



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

**EFFECTO DE LA BIOFERTILIZACIÓN Y LA
FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN CACAO (*Theobroma
cacao* L.), BALAO - GUAYAS**
TRABAJO EXPERIMENTAL

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

AUTORA
SOLÓRZANO BURGOS RUTH ROXANA

TUTOR
ING. TAPIA YÁNEZ LUIS, M.Sc

MILAGRO – ECUADOR

2021



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

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, ING. TAPIA YÁNEZ LUIS, M.Sc, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: EFECTO DE LA BIOFERTILIZACIÓN Y LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN CACAO (*Theobroma cacao* L.), BALAO - GUAYAS, realizado por la estudiante SOLÓRZANO BURGOS RUTH ROXANA; con cédula de identidad N°0928964600 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,

Firma del Tutor

Milagro, 16 de noviembre del 2021.



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: “EFECTO DE LA BIOFERTILIZACIÓN Y LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN CACAO (*Theobroma cacao* L.), BALAO - GUAYAS”, realizado por la estudiante SOLÓRZANO BURGOS RUTH ROXANA, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Martínez Alcívar Fernando, M.Sc
PRESIDENTE

Ing. Martínez Carriel Tayron, M.Sc
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Cruz Romero Colón, M.Sc
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Tapia Yáñez Luis, M.Sc
EXAMINADOR SUPLENTE

Milagro, 16 de noviembre del 2021.

Dedicatoria

A Dios por brindarme salud y haberme permitido alcanzar esta meta, por ser mi guía y fortaleza de cada paso que doy, a mi familia en especial a nuestros padres ya que es mi pilar fundamental y motivación principal, siempre me inculcaron en estudiar para convertirme en una gran profesional, enseñándome a encarar los problemas sin perder nunca la confianza ni sucumbir en el intento, en cuanto lo que soy como persona, depositando su entera confianza en cada uno de mis retos que se presentan sin duda ni un solo momento de nuestra inteligencia y capacidad, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio y por su comprensión, ayuda en los buenos y malos momentos en el transcurso de mi carrera. A mis hermanas por brindarme siempre su apoyo, dándome fuerzas y ganas de seguir adelante con cada obstáculo que se me presenta en la vida y porque siempre me ha guiado por el sendero correcto para ser una persona de bien; a la Universidad Agraria del Ecuador por darme la oportunidad de ser parte de ella; a los Ingenieros ya que gracias a ellos he tenido la oportunidad de prepararme y así poder seguir adelante con mi meta.

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme salud, a mis padres por estar conmigo en todo momento apoyándome y por ser mi motivo principal para llegar a cumplir mis metas. Además, agradezco a:

Al PhD. Jacobo Bucaram, Rector Fundador de la Universidad Agraria del Ecuador.

Al PhD. Martha Bucarán Leverone de la Universidad Agraria del Ecuador

Ing. Dra. Emma Jácome Murillo, MSc. Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Agraria del Ecuador.

A todos los catedráticos de la Universidad Agraria del Ecuador, por su digna labor al brindarme sus enseñanzas, las cuales serán mi base principal para mi desenvolvimiento en el campo laboral y profesional.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo SOLÓRZANO BURGOS RUTH ROXANA, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre “EFECTO DE LA BIOFERTILIZACIÓN Y LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN CACAO (*Theobroma cacao* L.), BALAO - GUAYAS” 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, 16 noviembre del 2021.

SOLÓRZANO BURGOS RUTH ROXANA
C.I. 092896460-0

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	11
Índice de figuras.....	12
Resumen	13
Abstract.....	14
1. Introducción.....	15
1.1 Antecedentes del problema.....	15
1.2 Planteamiento y formulación del problema	16
1.2.1 Planteamiento del problema	16
1.2.2 Formulación del problema	16
1.3 Justificación de la investigación	16
1.4 Delimitación de la investigación	17
1.5 Objetivo general	17
1.6 Objetivos específicos.....	17
1.7 Hipótesis	17
2. Marco teórico.....	18
2.1 Estado del arte.....	18
2.2 Bases teóricas	20

2.2.1 Generalidades del cultivo de cacao.....	20
2.2.2 Descripción taxonómica y botánica de la planta	21
2.2.3 Características agronómicas del material de estudio (CCN-51)	22
2.2.4 Requerimientos climáticos y edáficos	23
2.2.4.1 <i>Temperatura</i>	23
2.2.4.2 <i>Luminosidad</i>	23
2.2.4.3 <i>Precipitación</i>	23
2.2.4.4 <i>Altitud</i>	24
2.2.4.5 <i>Suelo</i>	24
2.2.4.6 <i>Ph</i>	24
2.2.4.7 <i>Profundidad</i>	25
2.2.4.8 <i>Humedad relativa</i>	25
2.2.5 Biofertilización	25
2.2.6 Principales agentes responsables de la biofertilización	26
2.2.6.1 <i>Azospirillum spp</i>	26
2.2.6.2 <i>Trichoderma harzianum</i>	26
2.2.6.3 <i>Trichoderma harzianum</i>	27
2.2.6.4 <i>Ectomicorrizas</i>	27
2.2.6.5 <i>Bacillus subtilis</i>	27
2.2.7 Importancia de la fertilización orgánica en el cultivo de cacao.	28
2.2.8 Principales características de los abonos orgánicos	28
2.2.8.1 <i>Humus</i>	28
2.3 Marco legal.....	28
3. Materiales y métodos	30
3.1 Enfoque de la investigación	30

3.1.1 Tipo de investigación.....	30
3.1.2 Diseño de investigación	30
3.2 Metodología	30
3.2.1 Variables	30
3.2.1.1. <i>Variable independiente</i>	30
3.2.1.2. <i>Variable dependiente</i>	30
3.2.1.2.1 <i>Número de mazorca /planta</i>	30
3.2.1.2.2 <i>Diámetro y longitud de mazorca</i>	31
3.2.1.2.3 <i>Peso de 100 granos secos</i>	31
3.2.1.2.4 <i>Rendimiento</i>	31
3.2.1.2.5 <i>Análisis económico (B/C)</i>	32
3.2.2 Tratamientos.....	32
3.2.3 Diseño experimental	33
3.2.4 Recolección de datos.....	33
3.2.4.1. <i>Recursos</i>	33
3.2.4.2. <i>Métodos y técnicas</i>	34
3.2.4.2.1 <i>Análisis de suelo</i>	34
3.2.4.2.2 <i>Selección de plantas</i>	34
3.2.4.2.3 <i>Manejo de poda y coronado</i>	34
3.2.4.2.4 <i>Control de malezas</i>	34
3.2.4.2.5 <i>Controles de plagas</i>	34
3.2.4.2.6 <i>Control de enfermedades</i>	35
3.2.4.2.7 <i>Descripción del ensayo</i>	35
3.2.4.2.8 <i>Cosecha</i>	36
3.2.5 Análisis estadístico.....	36

4. Resultados	37
4.1 Número de mazorcas de cacao	37
4.2 Diámetro de mazorcas (cm)	38
4.3 Longitud de mazorcas (cm)	38
4.4 Peso de 100 granos de cacao (gramos).....	40
4.5 Rendimiento del cultivo kg/ha	41
4.6 Análisis económico de tratamientos.....	42
5. Discusión	43
6. Conclusiones	45
7. Recomendaciones.....	46
8. Bibliografía.....	47
9. Anexos	56

Índice de tablas

Tabla 1. Tratamientos en estudio.....	32
Tabla 2. Esquema del análisis de varianza.....	36
Tabla 3. Promedios del número de mazorcas.....	37
Tabla 4. Promedio del diámetro de mazorcas (cm).....	38
Tabla 5. Promedios de longitud de mazorcas (cm)	39
Tabla 6. Promedio del peso de 100 granos de cacao	40
Tabla 7. Promedios del rendimiento del cultivo.....	41
Tabla 8. Análisis económico de tratamientos.....	42
Tabla 9. Datos del número de mazorcas de cacao	57
Tabla 10. Análisis estadístico del número de mazorcas de cacao	57
Tabla 11. Datos del diámetro de mazorcas de cacao (cm)	58
Tabla 12. Análisis estadístico del diámetro de mazorcas de cacao (cm)	58
Tabla 13. Datos de longitud de mazorcas de cacao (cm)	59
Tabla 14. Análisis estadístico de longitud de mazorcas de cacao (cm)	59
Tabla 15. Datos del peso de 100 granos de cacao (g).....	60
Tabla 16. Análisis estadístico del peso de 100 granos de cacao (g).....	60
Tabla 17. Datos del rendimiento del cultivo kg/ha.....	61
Tabla 18. Análisis estadístico del rendimiento del cultivo kg/ha.....	61

Índice de figuras

Figura 1. Diseño experimental (DCL)	56
Figura 2. Análisis de suelo	62
Figura 3. Insumos agrícolas a utilizarse	63
Figura 4. Preparación de <i>Azospirillum spp</i>	63
Figura 5. Aplicación de tratamientos	64
Figura 6. Preparación de <i>Trichoderma harzianum</i>	64
Figura 7. Aplicación de tratamientos	65
Figura 8. Preparación de tratamiento a base de <i>Bacillus subtiles</i>	65
Figura 9. Eliminación de malezas	66
Figura 10. Biofertilizante utilizado (BioAhor)	66
Figura 11. Testigo comercial (Ferticacao)	67
Figura 12. Monitoreo del proceso del ensayo experimental	67
Figura 13. Conteo del número de mazorca	68
Figura 14. Toma de datos de la longitud de mazorca	68
Figura 15. Toma de datos del diámetro de mazorca	69
Figura 16. Visita del tutor	69
Figura 17. Cosecha	70
Figura 18. Culminación del ensayo	70

Resumen

El ensayo experimental fue realizado en el cantón Balao provincia del Guayas, entre los meses de abril a septiembre del año 2021. El objetivo general fue evaluar el efecto de la biofertilización y la fertilización orgánica en cacao (*Theobroma cacao* L.), en la zona agrícola del cantón Balao de la provincia del Guayas. El presente ensayo experimental se basó en la aplicación de un fertilizantes orgánicos y cuatro agentes microbianos responsables de la biofertilización, además, un testigo comercial que permitió efectuar la comparación entre tratamientos orgánicos y convencional para determinar el efecto nutricional y productivo con relación al cultivo. Los tratamientos son: T1: Humus + *Azospirillum spp*, T2: Humus + *Trichoderma harzianum*, T3: Humus + Ectomicorriza, T4: Humus + *Bacillus subtilis* y T5: Testigo comercial (Ferticacao). El diseño apropiado para esta investigación es un cuadro latino (DCL), compuesto por cinco repeticiones, lo que se obtuvo 25 unidades experimentales, cabe mencionar que cada unidad experimental, estuvo constituida por una planta de cacao. Las variables son: número de mazorcas, diámetro y longitud de mazorcas, peso de 100 granos, rendimiento del cultivo y análisis beneficio costo. Los datos de las diferentes variables a evaluarse fueron sometidos al análisis de varianza y para la comparación de medias se utilizó el test de Tukey. Los resultados mostraron que la fertilización orgánica influyó en la productividad de la planta con promedios relativamente altos a diferencia del testigo comercial. El mayor rendimiento lo dio el tratamiento 2 con 1867,42 kg / ha y su B / C fue de \$ 1,61.

