



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO NUTRICIONAL DE LAS  
MICORRIZAS Y BORO EN EL RENDIMIENTO DEL  
CULTIVO DE CACAO  
TRABAJO EXPERIMENTAL**

Trabajo de titulación presentado como requisito para la  
obtención del título de

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**AUTOR**

**HARO MONTOYA NANCY EUGENIA**

**TUTOR**

**ING. MARTÍNEZ ALCÍVAR FERNANDO ROBERTO, M.Sc**

**MILAGRO – ECUADOR**

**2022**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

Yo, ING. MARTÍNEZ ALCÍVAR FERNANDO ROBERTO, M.Sc, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: EVALUACIÓN DEL EFECTO NUTRICIONAL DE LAS MICORRIZAS Y BORO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE CACAO, realizado por la estudiante HARO MONTOYA NANCY EUGENIA; con cédula de identidad N° 0929897387 de la carrera INGENIERÍA AGRONÓMICA, Unidad Académica Milagro, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

---

Ing. Fernando Martínez Alcívar, M.Sc  
Director de Tesis

Milagro, 12 de abril del 2022



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “EVALUACIÓN DEL EFECTO NUTRICIONAL DE LAS MICORRIZAS Y BORO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE CACAO”, realizado por la estudiante HARO MONTOYA NANCY EUGENIA, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

---

**ING. DAVID MACÍAS HERNÁNDEZ, M.Sc.  
PRESIDENTE**

---

**ING. LUIS TAPIA YÁNEZ, M.Sc.  
EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

**PhD. JOAQUÍN MORÁN BAJAÑA, M.Sc.  
EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

**ING. FERNANDO MARTÍNEZ ALCÍVAR, M.Sc.  
EXAMINADOR SUPLENTE**

Milagro, 13 de abril del 2022

### **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a Dios por brindarme salud y la fuerza para continuar con mis estudios superiores.

A mi madre Sra.: Gloria Montoya a mis hermanos, a mis sobrinos Dominique y Xanders por ser mi motor principal para seguir adelante.

Además de haberme preparado en valores y enseñado que por medio del esfuerzo se pueden conseguir las más grandes metas y objetivos.

## **Agradecimiento**

A Dios por sus innumerables bendiciones, a mi familia y amigos, seres queridos que han estado apoyándome para cumplir mi meta académica.

Agradezco a mis formadores académicos, personas responsables y quienes se han esforzado por ayudarme a llegar lejos.

A mi tutor, el cual fue muy importante para culminar esta etapa, muchas gracias por su inmensurable ayuda y paciencia. A los docentes encargados de la revisión de mi tesis final, les agradezco infinitamente, fueron de vital importancia y una excelente guía.

A todos y a cada uno de ustedes, gracias por ayudarme a salir adelante y principalmente, gracias por creer en mí.

### **Autorización de Autoría Intelectual**

Yo HARO MONTOYA NANCY EUGENIA, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre “EVALUACIÓN DEL EFECTO NUTRICIONAL DE LAS MICORRIZAS Y BORO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE CACAO” para optar el título de INGENIERA AGRÓNOMA, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Milagro, abril 12 del 2022.

HARO MONTOYA NANCY EUGENIA  
C.I. 0929897387

## Índice general

PORTADA.....	1
APROBACIÓN DEL TUTOR .....	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento .....	5
Autorización de Autoría Intelectual .....	6
Índice general .....	7
Índice de tablas .....	10
Índice de figuras.....	11
Resumen .....	12
Abstract.....	13
1. Introducción.....	14
1.1 Antecedentes del problema.....	14
1.2 Planteamiento y formulación del problema .....	15
1.2.1 Planteamiento del problema .....	15
1.2.2 Formulación del problema .....	15
1.3 Justificación de la investigación .....	15
1.4 Delimitación de la investigación .....	16
1.5 Objetivo general .....	16
1.6 Objetivos específicos.....	16
1.7 Hipótesis .....	16
2. Marco teórico.....	17
2.1 Estado del arte.....	17
2.2 Bases teóricas .....	18

2.2.1 Generalidades del cultivo de cacao.....	18
2.2.2 Origen e importancia .....	18
2.2.3 Descripción taxonómica y botánica de la planta .....	19
2.2.4 Productividad del cacao .....	20
2.2.5 Requerimientos agroecológicos del cultivo .....	21
2.2.6 Enfermedades que ataca al cacao .....	22
2.2.6.1 <i>Moniliasis</i> .....	22
2.2.6.2 <i>Escoba de bruja</i> .....	23
2.2.6.3 <i>Mazorca negra</i> .....	23
2.2.6.4 <i>Mal del machete</i> .....	24
2.2.7 Nutrición del cultivo.....	24
2.2.7.1 <i>Elemento boro</i> .....	24
2.2.7.2 <i>Micorrizas</i> .....	25
2.3 Marco legal.....	25
3. Materiales y métodos .....	27
3.1 Enfoque de la investigación .....	27
3.1.1 Tipo de investigación.....	27
3.1.2 Diseño de investigación .....	27
3.2 Metodología .....	27
3.2.1 Variables .....	27
3.2.1.1. <i>Variable independiente</i> .....	27
3.2.1.2. <i>Variable dependiente</i> .....	27
3.2.1.2.1 <i>Peso de 100 granos</i> .....	27
3.2.1.2.2 <i>Rendimiento</i> .....	27
3.2.1.2.3 <i>Número de mazorcas</i> .....	28

<b>3.2.1.2.4 Tamaño de mazorca.....</b>	<b>28</b>
<b>3.2.1.2.5 Relación beneficio costo.....</b>	<b>28</b>
<b>3.2.2 Tratamientos.....</b>	<b>28</b>
<b>3.2.3 Diseño experimental .....</b>	<b>28</b>
<b>3.2.4 Recolección de datos .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2.4.1. Recursos.....</b>	<b>29</b>
<b>3.2.4.2. Métodos y técnicas .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2.4.2.1 Selección de plantas.....</b>	<b>29</b>
<b>3.2.4.2.2 Manejo de fertilización.....</b>	<b>29</b>
<b>3.2.4.2.3 Riego y manejo fitosanitario .....</b>	<b>30</b>
<b>3.2.4.2.4 Cosecha .....</b>	<b>30</b>
<b>3.2.5 Análisis estadístico.....</b>	<b>30</b>
<b>4. Resultados.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1 Peso de 100 granos de cacao .....</b>	<b>31</b>
<b>4.2 Rendimiento del cultivo kg/ha.....</b>	<b>31</b>
<b>4.3 Número de mazorcas de cacao.....</b>	<b>32</b>
<b>4.4 Tamaño de la mazorca (cm) .....</b>	<b>32</b>
<b>4.5 Análisis beneficio costo .....</b>	<b>33</b>
<b>5. Discusión .....</b>	<b>35</b>
<b>6. Conclusiones.....</b>	<b>37</b>
<b>7. Recomendaciones.....</b>	<b>38</b>
<b>8. Bibliografía.....</b>	<b>39</b>
<b>9. Anexos .....</b>	<b>48</b>

**Índice de tablas**

Tabla 1. Tratamientos en estudio.....	28
Tabla 2. Esquema de análisis de varianza.....	30
Tabla 3. Promedio del peso de 100 granos de cacao .....	31
Tabla 4. Promedio del rendimiento del cultivo de cacao .....	32
Tabla 5. Promedio del número de mazorcas de cacao .....	32
Tabla 6. Promedio del tamaño de la mazorca (cm).....	33
Tabla 7. Análisis económico de los tratamientos .....	33
Tabla 8. Datos estadísticos del peso de 100 semillas.....	49
Tabla 9. Análisis estadístico del peso de 100 semillas .....	49
Tabla 10. Datos estadísticos del rendimiento del cacao kg/ha .....	50
Tabla 11. Análisis estadístico del rendimiento del cacao kg/ha .....	50
Tabla 12. Datos estadísticos del número de mazorcas de cacao .....	51
Tabla 13. Análisis estadístico del número de mazorcas de cacao .....	51
Tabla 14. Datos estadísticos del tamaño de la mazorca (cm).....	52
Tabla 15. Análisis estadístico del tamaño de la mazorca (cm) .....	52

