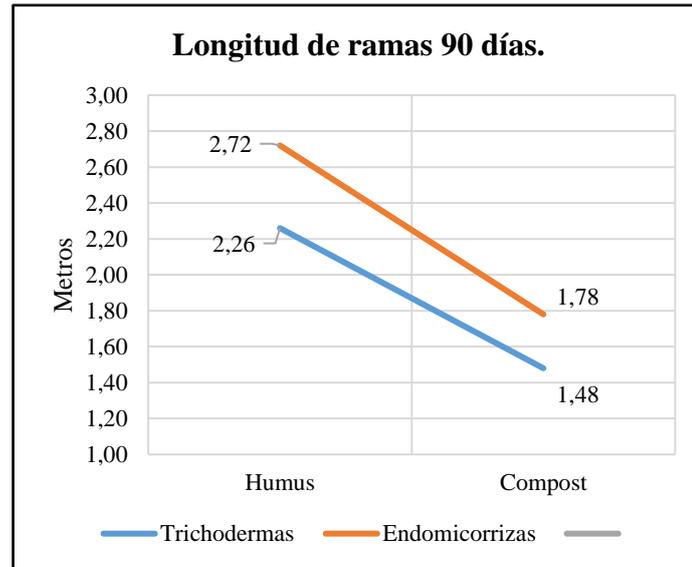
Elaborado por: Ayala & Valdiviezo (2022)

Longitud de ramas (m)

En la figura 3 se puede observar la interacción entre los abonos y microorganismos eficientes, donde se comprueba el efecto de las endomicorizas con el humus, con resultados de 1.74 m de longitud en ramas, los datos analizados a los 60 días presentan mejor interacción entre las endomicorizas y el abono humus con longitudes de 2.35 m. En cuanto al análisis de esta variable a los 90 días se puede observar que las aplicaciones de endomicorizas como complemento del humus obtuvieron mejor interacción en la planta con 2.72 cm de largo.

Figura 3. Interacción de longitud de ramas de café en diferentes edades.



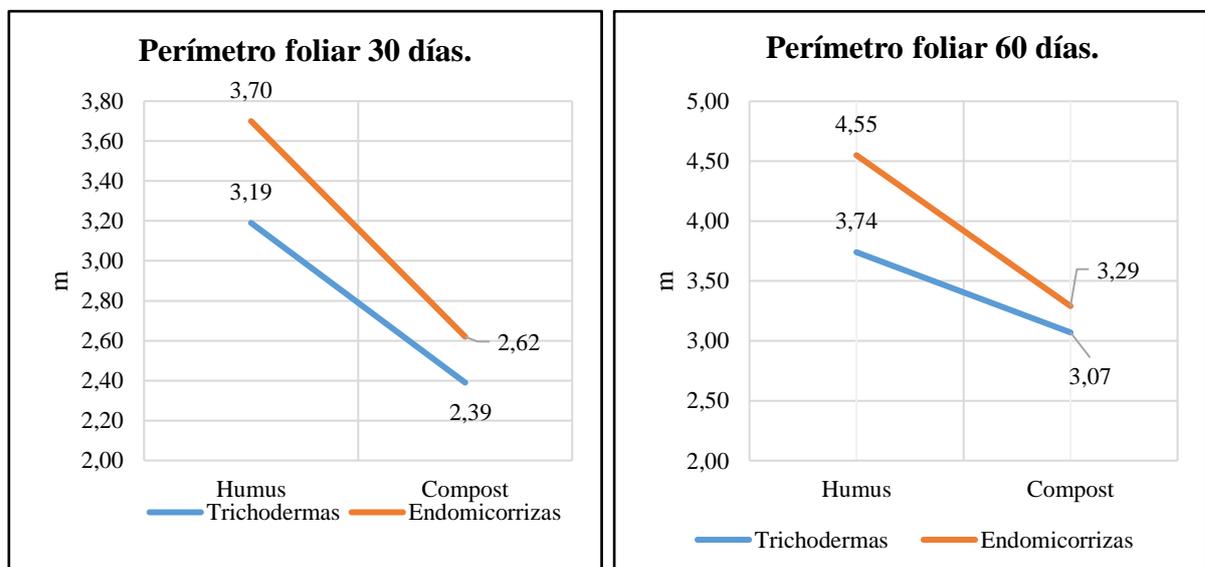


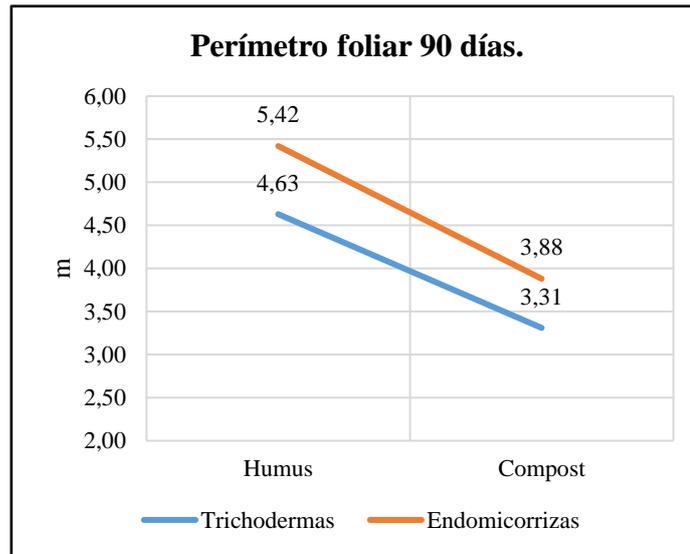
Elaborado por: Ayala & Valdiviezo (2022)

Perímetro foliar

La figura 4 muestra que existe una mejor interacción entre el humus y las endomicorrizas, en los 30 días se alcanzó un perímetro foliar de 3.70 m, en tanto que a los 60 días el mismo tratamiento obtuvo interacciones más representativas con 4.55 m en esta variable. A los 90 días se puede analizar que el abono humus en conjunto con la aplicación de endomicorrizas obtuvieron mejor interacción con 5.42 m en el perímetro foliar. El incremento significativo del perímetro foliar se debe a la acción de las endomicorrizas al ser absorbidas por la planta de manera directa.