Palabras clave: *Azospirillum spp*, cacao, *Bacillus subtilis*, Ectomicorriza, humus.

Abstract

The experimental trial was carried out in the Balao canton, Guayas province, between the months of April to September of the year 2021. The general objective was to evaluate the effect of biofertilization and organic fertilization on cocoa (*Theobroma cacao* L.), in the area farm of the Balao canton of the Guayas province. The present experimental test was based on the application of an organic fertilizer and four microbial agents responsible for biofertilization, in addition, a commercial control that allowed to make the comparison between organic and conventional treatments to determine the nutritional and productive effect in relation to the crop. The treatments are: T1: Humus + *Azospirillum* spp, T2: Humus + *Trichoderma harzianum*, T3: Humus + *Ectomycorrhiza*, T4: Humus + *Bacillus subtilis* and T5: Commercial control (Ferticacao). The appropriate design for this research is a Latin box (DCL), composed of five repetitions, which was obtained 25 experimental units, it is worth mentioning that each experimental unit consisted of a cocoa plant. The variables are: number of ears, diameter and length of ears, weight of 100 grains, crop yield and cost benefit analysis. The data of the different variables to be evaluated were subjected to the analysis of variance and for the comparison of means the Tukey test was used. The results showed that organic fertilization influenced the productivity of the plant with relatively high averages, unlike the commercial control. The highest yield was given by treatment 2 with 1867.42 kg / ha and its B / C was \$ 1.48.

Keywords: *Azospirillum* spp, cocoa, *Bacillus subtilis*, *Ectomycorrhiza*, humus.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

El cultivo de cacao es considerado una fruta tropical que se originó hace más de 2 000 años A.C., esencialmente en zonas de México, Honduras y Guatemala; las personas que colonizaban estas zonas eran mayas y aztecas que producían este cultivo y lo utilizaban como bebida, además, su creencia era que dicha bebida ofrecía energía a quienes lo consumían (Velasteguí, 2019).

Ecuador es uno de los países considerados mayores proveedores de cacao, puesto que del 100% de la producción mundial de cacao fino, el 70% proviene se origina en el país. Esto es porque el sabor y aroma de dicho cacao es muy agradable y apetecido por la mayoría de habitantes, es considerado la riqueza mineral de la antigüedad. Además, el país exporta diversidad de elaborados a base de cacao y se utiliza en diversos hábitos (López, 2019).

Además, para incrementar los rendimientos se ha utilizado fertilizantes sintéticos que muchas veces ocasionan daños ambientes, a la salud o fertilidad de suelo, que se convierte en preocupación para los agricultores. Por lo tanto, investigaciones han propuesto alternativas provocando interés al uso de microorganismos benéficos del suelo que promueven el desarrollo de las plantas y aumentan la productividad de los cultivos (Moreno et al., 2018).

Por esto, para mantener la productividad de los cultivos, es necesario el uso de biofertilizantes que permiten proporcionar los nutrientes necesarios en el suelo, además, brinda ventajas ambientales y económicas, lo cual reduce daños en el medio ambiente por el exceso de insumos agrícolas químicos empleados y ocasionan daños en la salud. Entre los biofertilizantes más importantes se encuentra los abonos, compost, humus e inoculantes microbianos (Villalobos, 2019).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

El cacao es uno de los productos agrícolas más importantes en el mercado nacional e internacional, además es de importancia buscar estrategias para reducir el uso indiscriminado de insumos químicos que deterioran el suelo y las plantas se vuelven resistentes a estos. Por ello, encontrar técnicas nuevas de nutrición que ayuden a los agricultores a mantener un equilibrio con la microfauna del suelo es una prioridad para mejorar el crecimiento vegetativo y productivo de los cultivos mediante diversos mecanismos.

Por lo antes mencionado se pretende aplicar biofertilizantes favorecido por microorganismos como *Azospirillum spp*, *Ectomicorriza*, *Bacillus subtiles*, *Trichoderma harzianum* y mediante la fertilización orgánica utilizando humus. Todo esto con el fin de mejorar la respuesta agronómica del cultivo y aumentar la rentabilidad del agricultor de una manera amigable con el ambiente.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuál será el efecto de la biofertilización y la fertilización orgánica sobre la producción de cacao (*Theobroma cacao L.*)?

1.3 Justificación de la investigación

Con la ejecución de este proyecto fue evaluado el efecto de biofertilizantes y fertilizantes orgánicos sobre la producción de cacao, donde se buscó obtener un incremento de productividad del cultivo establecido en relación al número de mazorcas por plantas, tamaño, peso del grano etc.; mediante diferentes tratamientos que fueron aplicados de acuerdo al cronograma estructurado en este proyecto.

Además, cabe mencionar que esta investigación fue realizada con la finalidad de concienciar a los agricultores la importancia de emplear el uso de biofertilizantes y fertilizantes orgánicos que disminuyó el uso continuo de agroquímicos preservando y cuidando el medio ambiente.

1.4 Delimitación de la investigación

El ensayo fue realizado en el cantón Balao provincia del Guayas, entre los meses de abril a septiembre del año 2021.

1.5 Objetivo general

Evaluar el efecto de la biofertilización y la fertilización orgánica en cacao (*Theobroma cacao L.*), en la zona agrícola del cantón Balao de la provincia del Guayas.

1.6 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la biofertilización y la fertilización orgánica en el tamaño de la mazorca de cacao.
- Evaluar la producción de cacao como respuesta a la aplicación de biofertilizante y fertilización orgánica, a través del número de mazorcas por planta, el peso de 100 granos y el rendimiento.
- Definir la utilidad económica de los tratamientos mediante la metodología de presupuesto parcial.

1.7 Hipótesis

Uno de los tratamientos mediante la aplicación de biofertilización y la fertilización orgánica permitió incrementar el rendimiento del cacao en la zona de estudio.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Cortés (2015), determinó el efecto de sustratos microbianos para la producción de cacao. Los tratamientos son: T1 Testigo absoluto, T2 Bioabono, T3 Inoculante comercial, T4 Rizobacterias y T5 Testigo químico. Los resultados mostraron que existió diferencias estadísticas en las plantas de los tratamientos 3 y 4, comparados con el testigo químico y absoluto, por lo que se recomienda el uso de inoculantes microbianos para el desarrollo vegetativo del cacao.

González (2018), evaluó la inoculación de *Bacillus* sp., *Aeromonas* sp. y *Pseudomonas lini*, mediante el uso de sustratos S1= compost + arena de río + perlita, y S2= arena de río; además, dos testigos cada uno sin PGPR, generando ocho tratamientos bajo tres repeticiones. Los resultados mostraron que el uso de *Bacillus* sp produjo mayores contenidos de SST, por lo tanto, dicha cepa se considera como una alternativa para mejorar a calidad de frutos.

Corrales y Maldonado (2019), evaluaron el efecto de biofertilizantes líquido foliares a base de broza de café y estiércol de bovino con diferentes niveles de aplicación al 5% y 10%. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar. Los resultados mostraron que el tratamiento 6 mostró mayor eficacia sobre las variables evaluadas, sin embargo, bajo los siguientes promedios, puede decirse que ambos bioles muestran diferentes beneficios.

(Carvajal, 2014), en un estudio sobre la aplicación tres tipos biofertilizantes líquidos foliares en cacao, logro evidenciar, que el Tratamiento 4 presento un promedio superior en relación a los demás tratamientos con 17.75 mazorcas en promedio, seguido del Tratamiento 3 con un valor promedio de 17.25 mazorcas por

planta cabía. Cabe indicar que ambos tratamientos corresponden a la aplicación de purín al 30 % y 20 % respectivamente.

(Noles M. , 2020), en un estudio sobre la aplicación de enmiendas orgánicas en el cacao, con el fin de mejorar la producción y Fito sanidad del cultivo , pudo comprobar que para la variable rendimiento no existió diferencia significativa entre los tratamientos, el Testigo obtuvo la media más baja con 23,76 q/ha/año considerando que también tuvo un bajo número de mazorcas por planta y de mazorcas sanas siendo estas variables justamente relacionadas con el rendimiento, el T4, T3,T5 y T6 comparten significancia en los dos grupos con (33,1-36,19 – 36,49 y 41,34 q/ha/año) respectivamente, los valores más elevados tienen el T2 (53,58) y el T1 (59,10) qq/ha/año este aumento en los valores se le atribuye al biocarbón en combinación con los MM y fertilizante .

Potesta (2018), evaluó el efecto de abono líquido bajo la técnica drench sobre la producción de cacao, empleando un diseño de bloques completamente al azar conformado por cuatro tratamientos y tres repeticiones. Los resultados mostraron que el rendimiento aumento con el tratamiento 3 mostrando mayor efectividad con 1127,66 kg/ha.

Alcívar y Loor (2016), evaluaron tres tipos de fertilización: formulada, convencional y orgánica bajo un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial; los resultados mostraron que la combinación de poda con los tipos de fertilización no mostró diferencias en la aparición de brotes sanos, sin embargo, en la producción la fertilización convencional mostró mayor rendimiento con 20 qq/ha, seguida de la fertilización orgánica con 16 qq/ha.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Generalidades del cultivo de cacao

Este cultivo proviene del continente americano e inició gracias a los indígenas de Centroamérica y México para ser llevado a Europa. Luego de la segunda mitad del siglo XVI empezó a cultivarse en Ecuador. Posee una alta demanda a nivel nacional e internacional (Herrera, 2016).

Además, en 1780 empezó la producción en el país, no fue hasta 1911 que alcanzó alta producción y empezó a considerarse como uno de los países de mayor exportación de este fruto. Actualmente, el cacao que exporta el Ecuador está formado por la mezcla de Cacao CCN-51 y cacao nacional (Guerrero, 2016).

Esta planta puede encontrarse silvestre en diversos lugares de América, que, mediante investigaciones se considera que existe alta producción en México, Centroamérica y Sudamérica, especialmente en los países de Venezuela, Ecuador, Guayana, Colombia y Brasil (Mena, 2017).

Este fruto es apetecido por su aroma y sabor que resalta ante otros frutos, además, el mismo deriva el chocolate, producto que posee elevada demanda, y se inicia en la Alta Amazonía, también, el chocolate es utilizado para diversas técnicas como cocina, cosméticos, spa, entre otros (Torres, 2016).

