



unl

Universidad
Nacional
de Loja

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Aplicación de dos dosificaciones de micorrizas en diferentes momentos y su influencia en la morfología, fisiología y productividad del cacao *Theobroma cacao* L. en la parroquia Guadalupe, Zamora Chinchipe

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniera Agrónoma

AUTORA:

Lady Yesenia Sisalima Ortega

DIRECTORA:

PhD. Mirian Irene Capa Morocho

LOJA - ECUADOR

2022

CERTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Loja, 8 de febrero del 2022

PhD. Mirian Irene Capa Morocho

DIRECTORA DE TESIS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración de tesis de grado titulado: **“Aplicación de dos dosificaciones de micorrizas en diferentes momentos y su influencia en la morfología, fisiología y productividad del cacao *Theobroma cacao* L. en la parroquia Guadalupe, Zamora Chinchipe”** de autoría de la estudiante Lady Yesenia Sisalima Ortega, previa a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.



PhD. Mirian Irene Capa Morocho
DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORÍA

Yo, Lady Yesenia Sisalima Ortega, declaro ser autor del presente trabajo de titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi trabajo de titulación en el Repositorio Digital Institucional - Biblioteca Virtual.

Firma:



Firmado electrónicamente por:

**LADY YESENIA
SISALIMA
ORTEGA**

Cédula de Identidad: 1104862477

Correo electrónico: lady.sisalima@unl.edu.ec

Celular: 0939531485

CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN POR PARTE DE LA AUTORA PARA LA CONSULTA DE PRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE TEXTO COMPLETO

Yo Lady Yesenia Sisalima Ortega declaro ser autora del trabajo de titulación titulado **“Aplicación de dos dosificaciones de micorrizas en diferentes momentos y su influencia en la morfología, fisiología y productividad del cacao *Theobroma cacao* L. en la parroquia Guadalupe, Zamora Chinchipe”** como requisito para optar el título de Ingeniera Agrónoma autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del trabajo de titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los trece días de abril del dos mil veinte y dos.

Firma:  Firmado electrónicamente por:
**LADY YESENIA
SISALIMA
ORTEGA**

Autora: Lady Yesenia Sisalima Ortega

Cédula: 1104862477

Dirección: Daniel Alvarez, Cantón Loja, Provincia de Loja

Correo electrónico: lady.sisalima@unl.edu.ec

Celular: 093953185

DATOS COMPLEMENTARIOS

Directora del trabajo de titulación: PhD. Mirian Irene Capa Morocho

Tribunal de grado: Mg. Sc. Edmigio Solifs Valdivieso Caraguay	Presidente
PhD. Jorge Isaac Armijos Rivera	Vocal
PhD. Klever Iván Granda Mora	Vocal

DEDICATORIA

Con todo mi cariño a mis padres Alcisar y María por su esfuerzo, enseñanzas y por todo el apoyo incondicional a lo largo de mi vida, mis logros se los debo a ellos.

A mi hijo Junior, quien siempre ha sido el motor que impulsa mis sueños, quien estuvo siempre a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis horas de estudio, siendo mi fuente de inspiración y motivación para poder superarme día a día.

A mis hermanos, sobrina, a toda mi familia en general, por ser un soporte esencial en mi vida, por su compañía y su amor incondicional.

De manera especial a Israel por alentarme y apoyarme siempre a cumplir mis sueños.

A mis compañeros y amigos quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, momentos de alegrías y tristezas.

Lady Yesenia Sisalima Ortega

AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero agradecer a Dios por permitirme culminar esta etapa muy importante en mi vida, pero sobre todo por guiarme, darme sabiduría, y fuerza para alcanzar esta meta.

A mis padres Alcisar Sisalima y María Raquel Ortega que, gracias a su apoyo moral, económico, a sus valores y enseñanzas pude cumplir una de mis metas más anheladas.

A mis hermanos Fabricio y Madeleine y a mi hijo Junior por estar siempre presentes, quienes no dudaron de mis capacidades, me impulsaron y motivaron a cumplir con este objetivo.

A toda mi familia por su apoyo incondicional en todo momento. De manera especial a mis primos Letty y Jorge por sus palabras de aliento y ayuda.

A mis amigas y compañeras María Fernanda, Ana y Neyva por su ayuda y acompañamiento en el proceso de este proyecto de investigación.

A los docentes y directivos de esta maravillosa carrera que gracias a sus conocimientos invaluable me forjaron y me hicieron crecer personal y profesionalmente.

Un agradecimiento de manera especial a la Dra. Mirian Irene Capa, directora de tesis, por su ayuda, asesoramiento, y críticas constructivas en el desarrollo de esta investigación.

A la empresa EUROAGRO, por brindarme los recursos y escenario para llevar a cabo este proyecto de investigación, al Ing. Vinicio Ruilova miembro de la empresa, quien contribuyó con el asesoramiento y ayuda incondicional en todo el proceso.

Finalmente quiero agradecer al Sr. Víctor Cajas, propietario de la finca donde se realizó este proyecto, por su colaboración durante todo el tiempo de estudio.

Lady Yesenia Sisalima Ortega

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	ii
AUTORÍA	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE DE CONTENIDOS	vii
INDICE DE TABLAS	x
INDICE DE FIGURAS	xi
INDICE DE ANEXOS	xii
1. TÍTULO	1
2. RESUMEN	2
2.1 ABSTRACT	3
3. INTRODUCCIÓN	4
3.1. Objetivo General	5
3.2. Objetivos específicos	5
4. REVISIÓN DE LITERATURA	6
4.1. Theobroma Cacao L	6
4.1.1. Descripción morfológica	6
4.1.2. Clasificación taxonómica	6
4.1.3. Cacao Nacional	6
4.1.3.1. Características del Cacao Nacional	7
4.1.4. Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo del cacao	7
4.1.4.1. Precipitación	8
4.1.4.2. La temperatura	8
4.1.4.3. Altitud	8
4.1.4.4. Luminosidad	8
4.1.4.5. Viento	8
4.1.4.6. Suelo	9
4.1.4.6.1. Propiedades físicas	9
4.1.4.6.2. Propiedades químicas	10
4.1.5. Plagas y enfermedades del cacao	10
4.2. Características de los suelos de la provincia de Zamora Chinchipe	11
4.3. Micorrizas	12
4.3.1. Tipos de micorrizas	12
	vii

4.3.1.1. Ectomicorrizas.	12
4.3.1.2. Ectendomicorrizas	13
4.3.1.3. Endomicorriza	13
4.3.2. Proceso de infección de la micorriza	13
4.3.3. Importancia de las micorrizas	14
4.3.4. Función de las micorrizas	14
5. MATERIALES Y MÉTODOS	15
5.1. Ubicación del área de estudio	15
5.2. Diseño experimental	15
5.3. Manejo del experimento	18
5.4. Metodología para el primer objetivo específico	18
5.4.1. Variables vegetativas	18
5.4.1.2. Número de ramas	18
5.4.1.3. Número de flores por planta	18
5.4.2. Variables productivas	18
5.4.2.1. Porcentaje de cuajado	18
5.4.2.2. Longitud de la fruta	18
5.4.2.3. Diámetro de la fruta	18
5.4.2.4. Número de mazorcas por árbol	18
5.4.2.5. Índice de mazorca	19
5.4.2.6. Peso de la mazorca	19
5.4.2.7. Número de almendras	19
5.4.2.8. Peso de almendra	19
5.4.2.9. Sanidad de la fruta	19
5.4.3. Cadmio en suelo	19
5.5. Metodología para el segundo objetivo específico	19
5.5.1. Producción	19
5.5.2. Rendimiento	19
5.6. Análisis estadísticos	19
6. RESULTADOS	20
6.1. Variables vegetativas	20
6.1.1. Altura de planta	20
6.1.2. Número de ramas	20
6.1.3. Número de flores por planta	21
6.2. Variables productivas	22
6.2.1. Porcentaje de cuajado	22
6.2.2. Longitud de la fruta	22

6.2.3. Diámetro de la fruta	23
6.2.4. Número de mazorca por planta	24
6.2.5. Índice de mazorca	25
6.2.6. Peso de mazorca	25
6.2.7. Número de almendras	26
6.2.8. Peso de almendra	27
6.2.9. Sanidad de la fruta	28
6.3. Análisis de cadmio en suelo	28
6.4 Producción	29
6.5. Rendimiento	30
6.6 Correlaciones	30
7. DISCUSIÓN	32
7.1. Variables vegetativas	32
7.2. Variables productivas	32
7.3. Cadmio en suelo	34
7.4. Producción y Rendimiento	35
8. CONCLUSIONES	36
9. RECOMENDACIONES	37
10. BIBLIOGRAFÍA	38
11. ANEXOS	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del experimento	16
Figura 2. Diseño completamente al azar instalado en campo de cacao	17
Figura 3. Longitud de mazorca de cacao Nacional (<i>Theobroma cacao</i> L.)	23
Figura 4. Diámetro de mazorca de cacao Nacional (<i>Theobroma cacao</i> L.)	24
Figura 5. Peso de mazorca de cacao Nacional (<i>Theobroma cacao</i> L.).	26
Figura 6. Número de almendras por mazorca de cacao Nacional (<i>Theobroma cacao</i> L.)	27
Figura 7. Análisis de cadmio inicial y final en suelo	29
Figura 8. Estimación de producción de cacao Nacional en almendra fresca (<i>Theobroma cacao</i> L.).	29
Figura 9. Estimación del rendimiento de cacao Nacional en almendra seca (<i>Theobroma cacao</i> L.)	30
Figura 10. Frutos de cacao Nacional afectados por monilia (<i>Moniliophthora roreri</i>)	45
Figura 11. Etiquetado de plantas de cacao Nacional	54
Figura 12. Micorrizas	54
Figura 13. Aplicación de micorrizas a plantas de cacao Nacional	55
Figura 14. Almendra de cacao Nacional	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos del experimento en cacao	17
Tabla 2. Altura inicial, altura final e incremento de altura en cacao Nacional (<i>Theobroma cacao</i> L.)	20
Tabla 3. Número de ramas por planta de cacao Nacional (<i>Theobroma cacao</i> L.)	21
Tabla 4. Número de flores por planta de cacao Nacional (<i>Theobroma cacao</i> L.)	21
Tabla 5. Porcentaje de cuajado de cacao Nacional (<i>Theobroma cacao</i> L.)	22
Tabla 6. Número de mazorca por planta de cacao Nacional (<i>Theobroma cacao</i> L.)	24
Tabla 7. Índice de mazorca en el cultivo de cacao Nacional (<i>Theobroma cacao</i> L.).	25
Tabla 8. Peso de almendra por mazorca de cacao Nacional (<i>Theobroma cacao</i> L.)	27
Tabla 9. Incidencia de monilia en cacao Nacional (<i>Theobroma cacao</i> L.)	28
Tabla 10. Correlaciones significativas entre las variables evaluadas.	31

INDICE DE ANEXOS

11.1. Anexo 1. Frutos con monilia (<i>Moniliophthora roreri</i>)	45
11.2. Anexo 2. Análisis de cadmio en suelo inicial	46
11.3. Anexo 3. Análisis final de cadmio en suelo	47
11.4. Anexo 4. Correlaciones entre variables	48
11.5. Anexo 5. Datos de variables productivas	51
11.6. Anexo 6. Carta de compromiso con la Empresa Euroagro	53
11.7. Anexo 7. Fotografías del experimento en campo	54

Aplicación de dos dosificaciones de micorrizas en diferentes momentos y su influencia en la morfología, fisiología y productividad del cacao *Theobroma cacao* L. en la parroquia Guadalupe, Zamora Chinchipe

RESUMEN

El cacao es uno de los principales productos de exportación del Ecuador, siendo la variedad Nacional la que dio a conocer al Ecuador en el mercado mundial, sin embargo, el bajo rendimiento se debe al mal manejo. Los agricultores realizan la fertilización de manera empírica, lo que provoca deficiencia de nutrientes y minerales indispensables para las plantas o se reduce la asimilación de nutrientes por parte de la planta. El presente estudio tuvo como objetivo probar dos dosis de micorrizas (endomycorrizas) (100 y 200 %) en diferentes momentos (una aplicación, aplicaciones mensuales y aplicaciones cada tres meses) sobre las plantas de cacao Nacional, de aproximadamente 7 años de edad, en etapa productiva, en la provincia de Zamora Chinchipe. Se estableció un diseño completamente al azar, con 7 tratamientos y 4 repeticiones, T1= Testigo, T2= una aplicación al 100%, T3= aplicaciones mensuales al 100%, T4= una aplicación al 100% cada tres meses, T5= una aplicación al 200%, T6= aplicaciones mensuales al 200%, T7= una aplicación al 200% cada tres meses. Se evaluaron variables vegetativas: altura de planta, número de ramas por planta, número de flores por planta y variables productivas como el porcentaje de cuajado, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de mazorcas por planta, índice de mazorca, peso de la mazorca, número de almendras por mazorca, peso de almendra, sanidad de la fruta, producción y rendimiento, a las cuales se les realizó un ANOVA y fueron correlacionadas. No se encontró una influencia en las variables vegetativas, porcentaje de cuajado, número de mazorcas por planta, índice de mazorca, peso de almendra, pero sí en longitud y diámetro de mazorca, peso de mazorca, número de almendras por mazorca, producción y rendimiento. En conclusión, las aplicaciones mensuales de micorrizas al 100 % obtuvieron los valores más altos en todas las variables. Estos resultados contribuyen a mejorar la producción de cacao en la región amazónica del Ecuador a través del uso de microorganismos que son amigables con el medio ambiente.

Palabras clave: micorrizas, variables vegetativas, variables productivas

ABSTRACT

Cacao is one of Ecuador's main export products, being the "Nacional" variety, the one that made Ecuador known in the world market, however, the low yield is due to poor management. Farmers carry out fertilization in an empirical way, which causes deficiency of nutrients and minerals essential for plants or reduces the assimilation of nutrients by the plant. The objective of this study was to test two doses of mycorrhizae (100% and 200%) at different times (one application, monthly applications and applications every three months) on Nacional cocoa plants, approximately 7 years old, in the productive stage, in the province of Zamora Chinchipe. A completely randomized design was established, with 7 treatments and 4 replications, T1= Control, T2= one application at 100%, T3= monthly applications at 100%, T4= one application at 100% every three months, T5= one application at 200%, T6= monthly applications at 200%, T7= one application at 200% every three months. Vegetative variables were evaluated: plant height, number of branches per plant, number of flowers per plant and productive variables such as fruit set percentage, ear length, ear diameter, number of ears per plant, ear index, ear weight, number of kernels per ear, kernel weight, fruit health, production and yield, to which an ANOVA was performed and correlated. No influence was found on vegetative variables, fruit set percentage, number of ears per plant, ear index, kernel weight, but there was an influence on ear length and diameter, ear weight, number of kernels per ear, production and yield. In conclusion, monthly applications of mycorrhizae at 100% obtained the highest values in all variables. These results contribute to improve cacao production in the Amazon region of Ecuador through the use of microorganisms that are environmentally friendly.

Key words: mycorrhizae, vegetative variables, productive variables

3. INTRODUCCIÓN

El cacao Nacional considerado un grupo genético particular es la variedad que dio a conocer al Ecuador en el mercado mundial, y es sinónimo de aromas y sabores característicos que se deben a las condiciones climáticas y geográficas que posee su zona de producción y que contribuyen a la denominación de cacao fino y de aroma (Abad *et al.*, 2019).