Figura 4. Interacción del perímetro foliar en plantas de café.





Elaborado por: Ayala & Valdiviezo (2022)

11.4. Análisis por tratamientos

Altura de planta

En el análisis de la altura de planta se evidencia la mayor altura con la aplicación de T3 endomicorrizas con el abono humus a los 30 días, con promedios de 224.60 cm, mientras que a los 60 días los resultados más altos se dan con T3 (Endomicorrizas + Humus), alcanzando alturas promedio de 255.19 cm. En los 90 días se presentan los índices de altura superiores con el tratamiento a base de trichodermas más humus con una altura de 273.90 cm.

Estos resultados son superiores a los de (Pilatasig, 2017), quien evaluando la aplicación de abonos orgánicos edáficos registro alturas de 127.00 cm los 30 días. El modo de actuar de las trichodermas está vinculado al periodo de tiempo de su aplicación, en este caso como lo explica (Chiriboga, Gomez, & Garces, 2018), las trichodermas deben permanecer por periodos de tiempo largos para conocer sus propiedades, sin embargo en el caso de ser combinados con abonos orgánicos se pueden reducir el periodo de asimilación por la planta.

En el ensayo realizado por Cobo y Palomo, (2021) se establece que la aplicación de abonos orgánicos como humus y compost, no incidieron en variables como altura de planta, conservando cifras iguales en todos los tratamientos, incluso mantuvo los mismos datos comparados con el testigo, mostrando datos sin variaciones estadísticas entre tratamientos. Por ello, Del Águila *et al.*, (2018) recalcan el papel de los microorganismos en la mineralización de los abonos orgánicos, así como activadores del metabolismo celular en las plantas.

Tabla 24. Altura de planta en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (*Coffea arabica*)

Tratamientos	Edades					
	30 días		60 días		90 días	
T1: Trichodermas + Humus	209.25	c	219.32	b c	273.90	a
T2: Trichodermas + Compost	214.91	b	224.88	b	233.47	b
T3: Endomicorrizas + Humus	224.60	a	255.19	a	231.94	b
T4: Endomicorrizas + Compost	209.10	c	226.57	b	229.95	b
T5: Testigo	197.79		d 208.03	c	216.88	c
CV %	2.86		2.17		3.12	

Medias con una letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Elaborado por: Ayala y Valdiviezo (2022).

Diámetro de tronco

Para la variable diámetro de tronco las diferencias estadísticas se evidencian en el tratamiento 3 (Endomicorrizas + Humus), con resultados de 4.90 cm, lo cual demuestra lo descrito por (Mesa, 2016), quien menciona que los microorganismos eficientes como las endomicorrizas actúan sobre la raíz incrementando la masa radicular y por ende el diámetro de tallos y troncos. En los 60 días se puede observar que T3 (Endomicorrizas + Humus) mantiene valores superiores de diámetro con 5.59 cm, siendo superior a (Cobo & Palomo, 2021), quienes en su tratamiento testigo alcanzaron los 4.92 cm de diámetro a los 90 días de su ensayo. Los datos de 90 días son similares en casos de T1 (Trichodermas + Humus) y T3 (Endomicorrizas + Humus), con diámetros de 7.34 cm. Para Andrade y García, (2017) en especies de café mejoradas es necesario que el tronco de la planta esté en condiciones óptimas, con una consistencia firme y un apropiado diámetro, para evitar que las plantas se quiebren o doblen debido a la alta producción de café, cuyos frutos se concentran en las ramas provocando una gran carga para la planta. Además, un tronco de textura gruesa evita que la planta se quiebre por efectos de vientos o altas precipitaciones.

Tabla 25. Diámetro el tronco en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (*Coffea arabica*)

Tratamientos	Edades					
	30 días		60 días		90 días	
T1: Trichodermas + Humus	4.35	b	5.07	b	7.34	b
T2: Trichodermas + Compost	4.25	b c	4.83	b	5.30	c d
T3: Endomicorrizas + Humus	4.90	a	5.59	a	7.34	a
T4: Endomicorrizas + Compost	4.25	b c	4.75	b c	5.36	c
T5: Testigo	4.07		c 4.39	c	4.85	d
CV %	2.54		3.55		3.77	

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Elaborado por: Ayala y Valdiviezo (2022).

Longitud de ramas (m)

En la siguiente tabla se puede observar que a los 30 días la mayor longitud de ramas se presentó en el tratamiento de endomicorrizas aplicadas en combinación con el humus, con 1.74 m de largo, el tratamiento de trichodermas con humus obtuvo valores significativos de 1.43 cm de diámetro, en tanto que los tratamientos compost más endomicorrizas y humus obtuvieron valores similares con 1.46 y 1.18 m de largo. A los 60 días se evidencia que el tratamiento 3 (Endomicorrizas + Humus) conserva los mejores resultados con 2.35 m de largo de ramas, en tanto a los 90 días los mejores resultados de longitud de ramas se presentaron en el tratamiento de endomicorrizas y aplicaciones de humus con 2.72 m de largo. La mayor longitud de ramas según (Romero J. , 2019) esta en función a la producción de granos de café, quiere decir que entre mayor sea la longitud de ramas productivas mejores serán los rendimientos de este cultivo.