2.2.2 Descripción taxonómica y botánica de la planta

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malvales

Familia: Sterculiaceae

Género: *Theobroma*

Especie: *Theobroma cacao* L.

Fuente: (Sánchez, 2017).

El cacao de adulto puede medir entre cinco a ocho metros de altura, sin embargo, para evitar árboles muy altos y dificulten la cosecha de las mazorcas, se aplican labores de mantenimiento como la poda, lo cual ayuda que la altura del cacao no sobrepase de los tres a cuatro metros. El sistema radicular es pivotante y mide de 2,5 a tres metros de longitud (Vilva, 2018).

Posee un tallo recto que al alcanzar un metro de altura se derivan una horqueta que podrá desarrollar cinco ramas, de los cuales serán vistos los frutos en la fructificación. El tallo tarda de un año a año y medio para completar su desarrollo y llega a medir hasta 1,5 metros donde nacerá la horqueta (Palacios, 2018).

Las hojas se desprenden tempranamente, además, existe una diferencia entre las hojas, los peciolo que posee las hojas del tallo llegan a ser más largos que los peciolo que poseen las hojas de las ramas. La lámina es lanceolada casi ovala y considerada como simple (Paspuel, 2018).

Las flores son de forma de coliflor muy pequeñas que son vistas en racimos pequeños o también llamados cojines florales en la corteza del tallo y ramas

principales, la floración se presente desde el tallo del árbol hasta las ramas leñosas de mayor altura (Rojas F. , 2013).

Además, a partir de las flores nacen los frutos, los cuales son bayas alargadas con costilla hasta 30 cm de longitud, con tonalidad variada como amarillo, rojiza, café oscuro, verde, de acuerdo a la variedad. Cada mazorca posee de 30 a 40 semillas envueltas por la pulpa mucilagínosa (Barberán, 2017).

2.2.3 Características agronómicas del material de estudio (CCN-51)

Según Carrión (2012), este clon se destaca por varias propiedades importantes como se detalla a continuación:

- Posee alta productividad que supera 2300 kg/ha (50 qq de 45 kg).
- Clon compatible, es decir no requiere polinización cruzada sino se auto fecunda y fructifica, además, es precoz y produce a partir de los 24 meses.
- Tolera a la Escoba de bruja, enfermedad presente en la mayoría de variedades.
- Alto índice de mazorcas (17,6 mazorca/kilo) 8 mazorcas/libra de cacao seco.
- Es un clon que puede adaptarse a la mayoría de zonas tropicales.
- Posee elevado porcentaje de manteca con el 54%.
- Con el adecuado manejo agronómico de cosecha se ubica entre los más importantes de exportación con alta calidad.
- Es cotizado en el mercado internacional de hasta \$100 sobre la Bolsa de New York.

2.2.4 Requerimientos climáticos y edáficos

2.2.4.1 Temperatura

La temperatura es relevante para mantener la producción, la cual debe oscilar entre 21°C a 25°C como mínima y máxima mensual, se llega a un rango del 9°C puede afectar el desarrollo de las flores y por ende se ve afectada la fructificación y maduración del fruto (Valarezo, 2020).

Además, en distintas zonas específicas, con temperaturas medias mensuales mayor a 31°C e inferior a 20°C no es recomendable debido que la producción se ve afectada y daña la calidad del cacao (Alarcón, 2019).

2.2.4.2 Luminosidad

Con respecto a la luminosidad, es considerado uno de los factores ambientes de mayor importancia en el cultivo de cacao, debido al proceso de la fotosíntesis que se realiza con baja intensidad cuando la planta se ve expuesta al sol. En establecimiento se recomienda hacer sombra (Mejía et al., 2017).

Generalmente, esta planta se desarrolla de manera adecuada bajo sombra, sin embargo, influyen varios factores que puedan afectar con la contribución de propagarse plagas y enfermedades, por esto la situación climática debe considerarse para el establecimiento del cultivo (Guerrón, 2018)

2.2.4.3 Precipitación

Las precipitaciones óptimas para el cacao varían entre 1200 mm/año y puede alcanzar a 4000 mm/año, lo cual depende de la zona donde se encuentre establecido el cultivo, cabe mencionar que el cultivo es sensible a la escasez de humedad (Paspuel, 2018).

El adecuado suministro de agua en el cacao es de importancia, puesto que favorece los procesos metabólicos de la planta, además, la lluvia también se

menciona como factor climático que pueda afectar o favorecer la plantación establecida (Noles M. , 2020).

2.2.4.4 Altitud

El cultivo se desarrolla mejor en zonas tropicales siendo sembradas desde el nivel del mar hasta 800 metros de altitud, pero en latitudes adyacentes a Ecuador el cultivo se desarrolla generalmente en mayor altitud desde los 100 msnm hasta los 1400 msnm (Gil, 2018).

Además, entre esos factores se destaca el viento, que si se produce bruscamente puede afectar a la planta ocasionando desecamiento, muerte y caída de hojas, por esta situación se suele utilizar cortavientos que puedan proteger al cacao y evitar los daños (Rojas, 2020).

2.2.4.5 Suelo

Este cultivo requiere de suelos con alto contenido de materia orgánica, de textura franco arcillosos y drenaje con topografía regular, además, entre el factor más importante limitante del cacao es la fina capa húmica que requiere para que no se degrade rápidamente (Mera, 2018).

Además, se suele utilizar plantas que generen los nutrientes que requiere como plantas leguminosas que contribuyan condicha acción, debe estar libre de hierro, y la materia orgánica debe mantenerse alta en todo momento (Agrotendencia, 2018).

2.2.4.6 Ph

Requiere un pH ligeramente ácido que se encuentre en el rango 5,0 a 5,6, también posee un sinnúmero de pigmentos de origen natural o llamados flavonoides, que brinda el color marrón claro (RTVE, 2019).

Se puede decir que el 39% de los suelos utilizados en la producción de cacao son ligeramente ácidos y está presente el elemento nitrógeno, el cual debe

encontrarse siempre disponible para la planta, aunque la planta es tolerante a la acidez no debe bajar este rango menor a 5,5 (Barrera et al., 2018).

2.2.4.7 Profundidad

Para una adecuada siembra en cacao y la planta pueda desarrollarse adecuadamente, el suelo debe poseer características específicas como adecuada profundidad, la cual pueda favorecer a las raíces que penetren hasta 1,5 metros; además la tonalidad del suelo debe ser oscura que índice el alto contenido de materia orgánica (INTA, 2018).

La profundidad puede oscilar entre 0,80 m y 1,5 m, el drenaje también es importante para el desarrollo, el cacao es poco tolerante a suelos arcillosos y el manto freático debe encontrarse a 1,5 m de profundidad (Pinargote, 2015).

2.2.4.8 Humedad relativa

La humedad relativa en el cacao propicia es del 80%, si bien también puede desarrollarse con mayor al 70%. Sin embargo, si la humedad relativa alcanza al 85% durante lluvias o climas fríos, puede favorecer la aparición de enfermedades fungosas como la monilla (CacaoMovil, 2021).

Este cultivo es sensible a la falta de agua, pero también al encharcamiento, por esto es que debe haber un balance y suelos con buen drenaje y profundos. A mayor estancamiento de agua puede ocasionar asfixia de raíces y por ende la muerte de plantas (AgroEcuador, 2017).

2.2.5 Biofertilización

El proceso de la biofertilización como el manejo integrado de plagas son labores importantes que requiere el cultivo de cacao, para mejorar el desarrollo bajo una agricultura sustentable y amigable con el medio ambiente. Eso ocasiona curiosidad

a los agricultores por tomar alternativas ecológicas que brinden los nutrientes necesarios a la planta (Hipólito et al., 2017).

Además, brindan de manera natural los nutrientes esenciales como el caso del nitrógeno, fósforo y potasio, también los microorganismos presentes facilitan la biofertilización en las plantas. Este proceso evita la contaminación de suelos o ambientales (Probelte, 2019).

2.2.6 Principales agentes responsables de la biofertilización

2.2.6.1 *Azospirillum spp*

Azospirillum, posee la capacidad de fijar nitrógeno, solubilizar el fósforo y producir hormonas de crecimiento, además se lo utiliza como biofertilizante para producir frutos de calidad sin causar daños ambientales. Además, su uso en la agricultura, estas bacterias generan la reducción de fertilizantes y plaguicidas químicos (Sagoquiza, 2018).

La inoculación de estas bacterias ayuda en el desarrollo de las raíces de las plantas, además prologan las ramificaciones que se dan por la presencia de fitohormonas, ayudan en la absorción de agua y minerales requeridos por las plantas brindando mayor vigorosidad (Aguilar, 2020).

2.2.6.2 *Trichoderma harzianum*

Dicho hongo es utilizado en varias aplicaciones biotecnológicas agrícolas por su importancia en inhibir el crecimiento o germinación de esporas de hongos fitopatógenos, mediante investigaciones se ha comprobado su eficacia en la actividad inhibitoria de microorganismos (Mesa et al., 2019).

En las primeras etapas vegetativas en los cultivos es importante el uso de dicho hongo el cual interviene en el crecimiento radicular de las plantas y el follaje,

además, brinda protección y resistencia a las plántulas ante el ataque de plagas y enfermedades (Trichodex, 2016).

2.2.6.3 *Trichoderma harzianum*

Se encuentra en la mayoría de suelos y otros sustratos agrícolas, se expande ante más de 30 especies que en la agricultura brinda beneficios, ya sea como fertilizantes o protección ante enfermedades (Salazar, 2017).

2.2.6.4 *Ectomicorizas*

Son asociaciones de hongos que no entran en las células de la raíz, sino se encuentran encima de estas para accionar. Pueden ser observadas a simple vista a partir de cuerpos fructíferos de hongos y en la raíz por medio de la Red de Hartig (Uitzil, 2017).

Esta asociación de hongos es reconocida como una significativa vía de transferencia y acumulación de carbono en el suelo, posee alta potencia en la mitigación atmosférica y su uso puede promover el establecimiento y desarrollo de individuos arbóreos (Chávez et al., 2021).

2.2.6.5 *Bacillus subtilis*

Es capaz de generar progresión en moléculas bioactivas y cualidades antifúngicas, con baja toxicidad y características que generan beneficios al medio ambiente, a diferencia de los insumos químicos que generan contaminación ambiental y elevados costos (Nagua, 2016).

“El metabolismo de *B. subtilis* es predominantemente respiratorio, siendo el oxígeno el aceptor terminal de electrones, por tanto, en presencia de oxígeno resulta abundante crecimiento con la formación de 2,3-butanodiol, acetoina y CO₂ como productos principales” (Cobo, 2017, pág. 20).