El cacao es uno de los principales productos tradicionales de exportación, y ha posicionado al Ecuador como el país más competitivo de América Latina en este campo, exportando dos variedades de cacao: CCN-51 y Sabor Arriba y elaborados de cacao (Sánchez, 2015).

Según la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao – ANECACAO (2017), el cultivo del cacao se distribuye aproximadamente, el 70 % en pequeños productores, el 20 % en medianos y el 10 % restante en grandes productores.

Actualmente, en la provincia de Zamora Chinchipe los productores cuentan con cosechas anuales que les permite obtener un sustento económico, sin embargo, existen muchos problemas en los cultivos lo cual no les permite obtener un buen producto de exportación (Santos *et al.*, 2016). Entre los problemas se puede mencionar la presencia de plagas y enfermedades especialmente de *Moniliasis* y *Escoba de bruja*, presencia de metales pesados en el suelo siendo el de mayor influencia el cadmio, que es un impedimento para la exportación ya que excede los parámetros permitidos (Ortiz, 2018).

Además, el mal manejo del cultivo lo que da como resultado un producto de baja calidad y la falta de asistencia técnica para la producción de cacao orgánico ya que la mayoría de productores opta por utilizar productos químicos con efectos negativos en la producción y en el suelo (Santos *et al.*, 2016). Otros de los problemas que afectan a la provincia de Zamora Chinchipe son suelos muy superficiales, con poca fertilidad, acidez de suelos, deficiencia de nitrógeno, fósforo, calcio y boro por lo que no producen rendimientos agrícolas aceptables, la falta de conocimiento y del manejo de los procesos químicos de los suelos no ha permitido desarrollar un plan de fertilización efectivo (GAD Zamora, 2015). A esto se suma la no utilización de microorganismos benéficos, como las micorrizas, debido al desconocimiento por parte del productor. Todos estos factores contribuyen a la disminución de la producción y rendimiento de cacao constituyendo un problema de importancia económica y comercial a nivel local y nacional (Loayza *et al.*, 2018).

Debido a eso se debe llevar un correcto manejo agronómico para evitar la pérdida de la diversidad microbiológica que habitan en los suelos, de esta manera se busca implementar una herramienta, intercambiar conocimientos y técnicas que beneficien a los pequeños y medianos productores, mediante el estudio de la aplicación de micorrizas y sus efectos

benéficos en el cultivo del cacao aumentando su productividad. Las micorrizas se constituyen en un medio importante para la sostenibilidad y aumento de la producción de los cultivos, ya que facilitan la absorción de nutrientes, proporciona resistencia a plagas y enfermedades, ayuda al bloqueo de metales pesados presentes en el suelo, permitiendo de esta manera obtener un producto de calidad (Guerra, 2008). Con los antecedentes antes expuestos, la presente investigación buscó analizar el efecto de las micorrizas sobre la fisiología, morfología y productividad del cacao, en la cual se plantearon los siguientes objetivos:

3.1. Objetivo General

- Evaluar los efectos fisiológicos y productivos de la aplicación de dos dosis de micorrizas en diferentes momentos sobre *Theobroma cacao* L.

3.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de dos dosis de micorrizas en diferentes momentos sobre las variables vegetativas y productivas.

- Identificar la dosis de micorrizas y el momento más eficiente para incrementar el rendimiento de cacao.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. *Theobroma Cacao* L

El cacao es un cultivo tropical originario de Sudamérica y domesticado en Mesoamérica. Existen tres tipos de cultivares de los cuales se desprenden: variedades, híbridos y clones que se cultivan en todo el mundo (Arvelo *et al.*, 2017).

4.1.1. Descripción morfológica

Su árbol está formado por hojas persistentes, caracterizados por un crecimiento apical del tronco limitado por la formación de un verticilo terminal de 3 a 5 ramas, sus hojas son simples, enteras, penninervadas. Las flores son hermafroditas, sus pétalos se dividen en dos partes, su fruto parecido a una baya, sus semillas son muy ricas en almidón, proteínas y materia grasa, se encuentran dispuestas en 5 hileras y rodeadas de una capa mucilaginosa.

4.1.2. Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Familia: Malvaceae

Género: *Theobroma*

Especie: *T. Cacao* L.

Nombre científico: *Theobroma cacao* L.

Nombre común: Cacao

4.1.3. Cacao Nacional

Este tipo de cacao tiene características individuales distintivas de toques florales, frutales, almendras, especias que lo hacen único y especial, sobresaliendo con su ya conocido "SABOR ARRIBA", se caracteriza por tener una fermentación muy corta, y dar un chocolate suave, de buen sabor y aroma por lo que es reconocido internacionalmente como "Cacao Fino y de Aroma" (ANECACAO, 2017).

El cultivo de cacao es de gran importancia para la economía nacional ya que el incremento significativo de la producción le ha permitido al Ecuador mantenerse como el principal exportador de cacao en grano en los diferentes mercados internacionales ubicándose como el cuarto productor a nivel mundial, lo que contribuye al crecimiento económico y a la generación de fuentes de empleo directa e indirecta (Borja *et al.*, 2021).

El cacao fino y de aroma tiene características distintivas de aroma y sabor. Ecuador es el productor por excelencia de Cacao Arriba fino y de aroma (63 % de la producción mundial) proveniente de la variedad Nacional cuyo sabor ha sido reconocido durante siglos en el mercado internacional, este tipo de grano es utilizado en todos los chocolates refinados (ANECACAO, 2015).

4.1.3.1. Características del Cacao Nacional

Según Vera *et al.* (2014), el cacao (*Theobroma cacao* L.) fue clasificado botánicamente por Carlos Linneo, nativo de las regiones tropicales de América, con semillas que contienen una cantidad significativa de grasas (40 - 50 %) y polifenoles (alrededor del 10 % del grano seco)

Tiene características propias y constantes parecidas al forastero. El árbol adulto es grande con altura promedio que alcanza los 8 metros, a medida que el árbol envejece el tronco se inclina, lo cual es una característica muy pronunciada ya que en otras variedades es poco común. Sus flores son pequeñas sin aroma y sin néctar. Un árbol puede producir al menos 100 mazorcas por año (Chimborazo, 2009).

El cacao Nacional produce almendras de gran tamaño que tienen un sabor delicado a chocolate y un aroma muy específico luego de ser tostadas (ANECACAO, 2012).

Los árboles de cacao Nacional se cultivan bajo sistemas de sombra, ya que fisiológicamente necesita sombra para producir, ofreciéndole una serie de beneficios ecológicos para el cacao, el suelo y el ambiente (Quiróz y Mestanza, 2012).

4.1.4. Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo del cacao

El crecimiento, desarrollo y la buena producción del cacao están estrechamente relacionados con las condiciones medioambientales de la zona donde se cultiva. Es por ello que los factores climáticos influyen en la producción de una plantación; por lo tanto, las condiciones térmicas y de humedad deben ser satisfactorias para el cultivo por ser una planta perenne y que su periodo vegetativo como: la época de floración, brotación y cosecha está regulado por el clima, cuya relación del transcurso climático y el periodo vegetativo nos permite establecer los calendarios agroclimáticos (Campero, 2010).

4.1.4.1. Precipitación

El cacao se cultiva en zonas donde la precipitación se encuentra por encima de los 1200 mm, llegando en algunos casos hasta los 4000 mm; pero más importante que el volumen total de lluvias, es una buena distribución del agua durante el año, ya que el cacao es muy sensible a la falta de humedad en el suelo (Sullca, 2013).

4.1.4.2. La temperatura

Es un factor que tiene mucha importancia debido a su relación con el desarrollo, floración y fructificación. La temperatura media óptima para un buen desarrollo del cultivo fluctúa entre los 23 y 25 grados centígrados. Las bajas temperaturas en el cultivo de cacao inciden en la velocidad del crecimiento vegetativo, el desarrollo del fruto y el grado de intensidad de la floración; cuando la temperatura es menor a los 21 °C la floración es menor, pero cuando alcanza los 25 °C la floración es abundante. Así mismo, las bajas temperaturas influyen en la actividad radicular, temperaturas menores a 15 °C la absorción de agua y nutrientes disminuyendo la producción, temperaturas que bordean los 30 °C afectan las raíces superficiales limitando su capacidad de absorción (FUNDEAL, 2009).

4.1.4.3. Altitud

Se cultiva casi desde el nivel del mar y hasta los 1,200 msnm, dependiendo de la latitud del sitio y de la temperatura siendo el óptimo de 300 a 400 msnm y de 600 a 800 msnm (López, 2011). Se puede cultivar a mayor altitud a medida que se acerque a la línea Equinoccial o Ecuatorial de la tierra (López *et al.*, 2021).

4.1.4.4. Luminosidad

La luminosidad es variable dependiendo del ciclo productivo en el que se encuentre siendo del 40 al 50 % para el cultivo en formación y del 60 al 75 % para plantación adulta (López, 2011).

4.1.4.5. Viento

Vientos continuos pueden provocar desecamiento, caída de hojas e incluso la muerte de la planta, este factor también determina la velocidad de la evapotranspiración del agua en la superficie del suelo. En las plantaciones en donde la velocidad del viento es de 4 m/s y tiene escasa sombra hay defoliaciones muy fuertes. Es preciso utilizar cortinas cortavientos para así evitar daños, se puede hacer esto utilizando especies frutales o maderables y se las dispone alrededor del cultivo de cacao, sin embargo, se debe tomar en cuenta que es necesario que corran ligeras brisas entre las plantas de cacao para así renovar masas de aire

para un mejor aprovechamiento de CO₂ y también para reducir los excesos de humedad que en muchos casos son la causa de enfermedades fungosas que atacan al fruto (CONIF, 2011).

4.1.4.6. Suelo

Los suelos más apropiados para el cultivo del cacao, son los suelos aluviales de textura franca (franco arcillo, franco arenosa o arenosa arcillosa); sin embargo, se ha observado una gran adaptabilidad a suelos en laderas con pendientes mayores a 25 % aún con afloramiento rocoso en un rango muy amplio de reacción del suelo entre (pH = 4,0 – 7,5). También se puede sembrar en laderas con manejo de coberturas establecidas a curvas de nivel (López *et al.*, 2015).

Los terrenos con texturas francas, franco arcillosas y franco arenosas, se consideran buenos suelos para cacao, el pH recomendado va de 6,5 – 6,8. El cacao, aunque es una planta rústica requiere de por lo menos 12 nutrientes, las plantas absorben del suelo un número de elementos nutritivos en proporciones específicas y es importante que estas proporciones se mantengan balanceadas para facilitar su absorción. De acuerdo a la intensidad de la demanda, los nutrientes se clasifican en macroelementos: N, P y K; elementos secundarios: Ca, Mg y S; y microelementos: Mn, Cu, Zn, Fe, Mo y B. Sin embargo, todos son igualmente esenciales para el metabolismo y desarrollo de las plantas (Leiva, 2012).

4.1.4.6.1. Propiedades físicas

Profundidad: de 0.80 – 1.50 metros. Tolera condiciones hasta de 60 cm.

Textura: mediana (serie de los francos, franco, franco-arcilloso, franco-arenoso 30-40 % arcilla, 50 % arena y 10-20 % limo. No son recomendables suelos finos o muy gruesos. Con alto requerimiento de buena estructura con 66 % de porosidad y nunca menos de 10 % así como buena retención de humedad.

Drenaje: Un buen drenaje es esencial y deseable, poca tolerancia a los suelos arcillosos. El manto freático deberá estar a una profundidad mayor de 1,5 m (Procopio, 2011).

Estructura: malas condiciones edáficas de aireación, infiltración o suelos muy arenosos pueden generar condiciones desfavorables por exceso o falta de humedad, el suelo para la siembra de cacao debe tener un espesor y porosidad de la capa inferior (más de 90 cm) (Arvelo *et al.*, 2017)

Densidad aparente: tiene un valor extraordinario para conocer el estado físico del suelo, ya que refleja el comportamiento dinámico de la estructura y la porosidad, los suelos requieren de una densidad aparente de 1,3 a 1,4 g/cm³ (Castillo, 2005)

4.1.4.6.2. **Propiedades químicas**

Las propiedades químicas del suelo para este cultivo son: pH; un óptimo de 6 a 7 % materia orgánica: > de 3 %.

Relación carbono/nitrógeno(C/N): mínimo 9.

Capacidad de intercambio catiónico: requiere más de 12 mili equivalentes por 100 g de suelo (meq/100 g suelo) en la superficie y más de cinco en el subsuelo.

Minerales: requiere una fertilidad de media a alta. Requiere contenidos de calcio mayor a 8 meq por 100 g de suelo, Magnesio mayores a 2 ppm, Potasio mayor a 0,24 ppm y más de 0,2 ppm de Boro; Saturación de bases mayor a 35 % (Procopio, 2011).

Conductividad eléctrica: Una CE indica un gran número de cationes (nutrientes) que se mantienen en los sitios de intercambio catiónico en el suelo e indica un suelo fértil, los suelos con una alta CE debido al exceso de cantidad de iones de sodio y magnesio pueden ser perjudiciales para las plantas y también aumentar la disponibilidad de cadmio, valores a 0,5 dS m⁻¹ son considerados óptimos para el cultivo del cacao, aunque acepta hasta valores de 1,1 dS m⁻¹ (Meter *et al.*, 2019)

4.1.5. **Plagas y enfermedades del cacao**

Según el INIAP las plagas que atacan con mayor frecuencia al cultivo de cacao son:

Hormigas arrieras (*Atta sp.*), cortan las hojas jóvenes, en ataques muy severos dejan solo las nervaduras.

Pulgones (*Aphis sp.*), succionan la savia de las hojas jóvenes y son vectores de enfermedades virales.

Chinches de cacao (*Monalonium sp.*), insectos chupadores que afectan sólo la corteza externa de las mazorcas.

El barrenador del tronco (*Xyleborus sp.*), escarabajo que penetra el interior del tronco formando galerías.

Trips, insectos chupadores que atacan flores, hojas, brotes y mazorcas.

Las enfermedades del cacao con mayor potencial de daño son las causadas por hongos basidiomicetes del género *Moniliophthora*. Estos son *Moniliophthora roreri* (moniliasis) y *Moniliophthora perniciosa* (escoba de bruja). La moniliasis es la enfermedad que genera mayor preocupación, ya que es una gran amenaza para la producción mundial, otra

enfermedad que amenaza la economía mundial del cacao, es la escoba de bruja; al igual que la moniliasis posee un rango geográfico limitado en cuanto a su distribución, y está presente en 10 países productores de Latinoamérica. Históricamente, la moniliasis ha sido considerada la enfermedad más grave para el cacao (Phillips, 2007).

INIAP (2019) menciona que en Ecuador las principales enfermedades fungosas que afectan al cultivo de cacao son: escoba de bruja, monilia y mal de machete, destacando que las dos primeras atacan en estado de fructificación, mientras que mal de machete ataca en cualquier estado de desarrollo.

El mal de machete (*Ceratocystis cacaofunesta*), conocida también como muerte o marchitez súbita, afecta a árboles de cualquier edad, provocando inicialmente marchitez y eventualmente rápida muerte. Las pérdidas debidas a la muerte de plantas pueden ser muy altas especialmente cuando el material sembrado es genéticamente muy homogéneo y susceptible (Infocacao, 2016).