## Índice de figuras

Figura 1. Diseño experimental (DCL).....	48
Figura 2. Manejo del ensayo experimental .....	53
Figura 3. Delimitación del experimento .....	53
Figura 4. Visita de campo del tutor guía.....	54
Figura 5. Aplicación de tratamiento.....	54
Figura 6. Fertilización a base de tratamientos.....	55
Figura 7. Toma de datos de tamaño de la mazorca.....	55
Figura 8. Toma de datos agronómicos.....	56
Figura 9. Limpieza de planta .....	56
Figura 10. Conteo de mazorcas .....	57
Figura 11. Datos agronómicos de la mazorca.....	57
Figura 12. Visita de campo del tutor guía.....	58
Figura 13. Conteo de mazorcas .....	58
Figura 14. Cosecha de mazorcas .....	59
Figura 15. Mazorcas cosechadas .....	59
Figura 16. Finalización del ensayo experimental .....	60

## Resumen

El ensayo experimental fue realizado en la zona agrícola del cantón El Triunfo Provincia del Guayas con las siguientes coordenadas geográficas: 1.93333 y: 79.96667, entre los meses de julio del año 2021 a diciembre del mismo año. El objetivo general fue evaluar el efecto nutricional de las micorrizas y boro en la productividad del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*). Los objetivos específicos fueron identificar la mejor de micorrizas y boro en términos de rendimientos del cultivo, evaluar los parámetros agronómicos del cultivo y realizar el análisis de la relación beneficio/costo. Los tratamientos se basan en la nutrición adecuada del cultivo a base del elemento boro y micorrizas. Se aplicaron cuatro tratamientos incluyendo un testigo, donde se evaluó individualmente y combinado. Las aplicaciones se realizaron en el primer día, luego a los 25, 50, 75 y 100. Se valoró un diseño experimental en cuadrado latino con 4 tratamientos (incluido el testigo) con igual número de columnas y filas lo cual generó 16 unidades experimentales, cabe mencionar que cada dato de la unidad experimental se obtuvo del promedio de cuatro plantas de cacao. Las variables en estudio son peso de 100 granos de cacao rendimiento, número de mazorcas, tamaño de mazorcas y análisis beneficio costo. Los resultados mostraron que el tratamiento 3 comprendido por la combinación de micorrizas más el uso del boro presentó mejores resultados con promedios relativamente alto en comparación con demás tratamiento, con un rendimiento 1662,90 kg/ha y su costo beneficio fue &1,93 considerado rentable para el agricultor.

**Palabras clave:** boro, cacao, mazorca, micorrizas, *Theobroma cacao*.

### Abstract

The experimental trial was carried out in the agricultural area of the Triunfo province of Guayas with the following geographical coordinates: 1.93333 and: 79.96667, between the months of July of the year 2021 to December of the same year. The general objective was to evaluate the nutritional effect of mycorrhizae and boron on the productivity of cocoa (*Theobroma cacao*) crops. The specific objectives were to identify the best of mycorrhizae and boron in terms of crop yields, to evaluate the agronomic parameters of the crop and to analyze the benefit/cost ratio. The treatments are based on the adequate nutrition of the crop based on the element boron and mycorrhizae. Four treatments were applied including a control, where it was evaluated individually and combined. The applications were made on the first day, then at 25, 50, 75 and 100 days. An experimental design in a Latin square with 4 treatments (including the control) with the same number of columns and rows was evaluated, which generated 16 experimental units. It is worth mentioning that each data of the experimental unit was obtained from the average of four cocoa plants. The variables under study are the weight of 100 cocoa beans, yield, number of pods, pod size and cost-benefit analysis. The results showed that treatment 3 comprised of the combination of mycorrhizae plus the use of boron presented better results with relatively high averages compared to other treatments, with a yield of 1662.90 kg/ha and its cost benefit was &1.93 considered profitable. for the farmer.

**Keywords:** boron, cacao, cob, mycorrhizae, *Theobroma cacao*.

## 1. Introducción

### 1.1 Antecedentes del problema

*Theobroma cacao* es de elevada significancia socioeconómica en el Caribe y América Latina debido que es considerado como producto de interés y exportación de diferentes maneras, ya sea como materia prima o elaborados. Además, el cacao del Ecuador se destaca ante otros países por su fino y aroma siendo reconocido por la ICCO (International Cocoa Organization) como el principal productor de esta variedad, de la misma manera, el país cuenta con la participación más alta en el mundo con el 63% (Espinoza, 2020).

De esta manera, es considerado su importancia por el papel que juega el comerciante o agricultor en la socioeconomía del país. También, por ser producto de exportación genera un sin número de fuentes laborales con alto porcentaje de habitantes de sectores urbanos y rurales. Estas plantaciones siguen diferentes técnicas con la finalidad de aumentar la productividad del mismo (Amores y Vélez, 2018).

Para mantener la alta productividad del cultivo, es necesario la aplicación de fertilizantes inorgánico u orgánicos que maximicen la producción y evite las pérdidas económicas al agricultor. A pesar que este cultivo se lo considera rústico, no se debe descuidar de los nutrientes esenciales que requiere la planta para nutrirse como los macronutrientes y micronutrientes (Briones, 2018).

Además, si las reservas de materia orgánica presente en el suelo son inferiores la actividad microbiana con los nutrientes también lo son, para esto es la importancia de fertilizantes sintéticos como el uso del boro, que brinda al suelo las propiedades adecuadas para su adecuado desarrollo del cultivo (Ricárdez *et al.*, 2020).

También, existe condiciones locales asociadas al suelo que son alternativas para aumenta la producción mediante un incremento de actividad microbiana en el suelo como el uso de micorrizas. Utilizado como biofertilizantes que sigue un proceso de interacciones entre el suelo y la planta con beneficios para la misma, existiendo simbiosis entre ambas (Wagner *et al.*, 2021).

## **1.2 Planteamiento y formulación del problema**

### **1.2.1 Planteamiento del problema**

Uno de los problemas que presentan los agricultores de la zona agrícola del cantón El Triunfo es el mal manejo nutricional del cultivo de cacao. Muchos agricultores no poseen conocimiento técnico para nutrir a la planta y se refleja en la baja productividad del cacao, además, al utilizar productos innecesarios originan altos costos y reduce la economía de sus cultivos.

Por lo antes mencionado, el presente ensayo pretende ejecutar alternativas nutritivas en el cultivo de cacao, con la finalidad de aumentar su producción y rentabilidad. El elemento boro es requerido por la planta y al ser combinado con micorrizas, generará mayor producción en los frutos de cacao.

### **1.2.2 Formulación del problema**

¿La utilización de micorrizas y boro como aporte nutricional mejoraría la productividad del cultivo de cacao?

## **1.3 Justificación de la investigación**

De este fruto dependen aproximadamente 35 000 familias ecuatorianas, debido que debe incrementarse la productividad del cacao bajo alternativas agronómicas que generen alto rendimiento a bajo costos. Por lo tanto, es conveniente mencionar que el uso de boro brinda propiedades importantes al cacao, en cuanto al

crecimiento y producción desde la aparición de hojas, floración y cuajado de frutos (Gil, 2018).

Además, el uso de hongos formadores de micorrizas también genera una alternativa de fertilización que facilita el manejo hídrico en la producción, incrementa la absorción y fertilidad del suelo (Cruz, 2017). Así, este trabajo se justifica bajo el uso de micorrizas y boro que puedan contribuir a la nutrición de la planta y así obtener una mayor productividad en el cacao.

#### **1.4 Delimitación de la investigación**

El ensayo experimental fue realizado en la zona agrícola del cantón El Triunfo Provincia del Guayas entre los meses de julio del año 2021 a diciembre del mismo año.

#### **1.5 Objetivo general**

Evaluar el efecto nutricional de las micorrizas y boro en la productividad del cultivo de cacao.

#### **1.6 Objetivos específicos**

- Identificar el mejor tratamiento a base de micorrizas y boro en términos de rendimientos del cultivo.
- Evaluar los parámetros agronómicos del cultivo.
- Realizar el análisis de la relación beneficio/costo.

#### **1.7 Hipótesis**

Al menos uno de los tratamientos en estudio, solo o combinados, incrementó el rendimiento del cultivo de cacao y mejoró la rentabilidad del agricultor.