Tabla 26. Longitud de ramas en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (*Coffea arabica*)

Longitud de ramas (m)						
Trat.	Edades					
	30 días		60 días		90 días	
T1: Trichodermas + Humus	1.43	b	1.75	b	2.26	b
T2: Trichodermas + Compost	1.18	c	1.28	c d	1.48	d
T3: Endomicorrizas + Humus	1.74	a	2.35	a	2.72	a
T4: Endomicorrizas + Compost	1.26	c	1.58	c	1.78	c
T5: Testigo	1.08	d	1.18	d	1.23	e
CV %	3.89		1.27		1.87	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Elaborado por: Ayala y Valdiviezo (2022).

Perímetro foliar (m)

El perímetro foliar es un parámetro biológico fundamental en estudios agronómicos, sobre todo en especies como el café, cuya producción se centra en las ramas, teniendo en cuenta que mientras mayor sea el perímetro foliar, se obtendrá mayor producción según (Gómez, 2020). Los resultados en cuanto al perímetro foliar muestra mayores valores en el T3 de endomicorrizas más humus con 3.70 m, a los 30 días, en cuanto a los 60 días en el tratamiento con aplicaciones de endomicorrizas más humus se lograron mejores datos de perímetro con 5.42 m. siendo superiores a los datos de (Brito, 2020), el cual en investigaciones de diferentes clones de café alcanzo perímetros de 83.34 cm en 90 días de ensayo. Así mismo, Bedoya y Salazar, (2014) recalcan que en muchos casos el perímetro foliar se ve reducido en la producción por el efecto que tienen los frutos a inclinar la planta, por eso es necesario que si se

toma en cuenta esta variable como factor de estudio se lo registre antes de la producción total del café.

Tabla 27. Perímetro foliar en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (*Coffea arabica*)

Trat.	Edades					
	30 días		60 días		90 días	
T1: Trichodermas + Humus	3.19	b	3.74	b	4.63	b
T2: Trichodermas + Compost	2.39	c	3.07	c	3.31	d
T3: Endomicorrizas + Humus	3.70	a	4.55	a	5.42	a
T4: Endomicorrizas + Compost	2.62	c	3.29	c	3.88	c
T5: Testigo	1.99	d	2.31	d	2.58	e
CV %	3.13		3.53		3.43	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Elaborado por: Ayala y Valdiviezo (2022).

11.5. Análisis de costos

En la siguiente tabla se detalla el análisis económico para determinar el gasto que involucra cada tratamiento del proyecto, en efecto se puede constatar que el tratamiento 3 obtuvo menor inversión económica con USD. 8.52, los tratamientos 2 (Endomicorrizas + Humus) y 1 (Trichodermas + Humus) presentaron similares cifras con USD. 9.38 y 9.28 respectivamente. El testigo a pesar de mantener los menores costos de producción con USD. 5.53 no presentó plantas con las características agronómicas recomendable para el cultivo.

Tabla 28. Análisis de costos en el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (*Coffea arabica*)

Rubros	Trichodermas spp.		Endomicorrizas		Testigo
	Humus	Compost	Humus	Compost	
Insumos					
Humus	1.54		1.54		
Compost		1.64		1.64	
Endomicorrizas	1.80	1.80			
Trichodermas			1.04	1.04	
Subtotal	3.34	3.44	2.58	2.68	0.00
Materiales					
Herramientas	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
Equipos	0.41	0.41	0.41	0.41	
Machetes	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Instrumentos	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Calibrador de precisión	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
Balanza de precisión	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
Subtotal	2.91	2.91	2.91	2.91	2.50
Labores					
Labores preculturales	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
Labores culturales	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
Análisis de suelos	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Subtotal	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03
Total/Tratamiento USD	9.28	9.38	8.52	8.62	5.53

Elaborado por: Ayala & Valdiviezo (2022).

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, AMBIENTALES, SOCIALES Y ECONÓMICOS)

Técnicos

Es este contexto la producción cafetalera está tomando impulso nuevamente, posicionándose poco a poco entre uno de los principales productos tradicionales, generando fuentes de trabajo sobre todo para los pequeños productores campesinos, quienes al notar los buenos rendimientos del café incentivarán su producción en gran escala. La incorporación de microorganismos eficientes en combinación con abonos orgánicos tiene excelentes ventajas como mejorar las características como poca altura y alta productividad lo posicionan como una de las mejores alternativas para su cultivo.

Ambientales

En cuanto a los impactos ambientales en el desarrollo de este proyecto se utilizaron alternativas completamente orgánicas, al utilizar microorganismos eficientes y abonos orgánicos no se genera contaminación alguna, por otro lado el control de malezas que fue netamente manual y con herramientas que no generan contaminación al suelo ni a las fuentes hídricas, el manejo fitosanitario de igual manera fue a base de extractos botánicos, evitando las aplicaciones de productos químicos que destruyen la microfauna del suelo.

Sociales

Los impactos sociales que genera el presente proyecto son de tipo favorable, al combinar las buenas prácticas agronómicas con un cultivo rentable como el café. Este cultivo es muy rentable si se combina con las buenas prácticas agrícolas, que incluso su producción puede realizarse con el trabajo familiar, mejorando las condiciones económicas de las familias que se dedican a la producción cafetalera.

Económicos

La producción cafetalera es el sustento de miles de personas en nuestro país, si bien es cierto que las cifras disminuyeron desde la última era de bonanza del café en el Ecuador. Con la implementación de abonos orgánicos además de mantener una agricultura sana se pueden reducir los costos de producción del cultivo, del mismo modo con la elaboración de los abonos orgánicos se puede tener otra fuente de ingresos económicos para los productores.

13. PRESUPUESTO

En la tabla 29 se detalla el presupuesto de la investigación, para ello se contabilizaron los costos totales obtenidos en la presente investigación.

Tabla 29. Presupuesto de la investigación.