4.2. Características de los suelos de la provincia de Zamora Chinchipe

La mayor parte de los suelos amazónicos son pobres en nutrientes y tienen un bajo potencial de retención, especialmente en lo referente al calcio, al potasio y al fósforo, el bajo contenido de nutrientes se debe a dos causas: a las altas temperaturas y precipitaciones, y a la historia geológica de la región. La intensa meteorización y lavado (lixiviación) a través de millones de años ha removido los nutrientes de los minerales que forman los materiales parentales del suelo. La pérdida de los nutrientes por lavado o erosión no puede ser reemplazada por la meteorización del subsuelo, como sucede en las regiones más templadas. La sobrevivencia del bosque no está amenazada, porque las especies de árboles de la Amazonía se han adaptado a suelos altamente meteorizados y lavados (Prialé, 2016)

Una de las adaptaciones más importantes es la concentración de raíces en la superficie del suelo, que permiten capturar los nutrientes provenientes de la descomposición de la materia orgánica y evitar que se pierdan por lavado (Moragas, 2008).

En el bosque amazónico los nutrientes se encuentran en su mayor parte en la biomasa (plantas y animales) y no en el suelo. Las plantas arbóreas tienen una alta capacidad de recapturar los nutrientes provenientes de la descomposición de la materia orgánica por las raíces superficiales y la participación de hongos (Mycorrhiza), este sistema es de alta eficiencia y permite la conservación de los nutrientes en el ecosistema (Duque, 2012).

4.3. Micorrizas

Etimológicamente, la palabra se ha formado del término griego “mykos” (hongo) y del vocablo latino “Rhiza” (raíz). El término micorriza, cuyo significado literal es hongo - raíz, se aplicó por primera vez a las asociaciones que se establecen entre plantas terrestres y determinados hongos del suelo, siendo descrito por el patólogo alemán Albert Bernard Frank en 1885.

La micorriza es una asociación constituida por un conjunto de hifas fúngicas (micelio) que, al entrar en contacto con las raíces de las plantas, las pueden envolver formando un manto y penetrarlas intracelularmente a través de las células del córtex, como en el caso de la ectomicorriza o, como en el caso de la micorriza arbuscular, penetran la raíz, pero no se forma ningún manto. Al mismo tiempo, las hifas se ramifican en el suelo, formando una extensa red de hifas capaz de interconectar, subterráneamente, a las raíces de plantas de la misma o de diferentes especies. Esta red de micelio permite, bajo ciertas condiciones, un libre flujo de nutrientes hacia las plantas hospederas y entre las raíces de las plantas interconectadas, lo que sugiere que la micorriza establece una gran unión bajo el suelo entre plantas que, a simple vista, podrían parecer lejanas y sin ninguna relación. Así, la micorriza ofrece a la planta hospedera y al ecosistema, diferentes beneficios en términos de sobrevivencia y funcionamiento. En esta asociación, la planta le proporciona al hongo carbohidratos (azúcares, producto de su fotosíntesis) y un micro hábitat para completar su ciclo de vida; mientras que el hongo, a su vez, le permite a la planta una mejor captación de agua y nutrimentos minerales con baja disponibilidad en el suelo (principalmente fósforo), así como defensas contra patógenos. Ambos, hongo y planta, salen mutuamente beneficiados, por lo que la asociación se considera como un "mutualismo" (Camargo *et al.*, 2012).

4.3.1. Tipos de micorrizas

En función de los taxones y morfología de plantas asociadas por hongos, las micorrizas están compuestas por diferentes tipos de asociaciones: Ectomicorrizas, Ectendomicorrizas y Endomicorrizas (Villasagua, 2017).

4.3.1.1. Ectomicorrizas

Se caracterizan por formar un manto que envuelve los segmentos de las raíces colonizadas. Este manto desarrolla hifas tabicadas o cordones miceliares hacia el suelo, e hifas cenocíticas, alternadas entre las células del córtex de la raíz, creando así la red de Hartig. No ingresa en el interior de las células corticales. Solo aparece en raíces secundarias, cortas y de crecimiento limitado. Este tipo de hongos secretan sustancias reguladoras de crecimiento, produciendo en la raíz hinchazón, acortamiento, redondeo del extremo, ramificación y desarrollo de pelos radicales (Tormo, 2014).

4.3.1.2. Ectendomicorrizas

En este tipo de micorriza concurren las características de las ectomicorrizas al tiempo que hay penetración al interior de las células corticales por hifas septadas. Los hongos asociados son reconocidos como formadores de ectomicorrizas, lo cual se convierte en un argumento para que esta asociación considere como un caso especial de simbiosis. Existen dos clases de estas: monotrofoide y arbutoide (Colmenares, 2018).

4.3.1.3. Endomicorriza

En las endomicorrizas el micelio invade la raíz e inicialmente es intercelular, pero luego penetra en el interior de las células radicales desde la rizodermis hasta las células corticales. Pueden ser de tres clases: orquideoide, ericoide y arbuscular (Carrillo, 2015).

4.3.2. Proceso de infección de la micorriza

La infección o colonización de una raíz por parte de un hongo micorrizógeno es un proceso que involucra una secuencia de etapas reguladas de una precisa interacción entre endosimbionte y hospedero. La pre-infección está asociada a la actividad de los propágulos infectivos presentes en el suelo que circunda la raíz. Dichos propágulos pueden ser esporas o micelios fúngicos. Este último, generalmente se encuentra vinculado a raicillas de plantas vivas o segmentos de raíz infectada (Sosa, 2014).

La penetración se inicia con la formación de un “punto de entrada” que se caracteriza por el desarrollo de un abultamiento o apresorio en el punto de contacto sobre la superficie de la raíz. Cada espora genera un solo punto de entrada, mientras que un segmento de raíz puede eventualmente generar más de uno. No está del todo claro si el mecanismo de penetración está mediado por un evento enzimático, por un evento mecánico o por una combinación de ambos. Una vez que penetra el hongo se asegura un proceso proliferativo que conduce al establecimiento de una unidad de colonización que se puede extender hasta un centímetro de distancia a partir del punto de penetración. El avance de la infección está restringido a la epidermis y el parénquima cortical. La unidad de colonización avanza mediante el crecimiento de hifas aseptadas que se extienden por entre las células corticales y que generan estructuras características como los arbuscúlos y las vesículas. Algunas semanas después iniciada la infección, el hongo está en condiciones de esporular, lo cual supeditado a las condiciones ambientales del suelo en particular la humedad parece ser un factor regulador de importancia, ya que se ha visto que el estrés hídrico en el suelo dispara la esporulación (Sosa, 2014).

4.3.3. Importancia de las micorrizas

Las micorrizas cumplen una función esencial en el ecosistema terrestre, desempeñando una serie de funciones para la salud de muchas plantas y cultivos. Los hongos micorrícicos tienen otras funciones y factores que pueden aportar al ecosistema y a la agricultura (Lucio, 2019). Por ejemplo, aportan al establecimiento de las plántulas; se pueden utilizar como biofertilizante porque descomponen la materia orgánica muerta y reciclan los minerales nutritivos; crean productividad del suelo, y les proveen a las plantas resistencia a enfermedades, a la sequía, al estrés y a patógenos (Van der Heijden *et al.*, 2015).

El hongo también coloniza el suelo que rodea la raíz mediante su micelio externo, de manera que ayuda al huésped a adquirir nutrientes minerales y agua. Aunque la simbiosis hongo – planta se encuentra muy extendida en todo el ecosistema terrestre, ya que el 90- 95% de las plantas superiores se encuentran micorrizadas; la degradación del planeta, el uso indiscriminado de sustancias químicas por el hombre, las actividades agrícolas como la labranza, la aplicación indiscriminada de fertilizantes y de agroquímicos etc., producen severas alteraciones en las micorrizas y su funcionamiento (Sosa, 2014).

En el caso de la asociación de *Theobroma cacao* L. con los hongos micorrícicos, Leblanc y Márquez (2014) mencionan que, los hongos micorrícicos aumentan en la planta la capacidad de absorción de nutrientes minerales del suelo como N, K, Ca, S, Cu, Zn y principalmente los menos móviles como el P, a través de un aumento de la superficie de absorción de las raíces y del alcance de las raíces de micrositios impenetrables por los pelos radicales, además aumenta la producción de biomasa aérea, biomasa de raíces y biomasa total.

Los hongos micorrícicos constituyen una alternativa para contrarrestar el efecto tóxico causado por los metales pesados para las plantas de cacao, fitoestabilizando las concentraciones de estos elementos, este efecto protector es debido a la inmovilización del metal en el micelio del hongo, especialmente en las paredes celulares (Riopedre *et al.*, 2021).

Ballesteros *et al.*, (2004) en su estudio de evaluación de hongos formadores de micorrizas en la etapa de almácigo de cacao encontraron un efecto positivo en altura, absorción de fósforo, peso de materia seca en la parte aérea, peso en materia seca de las raíces presentando los mayores valores las plantas tratadas con micorrizas frente al testigo que presentó valores más bajos.

4.3.4. Función de las micorrizas

Los hongos micorrícicos aportan beneficios sustanciales para las plantas hospedadoras, pues contribuyen a su capacidad de absorber agua, nutrientes y minerales esenciales. Además de

la capacidad de absorción aumentada, la planta hospedadora recibe protección frente a la invasión de otros hongos patógenos, así como al ataque de gusanos redondos como los nemátodos del suelo, incrementan la resistencia y tolerancia de la planta a la sequía o salinidad, descomponen sustancias tóxicas en el ecosistema y mejoran la estructura del suelo. La planta hospedadora provee al hongo micorrícico soporte estructural y material alimenticio en forma de vitaminas y otras sustancias orgánicas elaboradas (Parada, 2021). En esta simbiosis de tipo mutualista, el hongo suministra a la planta compuestos inorgánicos (sales minerales) que esta necesita para su nutrición (micotrofia) y la planta aporta al hongo heterótrofo los compuestos orgánicos.

Por este motivo, las micorrizas desarrollan un papel fundamental en el desarrollo y mantenimiento de muchos ecosistemas, por lo que se pueden encontrar en todos los suelos y en todos los climas terrestres. Debido a la función que ejercen las micorrizas, como protectoras de los cultivos, es posible reducir los fertilizantes y los fitofármacos en aquellas plantas que las posean. El establecimiento de estas asociaciones implica la creación de fuertes interdependencias, tanto es así que el hongo pasa a ser una parte más del sistema radical, tan perfectamente integrado en el mismo que se ve muy dificultado o incluso imposibilitando su desarrollo sin el curso de su planta hospedadora, y esta puede tener un rango de dependencia el hongo, que va desde absoluto hasta relativo en mayor y menor grado (Sosa, 2014).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación del área de estudio

Esta investigación se realizó en la parroquia Guadalupe, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe, a una altitud de 855 msnm, cuyas coordenadas son 03° 54' 17" Sur y 78° 52' 07" Oeste (Figura 1). Su temperatura oscila entre los 20 y 27 ° C, con una precipitación anual de 2 300 mm y una humedad relativa del 80 % (GAD Zamora, 2015).

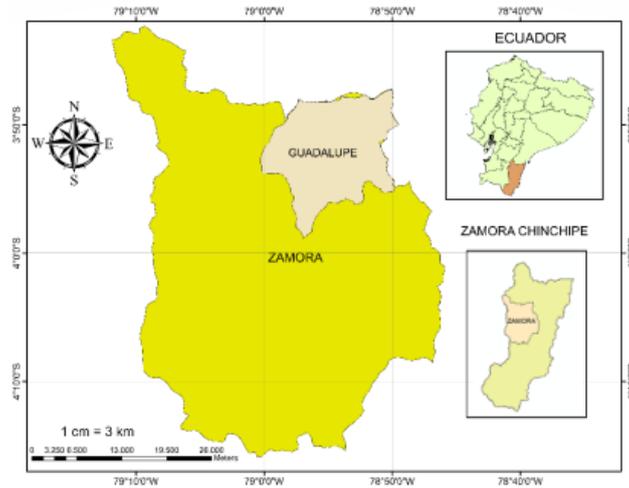


Figura 1. Ubicación del experimento

5.2. Diseño experimental

Para este estudio se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) ya que se contó con unidades experimentales homogéneas. El modelo matemático empleado para este estudio fue:

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

Y_{ij} : Variable de respuesta.

μ : Media general.

T : Tratamiento

ϵ_{ij} : Error experimental.

El área de la plantación fue de 1 ha donde están sembradas 625 plantas de cacao Nacional con un marco de plantación de 4 m x 4 m con una edad de 7 años.

Los individuos seleccionados para la investigación se eligieron según su homogeneidad en: edad, altura, número de ramas principales, estado fenológico y área foliar. Con un diseño

completamente al azar, se contó con dos factores: 1. La dosis (0% = 0 esporas de micorriza, 100% = 17 600 esporas de micorrizas y 200% = 35 200 esporas de micorrizas de tipo endomicorrizas, información proporcionada por la empresa Euroagro S.A encargada del financiamiento del presente estudio) y 2. Momento de aplicación (una aplicación y aplicaciones divididas, cada mes y cada 3 meses); con un total de 7 tratamientos (Dosis y momentos recomendados por la empresa Euroagro S.A.) (Tabla 1). De cada tratamiento se realizaron 4 repeticiones, y cada unidad experimental constó de 3 plantas (Figura 2).

Tabla 1. Tratamientos del experimento en cacao

TRATAMIENTO	Dosis micorrizas %	Nº aplicaciones/Momento
T1	0	0
T2	100	1/ inicio
T3	100	6/1 por mes
T4	100	2/ 1 cada 3 meses
T5	200	1/ inicio
T6	200	6/ 1 por mes
T7	200	2/ 1 cada 3 meses

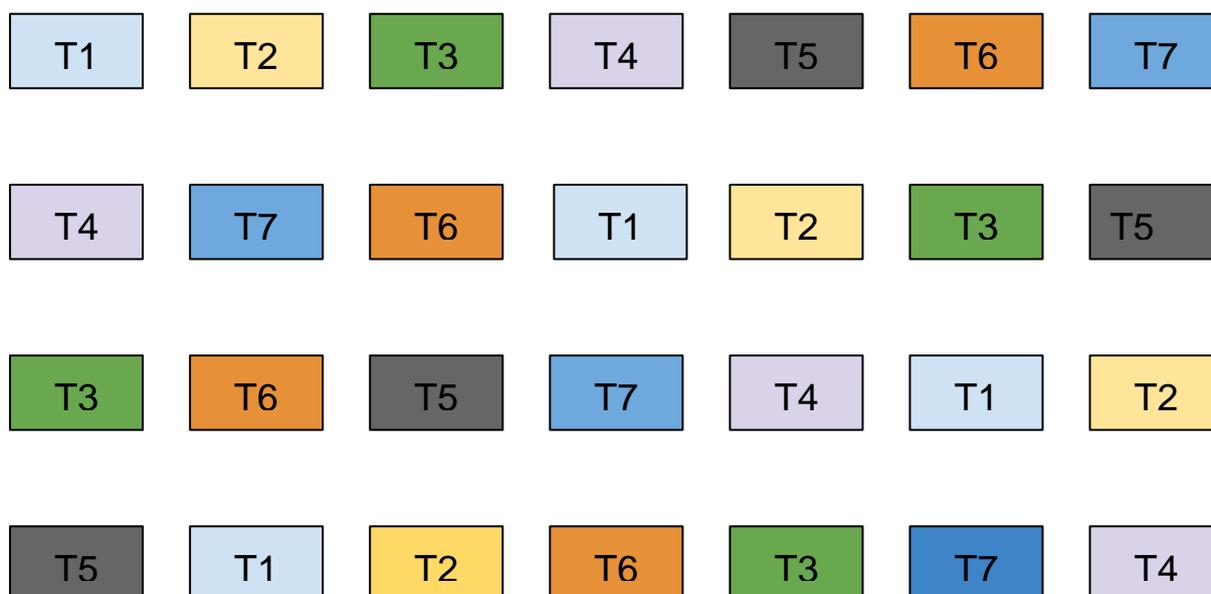


Figura 2. Diseño completamente al azar instalado en campo de cacao

5.3. Manejo del experimento

Para la realización de este estudio se contó con una plantación de siete años de edad, en estado de floración hasta cosecha.