## 2. Marco teórico

### 2.1 Estado del arte

Morán *et al.*, (2017), establecieron el efecto del elemento boro sobre la producción de cacao, valorado cada 15 días. Los resultados mostraron que no existió diferencias significativas en el número de hojas caídas, incremento del rendimiento o demás parámetros valorados. Sin embargo, el tratamiento 1 kg/ha de boro generó mayor utilidad económica.

Velazco *et al.*, (2019), valoraron el uso de hongos micorrizas sobre el desarrollo de cacao, utilizado un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial bajo tres repeticiones. Los resultados mostraron diferencias significativas en cuanto a la procedencia y nivel de fertilización sobre las variables de crecimiento de la planta, considerándose un excelente fertilizante orgánico, además, la presencia de los hongos se vio mayormente presente en el tratamiento 6.

Tuesta *et al.*, (2017), evaluaron el uso de micorrizas y *Trichoderma* para mejorar el rendimiento del cultivo de cacao, se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) comprendido por 10 tratamientos. Los resultados manifiestan que los hongos redujeron la presencia de enfermedades del cacao como la moniliasis y la pudrición parda, además, los tratamientos con mayor rendimiento fueron dados por el uso de hongos micorrizas considerado como el mejor biofertilizante.

Yfran *et al.*, (2017), valoraron el uso de fertilizantes a base de potasio, calcio y boro para medir la productividad y calidad de frutos. Se estudiaron seis tratamientos bajo cuatro repeticiones en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). Los resultados mostraron que el uso de los elementos calcio y boro presentaron mayor promedio en las variables del fruto con mayor cantidad de frutos y mayor tamaño.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Generalidades del cultivo de cacao**

El cacao se clasifica de manera botánica por Carlos Linneo, con una altura promedio de cuatro a ocho metros, perteneciente a la familia Esterculiácea, originario de las áreas tropicales de América, presentando semillas con alta cantidad de grasa entre el 40 a 50% y polifenoles al 10% aproximadamente en grano seco (Villalobos, 2019).

Es considerado como cultivo perenne, con la característica principal de producir flores y frutos que se originan en el tallo y sus ramas. Además, es un cultivo que crece de forma adecuada cuando está protegido por la sombra de otras especies (Reinoso, 2019).

Es decir, este cultivo puede desarrollarse fácilmente bajo sombra plantada o bosques raleados, sin embargo, se ha proyectado en distintos tipos de bosque con baja inversión económica en las distintas fases de establecimiento del cultivo y su mantenimiento (Fernández y Rodríguez, 2019).

### **2.2.2 Origen e importancia**

El cacao es una planta que se desarrolla en bosques tropicales húmedos, lo que limita su origen en diferentes partes del mundo. Se manifiesta que en América tropical existe un sinnúmero de especies del género *Theobroma*. El mismo que pertenece a la familia *Malvácea* (Pérez *et al.*, 2021).

En la antigüedad se cree que su origen y domesticación fue de Mesoamérica, donde fue utilizado y existe información de esto alrededor del año 2 000 a.c. Sin embargo, actualmente otras fuentes demuestran que al menos una de las variedades de cacao fue nativo de la alta Amazonía (Bajaña, 2020).

El cacao es una fruta significativa en el país, encontrándose en mayor cantidad en el Litoral y Amazonía. Esta planta genera la mazorca que posee granos ricos en azúcar. Se considera que la producción se da mayormente en las Provincias de Los Ríos, Manabí, Guayas y Sucumbíos (Alvarado *et al.*, 2018).

Esta fruta mayormente se lo exporta como materia prima, mediante la elaboración de chocolates, siendo el principal producto su almendra. Además, en la exportación, El país ocupa el primer lugar como exportador de almendras secas, seguido por República Dominicana, Perú y Colombia (Sánchez *et al.*, 2019).

### **2.2.3 Descripción taxonómica y botánica de la planta**

Reino: *Plantae*

Subreino: *Tracheobionta*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Subclase: *Dilleniidae*

Orden: *Malvales*

Familia: *Sterculiaceae*

Subfamilia: *Byttnerioideae*

Género: *Theobroma*

Especie: *Theobroma cacao* L (Gómez, 2021).

El cacao se origina de semillas, posee una raíz principal donde emiten varias raíces llamadas secundarias, formando alrededor de 30 raicillas de 18 centímetros y de forma densa sobre el suelo, esta se favorece por la densidad de materia orgánica en descomposición que la cuida de la radicación solar directa y además, de la erosión (Escobar y Vergara, 2017).

El tallo es recto y crece de un metro a metro y medio de altura, además, del cual se emiten entre tres a cinco ramas de forma horizontal formando la horqueta. Después que se ha formado, la yema se suprime y crece de forma vertical el chupón hasta ascender y repetirse el mismo proceso (Gómez, 2017).

Posee hojas perennes ubicadas sobre dos filas, una sobre cada rama, de gran tamaño, simples y ovaladas. Miden aproximadamente 20 cm de longitud y entre cuatro a 15 centímetros de diámetro, con punta larga. El color es verde oscuro sobre el haz y más claro en el envés (Montes, 2016).

Genera flores caulescentes de los tejidos meristemáticos y se ubican sobre las cicatrices de las hojas en el tamaño de la planta. El cojín floral emite flores en el transcurso de toda la vida útil de la planta, además, cada flor empieza a dehisarse al finalizar el día y la flor se abre a la mañana siguiente (Bello, 2020).

La forma de los frutos al igual que su tamaño es muy diversa, naturalmente son bayas que miden alrededor de 30 cm de longitud y 10 cm de ancho, su forma es elíptica y el color varía de acuerdo a la variedad, desde rojo, amarillo, morado hasta café, posee alrededor de 20 a 40 semillas cubiertas por la pulpa mucilaginosa de tonalidad blanca y muy dulce (García, 2020).

#### **2.2.4 Productividad del cacao**

Las exportaciones de cacao presentan un crecimiento acelerado en los primeros seis meses de los últimos años, debido que las plantas han estado en buenas condiciones y su producción ha aumentado. Además, se suma los nuevos sectores como el norte de Manabí, sur de Esmeraldas y Oriente. Debido a esto, la producción de cacao ha incrementado en los últimos años (Alvarado, 2020).

En el país se reconoce la importancia del cacao sobre la economía, por eso, a través del Ministerio de Agricultura se determinan proyectos dedicados a la

reactivación de producir cacao nacional, debido a su fino aroma y muy requerido por las grandes fábricas chocolateras, se pretende aumentar la productividad, rentabilidad e investigación a ese fruto (Guerrón, 2018).

### **2.2.5 Requerimientos agroecológicos del cultivo**

La combinación de alta temperatura, radiación solar y viento intervienen en la velocidad de evapotranspiración del agua sobre las plantas y suelo. Además, con vientos muy fuertes ocasiona la caída prematura de hojas y como resultado se presentan pérdidas por daño mecánico (Chila y Esmeralda, 2021).

La profundidad del suelo debe ser en promedio entre 60 a 70 centímetros. Además, esta planta requiere suelos arcillosos o arcillo-arenosos. No soporta inundaciones por lo que necesita buen drenaje (Núñez y López, 2020).

Con respecto a la altitud, el cacao puede ser sembrado ente 300 y 800 msnm, pero en diferentes zonas próximas a la línea ecuatorial la siembre puede darse hasta en altitudes de 1 300 msnm, lo cual hace la presencia de una compensación térmica (Marquínez, 2021).

Otro de los factores importantes del cultivo de cacao es la luminosidad, sin embargo, en las fases iniciales o de mantenimiento del cacao se recomienda sombra, debido que mucha radiación solar afecta a las plantas jóvenes. Ya cuando la plantación sea adulta la luminosidad que requiere la planta es mayor al 50% (Mejía *et al.*, 2017).

El pH del suelo no interviene en la producción del cacao, debido que este puede acoplarse a diferentes rangos de acidez, siendo desde muy ácido con pH bajo de cinco y hasta suelos muy básicos donde el pH llega a ocho sobre la escala. Sin embargo, como todo cultivo el pH neutro es más favorable (Arias, 2021).