Recursos materiales	Descripción	Cantidad	Precio unitario USD.	Precio total USD.
Análisis de suelo	Unidad	2	38,00	76,00
Labores preculturales	Unidad	2	20,00	40,00
Estacas	Unidad	80	0,25	20,00
Jornales	Unidad	6	15,00	90,00
Abono Humus	Saco	5	7,50	37,50
Abono Compost	Saco	5	6,00	30,00
Endomicorrizas	Envases	1	34,50	34,50
Trichoderma sp.	Envases	2	23,56	47,12
Identificaciones	Unidad	20	1,00	20,00
Flexómetro	Unidad	1	5,50	5,50
Machetes	Unidad	2	5,00	10,00
Piolas	Rollo	8	2,25	18,00
Bombas de aspersión	Unidad	2	7,50	15,00
Balanza de precisión	Unidad	1	32,00	32,00
Calibrador digital	Unidad	1	14,50	14,50
Regla graduada	Unidad	1	4,50	4,50
Total				\$495

Elaborado por: Ayala & Valdiviezo (2022).

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El abono que presentó mejores características en cuanto al desarrollo de la planta fue el humus, la combinación entre abonos y microorganismos eficientes que presentó una óptima interacción, estuvo conformada por la aplicación de humus y endomicorrizas, en las cuales se observaron los resultados más relevantes en cuanto a comportamiento agronómico.
- Para las variables de diámetro de tronco y perímetro foliar los mejores resultados se dieron con el tratamiento de endomicorrizas más humus, cuyos datos fueron superiores a los demás tratamientos al concluir el ensayo. Esto comprueba la acción simbiótica de las endomicorrizas con el humus, lo que conlleva a un mejor aprovechamiento por parte de la planta.
- El uso de endomicorrizas y humus se considera altamente rentable, debido a la acción que estos microorganismos tienen en el desdoblamiento de elementos presentes en los abonos, sin contar con el beneficio ambiental que tienen en las plantas y el suelo. En base a los resultados obtenidos se acepta la hipótesis: La aplicación de microorganismos eficientes como complemento de la fertilización orgánica en el cultivo de café mejorará el desarrollo vegetativo de la planta.

Recomendaciones

- Se recomienda aplicar los abonos orgánicos en combinación con microorganismos eficientes, por lo que está comprobado que el efecto de los microorganismos es beneficioso tanto para el suelo, como para la planta, mejorando sus condiciones vegetativas.
- Entre los microorganismos eficientes las endomicorrizas tuvieron mejor integración con los abonos y la planta, por lo que su uso está recomendado sobre todo en suelos pobres o con poco contenido de materia orgánica.
- El uso de nuevas tecnologías de producción orgánica y libre de contaminantes tiene muchos beneficios para el suelo, planta y los consumidores, en las plantaciones de café es necesario aplicar los abonos y los microorganismos en condiciones ambientales favorables, para aprovechar al máximo sus beneficios.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Altamirano , F., & Cabrera , C. (2006). Estudio comparativo para la elaboración de composta por técnica manual. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG, 7.
- Alvarado, M. (2007). Cultivo y beneficiado del café. Costa rica: Univercidad estatal a Distancia San Jose.
- Andrade, A. (2018). Micorrizas: antigua interacción entre plantas y hongos. Agrociencia, 7-11.
- Andrade, C., & García, C. (2017). Impacto del proyecto de reactivacion cafetalero en las exportaciones de café. Revista Digital Proyecciones, 17-23.
- Anecafe. (2019). Asociacion Nacional de Cafe. Guayaquil. Obtenido de <https://www.anecafe.org.ec/manejo-integrado-de-la-broca-del-cafe/>
- Arcila, J., Farfán, F., & Moreno, A. (2007). Sistema de producción de café en Colombia. Colombia: Blanecolor Ltda.
- Barquero, M. (1996). Evaluación del composteo de los desechos orgánicos. Costa rica: Editorial Madrid.
- Bedoya, M., & Salazar, R. (2014). Optimización del uso de fertilizantes para el cultivo de café. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 7-12.
- Brito, R. (2020). Características morfométricas de seis clones de café con la aplicación de abonos orgánicos. Tesis de Grado, Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y de Recursos Naturales, La Mana.
- Canchani, A., Espailat, R., & Lopez, J. (2018). El efecto y la aportación de la micorriza en el desarrollo de cultivos agrícolas. . Perspectivas en Asuntos Ambientales 6, 3-11.
- Cepeda, J. (2013). Fertilización con abono orgánico, Seminario Taller. Colombia: Editorial Letras.
- Chavez, A. (2009). Determinación de la calidad de biofertilizantes líquidos aplicados en el cultivo de café. Quito: Editorial Raices.
- Chiriboga, H., Gomez, G., & Garces, K. (2018). Trichoderma spp. para el control biológico de enfermedades. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