Los tratamientos fueron aplicados en dos dosis (100% que corresponde a 17 600 esporas de micorrizas por planta y 200% que corresponde a 35 200 esporas de micorrizas por planta, el tipo de micorrizas que se emplearon fueron endomicorrizas), en diferentes momentos: una sola aplicación al inicio de floración, aplicación mensual y aplicación cada 3 meses. La aplicación de los tratamientos se realizó en corona, a una distancia de 30 cm de la base de la planta. Todas las plantas recibieron el mismo manejo agronómico, prácticas culturales, manejo de plagas y enfermedades. El estudio se llevó a cabo por siete meses.

5.4. Metodología para el primer objetivo específico

“Determinar el efecto de dos dosis de micorrizas en diferentes momentos sobre las variables vegetativas y productivas”

5.4.1. Variables vegetativas

5.4.1.1. Altura de la planta: Se midió con una regla graduada, al inicio y al final del estudio (Leblanc, 2014).

5.4.1.2. Número de ramas: Se contó el número de ramas principales por planta al inicio y final del estudio (Cruz, 2017).

5.4.1.3. Número de flores por planta: Se registró el número de flores que contenía una rama de cada planta, en la etapa intermedia de la floración, este número a su vez se multiplicó por el número de ramas de cada planta (*Berdeni et al.*, 2018).

5.4.2. Variables productivas

5.4.2.1. Porcentaje de cuajado: de acuerdo al número de flores a los dos meses se procedió a registrar el número de frutos por rama y se determinó el porcentaje de cuajado.

5.4.2.2. Longitud de la fruta: Se midió cada 2 meses utilizando una cinta métrica.

5.4.2.3. Diámetro de la fruta: Se midió cada 2 meses utilizando una cinta métrica.

5.4.2.4. Número de mazorcas por árbol: Se registró en el momento de la cosecha en todos los tratamientos y en todas las repeticiones.

5.4.2.5. Índice de mazorca: es el número de mazorcas que se requiere para obtener un kilogramo de granos secos, para lo cual se pesaron los granos secos por mazorca.

5.4.2.6. Peso de la mazorca: Se pesó en una balanza al momento de la cosecha.

5.4.2.7. Número de almendras: Se contó el número de almendras por mazorca de cada tratamiento en cada repetición.

5.4.2.8. Peso de almendra: Se pesó el número de almendras por mazorca de cada tratamiento en cada repetición esto se hizo en fresco.

5.4.2.9. Sanidad de la fruta: Se identificó problemas de plagas, incidencia de monilia (*Moniliophthora roreri*) que se calculó mediante el porcentaje de frutos enfermos respecto del total de frutos evaluados por tratamiento.

5.4.3. Cadmio en suelo: Mediante la recolección de una muestra de suelo (1 kg) se realizó un análisis para determinar la cantidad de cadmio al inicio del estudio, mientras que al finalizar se realizó un análisis tomando una muestra de suelo por tratamiento.

5.5. Metodología para el segundo objetivo específico

“Identificar la dosis de micorrizas y el momento más eficiente para incrementar el rendimiento de cacao”

Para abordar este objetivo se determinó la producción y rendimiento del cultivo, considerando como dosis y momento más eficiente aquella que maximice estas dos variables.

5.5.1. Producción: Se multiplicó el peso fresco de la mazorca por el número de mazorcas por planta (Romero, 2020).

5.5.2. Rendimiento: se multiplicó el peso en seco de un grano de una mazorca, por el número de granos por fruto y el número de mazorcas por planta, a su vez, esta cantidad se multiplicó por la densidad de plantas (Romero, 2020).

5.6. Análisis estadísticos

Los datos registrados fueron ordenados y tabulados en una hoja de cálculo de Microsoft Excel para luego ser introducidos en el programa INFOSTAT, en el cual fueron sometidos a un análisis de supuestos y luego se realizó un análisis de varianza (ANAVA), con un nivel de significancia del 5 %, además se realizaron pruebas de comparaciones múltiples de Tukey al 95 % de confianza para determinar la existencia de diferencias significativas entre tratamientos por cada variable evaluada. Posterior a ellos se realizó el análisis de correlación de Pearson al 95 % de confianza.

6. RESULTADOS

6.1. Variables vegetativas

6.1.1. Altura de planta

En la Tabla 2 se puede observar que no existe diferencia significativa ($p= 0,8719$) entre los tratamientos en cuanto al incremento de altura que oscila entre 0,03 y 0,08, registrando el mayor incremento el tratamiento 3 (con aplicaciones mensuales de micorrizas al 100 %), mientras que el menor incremento lo registró el tratamiento 1 (testigo, sin aplicaciones).

Tabla 2. Altura inicial, altura final e incremento de altura en cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.)

TRATAMIENTO	Altura inicial (m)	Altura final (m)	Incremento (m)
T1 (Testigo)	3,29	3,32	0,03 A
T2 100 % (1 sola aplicación)	3,49	3,53	0,04 A
T3 100 % (1 aplicación c/mes)	3,54	3,62	0,08 A
T4 100 % (1 aplicación c/3 meses)	3,37	3,43	0,06 A
T5 200 % (1 sola aplicación)	3,58	3,62	0,04 A
T6 200 % (1 aplicación c/mes)	3,42	3,48	0,06 A
T7 200 % (1 aplicación c/3 meses)	3,36	3,41	0,05 A

*Letras iguales en sentido vertical no expresan diferencias significativas.

6.1.2. Número de ramas

En cuanto al número de ramas principales no se registró una variación al final del estudio con respecto al inicio, ($p= 0,5226$) (Tabla 3). La mayoría de los árboles de estudio, de 7 años de edad aproximadamente, contaron con 3 ramas.

Tabla 3. Número de ramas por planta de cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.)

Tratamientos	Número de ramas (inicio)	Número de ramas (final)
T1 (Testigo)	3	3 A
T2 100 % (1 sola aplicación)	3	3 A
T3 100 % (1 aplicación c/mes)	3	3 A
T4 100 % (1 aplicación c/3 meses)	3	3 A
T5 200 % (1 sola aplicación)	3	3 A
T6 200 % (1 aplicación c/mes)	4	4 A
T7 200 % (1 aplicación c/3 meses)	3	3 A

*Letras iguales en sentido vertical no expresan diferencias significativas.

6.1.3. Número de flores por planta

El mayor número de flores por planta lo presentó el tratamiento 3 (con aplicaciones mensuales de micorrizas al 100%) con 241 flores que corresponde a un 33% más en relación al tratamiento 1 (testigo, sin aplicaciones), que registró 188 flores (Tabla 4). Sin embargo, no existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p= 0,7654$).

Tabla 4. Número de flores por planta de cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.)

Tratamientos	Número de flores/planta
T1 (Testigo)	187,50 A
T2 100 % (1 sola aplicación)	227,50 A
T3 100 % (1 aplicación c/mes)	241,25 A
T4 100 % (1 aplicación c/3 meses)	233,75 A
T5 200 % (1 sola aplicación)	230,00 A
T6 200 % (1 aplicación c/mes)	238,50 A
T7 200 % (1 aplicación c/3 meses)	225,00 A

*Letras iguales en sentido vertical no expresan diferencias significativas.

6.2. Variables productivas

6.2.1. Porcentaje de cuajado

En lo que respecta a esta variable no se encontraron diferencias significativas ($p= 0,2318$), sin embargo, el tratamiento 3 (con aplicaciones mensuales de micorrizas al 100 %) presentó el porcentaje de cuajado más alto con 22,50 %, en comparación al tratamiento 1 (testigo, sin aplicaciones) que presentó el porcentaje más bajo con 16,50 % (Tabla 5).

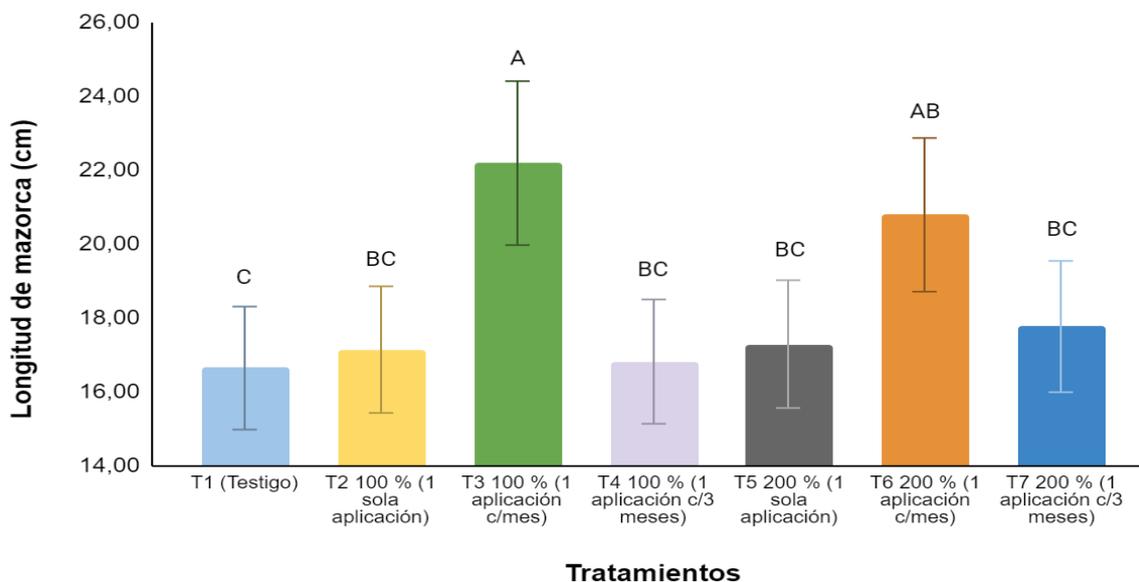
Tabla 5. Porcentaje de cuajado de cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.)

Tratamientos	% Cuajado
T1 (Testigo)	16,50 A
T2 100 % (1 sola aplicación)	17,00 A
T3 100 % (1 aplicación c/mes)	22,50 A
T4 100 % (1 aplicación c/3 meses)	18,75 A
T5 200 % (1 sola aplicación)	17,25 A
T6 200 % (1 aplicación c/mes)	20,50 A
T7 200 % (1 aplicación c/3 meses)	18,75 A

*Letras iguales en sentido vertical no expresan diferencias significativas.

6.2.2. Longitud de la fruta

En la Figura 3 se puede observar que existe diferencia significativa entre los tratamientos con respecto a la longitud de mazorca ($p= 0,0010$), el tratamiento 3 (con aplicaciones mensuales de micorrizas al 100%) registra la media más alta con 22,20 cm, mientras que, la media más baja la presentó el tratamiento 1 (testigo, sin aplicaciones) con 16,65 cm.

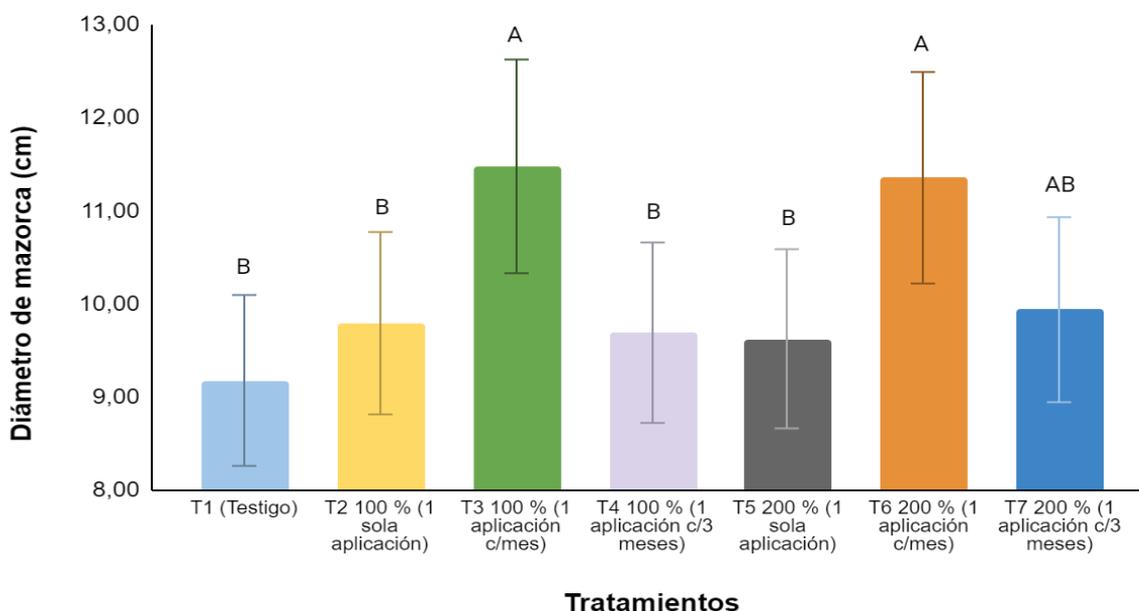


*Letras diferentes en sentido horizontal indican diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Las líneas sobre las columnas representan el error estándar de las medias.

Figura 3. Longitud de mazorca de cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.)

6.2.3. Diámetro de la fruta

De acuerdo a los resultados obtenidos con respecto al diámetro de mazorca, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p= 0,0003$), siendo el tratamiento 3 (con aplicaciones mensuales de micorrizas al 100%) con 11,48 cm, seguido del tratamiento 6 (con aplicaciones mensuales de micorrizas al 200 %) con 11,36 cm los que mostraron valores más altos que corresponden con aplicaciones mensuales de micorrizas en dosis de 100 y 200% respectivamente. El menor valor lo registró el tratamiento 1 (testigo, sin aplicaciones) con 9,18 cm (Figura 4).



*Letras diferentes en sentido horizontal indican diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Las líneas sobre las columnas representan el error estándar de las medias.

Figura 4. Diámetro de mazorca de cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.)

6.2.4. Número de mazorca por planta

De acuerdo a los datos obtenidos en cuanto al número de mazorcas por planta (Tabla 6) no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, aunque los rangos varían entre 31 y 61 mazorcas por planta, presentando el mayor valor el tratamiento 3 mientras que el menor valor lo presentó el tratamiento 1 (testigo).