La precipitación es otro factor climático que interviene en la plantación de cacao. Este fruto puede sembrarse en zonas donde la precipitación sea mayor a 1 200 mm al año y en diferente caso podría ser hasta 4 000 mm. Sin embargo, más importante a la lluvia es la distribución de la misma, debido que el cacao requiere suelos húmedos (Paspuel, 2018).

Otro factor es la nutrición del cultivo, la absorción de este aumenta a gran cantidad en los primeros cinco años del cultivo hasta estabilizarse y pueda mantener el resto de su vida útil alimentándose de la materia orgánica del suelo. La cantidad del mismo depende de las condiciones de las plantas (Solórzano, 2017).

## **2.2.6 Enfermedades que ataca al cacao**

### **2.2.6.1 Moniliasis**

*Dominio Eukaryota*

*Reino Fungi*

*Filum Basidiomycota*

*Clase Basidiomycetes*

*Subclase Agaricomycetidae*

*Orden Agaricales*

*Familia Tricholomataceae*

*Género Moniliophthora*

*Especie M. roreri* (Bernal, 2021).

Esta enfermedad es causada por el hongo *Moniliophthora roreri* la cual origina daños hasta del 50% de pérdidas en su producción. La infección ataca a la mazorca en cualquier etapa, siendo más susceptible en las primeras semanas de desarrollo.

Aparecen manchas sobre las mazorcas de tono café y van creciendo hasta la aparición de una capa blanca algodonosa llamados micelios (Noles, 2020).

### **2.2.6.2 Escoba de bruja**

Reino: Fungi

Clase: Agaricomycetes

Orden: Agaricales

Familia: Marasmiaceae

Género: *Moniliophthora*

Especie: *M. perniciosa*

Nombre Común: Escoba de Bruja (Espinoza, 2019).

La escoba de bruja es producida por el hongo *Moniliophthora perniciosa*, la cual afecta en la aparición de yemas apicales y axilares, provocando bifurcaciones, lo cual no solamente afecta el desarrollo de la planta sino la producción de la misma (Barberán, 2017).

### **2.2.6.3 Mazorca negra**

Dominio: Eukaryota

Reino: Chromalveolata

Filum: Heterokontophyta

Clase: Oomycetes

Orden: Pythiales

Familia: Pythiaceae

Género: *Phytophthora* (Valarezo, 2020).

Esta enfermedad es causada por el hongo *Phytophthora palmivora*, la cual ataca a los diferentes órganos de la planta como raíces, hojas, ramas, tallos, brotes y hasta plántulas y principalmente las mazorcas adultas listas para cosechar, lo cual

reduce la producción con la aparición de manchas pardas circulares y oscuras que se esparcen por todo el fruto (Ramírez y Santos, 2020).

#### **2.2.6.4 Mal del machete**

Esta enfermedad es causada por el hongo *Ceratocystis fimbriata*, el cual dañar árboles enteros y ocasionar grandes pérdidas. Además, se manifiesta que el insecto de género *Xyleborus* se asocia a esta enfermedad como vector. Los primeros síntomas son marchitamiento en hojas (Gómez, 2019).

El mal del machete inicia con el amarillamiento de hojas lo cual provoca que la planta empiece a marchitarse su parte leñosa, aunque siga en pie. Luego de cuatro semanas las hojas quedan marchitas totalmente y empieza la defoliación de la planta (INIAP, 2017).

### **2.2.7 Nutrición del cultivo**

#### **2.2.7.1 Elemento boro**

Siendo el boro un elemento importante, a pesar de ser requerido en pocas cantidades por la planta y considerado microelemento, su presencia es relevante y se lo conoce como móvil en el floema, realizando los procesos fisiológicos en la planta (Cedeño y Vera, 2017).

Sin embargo, su déficit puede ocasionar diferentes problemas, puesto que interviene en el crecimiento de raíces y follaje, además, en el florecimiento y fructificación de las plantas y su ausencia puede ocasionar tallos quebradizos y enrollamiento del follaje (Rodríguez, 2019).

Entre las afectaciones del déficit de boro se presenta la alteración de la floración, o tallo y ramas. Además, a veces provoca inflamación de cojines florales lo cual afecta la polinización y formación de semillas, por ende, se originan frutos defectuosos de baja calidad (Cacao, 2017).

### **2.2.7.2 Micorrizas**

La formación de estos hongos inicial cuando ciertos hongos colonizan la corteza de la raíz y se manifiestan estructuras en las células de las raíces lo cual realiza la interacción entre la raíz y el hongo en la nutrición (Abarca y Gómez, 2020).

Además, las hifas del hongo son absorbentes y se extienden por el suelo para brindar nutrientes y agua a la planta, además, protege a la planta sobre diferentes enfermedades y reducen los problemas por estrés abiótico que sufre generalmente la planta, entre otros beneficios (Jácome, 2018).

También, “producen una glicoproteína llamada glomalina y ha mostrado su potencial al momento de establecer enlaces con moléculas de alta toxicidad, aunque la cantidad que se produce solo puede inmovilizar < 1% del Cd total en la solución del suelo” (Pérez *et al.*, 2019).

## **2.3 Marco legal**

### **Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria**

Artículo 9. Investigación y extensión para la soberanía alimentaria. - El Estado asegurará y desarrollará la investigación científica y tecnológica en materia agroalimentaria, que tendrá por objeto mejorar la calidad nutricional de los alimentos, la productividad, la sanidad alimentaria, así como proteger y enriquecer la agrobiodiversidad. Además, asegurará la investigación aplicada y participativa y la creación de un sistema de extensión, que transferirá la tecnología generada en la 27 investigación, a fin de proporcionar una asistencia técnica, sustentada en un diálogo e intercambio de saberes con los pequeños y medianos productores, valorando el conocimiento de mujeres y hombres. El Estado velará por el respeto al derecho de las comunidades, pueblos y nacionalidades de conservar y promover sus prácticas de manejo de biodiversidad y su entorno natural, garantizando las condiciones necesarias para que puedan mantener, proteger y desarrollar sus conocimientos colectivos, ciencias, tecnologías, saberes ancestrales y recursos genéticos que contienen la diversidad biológica y la agrobiodiversidad. Se prohíbe cualquier forma de apropiación del conocimiento colectivo y saberes ancestrales asociados a la biodiversidad nacional.

Artículo 10. Institucionalidad de la investigación y la extensión. - La ley que regule el desarrollo agropecuario creará la institucionalidad necesaria encargada de la investigación científica, tecnológica y de extensión, sobre los sistemas

alimentarios, para orientar las decisiones y las políticas públicas y alcanzar los objetivos señalados en el artículo anterior; y establecerá la asignación presupuestaria progresiva anual para su financiamiento. El Estado fomentará la participación de las universidades y colegios técnicos agropecuarios en la investigación acorde a las demandas de los sectores campesinos, así como la promoción y difusión de la misma (Asamblea, 2010).

### **Ley orgánica de tierras rurales y territorios ancestrales**

Art. 5. De lo agrario: “Para fines de la presente ley, el termino agrario incluye las actividades agrícolas, pecuarias, acuícolas, silvícolas, forestales, ecoturísticas, agro-turísticas y de conservación relacionadas con el aprovechamiento productivo de la tierra rural”.

Art. 8. De los fines. - Son fines de la presente ley: f) “fortalecer la agricultura familiar campesina en los procesos de producción, comercialización y transformación productiva”. j) “promover la producción sustentable de las tierras rurales e incentivar la producción de alimentos sanos, suficientes y nutritivos, para garantizar la soberanía alimentaria”.

Art. 49. Protección y recuperación. - por ser de interés público, el Estado impulsará la protección, la conservación y la recuperación de la tierra rural, de su capa fértil, en forma sustentable e integrada con los demás recursos naturales; desarrollará la planificación para el aprovechamiento de la capacidad de uso y su potencial productivo agrario, con la participación de la población local y ofreciendo su apoyo a las comunidades de la agricultura familiar campesina, a las organizaciones de la economía popular y solidaria y a las y los pequeños y medianos productores, con la implementación y el control de buenas prácticas agrícolas (Vizcaíno, 2015).

### **3. Materiales y métodos**

#### **3.1 Enfoque de la investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

La presente investigación fué considerada tipo experimental en la cual evaluó el efecto de las micorrizas y el elemento boro sobre el rendimiento del cultivo de cacao.