- Coa, M., Silva, R., Medez, J., & Mundarain, S. (2015). Fenología de la floración del cafeto var. Catuaí Rojo en el municipio Caripe del estado Monagas, Venezuela. *Revista IDESIA*, 33, 15-22.
- Cobo, S., & Palomo, N. (2021). Evaluación agronómica en el cultivo de café (*Coffea arábica* L.), mediante la aplicación de tres abonos edáficos, Cantón La Maná Centro Experimental “La Playita. Tesis de Grado, Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropuecuarias y de Recursos Naturales, La Mana.
- Colonia, L. (2012). Manejo Integrado de Plagas en el cultivo de cafe. Universidad de Piura, Facultad de Ciencias Agrícolas. Lima: Escuela de Agronomía.
- Companioni, B., Dominguez, G., & Garcia, R. (2019). Trichoderma: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura. *Revista Biotecnología Vegetal*, 8-12.
- Crystal chemical. (2021). Inoculante sólido de aplicación al suelo. Edifarm.
- Del Aguila, K., Vallejos, G., Arevalo, L., & Becerra, A. (2018). Inoculación de Consorcios Micorrícicos Arbusculares en *Coffea arabica*, Variedad Caturra en la Región San Martín. *Información Tecnológica*, 16-18.
- Enríquez, G. (2014). Agroecosistema Cafetalero. En L. D. Gustavo E, Guía técnica para la producción y poscosecha del café arábico. Portoviejo - Ecuador: Consejo Cafetalero Nacional.
- Figueroa, E. (2012). Historia y evolución del café en el mundo. La producción y el consumo del café , 6-14.
- Franco, J. (2020). Efectos beneficiosos de las micorrizas sobre las plantas. *Revista Bioscripts*, 6-11.
- Garro, J. (2016). El suelo y los abonos organicos. Costa Rica, Madrid: Santillana. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F04-10872.pdf>
- Gevara, J. (2019). Guia de plagas y enfermedadesdel cafeto. *Cultivos Tropicales*, 62-66. Obtenido de Guía De Plagas y Enfermedades Comunes Del Café.
- Gómez, G. (2020). Cultivo y beneficio del café. *Revista de Geografía Agrícola*, 56-63.
- Hernández, A. (2003). La composta, su elaboración y beneficios. *Agricultura Orgánica*, 43-48.

- Hernandez, D., Ferrera, R., & Alarcon, A. (2019). Trichoderma: Importancia agrícola, biotecnológica y sistemas de fermentación . *Agro Ciencia*, 98-112.
- Herrera, S., Castro , R., Perez, J., & Valdez , E. (2007). Diversidad endomicorrícica en plantas de café (*Coffea arabica* L.) infestadas con roya (*Hemileia vastatrix*). *Nova Scientia*, 11-15.
- Higa, T., & Parr, J. (2018). Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenible. *Revista Fundases*, 19-27.
- Hoyos, G., & Alvis, N. (2018). Utilidad de los microorganismos eficaces (EM®) en una explotación avícola de Córdoba: parámetros productivos y control ambiental. *Revista MVZ Córdoba*, 13.
- Jimenez, G., Mena, J., & Ramirez, Y. (2014). Control biológico de enfermedades mediante el tratamiento de semillas de cucurbitáceas con rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas . *Agrisost*, 17-22.
- Lara, C., Villalba, L., & Oviedo, M. (2017). Bacterias fijadoras asimbióticas de nitrógeno de la Zona agrícola de San Carlos, Córdoba, Colombia. . *Revista Colombiana de Biotecnología*, 6-14.
- Larreategui, E., & Banchon , C. (2014). Un modelo matemático para la reducción del tiempo de compostaje. *Enfoque UTE*, 29-37.
- López, E. (2013). Las cinco principales plagas de Café (*Coffea arabica* L) en el estado de Chiapas. México: Coleccion de Libros Agricolas.
- Lopez, F., Escamilla, E., & Cruz, G. (2016). Producción y calidad en variedades de café (*Coffea arabica* L.) en Veracruz, México. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 8-11.
- Martinez, D., & Reyes, Y. (2017). *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Revista Protección Vegetal*, 11-16.
- Martinez, R. (2016). Diagnostico de los sistemas productores de café (*Coffe arabica* L.). *ANECAPÉ*, 21-26.
- Mesa, J. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista científica Agroecosistemas*, 9-13.

- Mosquera, B. (2018). Abonos orgánicos Protegen el suelo y garantizan alimentación sana. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, Fondo para la Protección del Agua . FONAG.
- Mosquera, B., & Santos, M. (2010). Influencia de los abonos orgánicos en la alimentación saludable. Estados Unidos: Nancy Puente (FONAG). Obtenido de http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf
- Muñoz, C., & Barceló , A. (2019). Aspectos Fundamentales sobre Micorrizas. Biotecnología Literaria, 18-23.
- Murillo, A. (2017). Análisis del proyecto de comercialización del café orgánico y su incidencia socioeconómica en el cantón Santa Ana. Revista Digital Saberes, 37-41.
- Noda, Y. (2016). Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. Revista Central España Republicana, 7-10.
- Pilatasig, M. (2017). Respuesta agronomica de plantas de café arábica a la aplicación de abonos edáficos y foliares. Tesis de Grado, Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y de Recursos Naturales.
- Pravia, M., & Sztern, D. (2017). Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. Revista de la Organización Panamericana de la Salud, 8-14.
- Ramos, D., & Terry, A. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. Cultivos Tropicales, 6-9.
- Renard, M. (1993). La comercialización internacional de café. Mexico: Universidad Autónoma Chapingo.
- Rivera, F. (2009). Los efectos socioeconómicos de las políticas de comercialización internacional de café en el cantón Turrialba entre el periodo 1997-2005. InterSedes: Revista de las Sedes. Obtenido de Papel amate de pulpa de café (*Coffea arabica*) (Residuo de beneficio húmedo).
- Rodríguez, R., & Sierra, E. (2009). Lombrices de tierra con valor comercial. Biología y técnicas de cultivo, 17.
- Rojas, K., & Ortuño , N. (2017). Evaluación de micorrizas arbusculares en interacción con abonos orgánicos como coadyuvantes del crecimiento en la producción hortícola del Valle Alto de Cochabamba, Bolivia. Revista Acta Nova, 38-44.