Tabla 6. Número de mazorca por planta de cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.)

Tratamientos	Nº de mazorca / planta
T1 (Testigo)	31,00 A
T2 100 % (1 sola aplicación)	39,25 A
T3 100 % (1 aplicación c/mes)	60,50 A
T4 100 % (1 aplicación c/3 meses)	33,50 A
T5 200 % (1 sola aplicación)	40,00 A
T6 200 % (1 aplicación c/mes)	44,50 A
T7 200 % (1 aplicación c/3 meses)	42,75 A

*Letras iguales en sentido vertical no expresan diferencias significativas.

6.2.5. Índice de mazorca

En la Tabla 7 se puede observar que, pese a no existir diferencias significativas, el tratamiento 3 y 6 (con aplicaciones mensuales de micorrizas al 100 y 200 %), cuentan con el menor índice de mazorca de 18,43 y 19,15 respectivamente; en comparación con los demás tratamientos que requieren de 20 a 23 mazorcas para completar un kg de almendra seca, siendo el tratamiento 1 (sin aplicaciones) el que presenta un mayor índice de mazorca.

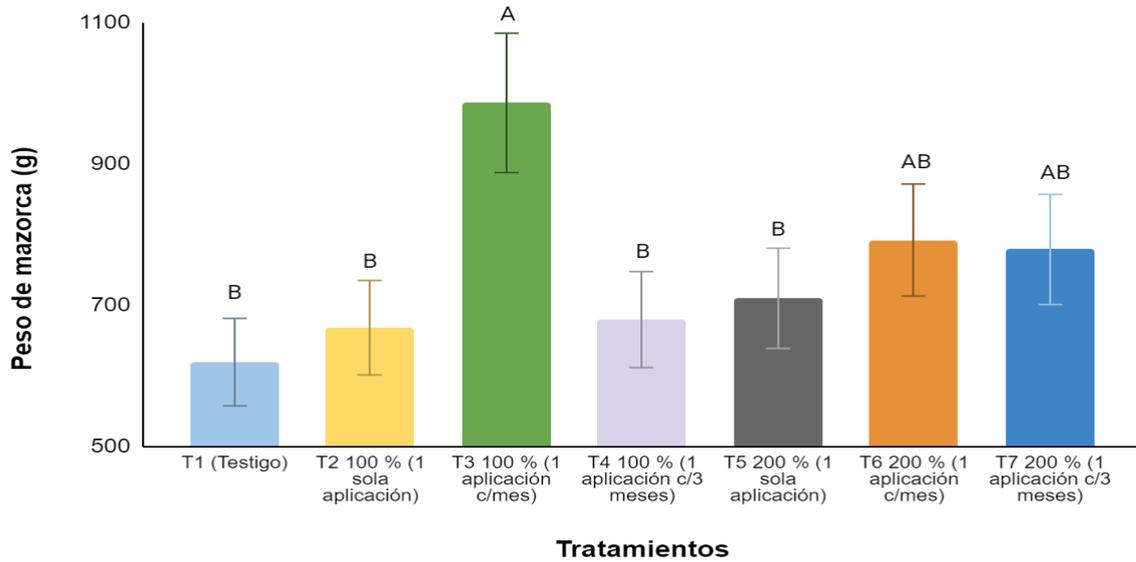
Tabla 7. Índice de mazorca en el cultivo de cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.).

Tratamientos	Índice de mazorca
T1 (Testigo)	23,47 A
T2 100 % Mic. (1 sola aplicación)	23,25 A
T3 100 % Mic. (1 aplicación c/mes)	18,43 A
T4 100 % Mic. (1 aplicación c/3 meses)	20,47 A
T5 200 % Mic. (1 sola aplicación)	21,35 A
T6 200 % Mic. (1 aplicación c/mes)	19,15 A
T7 200 % Mic. (1 aplicación c/3 meses)	20,43 A

*Letras iguales en sentido vertical no expresan diferencias significativas.

6.2.6. Peso de mazorca

En lo que respecta al peso de mazorca se encontraron diferencias significativas, sin embargo, se registran valores que van desde 619,75 a 986,75 gramos (Figura 5), el mayor valor lo presentó el tratamiento 3 (con aplicaciones mensuales de micorrizas al 100 %), y menor valor el tratamiento 1 (testigo, sin aplicaciones).

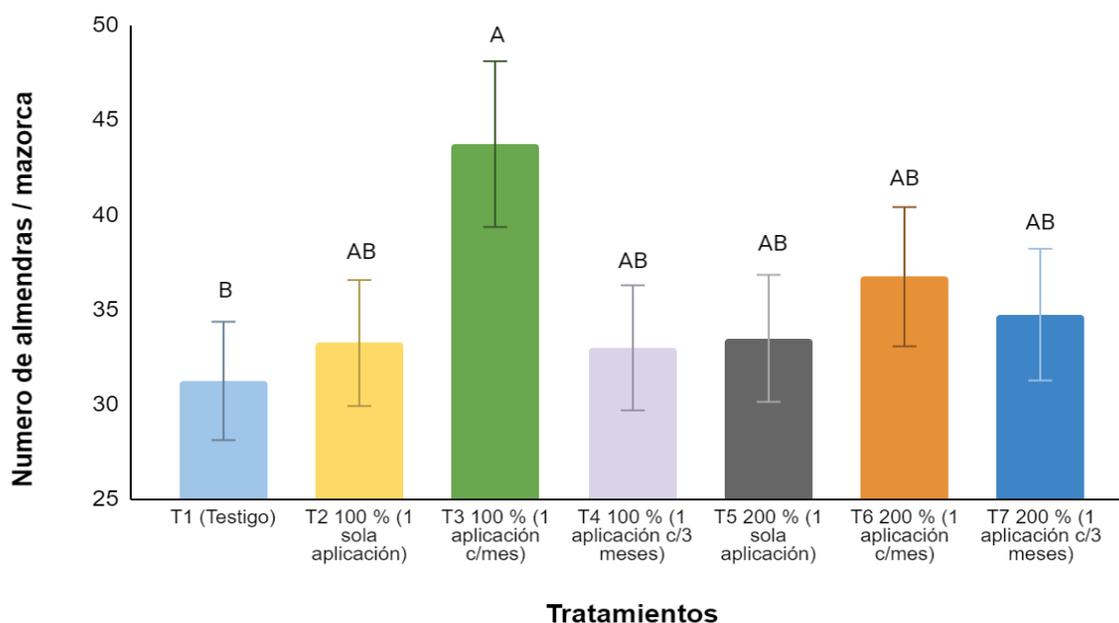


*Letras diferentes en sentido horizontal indican que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Las líneas sobre las columnas representan el error estándar de las medias.

Figura 5. Peso de mazorca de cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.).

6.2.7. Número de almendras

En lo referente al número de almendras por mazorca se mostraron diferencias significativas ($p = 0,0437$) entre los tratamientos, siendo el tratamiento 3 (con aplicaciones mensuales de micorrizas al 100 %) el que tuvo mayor influencia con una media de 43,75 almendras por mazorca, mientras que el tratamiento 1 (testigo, sin aplicaciones) obtuvo la media más baja con 31,25 almendras por mazorca (Figura 6).



*Letras diferentes en sentido horizontal indican diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Las líneas sobre las columnas representan el error estándar de las medias.

Figura 6. Número de almendras por mazorca de cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.)

6.2.8. Peso de almendra

El peso de la almendra no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, no obstante, podemos mencionar que en el tratamiento 3 (con aplicaciones mensuales de micorrizas al 100 %) se registró un mayor peso con 288,28 g por mazorca, en relación a los demás tratamientos, mientras que el menor peso lo presentó el tratamiento 1 (testigo, sin aplicaciones) con 182,32 g (Tabla 8).

Tabla 8. Peso de almendra por mazorca de cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.)

Tratamientos	Peso de almendra / mazorca (g)
T1 (Testigo)	182,32 A
T2 100 % (1 sola aplicación)	193,13 A
T3 100 % (1 aplicación c/mes)	288,28 A
T4 100 % (1 aplicación c/3 meses)	183,43 A
T5 200 % (1 sola aplicación)	200,66 A
T6 200 % (1 aplicación c/mes)	262,83 A
T7 200 % (1 aplicación c/3 meses)	210,07 A

*Letras iguales en sentido vertical no expresan diferencias significativas.

6.2.9. Sanidad de la fruta

Durante la realización del estudio se pudo identificar mediante la observación directa que existió incidencia de plagas especialmente de hormiga (*Atta sp.*) la cual se controló aplicando caldo sulfocálcico, así como la presencia de enfermedades tales como la monilia (*Moniliophthora roreri*) la cual causó una alta incidencia en todos los tratamientos donde no se mostraron diferencias significativas en un rango de 48 a 52 % (**Anexo 1**), (Tabla 9).

Tabla 9. Incidencia de monilia en cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.)

Tratamientos	Incidencia %
T1 (Testigo)	49 A
T2 100 % (1 sola aplicación)	52 A
T3 100 % (1 aplicación c/mes)	48 A
T4 100 % (1 aplicación c/3 meses)	50 A
T5 200 % (1 sola aplicación)	52 A
T6 200 % (1 aplicación c/mes)	48 A
T7 200 % (1 aplicación c/3 meses)	51 A

*Letras iguales en sentido vertical no expresan diferencias significativas.

6.3. Análisis de cadmio en suelo

En la figura 7 muestra que el análisis de cadmio en suelo inicial dio como resultado un valor de 0,08 mg/kg (**Anexo 2**), mientras que en el análisis final se evidencia una disminución en todos los tratamientos siendo el tratamiento 5 (una sola aplicación al 200%) el que registra el menor valor con 0,01 mg/kg, seguido del tratamiento 6 (aplicaciones mensuales de micorrizas al 200%) con 0,02 mg/kg. El tratamiento 1 (testigo, sin aplicaciones de micorrizas) registra el mayor valor con 0,05 mg/kg de cadmio en suelo (**Anexo 3**).

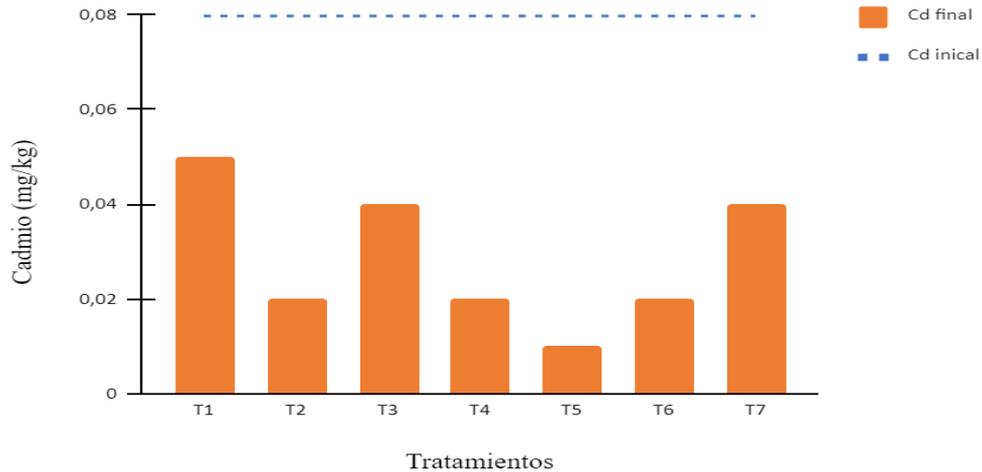
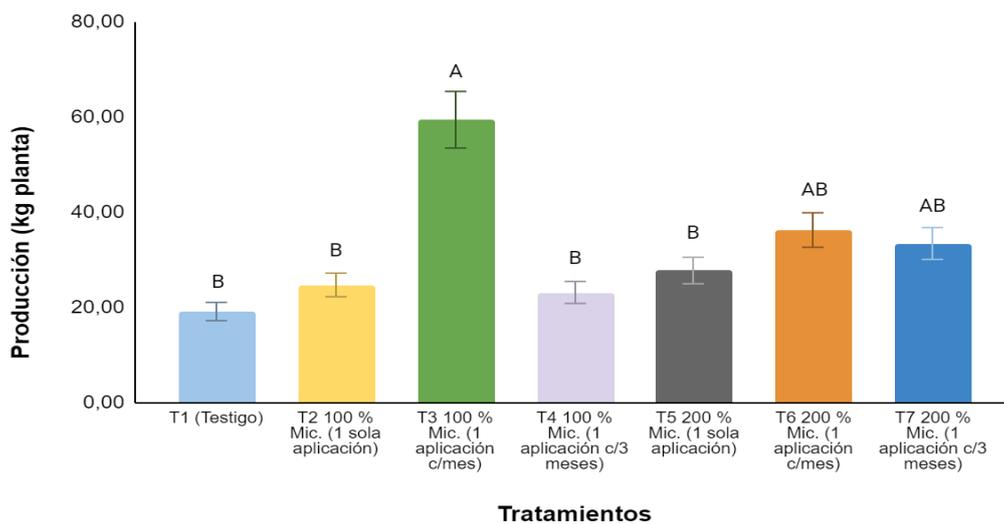


Figura 7. Análisis de cadmio inicial y final en suelo.

6.4 Producción

Presentó diferencias significativas en donde el tratamiento 3 (con aplicaciones mensuales de micorrizas al 100%) resultó mayor producción por planta (59,50 kg planta), la menor producción la registró el tratamiento 1 (testigo, sin aplicaciones) con 19,19 kg planta (Figura 8).

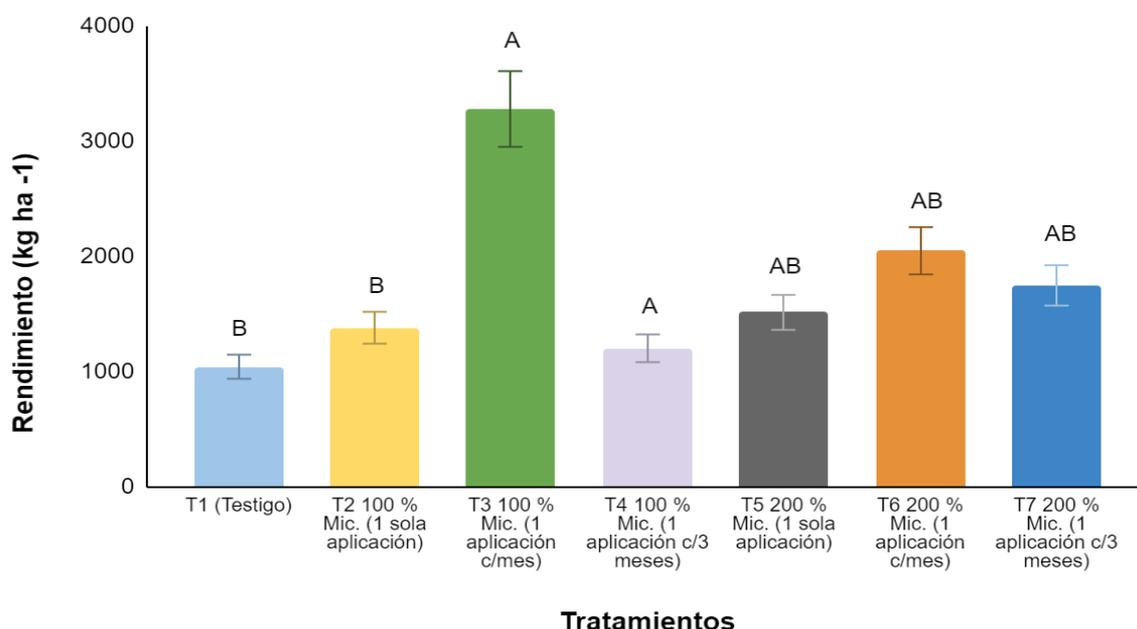


*Letras iguales en sentido horizontal indican que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Las líneas sobre las columnas representan el error estándar de las medias.