##### **3.1.2 Diseño de investigación**

El diseño de investigación utilizado fué experimental valorando cuatro tratamientos bajo un cuadro latino, con la finalidad de obtener el mejor tratamiento.

#### **3.2 Metodología**

##### **3.2.1 Variables**

Según el tipo de investigación, se incluyen las variables.

###### **3.2.1.1. Variable independiente**

Dosis de Micorrizas + Boro

###### **3.2.1.2. Variable dependiente**

###### **3.2.1.2.1 Peso de 100 semillas**

Después de la cosecha fueron tomados 100 semillas al azar de cada tratamiento y con ayuda de una balanza digital se tomó el peso de los mismos siendo expresados los datos en gramos. Además, se prefirió un grado de humedad del 12%.

###### **3.2.1.2.2 Rendimiento**

Después de la cosecha y con los datos de la variable anterior se realizó una transformación al rendimiento de cada tratamiento, siendo expresados los datos en kg/ha.

### 3.2.1.2.3 Número de mazorcas

Fue realizado el conteo de mazorcas por cada tratamiento, llevando un registro de cada unidad experimental de las mazorcas formadas.

### 3.2.1.2.4 Tamaño de mazorca

Se tomaron cinco mazorcas al azar de cada unidad experimental y con una cinta se tomó la medida de la longitud de la mazorca, dichos datos fueron registrados en centímetros.

### 3.2.1.2.5 Relación beneficio costo

Al finalizar el ensayo experimental se realizó un presupuesto sobre los gastos realizados en el ensayo y las variables tomadas, donde se obtuvo el beneficio costo de cada tratamiento.

## 3.2.2 Tratamientos

Los tratamientos se basan en la nutrición adecuada del cultivo a base del elemento boro y micorrizas. Se aplicaron cuatro tratamientos incluyendo un testigo, donde se evaluó individualmente y combinado. Las aplicaciones se realizaron en el primer día, luego a los 25, 50, 75 y 100. Los tratamientos son detallados a continuación:

**Tabla 1. Tratamientos en estudio**

N.º	Tratamientos	Dosis	Época de aplicación
T1	Boro	2 kg	1 – 25 – 50 – 100
T2	Micorrizas	100 cc	1 – 25 – 50 – 100
T3	Boro + Micorrizas	2 kg + 100 cc	1 – 25 – 50 – 100
T4	Testigo	0	Sin aplicación

Haro, 2022

## 3.2.3 Diseño experimental

$$\text{Modelo } y_{ij} = U + t_i + c_j + H_k + E_{ijk}$$

Donde  $y_{ij}$  son los resultados del modelo general que corresponde a la suma de los siguientes valores.

Se valoró un cuadrado latino con 4 tratamientos (incluido el testigo) con igual número de columnas y filas implementando el siguiente modelo estadístico.

$U$ = media general

$T_j$ = A las observación de los tratamientos

$C_j$ = Observaciones de las columnas

$H_k$ = A las observaciones de las filas

$E_{ijk}$ = *Al más experimental*

### **3.2.4 Recolección de datos**

#### **3.2.4.1. Recursos**

Se recopiló información de tesis de grado, revistas científicas, guías técnicas, ficha técnica, maestrías, páginas web, libros, entre otros. Los materiales fueron hongos micorrizas, elemento boro, fungicidas, bombas de riego, bomba de fumigar, equipo de medición, bolígrafo, libreta de campo, cámara fotográfica, etc.

#### **3.2.4.2. Métodos y técnicas**

##### **3.2.4.2.1 Selección de plantas**

Fueron estudiadas 16 unidades experimentales, es decir, cuatro por cada tratamiento, donde cada unidad experimental estuvo comprendida por cuatro plantas, que fueron estudiadas y obtenidos promedios para ser estudiado por unidad experimental.

##### **3.2.4.2.2 Manejo de fertilización**

La fertilización o nutrición fué realizada mediante la aplicación de boro y micorrizas en el cultivo de cacao, con las dosis establecidas en la Tabla 1, además, se estudió un testigo para la comparación de los tratamientos.

### **3.2.4.2.3 Riego y manejo fitosanitario**

El riego fue aplicado de acuerdo a las necesidades del cacao. El manejo fitosanitario se realizó mediante el uso de fungicidas orgánicos.

### **3.2.4.2.4 Cosecha**

Al finalizar el ensayo se realizaron tres cosechas de forma manual, luego de los 100 días de la primera aplicación.

### **3.2.5 Análisis estadístico**

La valoración estadística de los datos se analizó mediante el esquema de varianza, detallado en la tabla 2. Los datos fueron promediados estadísticamente mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

**Tabla 2. Esquema de análisis de varianza**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Total	15
Tratamientos (t-1)	3
Filas (f-1)	3
Columnas (c-1)	3
Error	3

Haro, 2022

## 4. Resultados

### 4.1 Peso de 100 granos de cacao

La variable del peso de 100 granos de cacao mediante el análisis estadístico señala diferencias significativas entre el estudio realizado, considerándose el tratamiento 3 comprendido por la combinación del boro más micorrizas como el promedio más alto (138,58 gramos). Mientras los tratamientos 1 Boro y tratamiento 2 Micorrizas su letra fue similar, es decir, no existió significancia entre ambos tratamientos con promedios 124,85 gramos y 122,61 gramos. El testigo generó el promedio más bajo 108,75 gramos. El coeficiente generado fue 2,03%.

**Tabla 3. Promedio del peso de 100 semillas de cacao**

Tratamientos	Promedio
T1: Boro	124,85 b
T2: Micorrizas	122,61 b
T3: Boro + Micorrizas	138,58 a
T4: Testigo	108,75 c
CV (%)	2,03

Haro, 2022

### 4.2 Rendimiento del cultivo kg/ha

La variable del rendimiento de cacao mediante el análisis estadístico señala diferencias estadísticas entre el estudio desarrollado, lo cual considera que el tratamiento 3 comprendido por la combinación del boro más micorrizas como el promedio más alto (1662,90 kg/ha). Mientras los tratamientos 1 Boro y tratamiento 2 Micorrizas su letra fue parecida, es decir, no hubo significancia entre ambos tratamientos con promedios 1498,23 kg/ha y 1471,29 kg/ha. El testigo generó el promedio más bajo 1305,00 kg/ha. El coeficiente generado fue 2,03%.

**Tabla 4. Promedio del rendimiento del cultivo de cacao**

Tratamientos	Promedio (kg/ha)
T1: Boro	1498,23 b
T2: Micorrizas	1471,29 b
T3: Boro + Micorrizas	1662,90 a
T4: Testigo	1305,00 c
CV (%)	2,03

Haro, 2022

### 4.3 Número de mazorcas de cacao

La variable del número de mazorcas de cacao mediante el análisis estadístico manifiesta diferencias significativas entre el estudio realizado, es decir, que los diferentes tratamientos influyeron en el cuajado y formación de frutos. Siendo el tratamiento 3 comprendido por la combinación del boro más micorrizas como el promedio más alto (17 mazorcas). Seguido del tratamiento 1 comprendido por la aplicación del boro con 15 mazorcas y el tratamiento 2 Micorrizas con 14 mazorcas. El promedio más bajo fue dado por el testigo con un promedio de 10 mazorcas. El coeficiente generado fue 6,75%.

**Tabla 5. Promedio del número de mazorcas de cacao**

Tratamientos	Promedio
T1: Boro	15 ab
T2: Micorrizas	14 b
T3: Boro + Micorrizas	17 a
T4: Testigo	10 c
CV (%)	6,75

Haro, 2022

### 4.4 Tamaño de la mazorca (cm)

La variable del tamaño de mazorcas de cacao mediante el Test de Tukey realizado muestra diferencias significativas entre el tratamiento 3 con los demás

tratamientos. Es decir, la combinación de micorrizas y boro interviene en el desarrollo del fruto. Fue considerado el T3 Boro + Micorrizas el promedio más alto (24 cm de longitud). Mientras los tratamientos 1, 2 y 4 presentaron la misma letra estadísticas, es decir, no hubo significancia y los promedios oscilaron entre 17 cm a 20 cm de longitud en las mazorcas. El coeficiente generado fue 5,66%.