2.2.7 Importancia de la fertilización orgánica en el cultivo de cacao.

La fertilización orgánica es muy importante porque aumentan el contenido de nutrientes necesarios en el suelo para que sean absorbidos por la planta. Además, se sostiene que los abonos orgánicos actúan como mejoradores de suelos y las cantidades aplicadas deben ser las apropiadas para generar efectividad en la producción (Alcívar y Loor, 2016).

2.2.8 Principales características de los abonos orgánicos

2.2.8.1 Humus

El humus es de importancia, proporciona al suelo materia orgánica e influye tanto en los procesos físicos, químicos y biológicos. Físicos porque brinda consistencia al suelo, químico porque regula la nutrición y biológico porque brinda alimento para los microorganismos (AEFA, 2017).

Además, es considerado uno de los mejores abonos orgánicos que puedan ser aplicado a las plantas, es de fácil preparación y por la digestión de las lombrices se origina el sustrato rico en ácidos húmicos y fúlvicos (Verdecora, 2019).

2.3 Marco legal

Artículo 3. Deberes del Estado.- Para el ejercicio de la soberanía alimentaria, además de las responsabilidades establecidas en el Art. 281 de la Constitución el Estado, deberá:

- a)** Fomentar la producción sostenible y sustentable de alimentos, reorientando el modelo de desarrollo agroalimentario, que en el enfoque multisectorial de esta ley hace referencia a los recursos alimentarios provenientes de la agricultura, actividad pecuaria, pesca, acuicultura y de la recolección de productos de medios ecológicos naturales.
- b)** Establecer incentivos a la utilización productiva de la tierra, desincentivos para la falta de aprovechamiento o acaparamiento de tierras productivas y otros mecanismos de redistribución de la tierra.
- c)** Impulsar, en el marco de la economía social y solidaria, la asociación de los microempresarios, microempresa o micro, pequeños y medianos productores para su participación en mejores condiciones en el proceso de

producción, almacenamiento, transformación, conservación y comercialización de alimentos.

d) Incentivar el consumo de alimentos sanos, nutritivos de origen agroecológico y orgánico, evitando en lo posible la expansión del monocultivo y la utilización de cultivos agroalimentarios en la producción de biocombustibles, priorizando siempre el consumo alimenticio nacional.

e) Adoptar políticas fiscales, tributarias, arancelarias y otras que protejan al sector agroalimentario nacional para evitar la dependencia en la provisión alimentaria.

f) Promover la participación social y la deliberación pública en forma paritaria entre hombres y mujeres en la elaboración de leyes y en la formulación e implementación de políticas relativas a la soberanía alimentaria (Constitución del Ecuador, 2009).

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La investigación es de tipo experimental, donde se evaluó el efecto de cuatro microorganismos, como generadores de biofertilizantes, tales como: “*Azospirillum spp*”, *Trichoderma harzianum*, *Ectomicorriza* y *Bacillus subtilis* y abono orgánico *humus* “en el cultivo de cacao.

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño fue experimental y se basó bajo un cuadro latino, compuesto por los cinco tratamientos, del cual se evaluó las variables presentes en el estudio bajo un análisis de varianza determinando la dispersión de las cifras estadísticas de los tratamientos empleando la prueba de Tukey al 5% de significancia.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

Según el tipo de investigación, se incluyen las variables.

3.2.1.1. *Variable independiente*

Microorganismos eficientes de la biofertilización (*Azospirillum spp*, *Trichoderma harzianum*, *Ectomicorriza* y *Bacillus subtilis*).

Fertilizantes orgánicos (humus)

3.2.1.2. *Variable dependiente*

3.2.1.2.1 *Número de mazorca /planta*

El número de mazorca que se encontraron fisiológicamente maduras fueron evaluadas mediante dos cosechas. Los datos fueron promediados por tratamiento en estudio.

3.2.1.2.2 Diámetro y longitud de mazorca

Se tomaron cinco mazorcas fisiológicamente maduras al azar de cada unidad experimental, y fue tomado el diámetro y longitud para expresar en centímetro los datos obtenidos, fue utilizado un calibrador y una cinta métrica, dicha variable fue tomada a la cosecha de cada uno de los tratamientos propuestos.

3.2.1.2.3 Peso de 100 granos secos

Esta variable fue valorada durante dos cosechas consecutivas, seleccionando 100 granos de forma aleatoria de cada tratamiento en estado seco, por cada unidad experimental. El dato fue expresado en gramos, bajo el uso de una balanza de precisión (laboratorio). Cabe indicar que los datos se ajustaron a un 12% de humedad con la ayuda de la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Paj: } P (100 - H_i)}{100 - H_f}$$

Siendo:

Paj = Peso ajustado (12%),

P = El peso de los granos sin ajuste,

H_i = la humedad inicial evaluada mediante un medidor de humedad y

H_f = la humedad final considerada (12%)

3.2.1.2.4 Rendimiento

Esta variable fue reportada como la suma consecutiva de dos cosechas realizadas a los 130 y 150 días, al inicio del experimento en cada una de las unidades experimentales. En este caso fue utilizada una balanza de precisión y el dato se reportó, previo ajuste del 12% de humedad por el mismo procedimiento de la variable anterior, en kg/ha.

3.2.1.2.5 Análisis económico (B/C)

Fue realizado el análisis económico parcial mediante la relación beneficio/costo, de cada uno de los tratamientos propuestos en el estudio durante el tiempo del desarrollo del ensayo.

3.2.2 Tratamientos

El presente ensayo experimental se basó en la aplicación de cuatro fertilizantes orgánicos y cinco agentes microbianos responsables de la biofertilización, además, un testigo comercial que permitió efectuar la comparación entre tratamientos orgánicos y convencional para determinar el efecto nutricional y productivo con relación al cultivo.

Los tratamientos estudiados se detallan a continuación.

Tabla 1. Tratamientos en estudio

Nº	Tratamientos	Dosis de producto comercial	Aplicaciones (Días)
1	Humus + <i>Azospirillum spp</i>	(2 ton/ha-1l/ha)	0-15-30
2	Humus + <i>Trichoderma</i>	(2 ton/ha-1l/ha)	0-15-30
3	Humus + <i>Ectomicorriza</i>	(2 ton/ha-1l/ha)	0-15-30
4	Humus + <i>Bacillus subtilis</i>	(2 ton/ha-3kg/ha)	0-15-30
5	Testigo comercial (Ferticacao)	3sacos /ha	0-15-30

Solórzano, 2021

Con respecto al *Azospirillum Spp*, su concentración es no menos de 2×10^{12} UFC/propágulos por dosis. Su ingrediente activo es al 10% *Azospirillum Brasilense*, el cual es un fijador de nitrógeno y el ingrediente activo de 90% activador energético, la viabilidad es del 96,8%.

En el caso de *Trichoderma harzianum*, la concentración es no menos de 1×10^9 Esporas/dosis. Y una germinación de 98% entre 24 y 48 horas. La pureza es del

100% y entre sus características el 1% es perteneciente al *Trichoderma* y el 99% a activadores energéticos como polisacáridos y aminoácidos.

La concentración de la Ectomicorriza es no menos de 2×10^{13} UFC/propágulo por dosis, las características lo componen el 99% de micorriza y el 1% de aminoácidos y polisacáridos.

Para *Bacillus subtilis* de forma comercial es Soil Activator, combinado de tres cepas de bacterias benéficas que ayudan en el programa de fertilización fortaleciendo el desarrollo de raíces y mejorando el crecimiento vegetativo del cultivo.

Mientras el testigo comercial (Ferticacao 20-6-17-3-4-1), se componen de los nutrientes minerales: nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, azufre y boro.

3.2.3 Diseño experimental

El diseño apropiado para esta investigación es un cuadro latino (DCL), compuesto por cinco repeticiones, lo que se obtuvo 25 unidades experimentales, cabe mencionar que cada unidad experimental, estuvo constituida por una planta de cacao, el DCL se observa en la Figura 1.

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos

Se obtuvo información de tesis de grado, monografía sitio web, revistas científica, ficha técnica, tesis doctoral, entre otros. Los materiales a utilizarse son: (*Azospirillum spp*, *Ectomicorriza*, *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis* y abono orgánico humus), calibrador, bomba de fumigar, bomba de riego, machetes, lupa, letrero, equipo de medición, cintas, fundas plásticas, libreta de apuntes, bolígrafo, computadora, cámara fotográfica, etc.

3.2.4.2. Métodos y técnicas

El método empleado en este ensayo experimental fue inductivo o deductivo el mismo que se valoró a cada una de las variables dependientes. El manejo del ensayo experimental se muestra a continuación:

3.2.4.2.1 Análisis de suelo

Antes de establecer el ensayo se procedió a tomar una muestra representativa del suelo, con la cual se verificó el comportamiento de los nutrientes en el sitio de estudio.

3.2.4.2.2 Selección de plantas

Fueron seleccionadas cinco plantas por cada tratamiento al azar, para ser evaluadas, las plantas fueron marcadas de acuerdo al croquis visto en la Figura 1.

3.2.4.2.3 Manejo de poda y coronado

Se realizó la poda y coronado de las plantas evaluadas con un radio del 1,50 m, antes de la aplicación edáfica. Luego se procedió a incorporar los fertilizantes orgánicos mediante una franja de 0.35 m alrededor de la copa el mismo momento se aplicaron los microorganismos eficientes mediante drench de acuerdo a los tratamientos establecidos.

3.2.4.2.4 Control de malezas

Esta labor se realizó de manera manual con frecuencia de 15 y 20 días de acuerdo a la incidencia presentes en el ensayo experimental.

3.2.4.2.5 Controles de plagas

Se realizaron evaluaciones periódicamente cada 15 días para llevar a cabo el control correspondiente mediante aplicaciones de insecticidas de tipo orgánico como el *Bacillus thuringiensis* es una bacteria capaz de matar gran grupo específico de insectos a través de la ingestión. Por lo tanto fue de gran ayuda

porque se logró disminuir la población de insectos perjudiciales que trabajan asociados para el desarrollo de enfermedades en el cultivo de cacao.

3.2.4.2.6 Control de enfermedades

Esta labor fue valorada cada 15 días de acuerdo a la incidencia y severidad que presentaron los patógenos que provocan las principales enfermedades de este cultivo, debido a la alta humedad de la zona de estudio se encontró una alta diseminación de hongo entre ellos *Moniliophthora roreri*. Pero con la ayuda de uno de los tratamientos en estudio que contenía *Trichoderma harzianum* se logró disminuir la proliferación de la enfermedad obteniendo fruto o mazorca de alta calidad en el cultivo.

3.2.4.2.7 Descripción del ensayo

El ensayo se realizó entre los meses de abril y septiembre del 2021, donde se utilizó un diseño experimental DCL (Diseño cuadrado latino), las cuales se comenzó a seleccionar el terreno indicando los tratamientos y repeticiones a cada unidad experimental a utilizar, luego se inició con la primera aplicación según como indica la tabla de tratamientos a los 0, 15,30 días.