Figura 8. Estimación de producción de cacao Nacional en almendra fresca (*Theobroma cacao* L.).

6.5. Rendimiento

En cuanto al rendimiento presenta diferencias significativas entre los tratamientos, pero podemos mencionar que el tratamiento 3 (con aplicaciones mensuales de micorrizas al 100%) presenta mayor rendimiento por hectárea ($3282,95 \text{ kg ha}^{-1}$); entre tanto el tratamiento 1 (testigo, sin aplicaciones) presentó un menor rendimiento ($1044,93 \text{ kg ha}^{-1}$) en relación a los demás tratamientos (Figura 9)



*Letras iguales en sentido horizontal indican que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Las líneas sobre las columnas representan el error estándar de las medias.

Figura 9. Estimación del rendimiento de cacao Nacional en almendra seca (*Theobroma cacao* L.)

6.6 Correlaciones

De acuerdo con el análisis de las variables evaluadas se encontró una gran relación entre variables vegetativas y productivas. Se destaca la correlación positiva alta ($p < 0,05$) entre la longitud de mazorca y diámetro de mazorca (coeficiente de Pearson de 0,98), seguido de número de mazorca y número de almendras (coeficiente de Pearson de 0,97).

En lo que respecta a las correlaciones negativas se encontró entre el porcentaje de cuajado-número de flores por planta (valor de Pearson de -0,91), seguido del número de flores por planta e índice de mazorca (valor de Pearson de -0,85) (Tabla 10).

Tabla 10. Correlaciones significativas entre las variables evaluadas.

Variable 1	Variable 2	Pearson	P valor
Incremento altura (m)	Número de flores/planta	0,76	0,0487
Número de flores/planta	Índice mazorca	-0,76	0,0496
% Cuajado	Índice mazorca	-0,91	0,0048
Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	0,98	0,0002
Diámetro de mazorca	Peso de almendra	0,97	0,0002
Nº de mazorca / planta	Nº de almendras	0,98	0,0002
Peso mazorca	Peso de almendra	0,92	0,0029
Nº de almendras	Peso de almendra	0,94	0,0018
Peso de almendra	Rendimiento (kg ha)	0,95	0,0013

7. DISCUSIÓN

7.1. Variables vegetativas

La aplicación de micorrizas no provocó efectos satisfactorios sobre las variables vegetativas como altura de planta, número de ramas, número de flores, esto probablemente se debió a que la plantación, ya establecida de 7 años de edad, estaba atravesando por el periodo de floración y posteriormente fructificación, sin embargo, se deseaba conocer el efecto de las micorrizas en estas variables. Durante la fase productiva la planta utiliza mayor cantidad de recursos en la formación de frutos y semillas generando una disminución en el crecimiento vegetal (Leiva, 2012). Lucas (2016) en su estudio de efectos de micorrizas sobre el crecimiento de plántulas de cacao, obtuvo una influencia alta sobre el crecimiento de las mismas, debido a que las micorrizas generan un mejor desarrollo por el aporte de sustancias hormonales y nutrientes. El aumento de altura de las plantas está influenciado directamente por el transporte de agua y nutrientes a la planta, así como la producción de fitohormonas en el sistema micorrícico (Camey, 2014).

En cuanto al número de ramas no se evidenció un efecto de las micorrizas sobre esta variable, por el contrario, Mimmo *et al.*, (2018) mencionan que el efecto de micorrizas sobre plantas frutales fue satisfactorio en cuanto a la generación de nuevos brotes y número de ramas con una absorción equilibrada de nutrientes minerales, las plantas micorrizadas aumentan su alimentación.

Para el número de flores no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, resultados similares fueron reportados por Berdeni *et al.*, (2018) quienes demostraron que no encontraron diferencias significativas entre las plantas inoculadas con micorrizas y las no inoculadas, por lo tanto, la inoculación de micorrizas no influyó en la producción de flores en plantas frutales como el manzano.

7.2. Variables productivas

El porcentaje de cuajado no registró diferencias significativas entre todos los tratamientos, sin embargo, se puede deducir que existe un bajo porcentaje de cuajado esto se pudo deber a que el cultivo presentaba una alta incidencia de monilia la cual provocó una alta pérdida de frutos. Al respecto Correa *et al.*, (2018) menciona que, en zonas de cultivo de cacao, la infección se presenta en la superficie de los frutos y en cualquier fase del desarrollo vegetativo, sin embargo, la susceptibilidad más alta se observa en los primeros estados de desarrollo del fruto, en plantaciones localizadas en regiones con alta humedad y sin manejo adecuado. Con frecuencia se observan pérdidas en los cultivos superiores a 90 % de la cosecha.

En las variables longitud y diámetro de fruto se mostraron diferencias estadísticas significativas, el tratamiento con mayor longitud y diámetro de mazorca fue el tratamiento 3 con aplicaciones mensuales de micorrizas al 100%. Latacela *et al.*, (2017) no encontraron diferencias significativas para longitud de mazorca, sin embargo, las mazorcas provenientes de plantas tratadas con micorrizas y fertilización mostraron un mayor tamaño, mientras que, para el diámetro de mazorca si se reportaron diferencias estadísticas significativas registrando el mayor valor las mazorcas provenientes de plantas tratadas con micorrizas y fertilización. Lo que demuestra que las micorrizas producen un efecto positivo en estas variables, sin embargo también es indispensable llevar a cabo un plan de fertilización para la obtención de mejores resultados, esto logra una mejor interrelación entre el nutriente y el organismo que lo transforma en el suelo, como lo corrobora Pérez (2000), quien manifiesta que con la utilización de las micorrizas como biofertilizantes no se suprime la aplicación de fertilizantes, sino que la fertilización se hace más eficiente y puede disminuirse la dosis.

En las variables número de mazorca por planta, índice de mazorca no se encontraron diferencias estadísticas significativas, pero en lo que respecta al peso de mazorca si se mostraron diferencias estadísticas significativas, siendo el tratamiento 3 el que presentó un efecto positivo en estas variables. Al respecto Vázquez *et al.*, (2011) mencionan en su estudio que encontraron diferencias estadísticas significativas en cuanto al número de frutos por planta y peso del fruto siendo las plantas tratadas con micorrizas las que presentaron el mayor número y peso de mazorca con respecto a las plantas no inoculadas atribuyéndose el incremento a una mayor exploración del volumen del suelo y mayor absorción de agua y nutrientes.

En la variable número de almendras se encontraron diferencias significativas en todos los tratamientos, siendo el tratamiento 3 con aplicaciones mensuales al 100 % el que presentó mayor número de almendras, por el contrario el testigo presentó menor número de almendras, lo que concuerda con Latacela *et al.*, (2017) que en su estudio mencionan que los tratamientos con micorrizas obtuvieron un mayor número e índice de semilla en relación al testigo, debido a que las micorrizas como recurso biológico generan beneficios al mejorar las condiciones físico, químicas y biológicas del suelo. Las propiedades físicas reflejan la manera como el suelo almacena y provee agua a las plantas y permite el desarrollo radical entre ellas se encuentran, propiedades como estructura, densidad aparente, infiltración, profundidad, conductividad hidráulica y capacidad de almacenamiento, de la misma forma las propiedades químicas se relacionan con la calidad y disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas, entre ellas cabe resaltar, pH, materia orgánica, conductividad eléctrica (Bautista *et al.*, 2004). Desde el punto de vista biológico se derivan de su interacción con diversos macro y microorganismos de la rizosfera, como aquellos implicados en el ciclaje de nutrientes

(bacterias fijadoras de nitrógeno y los microorganismos solubilizadores de fosfato). Así mismo dichos hongos están implicados en el control biológico de patógenos presentes en el suelo (Pérez y Vertel 2010).

En lo que respecta al peso de almendra no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos a pesar que el mayor peso lo registró el tratamiento 3 con aplicaciones mensuales de micorrizas, esto nos da a entender que las micorrizas produjeron un efecto positivo en cuanto al peso de almendra, lo que concuerda con Terry *et al.*, (2005) que menciona que los hongos micorrícicos contribuyen al estado nutricional de las plantas, generando incrementos en los componentes del rendimiento, evidenciándose en qué grado los microorganismos logran poner en función de las plantas sus diferentes mecanismos de acción, ejerciendo un efecto positivo en la producción del cultivo.

En cuanto a la incidencia de monilia no se mostraron diferencias significativas por lo que todos los tratamientos registraron un porcentaje similar, sin embargo se debe resaltar que si existió una alta incidencia de esta enfermedad en todo el cultivo, esto pudo deberse a las condiciones ambientales que presenta la zona, según el GAD Zamora (2019) la temperatura oscila entre 20 a 27 °C, precipitación de 2300 mm / año, humedad relativa que alcanza el 99 %, sumado a esto se contaba con un cultivo orgánico por lo cual no se aplicaron productos químicos para su control, haciendo uso de productos orgánicos como caldo sulfocálcico que si bien es cierto ayuda al control de esta enfermedad, la recuperación del cultivo es lenta y requiere de persistencia al aplicar este tipo de productos. Tuesta *et al.*, (2017) mencionan que la mayor incidencia de esta enfermedad podría deberse a la alta relación Ca/K que indica que existe competencia entre estos elementos, haciendo que exista baja absorción de K a pesar de su alta disponibilidad en el suelo además indica que este desorden se puede deber a factores ambientales.

7.3. Cadmio en suelo

Con respecto a la cantidad de cadmio presente en el suelo al inicio del estudio se obtuvo un valor de 0,08 mg/kg mientras que al final del estudio se pudo verificar que la cantidad de cadmio disminuyó en todos los tratamientos con respecto al análisis inicial. Estos datos demuestran un efecto positivo de las micorrizas, lo que concuerda con Coninx *et al.*, (2017) quien menciona que las micorrizas presentan un mecanismo intracelular que incluyen la unión a los tioles no proteicos y el transporte a los compartimientos intracelulares que reducen la concentración de metales. Las micorrizas han demostrado su capacidad como agente reductor de la contaminación de metales pesados en suelos, debido a la expresión de diferentes genes que codifican para proteínas asociados a variados mecanismos de transporte a nivel celular (Aguirre, 2011).

La reducción de la cantidad de cadmio en el testigo pudo deberse a la interconexión de sus raíces con raíces de plantas micorrizadas. Estudios reportan que la micorriza genera una extensa red de micelio que explora el suelo en la búsqueda de recursos e interconecta a las raíces de las plantas de la misma especie o de diferentes especies (Simard *et al.*, 2004).

5.4. Producción y Rendimiento

En lo que respecta a la producción y rendimiento, el uso de micorrizas al 100 % en aplicaciones mensuales tuvo efectos positivos, atribuidos a la mayor adaptabilidad de las micorrizas a las condiciones ambientales de la región, así como una mayor asociación con la parte radical de las plantas (Vázquez *et al.*, 2011). Por su parte Franco (2018) menciona que gracias a la mejor asimilación ya no solo de agua sino de nutrientes (minerales, sales, etc) facilita un aumento de la producción. Las micorrizas mejoran la capacidad productiva de suelos poco productivos, como los afectados por la desertificación, la salinización, la erosión hídrica y eólica (Molina, 2008). Los suelos ricos en fosfatos y nitratos muestran menos respuesta de la planta (fertilidad, productividad, crecimiento, grado de desarrollo) con micorrizas, ya que altos contenidos de fósforo disponible en el suelo deprimen el desarrollo de las micorrizas (Mengel y Kirkby, 2000).

En cuanto al rendimiento se encontraron diferencias significativas, presentando un valor mayor el tratamiento 3 con aplicaciones mensuales de micorrizas al 100 %, mientras que el tratamiento 1 testigo presentó menor rendimiento, lo que hace notar que las micorrizas son eficientes al poner a disposición a la planta los elementos nutricionales esenciales como N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Mo, Fe, Mn, que se traducen en buen rendimiento obtenido, una buena cantidad de frutos, además de formar parte de una producción sana y sostenible (Vera *et al.*, 2004).

Los tratamientos de aplicación con micorrizas (T4, T7 y T9) fueron los que incidieron para obtener mayores valores de rendimiento de cacao por hectárea, que a su vez obtuvieron incrementos respecto al control absoluto de más del 100 %, con medias de 2498 kg ha⁻¹; 2502,4 kg ha⁻¹ y 2488.1 kg ha⁻¹, respectivamente. Esto indica que la aplicación de micorrizas actúa positivamente en los rendimientos del cultivo (Tuesta, 2017).

En resumen, las plantas respondieron con valores mayores en todas las variables evaluadas a la aplicación mensual de micorrizas al 100 % (T3), produciendo un efecto positivo sobre ellas, seguido del tratamiento 6 con aplicaciones mensuales de micorrizas al 200 %, dando a entender que en estos dos tratamientos se obtienen resultados similares.

8. CONCLUSIONES

La aplicación de micorrizas tuvo un efecto positivo sobre variables productivas, debido a la mejor asimilación de agua y nutrientes, sin embargo, en las variables vegetativas evaluadas no se encontró un efecto significativo, en vista que el cultivo se encontraba en etapa productiva, a pesar de ello, los tratamientos con micorrizas presentaron los valores más altos en todas las variables frente al testigo.

La dosis de micorrizas y momento más eficiente para incrementar la producción y rendimiento del cultivo de cacao Nacional, bajo las condiciones en que se llevó el experimento, fue la aplicación mensual de micorrizas al 100 %, con lo cual se logró obtener el mayor valor, en producción con 59,50 kg planta y en rendimiento con 3282,95 kg ha⁻¹, por lo tanto, con aplicaciones de micorrizas a mayor frecuencia se logra mejores efectos.

9. RECOMENDACIONES

Para futuros estudios se recomienda prolongar el tiempo de estudio realizando los análisis de suelo respectivos y de acuerdo a esto establecer un programa de fertilización según los requerimientos del cultivo.

Evaluar el efecto de las micorrizas en diferentes dosis en el cultivo de cacao durante la etapa vegetativa en diferentes variedades para identificar la dosis correcta y los efectos que producen las micorrizas en esa etapa del cultivo.