**Tabla 6. Promedio del tamaño de la mazorca (cm)**

<b>Tratamientos</b>	<b>Promedio (cm)</b>
T1: Boro	19 b
T2: Micorrizas	20 b
T3: Boro + Micorrizas	24 a
T4: Testigo	17 b
CV (%)	5,66

Haro, 2022

#### **4.5 Análisis beneficio costo**

El análisis beneficio costo realizado estuvo comprendido por el rendimiento obtenido del cultivo, los costos totales de la plantación e insumos empleados el ingreso bruto (precios del cacao) y los beneficios sobre las variables evaluadas, donde se reflejó rentabilidad en los tratamientos evaluados. Sin embargo, el tratamiento con mayor costo beneficio fue dado por T3 la combinación del elemento boro más micorrizas con \$1,73 es decir, que por cada dólar que se invierte en la plantación, se genera \$0,73 de ganancia para el agricultor. De la misma manera, los tratamientos 1 y 2 obtuvieron valores \$1,63 y \$1,51. A diferencia del testigo presentó un valor más bajo de \$1,46.

**Tabla 7. Análisis económico de los tratamientos**

<b>COMPONETES</b>	<b>T1: Boro</b>	<b>T2: Micorrizas</b>	<b>T3: Boro + Micorrizas</b>	<b>T4: Testigo</b>
Rendimiento Kg/ha	1498,23	1471,29	1662,9	1305
Precio Kg cacao (\$)	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00

Costo Fijo (\$)				
Costo Variable (\$)	30,00	70,00	150,00	0,00
Costo Total	1080,00	1100,00	1150,00	1000,00
Ingreso Bruto (\$)	2831,65	2780,73	3142,88	2466,45
Beneficio Neto (\$)	1796,64	1745,45	2079,51	1479,50
Relación BENEFICIO/COSTO	1,63	1,51	1,73	1,46

---

Haro, 2022

## 5. Discusión

Se identificó el mejor tratamiento que produjo mayor productividad de cacao, del cual se considera al tratamiento 3 comprendido por la combinación del boro más micorrizas. El promedio más alto en el peso de 100 semillas de cacao (138,58 gramos). De esta manera, el mismo tratamiento de boro y micorrizas generó mayor rendimiento del cultivo bajo la combinación del Boro y micorrizas con 1662,90 kg/ha. Sin embargo, los tratamientos 1 Boro y tratamiento 2 Micorrizas no presentaron significancia entre sí y sus promedios fueron superiores con 1498,23 kg/ha y 1471,29 kg/ha.

Yfran *et al.*, (2017), aseguran que el uso de boro interviene en el cuajado y desarrollo de frutos, por ende, en su valoración presentaron mayor cantidad de frutos y de mayor tamaño, Abarca y Gómez (2020), corroboran que el uso de micorrizas es importante en la nutrición de la planta e interviene en la formación de flores y frutos.

Además, bajo el segundo objetivo se valoraron los parámetros agronómicos del cacao como el número de frutos. Se consideró que el uso de boro y micorrizas intervienen en el desarrollo del fruto y presentaron un promedio superior de 17 mazorcas, además, el tamaño de las mismas osciló entre los 17 cm de longitud a 20 cm. Tuesta *et al.*, (2017), corroboran que el uso de micorrizas incrementa la productividad del cacao, considerándose como uno de los mejores biofertilizantes para el cultivo. De la misma manera, Rodríguez (2019), menciona la importancia del boro para el desarrollo de frutos e incrementar la productividad.

Para finalizar se realizó un análisis económico de los tratamientos, donde se manifestó que el uso de boro más micorrizas presentan mayor valor de b/c \$1,93 es decir, que por cada dólar que se invierte en la plantación, se genera \$0,93 de

ganancia para el agricultor. De la misma manera, los tratamientos 1 y 2 a base de boro y micorrizas de forma individual generaron rentabilidad para el agricultor. Así, Morán *et al.*, (2017), corroboran que el uso de boro generó mayor utilidad económica en su ensayo, sin embargo, no presentó diferencias estadísticas sobre los parámetros agronómicos de la planta.

## 6. Conclusiones

Basado en los resultados se concluye lo siguiente:

El uso combinado de micorrizas más boro incrementó la producción de cacao en 357,9 kg/ha en rendimiento en comparación con el testigo, utilizados por tratamientos con base de boro y zinc aplicados de forma separada.

El tratamiento 3 generó mayor número de mazorcas formadas con 17 mazorcas al tamaño de la mazorca con una longitud promedio de 24 cm de longitud.

Tanto el tratamiento T1(Boro), T2(Micorrizas) y T3(Boro+Micorrizas) genera una relación B/C favorable la misma que osciló, bajo a los siguientes valores: 1,63; 1,51 y 1,73 respectivamente.

## **7. Recomendaciones**

De acuerdo con la interpretación de los resultados se recomienda:

Incluir en el manejo de fertilización el uso de hongos micorríticos y la aplicación del elemento boro, que por las propiedades que brindan a la planta incrementan su productividad.

Realizar estudios similares con el uso de boro y micorrizas bajo diferentes dosificaciones, con la finalidad de obtener mejores resultados en el cuajado y desarrollo de frutos.

Efectuar otras combinaciones usando macroelementos y microelementos y microorganismo que beneficie la nutrición del cultivo aumentando productividad y producción del mismo.

## 8. Bibliografía

- Abarca, A., & Gómez, S. (2020). *Efecto de la inoculación de micorrizas benéficas Mycoral® en patrones de cacao (Theobroma cacao L.) en la etapa de desarrollo vegetativo*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano , Honduras. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6786/1/CPA-2020-T001.pdf>
- Alvarado, A., Carrera, M., & Morante, J. (2018). Importancia de la mosquilla forcipomyia spp. En la polinización y producción del cultivo de cacao. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, 11(33). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6763503>
- Alvarado, P. (09 de septiembre de 2020). Francisco Miranda: ‘La productividad del cacao mejora’. *Revista líderes*. Obtenido de <https://www.revistalideres.ec/lideres/productividad-cacao-exportadores-entrevista-lideres.html>
- Amores, F., & Vélez, J. (2018). *Evaluación de la respuesta de cacao CCN-51 a plena exposición solar a las aplicaciones de Azufre (S) y Magnesio (Mg) en la zona de Zapotal, Provincia de Los Ríos*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los Ríos: UTEQ. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3311>
- Arias, A. (2021). *Manejo integrado cultivo de cacao (<i>theobroma cacao</i> l.): enmiendas edáficas, efecto en la floración y cuajado de fruto*. Universidad Técnica de Machala. El Oro: UTMACH. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16538>
- Asamblea, N. (2010). Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria. Quito, Ecuador.

- Bajaña, B. (2020). *Evaluación agronómica de dos variedades de cacao (Theobroma cacao) mediante multiplicación in vitro de embriones maduros con tres dosis de ácido giberélico*. Universidad Técnica Estatal de Bolívar, Guaranda. Obtenido de <http://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/3666>
- Barberán, F. (2017). *Determinación del control fitosanitario de monilla (Monilia sp.) en Cacao Nacional con dos productos comerciales, en el cantón Balzar en la provincia del Guayas*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayas: UCSG. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/7706>
- Bello, N. (2020). *Respuesta de cinco genotipos de Cacao (Theobroma cacao L.) a cuatro dosis de Cadmio bajo condiciones de vivero en Chanchamayo*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4566>
- Bernal, J. (2021). *Evaluación de extractos etanolicos de manzanilla, ajo, llantén, orégano, ruda en el control de moniliophthora roreri a nivel in vitro*. Universidad Técnica de Machala. El Oro: UTMACH. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16542>
- Briones, J. (2018). *Evaluación de la respuesta de cacao CCN-51 a plena exposición solar a las aplicaciones de Nitrógeno (N) y Potasio (K) en la zona de Zapotal, Provincia de Los Ríos*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los Ríos: UTEQ. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3308>
- Cacao. (2017). *Guía#4: Manejo de fertilidad de suelos cacaoteros*. Obtenido de <https://www.cacaomovil.com/site/guide?id=14&articleId=23#:~:text=El%20b>  
[oro%20es%20necesario%20para,se%20inflaman%20los%20cojines%20flo](https://www.cacaomovil.com/site/guide?id=14&articleId=23#:~:text=El%20b)  
[rales.](https://www.cacaomovil.com/site/guide?id=14&articleId=23#:~:text=El%20b)