- Romero, J. (2019). Manual de producción sostenible de café en la República Dominicana. Santo Domingo, Republica Dominicana: Agro Terra.
- Romero, L. (2017). Manejo para la producción agroecológica del cultivo de café (*Coffea arabica* L). *Agro Sciencia*, 78-82.
- Sanchez, J. (2020). Diversidad y uso potencial de los hongos del género *Trichoderma* para innovación tecnológica en la agricultura. *Recursos Genéticos e Biotecnología*, 21-16.
- Sayago, M. (1999). Control Fitosanitario en el cultivo de café.
- Senasa. (2021). *Trichoderma harzianum* Rifai Cepa CCB-LA101. Ficha Técnica, Guayaquil.
- Solorzano, A. (2019). Efecto de quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos sobre el crecimiento y desarrollo en variedades de pimiento (*Capicum annum* L) bajo condiciones protegidas. Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Quevedo.
- Torres, M. (2015). Características físicas, químicas y biológicas en suelos bajo pasturas de *Brachiaria brizantha* sola o asociada con *Arachis pintoi* después de 4 años de pastoreo en el trópico húmedo de Costa Rica. Tesis mag. Sc. Centro Agronómico Tropical de Investigación. Costa Rica: Oceanum.
- Vallejos, G., Sanchez, T., Gracia, M., Trigos, M., & Arevalo, L. (2019). Efecto de hongos formadores de micorrizas arbusculares en clones de café (*Coffea arabica*) variedad Caturra. *Acta Agronómica*, 278-284.

16. ANEXOS

Anexo 1. Contrato de cesación de derechos

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte: Ayala Pilatasig Nancy Rocio con C.C. 0504257163 y Valdiviezo Zambrano Shirley Katherine con C.C. 0202257176, de estado civil solteras y con domicilio en La Maná, a quien en lo sucesivo se denominará **LAS CEDENTES**; y, de otra parte, el PhD. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LAS CEDENTES es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería Agronómica**, titulares de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado: “Efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (*Coffea arabica*)” la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico. Febrero 2017 – Marzo 2022.

Aprobación HCA. -

Tutor. - Ing. Espinosa Cunuhay Kleber Augusto MSc.

Tema: “Efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (*Coffea arabica*)”.

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LAS CEDENTES** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LAS CEDENTES**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LAS CEDENTES** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LAS CEDENTES** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LAS CEDENTES** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga a los 31 días del mes de marzo del 2022.



Ayala Pilatasig Nancy Rocio
C.I: 0504257163



Valdiviezo Zambrano Shirley Katherine
C.I: 0202257176

PhD. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez
EL CESIONARIO

Anexo 2. Reporte de Urkund



Document Information

Analyzed document	TESIS NANCY AYALA_SHIRLEY VALDIVIEZO.docx (D133106494)
Submitted	2022-04-08T17:19:00.0000000
Submitted by	
Submitter email	kleber.espinosa@utc.edu.ec
Similarity	7%
Analysis address	jreyes.uteq@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	FUNDAMENTACION TEORICA BRITO.docx Document FUNDAMENTACION TEORICA BRITO.docx (D64987240)	 2
SA	ALBARRACIN-ADRIANA-TITULACION corrección.docx Document ALBARRACIN-ADRIANA-TITULACION corrección.docx (D64855437)	 2
SA	TITULACIÓN CORTEZ JULISSA - SALAZAR JOEL URKUND.pdf Document TITULACIÓN CORTEZ JULISSA - SALAZAR JOEL URKUND.pdf (D132960292)	 3
SA	TESIS PALOMO _COBO.docx Document TESIS PALOMO _COBO.docx (D111524820)	 3
SA	Proyecto Katherine - Jaime.docx Document Proyecto Katherine - Jaime.docx (D63272149)	 2
SA	tesis Bone Yesenia HURKUN 2022.docx Document tesis Bone Yesenia HURKUN 2022.docx (D127715461)	 1
SA	ALBARRACIN-ADRIANA-TITULACION 2.docx Document ALBARRACIN-ADRIANA-TITULACION 2.docx (D64971683)	 1
SA	TITULACIÓN URKUND MARIA ILIANA MAYO.docx Document TITULACIÓN URKUND MARIA ILIANA MAYO.docx (D105170819)	 1
SA	BARRE FRANCISCA-BARRE JENIFFER URKUND.docx Document BARRE FRANCISCA-BARRE JENIFFER URKUND.docx (D133108130)	 5
SA	BARRE FRANCISCA-BARRE JENIFFER URKUND.docx Document BARRE FRANCISCA-BARRE JENIFFER URKUND.docx (D132961877)	 7
SA	BRITO 2.docx Document BRITO 2.docx (D64968940)	 1
SA	BRITO RICARDO TITULACION 2.docx Document BRITO RICARDO TITULACION 2.docx (D64971742)	 7

Anexo 3. Certificado del idioma ingles

CENTRO
DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES COMO COMPLEMENTO A LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE CAFÉ (Coffea arabica)”** presentado por: **Ayala Pilatasig Nancy Rocío y Valdiviezo Zambrano Shirley Katherine**, egresadas de la Carrera de: **Ingeniería Agronómica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

La Maná, marzo del 2022

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**OLGA SAMANDA
ABEDRABBO RAMOS**

**Lic. Olga Samanda Abedrabbo Ramos Mg.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 050351007-5**

Anexo 4. Hoja de vida del docente tutor

CURRICULUM VITAE

Apellidos: Espinosa Cunuhay
Nombres: Kleber Augusto
Cédula de Identidad: 050261274-0
Teléfonos: 0995463215-032250251
Correo electrónico: kleber.espinosa@utc.edu.ec
/espinosakleber23@yahoo.es

- Universidad Técnica de Cotopaxi, Maestría en Gestión de la Producción
- Coordinador de la Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Cotopaxi – Extensión La Maná
- Docente Investigador- Responsable del Comité de Editorial, Universidad Técnica de Cotopaxi – Extensión La Maná
- Responsable del proyecto de Creación de la Unidad Educativa, Unidad Educativa Comunitaria Intercultural Bilingüe Cesar Sandoval Viteri
- Responsable del Proyecto de Germoplasma de Semillas de Papas Nativas del Sector Maca Ugshaloma con el Plan Internacional y el INIAP

TEXTOS ESCRITOS

Evaluación agronómica de hortalizas de hoja, Col china y nabo ISBN: 978-3-8417-6367-9
 Editorial Académica Española Disponible en:
<https://www.eapublishing.com/catalog/details/store/es/book/978-3-8417-evaluaci%C3%B3n-agron%C3%B3mica-de-hortalizas-de-hoja?search=hortalizas>.