Realizar estudios utilizando diferentes tipos de micorrizas en el cultivo de cacao para de esta manera saber cuál es la más recomendada en este cultivo de acuerdo a las condiciones ambientales de la amazonia ecuatoriana

10. BIBLIOGRAFÍA

- Abad, A., Acuña, C., & Naranjo, E. (2020). El cacao en la Costa ecuatoriana: estudio de su dimensión cultural y económica. *Estudios De La Gestión: Revista Internacional De administración*, (7), 59-83. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.7.3>
- Aguirre, W., Fischer, G., & Miranda, D. (2011). Tolerancia a metales pesados a través del uso de micorrizas arbusculares en plantas cultivadas. *REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS*, 5(1).
https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_horticolas/article/download/1260/1256/1483
- ANECACAO. (2012). Normas de calidad. <http://www.anecacao.com/index.php/es/asistencia->
- ANECACAO. (2015). Cacao Nacional. <http://www.anecacao.com/index.php/es/revista.html>
- ANECACAO. (2017). Sabor Arriba. *Revista especializada en CACAO*, 12.
<http://www.anecacao.com/index.php/es/asistencia->
- Arvelo, M., Gonzales, D., Maroto, S., Delgado, T., & Montoya, P. (2017). *Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas latinoamericanas*. IICA.
<https://repositorio.iica.int/bitstream/11324/6181/1/BVE17089191e.pdf>
- Ballesteros, W., Unigarro, A., Cadena, C., & Cadena, J. (2004). Evaluación de hongos formadores de micorrizas vesículo arbusculares (MVA) en la etapa de almácigo de cacao (*Theobroma cacao* L.), en Tumaco, Nariño. *Ciencias Agrícolas*, 21(1).
<https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/504/528>
- Bautista, A., Etchevers, J., Del Castillo, R., & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*, 13(2).
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/572>
- Berdeni, D., Cotton, T., Daniell, T., Bidartondo, M., Cameron, D., & Evans, K. (2018). Efecto de la colonización de hongos micorrízicos, sobre el estado nutricional, el crecimiento, la productividad. *Frontiers*, 9.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2018.01461/full>
- Borja, K., Vite, H., Garzón, V., & Carvajal, H. (2021). Análisis de las exportaciones del cacao ecuatoriano en grano en el periodo 2008 al 2018. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*. <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/422/442>
- Camargo S., Montaña M., De la Rosa C., Montaña S. (2012). Micorrizas: una gran unión debajo del suelo. *Revista Digital Universitaria*. Vol. 13, No.7. Disponible en Internet: [<http://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/index.html>] ISSN: 1607-6079.
- Camey, L. (2014). Evaluación de seis dosis de ectomicorrizas sobre la calidad de planta de pino en vivero. <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/03/Camey-Luis.pdf>

- Campero, J. (2010). Recuperación de suelos degradados. *Proyecto cacao*.
<https://www.monografias.com/trabajos96/proyecto-cacao-recuperacion-suelos-degradados-coca/proyecto-cacao-recuperacion-suelos-degradados-coca>
- Carrillo, L. (2015). Micorrizas para principiantes. *Herbario CICY*.
https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2015/2015-11-19-Carrillo-Sanchez-Micorrizas-para-principiantes.pdf
- Castillo, C. (2005). Selección y calibración para evaluar de indicadores para evaluar la degradación de los suelos. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp35c352.pdf>
- Chimborazo, C. (2009). Caracterización in situ, de las variedades morfológicas presentes en el cultivo de cacao existente en la provincia de Pastaza.
<https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/44/1/T.AGROP.B.UEA.1006>
- Colmenares, G. (2018). MICORRIZAS. Aspectos fisiológicos de la simbiosis.
<https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/20.500.12220/1391/1/9085.pdf>
- CONIF. (2011). Guía de Insectos Dañinos en Plantaciones Forestales. (3ª ed.). Colombia: Editorial Norma S.A.
- Coninx, L., Martinova, V., & Rineau, F. (2017). Micorriza-asistida fitorremediación. *Advances in Botanical Research*, 83.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065229616301240>
- Correa, J., Castro, S., & Coy, J. (2014, 6 6). Estado de la moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri* en Colombia. *Scielo*.
<http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v63n4/v63n4a11.pdf>
- Cruz, J. (2017). Respuesta de Cacao (*Theobroma cacao* L.) a la micorrización.
<https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp34c957.pdf>
- Duque, C. (2012). Suelos Amazónicos. <https://es.scribd.com/doc/92179823/Suelo-amazonico>
- Franco, J. (2018). Efectos beneficiosos de las micorrizas sobre las plantas. *Bioscripts*.
https://www.ciaorganico.net/documypublic/200_infoagronomo.net_Micorrizas-beneficios.pdf
- FUNDEAL (2009). Asociación por la paz y el desarrollo. Cooperación Española Quito, Ecuador
- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Zamora Chinchipe. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. <http://zamora-chinchipe.gob.ec/wp-content/uploads/2018/02/PDOT-ZAMORA-CHINCHIPE-2014-2019-m.pdf>

- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Zamora Chinchipe. (2019). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. <http://zamora-chinchipe.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/PDOT-2019-2023-ZAMORA-CHINCHIPE.pdf>
- Guerra, B. (2008). Micorriza arbuscular. Recurso microbiológico en la agricultura sostenible. *Tecnología en Marcha*, 21(1). file:///C:/Users/Lady/Downloads/Dialnet-MicorrizaArbuscular-4835698.pdf
- Infocacao. (2015). Control de malezas en el cultivo de cacao. *Procacaho*. http://fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/infocacao/InfoCacao_No2_Sept_2015.pdf
- INIAP, (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). (2018). Manual del cultivo de cacao. 2ª Ed. Corregida y aumentada. Estación Experimental Tropical Pichilingue
- Latacela, W., Colina, E., Castro, C., Santana, D., Leon, J., Garcia, G., Goyes, M., & Vera, M. (2017). Efectos De La Fertilización Nitrogenada Y Fosfatada Sobre Poblaciones De Micorrizas Asociadas Al Cultivo De Cacao. *European Scientific Journal*, 13(6). <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n6p464>
- Leiva, E. (2012). Aspectos para la nutrición del cacao *Theobroma cacao L.* <http://docplayer.es/29755799-Aspectos-para-la-nutriciondel-cacao-theobroma-cacao-l.html>.
- Leblanc, H., & Márquez, E. (2014). Efecto de los hongos formadores de micorrizas en el desarrollo de plantas de cacao en vivero. *Tierra Tropical*. 328675292_EFECTO_DE_LOS_HONGOS_FORMADORES_DE_MICORRIZAS_ARBUSCULARES_EN_EL_DESARROLLO_DE_PLANTAS_DE_CACAO_EN_VIVERO
- Loayza, F., & Zabala, J. (2018). Análisis de la cadena productiva del cacao ecuatoriano para el diseño de una política pública que fomente la productividad y la eficiencia de la producción cacaotera período 2007-2016. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14635/Tesis%20Fernando%20Loayza%20Versi%C3%B3n%20final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López, O.; Ramírez, S.; Espinosa, S.; Moreno, J.; Ruiz, C.; Villareal, J. y Ruiz, J. (2015). Manejo agroecológico de la nutrición en el cultivo del cacao. Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; México. 128 p.
- López, M., I. López de Rojas, M. España, A. Izquierdo y L. Herrera. (2007). Efecto de la fertilización inorgánica sobre la disponibilidad de nutrientes en el suelo, nivel nutricional de la planta y hongos micorrízicos arbusculares en plantaciones de *Theobroma cacao L.* *Agronomía Trop.*

- López, P. (2011). Paquete Tecnológico Cacao. (*Theobroma cacao* L.) Producción de planta. *Centro de investigaciones regional Golfo Centro*. http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/05/cacao_produccion.pdf
- López, M., Jaimez, R., & Orozco, L. (2021). Selección del sitio para el cultivo de cacao. *Caja de herramientas para la prevención y mitigación de la contaminación de cadmio en la cadena de cacao-Ecuador*. https://balcon.mag.gob.ec/mag01/magapaldia/Caja%20de%20Herramientas_Cadmio_Cacao/Guia_2.pdf
- Lucas, J. (2016). "Efectos de la asociación Micorrizas más Trichoderma sobre el crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao*) en viveros, en la zona de Babahoyo. 66. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3015/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000004.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Lucio, R. (2019). Los hongos micorrícicos tienen otras funciones y factores que pueden aportar al ecosistema y a la agricultura. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/46916/Inocencio%20Ricardo%20Lucio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mengel, K., & Kirkby, E. (2010). *Principios de Principios de Nutrición Vegetal* (1st ed.). https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod_resource/content/2/PRIINCIPIOS%20DE%20NUTRICI%C3%93N%20VEGETAL.pdf
- Meter, A., Atkinsn, R., & Laliberte, B. (2019). Cadmio en el cacao de América Latina y el Caribe - Análisis de la investigación y soluciones potenciales para la mitigación. *Biodiversity International*. https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1505/Cadmio_en_el_cacao_de_America_Latina_y_el_Caribe.pdf
- Mimmo, T., Pii, Y., & Scandellari, F. (2018). Papel de las micorrizas en la nutrición mineral de los frutales. *Acta Horticulturae*. https://www.actahort.org/books/1217/1217_34.htm#:~:text=Mycorrhizal%20fungi%20can%20promote%20plant,with%20balanced%20mineral%20nutrient%20uptake
- Molina, G. (2008). USO Y APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTES Y BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS CON AGROPLASTICULTURA. *CIQA*. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/449/1/Guillermo%20Salomon%20Molina%20Abadia.pdf>
- Moragas, F. (2008). Suelo amazónico. *Amazonas*. <http://flor-amazonas.blogspot.com/2008/04/suelo-amazónico.htm>

- Ortiz, M. (2018, Julio 18). *A la búsqueda del origen del cadmio en el cacao*. Redagrícola. <https://www.redagricola.com/pe/a-la-busqueda-del-origen-del-cadmio-en-el-cacao/>
- Parada, R. (2021). Micorrizas: función, tipos, importancia. *Lifeder*. <https://www.lifeder.com/micorrizas/>.
- Pérez, M. (2000). Tecnología para la eliminación del bromuro de metilo. Semillero de tabaco con sustrato orgánico y uso de medios biológicos. *Instituto de investigaciones de Sanidad Vegetal. MINAGRI*, 16-30. <http://www.inisav.cu/>
- Pérez, A., & Vertel, M. (2010). Evaluación de la colonización de micorrizas arbusculares en pasto *Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus. *MVZ Córdoba*, 15(3). <https://www.redalyc.org/pdf/693/69318985004.pdf>
- Pérez, A., Rojas, J., & Montes, D. (2011). Universidad de La Rioja. Obtenido de Hongos formadores de micorrizas arbusculares: Una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3817504.pdf
- Phillips-Mora W, Wilkinson M. (2007). Vaina helada de Cacao: una enfermedad con un alcance geográfico limitado pero potencial limitado de daño. *Fitopatología*
- Prialé, C. (2016). Aspectos Básicos Inherentes a los Suelos Amazónicos. *INIA*. http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/286/1/Muestreo_de_suelos.pdf
- Procopio, L. (2011). Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur-Sureste de México, del Paquete Tecnológico Cacao (*Theobroma cacao* L.). <http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCoQFjAA&url=>
- Quiroz, J., & Mestanza, S. (2012). *Establecimiento y manejo de una plantación de cacao*. Programa Nacional del Cacao. http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/12/boletin_146_establecimiento_y_manejo_de_una_plantacion_de_cacao.pdf
- Riopedre, T., Delgado, A., Cabrera, J., & Cartaya, O. (2021). Relación entre los metales pesados y los hongos formadores de micorrizas arbusculares. *Cultivos Tropicales*, 42(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362021000400014
- Romero, A. (2020). Aplicación de diferentes fuentes nitrogenadas y su influencia en la morfología, fisiología y productividad de cacao *Theobroma cacao* L. CCN51. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/24573>
- Sánchez, F., Zambrano, Z., Vera, J., Ramos, R., Gárces, F., Vásconez, G. (2015).

- Productividad de clones de cacao tipo nacional en una zona del Bosque Húmedo Tropical de la provincia de Los Ríos (Primera ed., Vol. VII). Los Ríos: Ciencia y Tecnología.
- Sánchez, F., Medina, M., Díaz, G., Ramos, R., Vera, J., Vásquez, V., Troya, F., Garcés, F., & Onofre, R. (2015). POTENCIAL SANITARIO Y PRODUCTIVO DE 12 CLONES DE CACAO EN ECUADOR. *Fitotec*, 38(3). <https://docplayer.es/28743348-Potencial-sanitario-y-productivo-de-12-clones-de-cacao-en-ecuador-sanitary-and-productive-potential-of-12-clones-of-cocoa-in-ecuador.html>
- Santos, M., & Gaibor, E. (2016). Incidencia de los procesos de producción agrícola en los ingresos de los agricultores del cantón Centinela - Zumbi de la provincia de Zamora Chinchipe. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/1682/1/T-ULVR-1247.pdf>
- Simard, S., & Durall, D. (2004). Redes de micorrizas: una revisión de su extensión, función e importancia. *Revista canadiense de botánica*, 8(82). https://www.researchgate.net/publication/249543686_Mycorrhizal_networks_A_review_of_their_extent_function_and_importance
- Sosa M. (2014) Aislamiento y reproducción de hongo micorriza arbuscular (*Glomus intraradices*) en plantas de maíz (*Zea mays*). http://www.itzonamaya.edu.mx/web_biblio/archivos/res_prof/agro/agro-2014-18.pdf
- Sullca, J. (2013). Paquete Tecnológico de manejo integrado del cacao. <http://www.inia.gob.pe/cacao/paquete%20tecnol%c3%93gico%20%20cacao.pdf>
- Terry, E., & Leyva, A. (2006). Evaluación agrobiológica de la coinoculación micorrizas-rizobacterias en tomate. *Agronomía costarricense*. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/13793/6832-9401-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tormo, R. (2014). Plantas y Hongos. Obtenido de Micorrizas ectotróficas. http://www.plantasyhongos.es/hongos/micorrizas_ectotroficas.htm
- Tuesta, Á., Trigozo, E., Cayotopa, J., Arévalo, E., Arévalo, C., Zúñiga, L., & Leon, B. (2017). Optimización de la fertilización orgánica e inorgánica del cacao (*Theobroma Cacao* L.) con la inclusión de *Trichoderma* endófito y Micorrizas arbusculares. *Revista Tecnología En Marcha*. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-398220170001000
- Van der Heijden, M. G. A., Martin, F. M., Selosse, M. A., & Sanders, I. R. (2015). Ecología y evolución de las micorrizas: pasado, presente y futuro. *New Phytology*, 205(4). <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.13288>
- Vásquez, V., Arévalo, M., & Jaén, D. (2011). Efecto de *Glomus mosseae* y *Entrophospora colombiana* en el crecimiento, producción y calidad de frutos de papaya "Maradol"

(Carica papaya L.). *Agroproductividad*.

file:///C:/Users/Lady/Downloads/valeria_sias,+Journal+manager,+PDF+4%20(5).pdf

Vera, A., Vernal, G., Carrera, G., & Salcedo, G. (2004). Evaluación de dinámica y eficiencia de las endomicorrizas nativas en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum*. X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/1.-Evaluacion-de-Dinamica.pdf>

Vera, J., Vallejo, C., Párraga, D., Morales, W., Macías, J., & Ramos, R. (2014). Atributos físicos-químicos y senciorales de las almendras de 15 clones de cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador. *Ciencia y Tecnología*.

https://www.uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C2_en%20construccion.pdf

Villasagua, E. (2017). Identificación de Hongos Micorrícicos Arbusculares (HMA) en diferentes fincas productoras de cacao en la zona de Vinces-Ecuador.