- Cedeño, D., & Vera, G. (2017). *Efectividad de varias combinaciones de nitrógeno, azufre, zinc, manganeso, boro y fitohormonas sobre el rendimiento y rentabilidad del Cacao Nacional*. Escuela Superior Politécnica de Manabí, Calceta. Obtenido de <http://190.15.136.145/handle/42000/648>
- Chila, C., & Esmeralda, A. (2021). *Efecto de láminas de riego y fertilización sobre el rendimiento y rentabilidad del cacao en Calceta, Manabí*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Calceta. Obtenido de <http://190.15.136.145/handle/42000/1443>
- Cruz, J. (2017). *Respuesta de cacao (Theobroma cacao L.) y Teca (Tectona grandis L.F.) a la micorrización durante la etapa de vivero, Kukra Hill, RACCN*. Maestría, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/3656/>
- Escobar, W., & Vergara, J. (2017). *Método exploratorio aplicando metalosato de magnesio y zinc (quelatos), en dos tipos de injertación en cacao (theobroma cacao l.) en patrones trinitarios y forasteros en la etapa de vivero*. Universidad Estatal Técnica de Quevedo, Los Ríos. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2030>
- Espinoza, D. (2019). *Manejo de la escoba de bruja (Moniliophthora Perniciosa) en el Cultivo de Cacao CCN-51 (Theobroma cacao L.) en la Hacienda" San José zona de Babahoyo*. Universidad Técnica de Babahoyo. Los Ríos: UTB. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6760>
- Espinoza, J. (2020). *Control cultural de Moniliophthora roreri en plantaciones de cacao (Theobroma cacao L.), en la zona de Catarama*. Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8376>

- Fernández, J., & Rodríguez, A. (2019). *De cacao, cadmio y micorrizas: un vínculo genético*. Colombia: Universidad de la Salle.
- García, L. (2020). *Caracterización morfológica en las zonas de producción de cacao (Theobroma cacao L.) tipo Nacional en el cantón Babahoyo provincia de Los Ríos, Ecuador*. Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8493>
- Gil, N. (2018). *Efectos de la aplicación edáfica de potasio y boro, en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.), sobre el desarrollo y rendimiento de la mazorca en la zona de Puebloviejo*. Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/5038>
- Gómez, L. (2021). *Evaluación del hongo Glomus intrarradices (Glomus) en la fitoestabilización de Plomo (Pb) y su acumulación en los tejidos de plantones de Theobroma cacao L. (Cacao) en la etapa de vivero, Región Ucayali – Perú*. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía. Perú: UNIA. Obtenido de <http://repositorio.unia.edu.pe/handle/unia/256>
- Gómez, P. (2017). *Validación de dos opciones de fertilización en el cultivo de cacao Theobroma Cacao L.* Universidad de Guayaquil, Guayas. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/21560>
- Gómez, S. (2019). *Fenología de floración, producción y comportamiento de injertos de genotipos de Theobroma cacao L. en proceso de selección*. Universidad Autónoma de Chiapas. México: UNACH. Obtenido de <http://www.repositorio.unach.mx:8080/jspui/handle/123456789/3246>
- Guerrón, R. (2018). *Proyecto de factibilidad para la producción de cacao con vista a la exportación en la finca “Lesly” ubicada en la provincia de Santo Domingo*

- de los Tsáchilas. Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Guayas: UCSG. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/11750>
- INIAP. (2017). *Manejo de enfermedades*. Obtenido de Mal del Machete: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/images/rubros/contenido/cacao/machete.pdf>
- Jácome, D. (2018). *Efecto de la inoculación de Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares (HFMA) sobre un sistema suelo-planta de cacao en suelos contaminados con cadmio en etapa de vivero*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/62938>
- Marquínez, A. (2021). *Eficiencia agronómica y económica de fertilizantes compuestos en cacao CCN-51*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Calceta. Obtenido de <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1433>
- Mejía, C., Castro, M., Carvajal, L., Castrillón, H., & Puerta, N. (2017). *Agroindustria del cacao*. Colombia: Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).
- Montes, M. (2016). *Efectos del fósforo y azufre sobre el rendimiento de mazorcas, en una plantación de cacao (Theobroma cacao L.) CCN-51, en la zona de Babahoyo*. Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3358>
- Morán, M., Molina, V., & Pazmiño, A. (2017). Influencia del boro en la floración y rendimiento del cacao variedad CCN-51 en la zona de Mata de Cacao. *Revista FADMI*, 1(1), 36-49. Obtenido de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/fadmi/article/view/355>
- Noles, M. (2020). *Evaluación de enmiendas orgánicas: efectos en la producción y fitosanidad del cacao (theobroma cacao l.) cultivar ccn-51*. Universidad

- Técnica de Machala. El Oro: UTMACH. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16142>
- Núñez, J., & López, D. (2020). *Caracterización de vióles y su efecto sobre parámetros morfológicos y componentes del rendimiento en el cultivo de cacao (Theobroma Cacao L.)*. Universidad Estatal Amazónica, Puyo. Obtenido de <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/628>
- Paspuel, M. (2018). *Respuesta del cacao a la aplicación del fertilizante "full cacao" en comparación con la fertilización convencional en Pangua*. Universidad Central del Ecuador, Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15195/1/T-UCE-0004-A82-2018.pdf>
- Pérez, E., Guzmán, R., Álvarez, C., Lares, M., Martínez, K., Suniaga, G., & Pavani, A. (2021). Cacao, cultura y patrimonio: un hábitat de aroma fino en Venezuela. *RIVAR (Santiago)*, 8(22), 146-162. Obtenido de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0719-49942021000100146&script=sci\\_arttext&tIng=en](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0719-49942021000100146&script=sci_arttext&tIng=en)
- Pérez, U., Ramírez, M., Serralde, D., Peñaranda, A., Wilchez, W., Ramírez, L., & Rengifo, G. (2019). Hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) como estrategia para reducir la absorción de cadmio en plantas de cacao (*Theobroma cacao*). *Terra Latinoamericana*, 37(2), 121-130. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792019000200121&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792019000200121&script=sci_arttext)
- Ramírez, S., & Santos, E. (2020). *Evaluación de prácticas de manejo integrado de enfermedades vasculares en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L. Cv. CCN-51), en época lluviosa*. Universidad de las Fuerzas Armadas. Santo



[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822017000100067&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822017000100067&script=sci_arttext)

- Valarezo, K. (2020). *Evaluación del efecto de los fungicidas orgánicos en el manejo de mazorca de negra (Phytophthora palmivora B.), en cacao (Theobroma cacao L.)*. Universidad Agraria del Ecuador. Guayas: UAE.
- Velazco, E., Rojas, K., & Bartra, W. (2019). *Efecto de la procedencia HMA, dosis de inoculación y fertilización en el desarrollo de plantas de cacao (Theobroma cacao L.) en etapa de vivero*. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unia.edu.pe/handle/unia/201>
- Villalobos, S. (2019). *Efectos de la biofertilización en plantulas de Theobroma cacao L. con micorrizas arbusculares nativas del área de conservación municipal "Bosque de Huamantanga" de la provincia de Jaén. Cajamarca*. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú: UNC. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3138>
- Vizcaíno, D. (17 de Marzo de 2015). *Agrocalidad*. Obtenido de <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2014/12/GUIA-de-BPA-para-ARROZ.pdf>
- Wagner, B., Pimentel, E., Marcano, I., Kabe, C., Colin, B., & Núñez, P. (2021). Identificación de micorrizas asociadas con el cultivo de Cacao (*Theobroma cacao L.*) en la finca Experimental Engombe. *Wagner, B.; Pimentel, E.; Marcano, I.; Kabe, C.; Colin, B.; Núñez, P., 10(1), 53-68*. Obtenido de <http://www.sodiaf.org.do/apf/index.php/apf/article/view/123/113>
- Yfran, M., Chabbal, M., Piccoli, A., Giménez, L., Rodríguez, V., & Martínez, G. (2017). Fertilización foliar con potasio, calcio y boro. Incidencia sobre la

nutrición y calidad de frutos en mandarina "Nova". *Cultivos Tropicales*, 38(4),

22-

29.