Las aplicaciones se realizaron el 01 – 15 – 30 de abril vía drench utilizando los siguientes tratamientos T1 (*Humus +Azospirillum spp*) con una dosis de 2 ton/ha-1l/ha, T2 (*Humus +Trichoderma harzianum*) con una dosis de 2 ton/ha-1l/ha, T3 (*Humus + Ectomicorriza*) con una dosis de 2 ton/ha-1l/ha, T4 (*Humus + Bacillus subtiles*) con una dosis de 2 ton/ha-3kg/ha y T5 Testigo comercial (fertilizante) con una dosis de 3sacos /ha, para las aplicaciones de los tratamientos se utilizó una bomba de mochila de 20lt via drench esparciendo los productos alrededor de cada unidad experimental tomando las debidas normas de bioseguridad.

Cabe mencionar que para tomar las variables dependientes se realizó la selección de 5 mazorcas pequeñas por cada unidad experimental, con la ayuda de una cinta de color azul para identificar y tomar datos, que se realizaron entre los 130 y 150 días, indicando que el primer corte se lo efectuó el 29 de agosto y el segundo corte se lo realizó el 18 de septiembre tomando las variables a evaluar como número de planta por mazorca, longitud y diámetro y peso de 100 granos de semillas secas y rendimiento de kilogramo por hectárea

3.2.4.2.8 Cosecha

Esta labor fue realizada de forma manual, durante dos cortes, con ayuda de tijeras de podar, tomando las mazorcas fisiológicamente maduras, luego se realizó el respectivo proceso de secado para tomar los datos de los tratamientos en cada corte y proyectar dicho rendimiento a kg/ha para posteriormente promediarlos.

3.2.5 Análisis estadístico

Los datos de las diferentes variables a evaluarse fueron sometidos al análisis de varianza con el fin de establecer diferencias significativas entre los tratamientos propuestos (Tabla 1). Para la comparación de medias se utilizó el test de Tukey. Estos análisis fueron realizados bajo error tipo 1. El modelo de análisis de varianza, según el diseño experimental propuesto, es el que se indican a continuación.

Tabla 2. Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación			Grados de libertad
Tratamientos	(t-1)	(5-1)	4
Filas	(f -1)	(5-1)	4
Columnas	(c-1)	(5-1)	4
Error experimental	t (t-3)+2	5 (5-3)+2	12
Total	t ² -1	5*5-1	24

Solórzano, 2021

4. Resultados

4.1 Número de mazorcas de cacao

En la tabla N° 3 se presenta la variable de número de mazorcas por planta, al realizar el análisis de varianza se detectó alta significancia estadística para tratamientos, filas, columnas respectivamente. El coeficiente de variación presento un valor porcentual de 4%.

Al efectuar la comparación entre las medias de los tratamientos de esta variable se puede apreciar que el T4 (*Humus+ Bacillus subtilis*), y T3 (*Humus + Ectomicorrizas*) son estadísticamente iguales, sin embargo tienen un valor de 17.80 y 17.20 mazorcas por planta respectivamente, para cada una de las mismas, el T2 (*Humus + Trichoderma harzianum*) es estadísticamente diferente a los anteriores tienen un valor de 14.40 , siendo diferente al T1 (*Humus + Azospirillum spp*) que presenta un valor de 12.00. Mientras que el testigo comercial (fertilizante) presento el menor número de mazorcas por planta con 10 respectivamente.

Tabla 3. Promedios del número de mazorcas

Tratamientos	Promedios
T1: Humus + <i>Azospirillum spp</i>	12 c
T2: Humus + <i>Trichoderma harzianum</i>	15 b
T3: Humus + Ectomicorriza	17 a
T4: Humus + <i>Bacillus subtilis</i>	18 a
T5: Testigo comercial (Fertilizante)	10 d
CV %	4,00

Solórzano, 2021

4.2 Diámetro de mazorcas (cm)

En tabla N°4, se puede apreciar que corresponde a la variable diámetro de mazorcas. Al efectuar el análisis estadístico se logró detectar que existió, alta significancia para tratamiento, filas, columnas respectivamente. El coeficiente de variación muestra un valor porcentual de 0.69%.

Al efectuar la comparación entre las medias de los tratamientos se puede apreciar que el T4 (Humus + *Bacillus subtilis*) fue estadísticamente superior a todos los tratamientos con un valor del diámetro de mazorca con 15.96cm, mientras que el T3 (Humus+ *Micorrizas*) y T2 (Humus + *Trichoderma harzianum*) son estadísticamente diferentes al anterior, mostrando igualdad estadística entre los dos con un valor de 15.14cm y 15.06cm respectivamente. En cambio el T1 (Humus + *Azospirillum spp*) mostro también diferencia estadística al anterior con un valor de 13.94 cm mazorca por planta, sin embargo cabe resaltar que el tratamiento testigo comercial (fertilizante) presento el valor más bajo con respecto con esta variable 12.78cm mazorca por planta consecutivamente.

Tabla 4. Promedio del diámetro de mazorcas (cm)

Tratamientos	Promedios
T1: Humus + <i>Azospirillum spp</i>	13,94 c
T2: Humus + <i>Trichoderma harzianum</i>	15,06 b
T3: Humus + Ectomicorriza	15,14 b
T4: Humus + <i>Bacillus subtilis</i>	15,96 a
T5: Testigo comercial (Fertilizante)	12,78 d
CV %	0,69

Solórzano, 2021

4.3 Longitud de mazorcas (cm)

En la tabla N° 5 se aprecian los valores de la variable de longitud de mazorca de cacao en cm. Al efectuar el análisis de varianza se logró detectar que existió alta significancia estadística tanto para tratamientos, filas y columnas

respectivamente. El coeficiente de variación presento un valor porcentual de 0.80%.

Al realizar la comparación entre las medias de los tratamientos se pueden visualizar que el T1 (*Humus+ Ectomicorriza*) fue estadísticamente superior y diferente estadísticamente a los demás con un valor de 25.50cm, sin embargo, el T4 (*Humus + Bacillus subtiles*) presento un valor de 23.73cm, el T1 (*Humus + Azospirillum*) mostro un valor de 22.72cm. Mientras que el T2 (*Humus + Trichoderma harzianum*) evidencio un valor de 21.60 cm existiendo diferencias estadísticas valórica entre estos y el anterior. Sin embargo, el testigo comercial (fertilizante) obtuvo el valor más bajo con respecto a esta variable con 19.67cm consecutivamente.

Tabla 5. Promedios de longitud de mazorcas (cm)

Tratamientos	Promedios
T1: Humus + <i>Azospirillum spp</i>	22,72 c
T2: Humus + <i>Trichoderma harzianum</i>	21,60 d
T3: Humus + Ectomicorriza	25,50 a
T4: Humus + <i>Bacillus subtilis</i>	23,73 b
T5: Testigo comercial (Fertilizante)	19,67 f
CV %	0,80

Solórzano, 2021

4.4 Peso de 100 granos de cacao (gramos)

En la tabla N° 6 se aprecian los valores con respecto a la variable peso de 100 granos de semilla seca. Al ejecutar el análisis de varianza, se logró detectar alta significancia estadística para tratamiento, filas y columnas respectivamente. El coeficiente de variación oscilo un valor porcentual de 3.27% respectivamente.

Al efectuar la comparación entre las medias de los tratamientos se puede visualizar el T2 (*Humus + Trichoderma harzianum*) fue superior estadísticamente al resto de tratamiento con respecto a la variable antes mencionada cuyo valor fue de 68.47gr, siendo el más alto. Sin embargo el T4 (*Humus + Bacillus subtilis*) y T3 (*Humus + Ectomicorriza*) tienden a comportarse estadísticamente iguales y diferente entre los dos y el anterior cuyos valores fueron de 63.30g y 61.91g consecutivamente. Mientras que el T1 (*Humus + Azospirillum spp*) muestra una ligera igualdad y diferencia estadísticamente al tratamiento que lo antecede con un valor de 57.88g. En cambio el testigo comercial (ferticacao) presento el valor más bajo con 56.07g con referencia a esta variable.

Tabla 6. Promedio del peso de 100 granos de cacao

Tratamientos	Promedios
T1: Humus + <i>Azospirillum spp</i>	57,88 cd
T2: Humus + <i>Trichoderma harzianum</i>	68,47 a
T3: Humus + Ectomicorriza	61,91 bc
T4: Humus + <i>Bacillus subtilis</i>	63,30 b
T5: Testigo comercial (Ferticacao)	56,07 d
CV %	3,27

Solórzano, 2021

4.5 Rendimiento del cultivo kg/ha

En la tabla N° 7 se aprecian los valores que corresponden a la variable rendimiento en kg/ha. Al efectuar el análisis de varianza se logró detectar una ligera significancia estadística entre los tratamientos, filas y columnas respectivamente. El coeficiente de variación presentó un valor porcentual de 2.47% consecutivamente.

Al efectuar la comparación entre las medias de los tratamientos se puede apreciar que el T2 (*Humus + Trichoderma*), T4 (*Humus + Bacillus subtilis*), T3 (*Humus + Ectomicorriza*) y T1 (*humus+ Azospirillum*) presentan igualdad estadística, cuyo rendimiento fueron de 1867.42 kg/ha, 1863.56 kg/ha, 1828.83kg/ha y 1797.19 kg/ha respectivamente. Sin embargo, se difieren estadísticamente que el testigo comercial (fertilizante) apenas demostró un rendimiento de 1404.78 kg/ha respectivamente.

Tabla 7. Promedios del rendimiento del cultivo

Tratamientos	Promedios
T1: Humus + <i>Azospirillum spp</i>	1797,19 a
T2: Humus + <i>Trichoderma harzianum</i>	1867,42 a
T3: Humus + Ectomicorriza	1828,83 a
T4: Humus + <i>Bacillus subtilis</i>	1863,56 a
T5: Testigo comercial (Fertilizante)	1404,78 b
CV %	2,47

Solórzano, 2021

4.6 Análisis económico de tratamientos

El análisis económico de los tratamientos indica una relación beneficio-costos positiva pues todos los tratamientos presentaron valores de 1,61; 1,60; 1,58: y 1,57 para los tratamientos T2, T4, T3 y T1 respectivamente, cabe indicar que por cada dólar invertido se obtuvo beneficios económicos en los tratamientos antes mencionados Mientras que el T5 que corresponde a testigo comercial apenas alcanzó un ítems de 1,01; es decir que no presento ni pérdidas ni ganancias.