ARTICULOS CIENTIFICOS

- **Efecto de diferentes abonos orgánicos en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum*, L)**, publicado en la revista Biotecnia Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, 11 de diciembre 2016 disponible en: <http://biotecnia.unison.mx>
- **Evaluación agronómica del babaco (carica pentagona), con dos fertilizantes químicos en diferentes dosis en el Cantón Pangua**, publicado en la revista UTC ciencia latindex, agosto de 2016 ISSN 1390- 6909. Disponible en <http://www.utc.edu.ec/LinkClick.aspx?fileticket=o0SU5nuTvr%3d&portalid=043>
- **Respuesta de variedades de papa (*Solanum Tuberosum*, L) a la aplicación de abonos orgánicos y fertilización química**, publicado en la revista Ciencia y Tecnología de la UTEQ latindex, junio de 2016 con ISSN 1390-4051 Impreso.

Anexo 5. Hoja de vida de las estudiantes investigadoras

Ayala Pilatasig Nancy Rocio



INFORMACIÓN PERSONAL

Nacionalidad: Ecuatoriana
Cédula de ciudadanía: 0504257163
Fecha de nacimiento: 27 de agosto de 1996
Domicilio: Parroquia El Carmen
Teléfonos: 0989621065
Correo electrónico: nancyayala977@yahoo.com

ESTUDIOS REALIZADOS

Segundo Nivel: Unidad Educativa Monseñor Leónidas Proaño Ext “Pucayacu”
Superior: Universidad Técnica de Cotopaxi

TÍTULOS

- Bachiller Agropecuarios “Producción Agropecuaria”

IDIOMAS

- Español (nativo)
- Suficiencia en el Idioma Inglés

CURSOS DE CAPACITACIÓN

- **Seminario:** “IV CONGRESO DE JORNADAS AGRONÓMICAS”
Dictado: Universidad De Cotopaxi
Lugar y fecha: La Maná 14, 15, y 16 de Julio del 2021
Tiempo: 40 horas
- **Seminario:** “I CONGRESO INTERNACIONAL MULTIDISCIPLINARIO DE VINCULACIÓN CON LA SOCIEDAD” “EXPERIENCIAS, RESULTADOS E IMPACTOS DE LOS PROYECTOS DE VINCULACIÓN DE LA IES”
Dictado: Universidad De Cotopaxi
Lugar y fecha: La Maná 15 al 29 de Octubre del 2021
Tiempo: 40 horas

Valdiviezo Zambrano Shirley Katherine



INFORMACIÓN PERSONAL

Nacionalidad: Ecuatoriana
Cédula de ciudadanía: 0202257176
Fecha de nacimiento: 12 de octubre de 1993
Domicilio: La Maná
Teléfonos: 0960485012
Correo electrónico: shirley.valdiviezo7176@utc.edu.ec

ESTUDIOS REALIZADOS

Segundo Nivel: Colegio Particular Republica de Argentina
Superior: Universidad Técnica de Cotopaxi

TÍTULOS

- Bachiller ciencias sociales

IDIOMAS

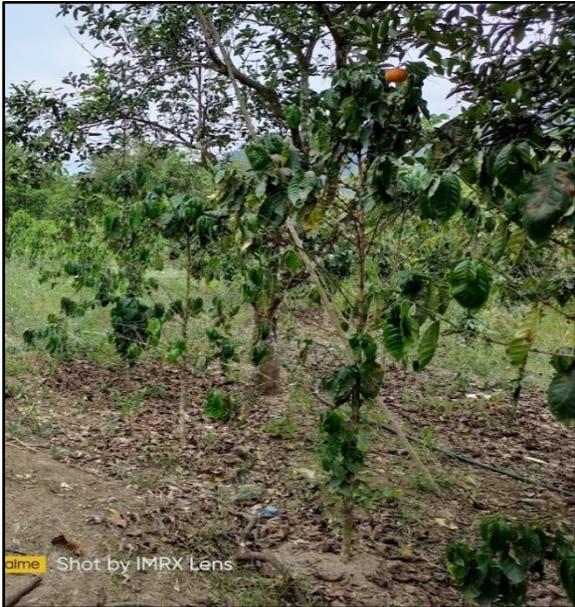
- Español (nativo)
- Suficiencia en el Idioma Inglés

CURSOS DE CAPACITACIÓN

- **Seminario:** “IV CONGRESO DE JORNADAS AGRONÓMICAS”
Dictado: Universidad Técnica De Cotopaxi.
Lugar y fecha: La Maná 14, 15, y 16 de julio del 2021
Tiempo: 40 horas
- **Seminario:** “I CONGRESO INTERNACIONAL MULTIDISCIPLINARIO DE VINCULACIÓN CON LA SOCIEDAD” “EXPERIENCIAS, RESULTADOS E IMPACTOS DE LOS PROYECTOS DE VINCULACIÓN DE LA IES”
Dictado: Universidad Técnica De Cotopaxi.
Lugar y fecha: la Maná 15 al 19 de octubre del 2021
Tiempo: 40 horas

Anexo 6. Evidencias fotográficas

Fotografía 1. Plantas de café antes del proyecto



Fuente: Ayala & Valdiviezo (2022)

Fotografía 2. Recoleccion de muestras de suelo



Fuente: Ayala & Valdiviezo (2022)

Fotografía 3. Aplicación de abonos



Fuente: Ayala & Valdiviezo (2022)

Fotografía 4. Aplicación de M. E.