Obtenido

de

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-)

59362017000400007

## 9. Anexos

<b>T4</b>	<b>T2</b>	<b>T1</b>	<b>T3</b>
<b>T1</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T2</b>
<b>T2</b>	<b>T4</b>	<b>T3</b>	<b>T1</b>
<b>T3</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T4</b>

Figura 1. Diseño experimental (DCL)  
Haro, 2022

**Tabla 8. Datos estadísticos del peso de 100 semillas**

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
T1: Boro	127,96	124,32	125,09	122,04	124,85
T2: Micorrizas	123,53	121,47	121,00	124,43	122,61
T3: Boro + Micorrizas	137,56	141,32	140,93	134,49	138,58
T4: Testigo	105,44	109,68	108,94	110,94	108,75

Haro, 2022

**Tabla 9. Análisis estadístico del peso de 100 semillas****Peso de 100 granos (g)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso de 100 granos (g)	16	0,98	0,95	2,03

*Datos desbalanceados en celdas.**Para otra descomposición de la SC**especifique los contrastes apropiados.. !!***Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1824,64	9	202,74	32,07	0,0002
Tratamientos	1789,16	3	596,39	94,34	<0,0001
Filas	3,45	3	1,15	0,18	0,9048
Columnas	32,03	3	10,68	1,69	0,2676
Error	37,93	6	6,32		
Total	1862,57	15			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=6,15437***Error: 6,3214 gl: 6*

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T3: Boro + Micorrizas	138,58	4	1,26	A
T1: Boro	124,85	4	1,26	B
T2: Micorrizas	122,61	4	1,26	B
T4: Testigo	108,75	4	1,26	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)***Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=6,15437***Error: 6,3214 gl: 6*

Filas	Medias	n	E.E.	
2	124,20	4	1,26	A
3	123,99	4	1,26	A
1	123,62	4	1,26	A
4	122,98	4	1,26	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)***Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=6,15437***Error: 6,3214 gl: 6*

Columnas	Medias	n	E.E.	
3	128,15	4	1,26	A
2	123,96	4	1,26	A B
4	121,37	4	1,26	B
1	121,31	4	1,26	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

Haro, 2022

**Tabla 10. Datos estadísticos del rendimiento del cacao kg/ha**

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
T1: Boro	1535,52	1491,84	1501,08	1464,48	1498,23
T2: Micorrizas	1482,36	1457,64	1452,00	1493,16	1471,29
T3: Boro + Micorrizas	1650,72	1695,84	1691,16	1613,88	1662,90
T4: Testigo	1265,28	1316,16	1307,28	1331,28	1305,00

Haro, 2022

**Tabla 11. Análisis estadístico del rendimiento del cacao kg/ha**  
**Rendimiento kg/ha**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento kg/ha	16	0,98	0,95	2,03

*Datos desbalanceados en celdas.**Para otra descomposición de la SC**especifique los contrastes apropiados.. !!***Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	262748,14	9	29194,24	32,07	0,0002
Tratamientos	257638,97	3	85879,66	94,34	<0,0001
Filas	497,19	3	165,73	0,18	0,9048
Columnas	4611,97	3	1537,32	1,69	0,2676
Error	5461,71	6	910,29		
Total	268209,85	15			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=73,85239***Error: 910,2851 gl: 6*

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3: Boro + Micorrizas	1662,90	4	15,09 A
T1: Boro	1498,23	4	15,09 B
T2: Micorrizas	1471,29	4	15,09 B
T4: Testigo	1305,00	4	15,09 C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)***Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=73,85239***Error: 910,2851 gl: 6*

Filas	Medias	n	E.E.
2	1490,37	4	15,09 A
3	1487,88	4	15,09 A
1	1483,47	4	15,09 A
4	1475,70	4	15,09 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)***Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=73,85239***Error: 910,2851 gl: 6*

Columnas	Medias	n	E.E.
3	1537,80	4	15,09 A
2	1487,49	4	15,09 A B
4	1456,38	4	15,09 B
1	1455,75	4	15,09 B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

Haro, 2022

**Tabla 12. Datos estadísticos del número de mazorcas de cacao**

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
T1: Boro	16	15	14	16	15
T2: Micorrizas	14	15	13	15	14
T3: Boro + Micorrizas	16	18	17	18	17
T4: Testigo	9	11	10	9	10

Haro, 2022

**Tabla 13. Análisis estadístico del número de mazorcas de cacao****Número de mazorcas**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Número de mazorcas	16	0,96	0,90	6,75

*Datos desbalanceados en celdas.**Para otra descomposición de la SC**especifique los contrastes apropiados.. !!***Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	126,29	9	14,03	15,42	0,0017
Tratamientos	120,75	3	40,25	44,24	0,0002
Filas	4,25	3	1,42	1,56	0,2944
Columnas	1,29	3	0,43	0,47	0,7121
Error	5,46	6	0,91		
Total	131,75	15			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,33470***Error: 0,9097 gl: 6*

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3: Boro + Micorrizas	17,25	4	0,48 A
T1: Boro	15,25	4	0,48 A B
T2: Micorrizas	14,25	4	0,48 B
T4: Testigo	9,75	4	0,48 C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)***Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,33470***Error: 0,9097 gl: 6*

Filas	Medias	n	E.E.
2	14,75	4	0,48 A
4	14,50	4	0,48 A
1	13,75	4	0,48 A
3	13,50	4	0,48 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)***Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,33470***Error: 0,9097 gl: 6*

Columnas	Medias	n	E.E.
3	14,75	4	0,48 A
2	14,50	4	0,48 A
1	13,75	4	0,48 A
4	13,50	4	0,48 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

Haro, 2022

**Tabla 14. Datos estadísticos del tamaño de la mazorca (cm)**

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
T1: Boro	19	18	17	20	19
T2: Micorrizas	20	21	19	18	20
T3: Boro + Micorrizas	23	25	24	23	24
T4: Testigo	18	16	17	17	17

Haro, 2022

**Tabla 15. Análisis estadístico del tamaño de la mazorca (cm)****Tamaño de mazorca (cm)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Tamaño de mazorca (cm)	16	0,94	0,84	5,66

*Datos desbalanceados en celdas.**Para otra descomposición de la SC**especifique los contrastes apropiados.. !!***Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	107,98	9	12,00	9,65	0,0061
Tratamientos	100,69	3	33,56	27,00	0,0007
Filas	1,69	3	0,56	0,45	0,7250
Columnas	5,60	3	1,87	1,50	0,3065
Error	7,46	6	1,24		
Total	115,44	15			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,72911***Error: 1,2431 gl: 6*

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3: Boro + Micorrizas	23,75	4	0,56 A
T2: Micorrizas	19,50	4	0,56 B
T1: Boro	18,50	4	0,56 B
T4: Testigo	17,00	4	0,56 B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)***Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,72911***Error: 1,2431 gl: 6*

Filas	Medias	n	E.E.
2	20,00	4	0,56 A
1	20,00	4	0,56 A
4	19,50	4	0,56 A
3	19,25	4	0,56 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)***Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,72911***Error: 1,2431 gl: 6*

Columnas	Medias	n	E.E.
2	20,50	4	0,56 A
3	20,25	4	0,56 A
1	19,50	4	0,56 A
4	18,50	4	0,56 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

Haro, 2022



Figura 2. Manejo del ensayo experimental  
Haro, 2022



Figura 3. Delimitación del experimento  
Haro, 2022



Figura 4. Visita de campo del tutor guía Haro, 2022



Figura 5. Aplicación de tratamiento Haro, 2022



Figura 6. Fertilización a base de tratamientos Haro, 2022



Figura 7. Toma de datos de tamaño de la mazorca Haro, 2022



Figura 8. Toma de datos agronómicos  
Haro, 2022



Figura 9. Limpieza de planta  
Haro, 2022



Figura 10. Conteo de mazorcas  
Haro, 2022



Figura 11. Datos agronómicos de la mazorca  
Haro, 2022



Figura 12. Visita de campo del tutor guía Haro, 2022



Figura 13. Conteo de mazorcas Haro, 2022



Figura 14. Cosecha de mazorcas  
Haro, 2022



Figura 15. Mazorcas cosechadas  
Haro, 2022



Figura 16. Finalización del ensayo experimental  
Haro, 2022