Tabla 8. Análisis económico de tratamientos

COMPONENTES	T1: Humus + <i>Azospirillum</i> <i>spp</i>	T2: Humus + <i>Trichoderma</i> <i>harzianum</i>	T3: Humus + Ectomicorriza	T4: Humus + <i>Bacillus</i> <i>subtilis</i>	T5: Testigo comercial (Ferticacao)
Rendimiento Kg/ha (12% Humedad)	1797,19	1867,42	1828,83	1863,56	1404,78
Costo kg de cacao(\$)	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87
Costo Fijo (\$)	1200,00	1200,00	1200,00	1200,00	1200,00
Costo Variable (\$)	106,5	133,00	123,00	138,00	103,50
Costo Total	1306,50	1333,00	1323,00	1338,00	1303,50
Ingreso Bruto (\$)	3360,74	3492,07	3419,91	3484,85	2626,93
Beneficio Neto (\$)	2054,24	2159,07	2096,91	2146,85	1323,43
Relación BENEFICIO/COSTO)	1,57	1,61	1,58	1,60	1,01

Solórzano, 2021

5. Discusión

En lo referente a la variable diámetro de mazorca se logró determinar el efecto de la biofertilización y la fertilización orgánica a base de Humus+ *Bacillus subtilis*, Humus+*Trichoderma harzianum* y Humus+*Ectomicorriza* los mismos que presentaron alta significancia estadística entre los tratamientos, dichos promedios fluctuaron entre 15,96 cm, 15,06 cm y 15,14 respectivamente. En lo relacionado al longitud de mazorca, la aplicación de Humus + *Ectomicorriza* presentó 25,50 cm considerándose el promedio más alto, seguido Humus + *Bacillus subtilis*, con 23,73 cm. Dichos resultados de esta variable confirman la aseveración de (Cortés, 2015), que mediante investigaciones con bioabonos y rizobacterias en las plantaciones de cacao incrementaron el desarrollo vegetativo, permitiendo incrementar el diámetro y longitud de mazorca.

Mientras en la evaluación de la producción de cacao como respuesta a la aplicación de biofertilizante y fertilización orgánica, se indicó que la aplicación de Humus+*Bacillus subtilis* y Humus+*Ectomicorriza* obtuvieron el mayor número de mazorcas con 18 y 17 mazorcas por planta, lo cual coincide con (Carvajal, 2014), que en un estudio sobre tres tipos de biofertilizantes líquidos (purín al 30 % y 20%), aplicados foliarmente, logró evidenciar el número de mazorcas por tratamiento. En este caso el Tratamiento 4 presenta un promedio superior en relación a los demás tratamientos con 17.75 mazorcas en promedio, seguido del Tratamiento 3 con un valor promedio de 17.25 mazorcas por planta respectivamente.

Con respecto a la producción, los tratamientos orgánicos generaron promedios altos que oscilaron entre 1797,19 kg/ha a 1867,42 kg/ha. Con respecto a la producción González (2018), sostiene que el uso de *Bacillus subtilis* mejora la calidad de frutos. Mientras (Alcívar & Llor, 2016) , corroboran que la fertilización

orgánica genera mayor incremento de frutos y alta productividad en el cultivo agrícola. Al efectuar la comparación entre las medias de los tratamientos puedo apreciar que el T2 (Humus + *Trichoderma*), T4 (Humus+*Bacillus subtilis*), T3 (Humus + *Ectomicorriza*) y T1 (Humus+ *Azospirillum*) presentan igualdad estadística, cuyo rendimiento fueron de 1867.42 kg/ha, 1863.56 kg/ha, 1828.83kg/ha y 1797.19 kg/ha respectivamente. Sin embargo se difieren estadísticamente que el testigo comercial (fertilizante) apenas demostró un rendimiento de 1404.78 kg/ha, dichos resultados en lo referente a al rendimiento productivo concuerdan con (Noles M. , 2020), en un estudio sobre la aplicación de enmiendas orgánicas en el cacao, con el fin de mejorar la producción y Fitosanidad del cultivo , pudo comprobar que para la variable rendimiento no existió diferencia significativa entre los tratamientos, el Testigo obtuvo la media más baja con 23,76 q/ha/año considerando que también tuvo un bajo número de mazorcas por planta y de mazorcas sanas siendo estas variables justamente relacionadas con el rendimiento, el T4, T3,T5 y T6 comparten significancia en los dos grupos con (33,1-36,19–36,4 y 41,34q/ha/año) respectivamente, los valores más elevados tienen el T2 (53,58) y el T1 (59,10) qq/ha/año este aumento en los valores se le atribuye al biocarbón en combinación con los MM y fertilizante. En cuanto a análisis económico, los tratamientos que sobresalieron con respecto a los demás fueron T2 (Humus+*Trichoderma harzianum*) y T4 (Humus+*Bacillus subtilis*) presentaron valores superiores en cuanto a la relación beneficio - costo con \$1,61 y 1,60 respectivamente. Es decir, que el dólar invertido y recuperado el productor cacaotero recibe \$0,61 y \$0,60; existiendo una rentabilidad positiva., concordando con (Izurieta, 2020) quien manifiesta que el uso de microorganismos se vuelve una alternativa viable para reducir gastos dentro de la inversión económica.

6. Conclusiones

Basado en los resultados se concluye lo siguiente:

El efecto de la biofertilización y fertilización orgánica influyó pasivamente en el T3 (Humus + *Ectomicorriza*). Pues en cuanto al desarrollo longitudinalmente de las mazorcas los promedios alcanzados fueron 25,50 y 15.14 cm respectivamente.

El tratamiento 4 comprendido por humus más *Bacillus subtilis* generó mayor número de mazorcas con 18 promedio, mientras en la producción el tratamiento a base del humus más *Trichoderma harzianum* generó 1867,42 kg/ha promedio más alto entre los tratamientos.

El tratamiento T2 (Humus + *Trichoderma harzianum*) el T4 (Humus + *Bacillus subtilis*) generaron los valores más altos con relación al beneficio costo con 1.61 y 1.60 respectivamente, mientras que el T5 (Ferticacao) reporto el valor más bajo con respecto a esta variable 1.01 consecutivamente

En función de los resultados y discusiones planteadas se acepta la hipótesis que al menos uno de los tratamientos mediante la aplicación de biofertilización y fertilización orgánica, permitió incrementar el rendimiento del cacao en la zona estudio.

7. Recomendaciones

De acuerdo a las conclusiones obtenidas se recomienda:

Manejar programas de fertilización orgánica en las plantaciones de cacao, con la finalidad de mejorar el tamaño de las mazorcas de manera amigable con el medio ambiente.

Incluir en los programas de fertilización y fitosanidad insumos agrícolas de origen orgánico, puesto a las propiedades que poseen en el mecanismo de defensa a la planta y mejorar la productividad.

Retroalimentar a los pequeños y medianos productores dedicados a las plantaciones de cacao sobre la importancia de la fertilización orgánica y sus beneficios económicos.

Realizar nuevos ensayos con otros microorganismos eficientes con el objetivo de buscar nuevas técnicas de biofertilización que ayuden incrementar el rendimiento del cultivo.

8. Bibliografía

- AEFA. (2017). *Humus*. Obtenido de <https://aeфа-agronutrientes.org/glosario-de-terminos-utiles-en-agronutricion/humus>
- AgroEcuador. (2017). *El Cultivo Del Cacao: Clima Y Suelo*. Obtenido de <http://www.agroecuador.org/index.php/blog-noticias/item/317-el-cultivo-del-cacao-clima-y-suelo>
- Agrotendencia. (2018). *El Cacao*. Obtenido de <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-cacao/>
- Aguilar, L. (2020). *Producción masiva de Azospirillum spp., formulación, control de calidad y su uso en la agricultura: Revisión de Literatura*. Tesis de grado, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6789>
- Alarcón, G. (2019). *Evaluación del comportamiento agromorfológico de cuatro clones de Theobroma cacao L.(cacao) con tres distanciamientos de siembra*. Tesis de grado, Universidad Estatal del sur de Manabí, Jipijapa. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1550>
- Alcívar, J., & Loor, M. (2016). *Respuesta del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) A la poda y fertilización orgánica y química*. Alcívar. Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica, Calceta. Obtenido de <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/461>
- 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*. Tesis de grado, Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7706/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-111.pdf>

- Barrera, C., Bastidas, P., Caicedo, F., Calderón, C., Calero, D., Casasola, A., & Chávez, F. (2018). Fragilidad de los suelos en la Amazonía ecuatoriana y potenciales alternativas agroforestales para el manejo sostenible. (E. Virginio, C. Astorga, F. Casasola, & C. Caicedo, Edits.) *Agroforestería Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana*, N° 2(445), 18.
- CacaoMovil. (2021). *¿Cuáles son los requerimientos de clima y altitud para el cultivo del cacao?* Obtenido de <https://www.cacaomovil.com/site/guide?id=12&articleId=16>
- Carrión, J. (2012). *Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de cacao (Theobroma cacao L.) variedad CCN-51, Jama-Manabí*. Manabí-Ecuador: Universidad San Francisco De Quito. Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/1451>
- Carvajal, I. (2014). *Evaluación de tres tipos de biofertilizantes líquidos foliares en dos dosis de aplicación en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.), en la Estación Experimental de Sapecho- Alto Beni*. La Paz - Bolivia: Universidad Mayor de San Andres.
- Chávez, G., Pérez, M., & Burrola, C. (2021). *Ectomicorrizas, su papel potencial en la mitigación del cambio*. Obtenido de <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=10883>
- Cobo, C. (2017). *Evaluación de medios de cultivo líquidos para la multiplicación de la bacteria Bacillus subtilis*. Tesis de grado, Universidad San Francisco de Quito, Pichincha. Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6598>

- Constitución del Ecuador. (2009). *Asamblea Nacional*. Obtenido de Recuperado <https://www.soberaniaalimentaria.gob.ec/pacha/wp-content/uploads/2011/04/LORSA.pdf>
- Corrales, D., & Maldonado, C. (2019). Aplicación de biofertilizantes en plantines de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Sapecho - Alto Beni. *Revista de la Carr.de Ingeniería Agronómica –UMSA.*, 5(3), 6. Obtenido de <http://apthapi.agro.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/30>
- Cortés, S. (2015). Sustratos inoculados con microorganismos para el desarrollo de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en etapa de vivero. *Bioagro*, 27(3), 2-6. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/857/85742727003.pdf>
- 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*. Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/5038>
- González, G. (2018). Influencia de rizobacterias en la producción y calidad nutracéutica de tomate bajo condiciones de invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(2), 3-7. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v9n2/2007-0934-remexca-9-02-367.pdf>
- Guerrero, G. (2016). El cacao ecuatoriano su historia empezó antes del siglo xv. *Revista Líderes*, 3. Obtenido de [https://www.revistalideres.ec/lideres/cacao-ecuatoriano-historia-empezo-siglo.html#:~:text=Es%20un%20Cacao%20Fino%20de,con%20las%20estad%C3%ADsticas%20de%20ProEcuador\).](https://www.revistalideres.ec/lideres/cacao-ecuatoriano-historia-empezo-siglo.html#:~:text=Es%20un%20Cacao%20Fino%20de,con%20las%20estad%C3%ADsticas%20de%20ProEcuador).)