Fuente: Ayala & Valdiviezo (2022)

Fotografía 5. Disposición de tratamientos
Fuente: Ayala & Valdiviezo (2022)



Fotografía 6. Podas de mantenimiento
Fuente: Ayala & Valdiviezo (2022)



Fotografía 7. Labores culturales



Fuente: Ayala & Valdiviezo (2022)

Fotografía 8. Plantas de café despues del ensayo



Fuente: Ayala & Valdiviezo (2022).

Anexo 7. Análisis de suelos al iniciar la investigación



RESULTADOS: ANÁLISIS DE SUELOS

Datos del cliente		Referencia	
Cliente:	Sra. SHIRLEY VALDIVIEZO	Número Muestra:	7858
Propiedad:	Centro Experimental La Playita	Fecha de ingreso:	12/10/2021
Cultivo:	CAFÉ ARÁBICA	Impreso:	01/11/2021
Identificación	2 AÑOS	Fecha de Entrega:	03/11/2021

Identificación del lote:

Profundidad:

pH	C.E	M.O	NH ₄	P	S	K	Ca	Mg
	ds/m	%		ppm			meq/100 g	
5,37	0,18	4,03	30,30	44,06	13,08	0,16	3,00	0,42
Ac.	N.S.	M	M	A	M	B	B	B

Na	Al+H	Al	Σ bases	TEXTURA (%)			Cu	B
	meq/100g			Arena	Limo	Arcilla	ppm	
	0,47	0,19	3,58				2,80	0,32
	B	B	MB				M	B

Fe	Zn	Mn	Ca/Mg	Mg/K	(Ca+Mg)/K
	ppm		R1	R2	R3
197,0	6,30	6,90	7,14	2,63	21,38
A	M	M	A	O	O

INTERPRETACIÓN

Textura	Elementos	pH	Conductividad eléctrica
Fco. = Franco	MB= Muy Bajo	M.Ac. = Muy Ácido	N.S.= No salino
Fco.Ar = Franco Arenoso	B = Bajo	Ac. = Ácido	L.S.= Ligeramente salino
Arc. = Arcilloso	M = Medio	Me.Ac.= Medianamente Ácido	S. = Salino
Ar. = Arenoso	A = Alto	L.Ac. = Ligeramente Acido	M.S.= Muy Salino
Li. = Limoso	O = Óptimo	P. N. = Prácticamente Neutro	

Determinación	Metodología	Extractante
P, NH ₄ ⁺	Colorimetría	Olsen
K, Ca, Mg	Absorción	Modificado
Zn, Cu, Fe, Mn	Atómica	pH 8,5
S	Turbidimetría	Fosfatos de Ca
B	Colorimetría	Monobásico
Cl	Volumetría	Pasta Saturada
M.O.	Walkley y Black	No Aplica

Determinación	Metodología	Extractante
pH	Potenciometría	Suelo-Agua (1:2,5)
CE	Conductimetría	No Aplica
Textura	Modificado de Bouyoucos	No Aplica
Al	Volumetría	KCl 1N
Al + H		

Dra. Luz María Martínez
LABORATORISTA



Anexo 8. Análisis de suelos al finalizar la investigación



RESULTADOS: ANÁLISIS DE SUELOS

Datos del cliente		Referencia	
Cliente:	Srta. SHIRLEY VALDIVIESO	Número Muestra:	8089
Propiedad:		Fecha de ingreso:	17/02/2022
Cultivo:	CAFÉ CATUAÍ	Impreso:	01/03/2022
Identificación	4 AÑOS	Fecha de Entrega:	03/03/2022

Identificación del lote:

Profundidad:

pH	C.E	M.O	NH ₄	P	S	K	Ca	Mg
	ds/m	%	ppm		meq/100 g			
5,53	0,36	6,20	31,30	105,15	4,54	1,43	6,00	3,53
Me.Ac.	N.S.	A	M	A	B	A	M	A

Na	Al+H	Al	Σ bases	TEXTURA (%)			Cu	B
meq/100g				Arena	Limo	Arcilla	ppm	
			10,96	59	30	11	3,80	0,17
			A	FRANCO ARENOSO			M	B

Fe	Zn	Mn	Ca/Mg	Mg/K	(Ca+Mg)/K
ppm			R1	R2	R3
183,5	11,70	9,70	1,70	2,47	6,66
A	A	M	B	B	B

INTERPRETACIÓN

Textura	Elementos	pH	Conductividad eléctrica
Fco. = Franco	MB = Muy Bajo	M.Ac. = Muy Ácido	N.S. = No salino
Fco.Ar = Franco Arenoso	B = Bajo	Ac. = Ácido	L.S. = Ligeramente salino
Arc. = Arcilloso	M = Medio	Me.Ac. = Medianamente Ácido	S. = Salino
Ar. = Arenoso	A = Alto	L.Ac. = Ligeramente Acido	M.S. = Muy Salino
Li. = Limoso	O = Óptimo	P. N. = Practicamente Neutro	

Determinación	Metodología	Extractante
P, NH ₄ ⁺	Colorimetría	Olsen
K, Ca, Mg	Absorción	Modificado
Zn, Cu, Fe, Mn	Atómica	pH 8,5
S	Turbidimetría	Fosfatos de Ca
B	Colorimetría	Monobásico
Cl	Volumetría	Pasta Saturada
M.O.	Walkley y Black	No Aplica

Determinación	Metodología	Extractante
pH	Potenciométrica	Suelo-Agua (1:2,5)
CE	Conductimetría	No Aplica
Textura	Modificado de Bouyoucus	No Aplica
Al		
Al + H	Volumetría	KCl 1N

Dra. Luz María Martínez
LABORATORISTA



Dirección:
Calle Río Chambira N° 602 y Zamora. (A dos cuadras de la Clínica Araujo margen izquierdo)
Teléfono:
2752-607

M&J