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20871/1/HMA%20en%20Vinces%2C%20Villasagua%20Elias.pdf>

11. ANEXOS

11.1. Anexo 1. Frutos con monilia (*Moniliophthora roreri*)



Figura 10. Frutos de cacao Nacional afectados por monilia (*Moniliophthora roreri*)

11.2. Anexo 2. Análisis de cadmio en suelo inicial



INFORME
AAINF202104676

Revisión: 01
Emisión: 2017-05-11
Página: 1 de 3

Lugar de Emisión: Oramas Gonzáles Mz5, SI2 - Durán	Fecha de Emisión: 14/07/2021 15:47:47
--	---------------------------------------

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social: EUROAGRO S.A.	Fecha de Recepción: 26/03/2021 17:28:44
Ruc: 0190159450001	Fecha de Aprobación: 26/03/2021 17:44:26
Dirección: Eloy Abad via a San Joaquin.	Fecha de Pago: 10/04/2021 00:00:00
Ciudad: BABAHOYO	Fecha Inicio de Ensayo: 15/04/2021 10:55:25
Contacto: Victor Patiño Vega/ Carmita Alvarado	Fecha Final de Ensayo: 15/04/2021 11:00:28
Teléfono: 042797944	Fecha de Informe: 15/04/2021 11:01:07
Email: contabilidad@euroagroec.com; secretariacuena@euroagroec.com; secretariadaule@euroagroec.com	

RESULTADO DE ANALISIS

Sustrato: SUELO	Servicio: Parámetros										
Metodo: AA-POE-013											
Código Interno	Identificación De Muestra*	Parametro: Cd	Unidad: mg/kg								
AAPRD202100005	Hda. El Progreso, Prop. Victor Cajas, Zona Zamora.	0,08									

METODOLOGIA

PARAMETRO	SUSTRATO	PROCEDIMIENTO	LIMITE DE DETECCION	LIMITE DE CUANTIFICACION	RANGO VALIDADO	INCERTIDUMBRE
Cd	PRODUCTO	AA-POE-013				

OBSERVACIONES:

 <p>Firmado electrónicamente por: MARIA ALEJANDRA ESPINOSA ORTEGA</p>	 <p>Firmado electrónicamente por: NEIDYS SANCHEZ</p>
Maria Alejandra Espinosa JEFA DE LABORATORIO	Neidys Sánchez RESPONSABLE DE CALIDAD

11.3. Anexo 3. Análisis final de cadmio en suelo



INFORME
AAINF202105416

Revisión: 01
Emisión: 2017-05-11
Página: 1 de 3

Lugar de Emisión: Oramas Gonzáles Mz5, Sl2 - Durán	Fecha de Emisión: 04/10/2021 15:23:26
--	---------------------------------------

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social: EUROAGRO S.A.	Fecha de Recepción: 22/09/2021 15:35:50
Ruc: 0190159450001	Fecha de Aprobación: 22/09/2021 17:04:01
Dirección: Eloy Abad via a San Joaquin.	Fecha de Pago: 22/09/2021 16:04:11
Ciudad: BABAHOYO	Fecha Inicio de Ensayo: 04/10/2021 14:37:55
Contacto: Victor Patiño Vega/ Carmita Alvarado	Fecha Final de Ensayo: 04/10/2021 14:41:57
Teléfono: 042797944	Fecha de Informe: 04/10/2021 15:23:12
Email: contabilidad@euroagroec.com; secretariacuenca@euroagroec.com; secretariadaule@euroagroec.com	

RESULTADO DE ANALISIS

Sustrato:	SUELO	Servicio:	Parámetros										
Código Interno	Identificación De Muestra*	Metodo:	AA-POE-013										
		Parametro:	Cd										
		Unidad:	mg/kg										
AASUE202103190	T1, Hcda. El Progreso, Cult. Cacao. (Prop. Victor Cajas)	0,05											
AASUE202103191	T2, Hcda. El Progreso, Cult. Cacao. (Prop. Victor Cajas)	0,02											
AASUE202103192	T3, Hcda. El Progreso, Cult. Cacao. (Prop. Victor Cajas)	0,04											
AASUE202103193	T4, Hcda. El Progreso, Cult. Cacao. (Prop. Victor Cajas)	0,02											
AASUE202103194	T5, Hcda. El Progreso, Cult. Cacao. (Prop. Victor Cajas)	0,01											
AASUE202103195	T6, Hcda. El Progreso, Cult. Cacao. (Prop. Victor Cajas)	0,02											
AASUE202103196	T7, Hcda. El Progreso, Cult. Cacao. (Prop. Victor Cajas)	0,04											

METODOLOGIA

PARAMETRO	SUSTRATO	PROCEDIMIENTO	LIMITE DE DETECCIÓN	LIMITE DE CUANTIFICACIÓN	RANGO VALIDADO	INCERTIDUMBRE
Cd	SUELO	AA-POE-013				

OBSERVACIONES:

--



Firmado electrónicamente por:
MARIA ALEJANDRA ESPINOSA ORTEGA

Maria Alejandra Espinosa
JEFA DE LABORATORIO



Firmado electrónicamente por:
NEIDYS SANCHEZ

Neidys Sánchez
RESPONSABLE DE CALIDAD

11.4. Anexo 4. Correlaciones entre variables

Variable 1	Variable 2	Pearson	P valor
Incremento altura (m)	Número de flores/planta	0,76	0,0487
	% Cuajado	0,93	0,0025
	Longitud de mazorca	0,82	0,0239
	Diámetro de mazorca	0,84	0,0189
	Nº de mazorca / planta	0,79	0,0332
	Índice mazorca	-0,91	0,0039
	Peso mazorca	0,87	0,0106
	Nº de almendras	0,88	0,0093
	Peso de almendra	0,80	0,0303
	Producción (kg planta)	0,85	0,0156
	Rendimiento (kg ha)	0,84	0,0180
Número de flores/planta	Incremento altura (m)	0,76	0,0487
	Índice mazorca	-0,76	0,0496
% Cuajado	Incremento altura (m)	0,93	0,0025
	Longitud de mazorca	0,92	0,0038
	Diámetro de mazorca	0,89	0,0071
	Nº de mazorca / planta	0,81	0,0271
	Índice mazorca	-0,91	0,0048
	Peso mazorca	0,90	0,0054
	Nº de almendras	0,90	0,0052
	Peso de almendra	0,90	0,0056
	Producción (kg planta)	0,89	0,0077
	Rendimiento (kg ha)	0,88	0,0084
Longitud de mazorca	Incremento altura (m)	0,82	0,0239
	% Cuajado	0,92	0,0038
	Diámetro de mazorca	0,98	0,0002
	Nº de mazorca / planta	0,90	0,0054
	Índice mazorca	-0,82	0,0248
	Peso mazorca	0,92	0,0037
	Nº de almendras	0,94	0,0017

	Producción (kg planta)	0,92	0,0029	
	Rendimiento (kg ha)	0,94	0,0016	
Diámetro de mazorca	Incremento altura (m)	0,84	0,0189	
	% Cuajado	0,89	0,0071	
	Longitud de mazorca	0,98	0,0002	
	Nº de mazorca / planta	0,85	0,0146	
	Índice mazorca	-0,84	0,0173	
	Peso mazorca	0,87	0,0113	
	Nº de almendras	0,89	0,0078	
	Peso de almendra	0,97	0,0002	
	Producción (kg planta)	0,86	0,0120	
	Rendimiento (kg ha)	0,88	0,0084	
	Nº de mazorca / planta	Incremento altura (m)	0,79	0,0332
		% Cuajado	0,81	0,0271
Longitud de mazorca		0,90	0,0054	
Diámetro de mazorca		0,85	0,0146	
Peso mazorca		0,98	0,0002	
Nº de almendras		0,98	0,0002	
Peso de almendra		0,92	0,0039	
Índice mazorca	Incremento altura (m)	-0,91	0,0039	
	Número de flores/planta	-0,76	0,0496	
	% Cuajado	-0,91	0,0048	
	Longitud de mazorca	-0,82	0,0248	
	Diámetro de mazorca	-0,84	0,0173	
	Peso mazorca	-0,85	0,0151	
	Nº de almendras	-0,80	0,0292	
	Peso de almendra	-0,82	0,0239	
	Producción (kg planta)	-0,80	0,0291	
	Rendimiento (kg ha)	-0,79	0,0336	
Peso mazorca	Incremento altura (m)	0,87	0,0106	
	% Cuajado	0,90	0,0054	
	Longitud de mazorca	0,92	0,0037	
	Diámetro de mazorca	0,87	0,0113	

	Nº de mazorca / planta	0,98	0,0002
	Índice mazorca	-0,85	0,0151
	Nº de almendras	0,98	0,0001
	Peso de almendra	0,92	0,0029
Nº de almendras	Incremento altura (m)	0,88	0,0093
	% Cuajado	0,90	0,0052
	Longitud de mazorca	0,94	0,0017
	Diámetro de mazorca	0,89	0,0078
	Nº de mazorca / planta	0,98	0,0002
	Índice mazorca	-0,80	0,0292
	Peso mazorca	0,98	0,0001
	Peso de almendra	0,94	0,0018
Peso de almendra	Incremento altura (m)	0,80	0,0303
	% Cuajado	0,90	0,0056
	Nº de mazorca / planta	0,92	0,0039
	Diámetro de mazorca	0,97	0,0002
	Índice mazorca	-0,82	0,0239
	Peso mazorca	0,92	0,0029
	Nº de almendras	0,94	0,0018
	Producción (kg planta)	0,93	0,0024
	Rendimiento (kg ha)	0,95	0,0013
Producción (kg planta)	% Cuajado	0,89	0,0077
	Longitud de mazorca	0,92	0,0029
	Diámetro de mazorca	0,86	0,0120
	Índice mazorca	-0,80	0,0291
	Peso de almendra	0,93	0,0024
Rendimiento (kg ha)	Incremento altura (m)	0,84	0,0185
	% Cuajado	0,88	0,0084
	Longitud de mazorca	0,94	0,0016
	Diámetro de mazorca	0,88	0,0084
	Índice mazorca	-0,79	0,0336
	Peso de almendra	0,95	0,0013

11.5. Anexo 5. Datos de variables productivas

Tratamientos	Longitud de mazorca
T1 (Testigo)	16,65
T2 100 % Mic. (1 sola aplicación)	17,3
T3 100 % Mic. (1 aplicación c/mes)	22,2
T4 100 % Mic. (1 aplicación c/3 meses)	17,15
T5 200 % Mic. (1 sola aplicación)	16,83
T6 200 % Mic. (1 aplicación c/mes)	20,8
T7 200 % Mic. (1 aplicación c/3 meses)	17,78

Tratamientos	Diámetro de mazorca
T1 (Testigo)	9,18
T2 100 % Mic. (1 sola aplicación)	9,80
T3 100 % Mic. (1 aplicación c/mes)	11,48
T4 100 % Mic. (1 aplicación c/3 meses)	9,69
T5 200 % Mic. (1 sola aplicación)	9,63
T6 200 % Mic. (1 aplicación c/mes)	11,36
T7 200 % Mic. (1 aplicación c/3 meses)	9,94

Tratamientos	Peso de mazorca
T1 (Testigo)	619,75
T2 100 % Mic. (1 sola aplicación)	668,5
T3 100 % Mic. (1 aplicación c/mes)	986,75
T4 100 % Mic. (1 aplicación c/3 meses)	679,95
T5 200 % Mic. (1 sola aplicación)	710,025
T6 200 % Mic. (1 aplicación c/mes)	792,625
T7 200 % Mic. (1 aplicación c/3 meses)	779,375

Tratamientos	Nº de almendras
T1 (Testigo)	31,25
T2 100 % Mic. (1 sola aplicación)	33,25
T3 100 % Mic. (1 aplicación c/mes)	43,75
T4 100 % Mic. (1 aplicación c/3 meses)	33
T5 200 % Mic. (1 sola aplicación)	34,25
T6 200 % Mic. (1 aplicación c/mes)	36,75
T7 200 % Mic.(1 aplicación c/3 meses)	35

Tratamientos	Producción (kg planta)
T1 (Testigo)	19,19
T2 100 % Mic. (1 sola aplicación)	24,78
T3 100 % Mic. (1 aplicación c/mes)	59,50
T4 100 % Mic. (1 aplicación c/3 meses)	23,20
T5 200 % Mic. (1 sola aplicación)	27,81
T6 200 % Mic. (1 aplicación c/mes)	36,31
T7 200 % Mic. (1 aplicación c/3 meses)	33,49

Tratamientos	Rendimiento kg/ha⁻¹
T1 (Testigo)	1044,93
T2 100 % Mic. (1 sola aplicación)	1383,37
T3 100 % Mic. (1 aplicación c/mes)	3282,95
T4 100 % Mic. (1 aplicación c/3 meses)	1205,3
T5 200 % Mic. (1 sola aplicación)	1517,11
T6 200 % Mic. (1 aplicación c/mes)	2052,02
T7 200 % Mic. (1 aplicación c/3 meses)	1751,26

11.6. Anexo 6. Carta de compromiso con la Empresa Euroagro



CONVENIO DE INVESTIGACIÓN EUROAGRO S.A - CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Loja, 5 de marzo de 2021

Yo Enrique Vinicio Ruilova Vásquez con CI 0705369056 en calidad de EJECUTIVO DE VENTAS Y DESARROLLO DE PRODUCTOS de la empresa EUROAGRO S.A (*Provincia de Loja- Zamora Chinchipe-Azuay, Morona Santiago y Tena*) certifico el compromiso de apoyo (TÉCNICO-INSUMOS) para la ejecución de proyectos de investigación en los cultivos de: Café, Granadilla, Cacao y Tomate Riñon, a los estudiantes: Maria Fernanda Alvarez, Aida Elizabeth Delgado, Karina Elizabeth, Campos y Lady Yesenia Sisalima.

Por lo expuesto, se deja constancia a través del presente documento el compromiso de la empresa EUROAGRO S.A con el apoyo de Insumos Agrícolas (Nutrición foliar y Fertilizantes EUROAGRO S.A)- para la ejecución de los diferentes trabajos de investigación

Ing. Vinicio Ruilova V.
EJECUTIVO DE VENTAS Y DESARROLLO DE PRODUCTOS EUROAGRO S.A
Provincia de Loja- Zamora Chinchipe, Azuay, Morona Santiago y Tena

11.7. Anexo 7. Fotografías del experimento en campo



Figura 11. *Etiquetado de plantas de cacao Nacional*



Figura 12. *Micorrizas*

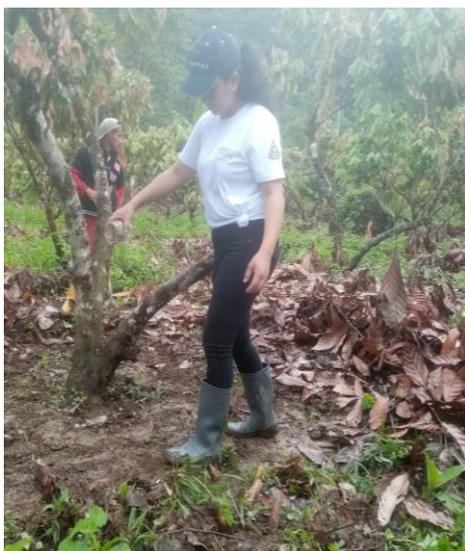


Figura 13. *Aplicación de micorrizas a plantas de cacao Nacional*



Figura 14. *Almendra de cacao Nacional*