- Guerrón, R. (2018). *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*. Tesis de grado, Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/11750/1/T-UCSG-POS-MFEE-135.pdf>
- Herrera, F. (2016). *Red social en la comercialización de cacao del sitio San Miguel de Brasil, parroquia Río Bonito del cantón el Guabo, provincia de el Oro*. Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala, Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/4587/1/CD00010-2016-TESIS%20COMPLETA.pdf>
- Hipólito, E., Carcaño, M., Ramos, J., Vásquez, E., López, L., & Ricaño, J. (2017). Efecto de inoculantes bacterianos edáficos mixtos en el desarrollo temprano de cultivares mejorados de cacao (*Theobroma cacao* L.) en un sistema agroforestal tradicional del norte de Oaxaca, México. *Revista Argentina de Microbiología*, 49(4). Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754117300585>
- INTA. (2018). *Recomendaciones para la producción de cacao en el ciclo productivo 2018*. Obtenido de https://issuu.com/intanicaraguense/docs/guia_practica_inta_-_cacao_2018
- Izurieta, J. (2020). *Principales enfermedades del cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*) en la zona de Montalvo, Provincia De Los Ríos*. Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo.
- López, A. (2019). *Propuesta para la creación de un consorcio orientado a la exportación de pasta de cacao a la República de Argentina*. Tesis de grado,

- Universidad Internacional del Ecuador, Quito. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/3084/1/T-UIDE-1126.pdf>
- Mejía, C., Castro, M., Carvajal, L., Castrillón, H., & Puerta, N. (2017). *Agroindustria del cacao*. Obtenido de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5241/agroindustria_cacao.pdf;jsessionid=DA1B7A6A81CE039B70ED46BAB23E430A?sequence=1
- Mena, E. (2017). *Exportación de granos de cacao finos de aroma hacia Alemania*. Tesis de grado, Universidad de las Américas, Quito. Obtenido de <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/7370>
- Mera, C. (2018). *Propuesta de plan de negocio para crear un centro de acopio de cacao en cantón Babahoyo, provincia Los Ríos*. Tesis de grado, Universidad de Guayaquil, Guayas. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/28964>
- Mesa, A., Marín, A., & Calle, J. (2019). Metabolitos secundarios en *Trichoderma* spp. y sus aplicaciones biotecnológicas agrícolas. *Actualidades Biológicas*, 41(111). Obtenido de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/actbio/article/view/341271>
- Moreno A., García V., Reyes J., Vásquez .J, y Cano, P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana Biotecnológica*, 20(1), 3. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v20n1/0123-3475-biote-20-01-68.pdf>

- Nagua, E. (2016). *Uso de la bacteria bacillus subtilis como agente de control biológico de hongos fitopatógenos en cultivos tropicales*. . El oro- ecuador: Universidad Tecnica de machala.
- Noles, M. (2020). *Evaluación de enmiendas orgánicas , efectos en la producción y fitosanidad del cacao (theobroma cacao L.), cultivar CCN51*. Machala: Universidad Técnica de Machala.
- Noles, M. (2020). *Evaluación de enmiendas orgánicas: efectos en la producción y fitosanidad del cacao (theobroma cacao l.) cultivar ccn-51*. Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala, El Oro. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16142>
- Palacios, N. (2018). *Control químico en enfermedades fúngicas en plántulas de cacao (Theobroma cacao l.), en etapa de vivero*. Tesis de grado, Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Manta. Obtenido de <https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/1017>
- Paspuel, M. (2018). *Respuesta del cacao a la aplicación del fertilizante “full cacao” en comparación con la fertilización convencional en Pangua*. Quito-Ecuador: Universidad Central Del Ecuador.
- Pinargote, M. (2015). *Comportamiento productivo de cacao (Theobroma cacao L.) CCN-51 ante diferentes formulaciones de fertilización*. Quevedo, 2014. Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Los Ríos. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/334>
- Potesta, J. (2018). *Efecto del abono orgánico líquido bajo la técnica drench en las propiedades del suelo y la producción de cacao (theobroma cacao l.) orgánico en el centro poblado alto Palcazú*. Tesis de grado, Universidad

Nacional Agraria de la Selva, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1424>

Probelte. (2019). *¿Cómo funcionan los biofertilizantes en la agricultura ecológica?*

Obtenido de <https://www.probelte.es/noticia/es/-como-funcionan-los-biofertilizantes-en-la-agricultura-ecologica/60#:~:text=Los%20biofertilizantes%20son%20fertilizantes%20org%C3%A1nicos,entorno%20microbiol%C3%B3gico%20optimizado%20y%20natural.>

Rojas, F. (2013). *Guía ambiental para el cultivo del cacao*. Colombia: Fedecacao.

Obtenido de https://www.fedecacao.com.co/portal/images/recourses/pub_doctecnicos/fedecacao-pub-doc_05B.pdf

Rojas, J. (2020). *Caracterización morfológica del cacao (Theobroma cacao L.) tipo*

Cv. CCN-51 en zonas de producción de los cantones Babahoyo, Montalvo y Ventanas de la Provincia de Los Ríos, Ecuador. Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8226>

RTVE. (2019). *El cacao natural es el único que mantiene todas sus propiedades*

antioxidantes. Obtenido de <https://www.rtve.es/noticias/20190426/cacao-natural-unico-mantiene-todas-propiedades-antioxidantes/1928535.shtml>

Sagoquiza, C. (2018). Respuesta biológica de aislados de *Azospirillum* spp. frente

a diferentes tipos de estrés. *Centro Agrícola*, 45(1), 3. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852018000100005

- Salazar, M. (2017). *Efecto del Trichoderma harzianum. en el agua de regadío y la microbiología del suelo*. Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Cevallos. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/27126>
- Sánchez, E. (2017). *Efecto de tipos de secado del cacao (Theobroma cacao L.) CCN-51 en la preservación de polifenoles totales y antocianinas*. Tesis de grado, Universidad Nacional de San Martín, Perú.
- Torres, M. (2016). *Cadena de valor para la comercialización de cacao de los productores del Recinto Tazone*. Tesis de grado, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE ESMERALDAS, Esmeraldas. Obtenido de <https://repositorio.pucese.edu.ec/handle/123456789/844>
- Trichodex. (2016). *La aplicación del hongo Trichoderma harzianum*. Obtenido de <https://www.trichodex.com/la-aplicacion-del-hongo-trichoderma-harzianum/#:~:text=Este%20producto%20Fungicida%20biol%C3%B3gico%20de,Mildiu%2C%20Mota%20blanca%20y%20Botrytis>.
- Uitzil, M. (2017). *Ectomicorrizas: las redes sociales y nutricionales ocultas en el bosque tropical*. Obtenido de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/download/36149/36805/#:~:text=Las%20ectomicorrizas%20son%20asociaciones%20caracterizadas,entre%20las%20separaciones%20de%20%C3%A9stas.&text=La%20principal%20funci%C3%B3n%20de%20las%20ectomicorrizas%20es%20e>
- Valarezo, K. (2020). *Evaluación del efecto de los fungicidas orgánicos en el manejo de mazorca negra (Phytophthora palmivora B.), en cacao (Theobroma cacao L.)*. Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil. Obtenido

de

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VALAREZO%20VASQUEZ%20KERLY%20JACKELINE.pdf>

Velasteguí, P. (2019). *Investigación del cacao de Santo Domingo de los Tsáchilas para sus múltiples usos en la gastronomía*. Tesis de grado, Universidad San Francisco de Quito, Quito. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/8457/1/143700.pdf>

Verdecora. (2019). *Cómo usar humus de lombriz correctamente*. Obtenido de <https://verdecora.es/blog/como-usar-humus-lombriz-correctamente>

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*. Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3138>

Vilva, N. (2018). *Efecto del ataque de Chinche (Monalonion dissimulatum dist.) en cacao (Theobroma cacao L.) bajo dos formas de manejo en el Municipio de Palos Blancos*. Tesis de grado, UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS, Bolivia. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/18488/T-2567.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

9. Anexos

T1	T3	T4	T5	T2
T5	T4	T1	T2	T3
T3	T1	T2	T4	T5
T4	T2	T5	T3	T1
T2	T5	T3	T1	T4

Figura 1. Diseño experimental (DCL)
Solórzano, 2021

Ilustración 1

Tabla 9. Datos del número de mazorcas de cacao

Tratamientos	I	II	III	IV	V	Promedio
T1: Humus + <i>Azospirillum spp</i>	10	12	14	11	13	12
T2: Humus + <i>Trichoderma harzianum</i>	12	14	17	13	16	15
T3: Humus + Ectomicorriza	15	18	18	17	18	17
T4: Humus + <i>Bacillus subtilis</i>	15	18	20	17	19	18
T5: Testigo comercial (Ferticacao)	8	10	12	9	11	10

Solórzano, 2021

Tabla 10. Análisis estadístico del número de mazorcas de cacao

Número de mazorcas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Número de mazorcas	25	0,99	0,97	4,00

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	277,12	12	23,09	70,69	<0,0001
Tratamientos	222,24	4	55,56	170,08	<0,0001
Filas	54,64	4	13,66	41,82	<0,0001
Columnas	0,24	4	0,06	0,18	0,9424
Error	3,92	12	0,33		
Total	281,04	24			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,15219

Error: 0,3267 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T4: Humus + <i>Bacillus subtilis</i> ..	17,80	5	0,26	A
T3: Humus + Ectomicorriza	17,20	5	0,26	A
T2: Humus + <i>Trichoderma har.</i> ..	14,40	5	0,26	B
T1: Humus + <i>Azospirillum sp.</i> ..	12,00	5	0,26	C
T5: Testigo comercial (fer..	10,00	5	0,26	D

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

Solórzano, 2021

Tabla 11. Datos del diámetro de mazorcas de cacao (cm)

Tratamientos	I	II	III	IV	V	Promedio
T1: Humus + <i>Azospirillum spp</i>	12,00	13,44	15,05	14,75	14,46	13,94
T2: Humus + <i>Trichoderma harzianum</i>	12,96	14,52	16,26	15,93	15,61	15,06
T3: Humus + Ectomicorriza	13,03	14,59	16,34	16,02	15,70	15,14
T4: Humus + <i>Bacillus subtilis</i>	13,74	15,39	17,24	16,89	16,55	15,96
T5: Testigo comercial (Ferticacao)	11,00	12,32	13,80	13,52	13,25	12,78

Solórzano, 2021

Tabla 12. Análisis estadístico del diámetro de mazorcas de cacao (cm)**Diámetro de mazorca (cm)**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro de mazorca (cm)	25	1,00	1,00	0,69

*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	64,34	12	5,36	525,26	<0,0001
Tratamientos	30,51	4	7,63	747,29	<0,0001
Filas	33,75	4	8,44	826,72	<0,0001
Columnas	0,07	4	0,02	1,77	0,1991
Error	0,12	12	0,01		
Total	64,46	24			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,20367*Error: 0,0102 gl: 12*

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T4: Humus + <i>Bacillus subtilis</i> ..	15,96	5	0,05	A
T3: Humus + Ectomicorriza	15,14	5	0,05	B
T2: Humus + <i>Trichoderma harzianum</i> ..	15,06	5	0,05	B
T1: Humus + <i>Azospirillum sp.</i> ..	13,94	5	0,05	C
T5: Testigo comercial (fer..)	12,78	5	0,05	D

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

Solórzano, 2021

Tabla 13. Datos de longitud de mazorcas de cacao (cm)

Tratamientos	I	II	III	IV	V	Promedio
T1: Humus + <i>Azospirillum spp</i>	19,56	21,91	24,54	24,05	23,56	22,72
T2: Humus + <i>Trichoderma harzianum</i>	18,59	20,82	23,32	22,85	22,40	21,60
T3: Humus + Ectomicorriza	21,95	24,58	27,53	26,98	26,44	25,50
T4: Humus + <i>Bacillus subtilis</i>	20,43	22,88	25,63	25,11	24,61	23,73
T5: Testigo comercial (Ferticacao)	16,93	18,96	21,24	20,81	20,40	19,67

Solórzano, 2021

Tabla 14. Análisis estadístico de longitud de mazorcas de cacao (cm)**Longitud de mazorca (cm)**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud de mazorca (cm)	25	1,00	1,00	0,80

*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	178,11	12	14,84	454,62	<0,0001
Tratamientos	96,39	4	24,10	738,11	<0,0001
Filas	81,50	4	20,38	624,08	<0,0001
Columnas	0,22	4	0,05	1,66	0,2233
Error	0,39	12	0,03		
Total	178,51	24			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,36426*Error: 0,0326 gl: 12*

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T3: Humus + Ectomicorriza	25,50	5	0,08	A
T4: Humus + <i>Bacillus subtilis</i> ..	23,73	5	0,08	B
T1: Humus + <i>Azospirillum sp.</i> ..	22,72	5	0,08	C
T2: Humus + <i>Trichoderma har.</i> ..	21,60	5	0,08	D
T5: Testigo comercial (fer..	19,67	5	0,08	E

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

Solórzano, 2021

Tabla 15. Datos del peso de 100 granos de cacao (g)

Tratamientos	I	II	III	IV	V	Promedio
T1: Humus + <i>Azospirillum spp</i>	32,00	41,60	54,08	70,30	91,40	57,88
T2: Humus + <i>Trichoderma harzianum</i>	37,86	49,22	63,98	83,18	108,13	68,47
T3: Humus + Ectomicorriza	34,23	44,50	57,85	75,20	97,76	61,91
T4: Humus + <i>Bacillus subtilis</i>	35,00	45,50	59,15	76,90	99,96	63,30
T5: Testigo comercial (Ferticacao)	31,00	40,30	52,39	68,11	88,54	56,07

Solórzano, 2021

Tabla 16. Análisis estadístico del peso de 100 granos de cacao (g)**Peso de 100 semillas (g)**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso de 100 semillas (g)	25	1,00	0,99	3,27

*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	13070,59	12	1089,22	269,91	<0,0001
Tratamientos	473,44	4	118,36	29,33	<0,0001
Filas	12582,67	4	3145,67	779,50	<0,0001
Columnas	14,48	4	3,62	0,90	0,4954
Error	48,43	12	4,04		
Total	13119,02	24			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,04966*Error: 4,0355 gl: 12*

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T2: Humus +Trichoderma har..	68,47	5	0,90	A
T4: Humus +Bacillus subtil..	63,30	5	0,90	B
T3: Humus + Ectomicorriza	61,91	5	0,90	B C
T1: Humus +Azospirillum sp..	57,88	5	0,90	C D
T5: Testigo comercial (fer..	56,07	5	0,90	D

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

Solórzano, 2021

Tabla 17. Datos del rendimiento del cultivo kg/ha

Tratamientos	I	II	III	IV	V	Promedio
T1: Humus + <i>Azospirillum spp</i>	2328,99	2026,22	1762,81	1533,65	1334,27	1797,19
T2: Humus + <i>Trichoderma harzianum</i>	2420,00	2105,40	1831,70	1593,58	1386,41	1867,42
T3: Humus + Ectomicorriza	2370,00	2061,90	1793,85	1560,65	1357,77	1828,83
T4: Humus + <i>Bacillus subtilis</i>	2415,00	2101,05	1827,91	1590,28	1383,55	1863,56
T5: Testigo comercial (Ferticacao)	1820,47	1583,81	1377,91	1198,78	1042,94	1404,78

Solórzano, 2021

Tabla 18. Análisis estadístico del rendimiento del cultivo kg/ha**Rendimiento kg/ha**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento kg/ha	25	0,99	0,99	2,47

*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	3726670,79	12	310555,90	165,54	<0,0001
Tratamientos	771358,13	4	192839,53	102,79	<0,0001
Filas	2948203,10	4	737050,78	392,88	<0,0001
Columnas	7109,55	4	1777,39	0,95	0,4702
Error	22511,97	12	1876,00		
Total	3749182,76	24			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=87,31465*Error: 1875,9977 gl: 12*

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2: Humus +Trichoderma har..	1867,42	5	19,37 A
T4: Humus +Bacillus subtil..	1863,56	5	19,37 A
T3: Humus + Ectomicorriza	1828,83	5	19,37 A
T1: Humus +Azospirillum sp..	1797,19	5	19,37 A
T5: Testigo comercial (fer..)	1404,78	5	19,37 B

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

Solórzano, 2021

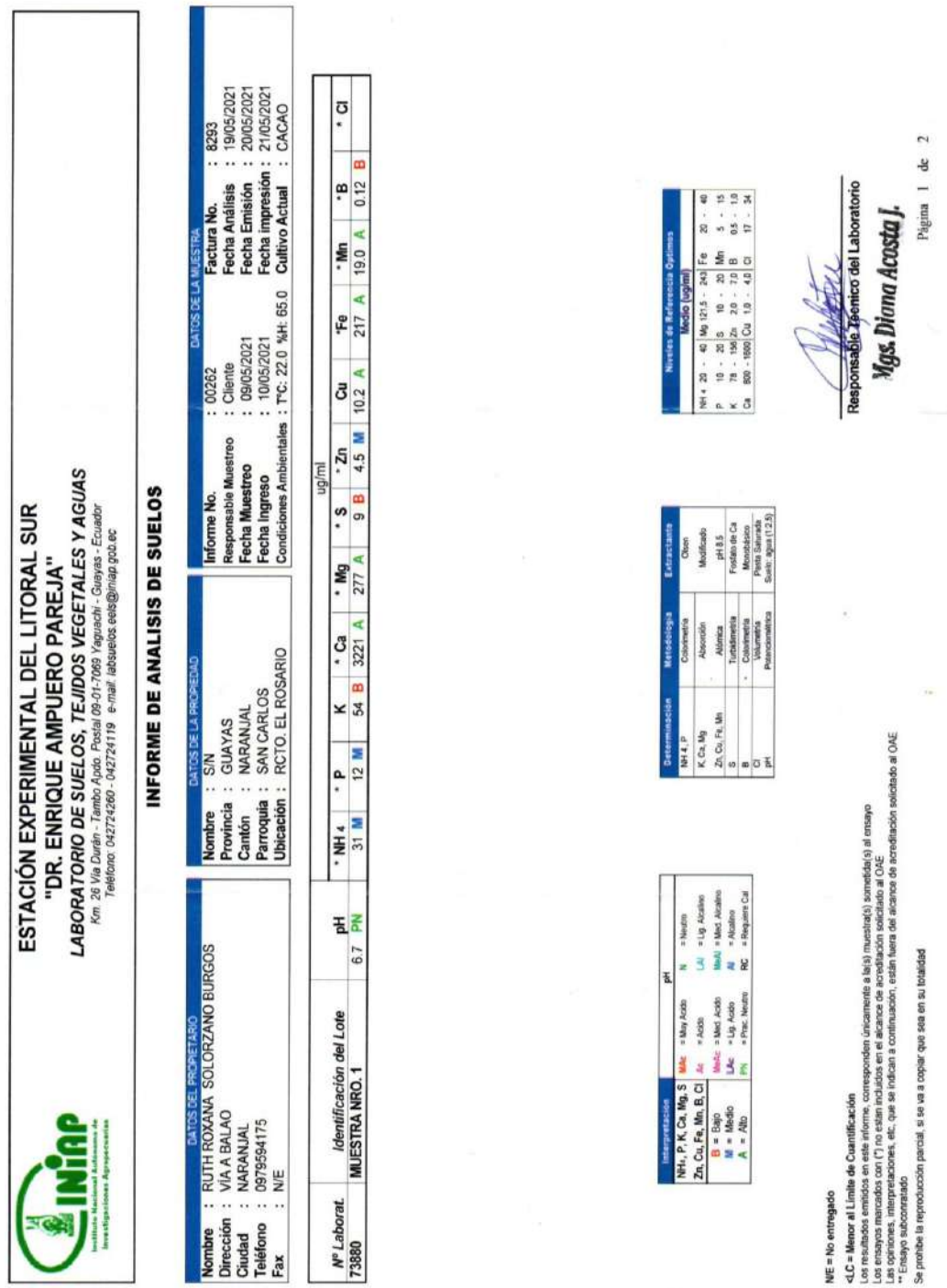




Figura 3. Insumos agrícolas a utilizarse
Solórzano, 2021



Figura 4. Preparación de *Azospirillum spp*
Solórzano, 2021



Figura 5. Aplicación de tratamientos
Solórzano, 2021



Figura 6. Preparación de *Trichoderma harzianum*
Solórzano, 2021



Figura 7. Aplicación de tratamientos
Solórzano, 2021



Figura 8. Preparación de tratamiento a base de *Bacillus subtilis*
Solórzano, 2021



Figura 9. Eliminación de malezas
Solórzano, 2021



Figura 10. Biofertilizante utilizado (BioAhor)
Solórzano, 2021



Figura 11. Testigo comercial (Ferticacao)
Solórzano, 2021



Figura 12. Monitoreo del proceso del ensayo experimental
Solórzano, 2021



Figura 13. Conteo del número de mazorca
Solórzano, 2021



Figura 14. Toma de datos de la longitud de mazorca
Solórzano, 2021



Figura 15. Toma de datos del diámetro de mazorca
Solórzano, 2021



Figura 16. Visita del tutor
Solórzano, 2021



Figura 17. Cosecha
Solórzano, 2021



Figura 18. Culminación del ensayo
Solórzano, 2021