



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE ACTIVADORES
NATURALES DE SUELO Y HUMUS EN LA
FERTILIZACION EDAFICA EN UN CULTIVO DE CACAO
EN EL CANTON MILAGRO**
TRABAJO EXPERIMENTAL

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

AUTOR
VILLAFUERTE FERNANDEZ ERIKA RUTH

TUTOR
ING. MACIAS HERNANDEZ DAVID M.Sc.

MILAGRO – ECUADOR

2022



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, MACIAS HERNANDEZ DAVID, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ACTIVADORES NATURALES DE SUELO Y HUMUS EN LA FERTILIZACION EDAFICA EN UN CULTIVO DE CACAO EN EL CANTON MILAGRO, realizado por la estudiante VILLAFUERTE FERNANDEZ ERIKA RUTH; con cédula de identidad N°0929364305 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,

Macias Hernández David M.Sc.

Milagro, 22 de septiembre del 2022



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
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 APLICACIÓN DE ACTIVADORES NATURALES DE SUELO Y HUMUS EN LA FERTILIZACION EDAFICA EN UN CULTIVO DE CACAO EN EL CANTON MILAGRO”, realizado por la estudiante VILLAFUERTE FERNANDEZ ERIKA RUTH, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

CANTOS SANCHEZ EDWIN, M.Sc.
PRESIDENTE

MORÁN BAJAÑA JOAQUÍN, PhD.
EXAMINADOR PRINCIPAL

CARRASCO SCHULDT ÁNGEL, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

MACÍAS HERNÁNDEZ DAVID, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Milagro, 22 de septiembre del 2022

Dedicatoria

El presente trabajo investigativo lo dedico a Dios, ya que gracias a él he logrado concluir mi meta propuesta por ser el quien puso en mí las ideas y la capacidad para realizar todo lo que me he propuesto además de darme fuerza y entusiasmo para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mi mami abuelita Julia Ruiz por su confianza y sobre todo su amor, mami Victoria por darme la vida y por todo su apoyo, a mi padre Agustín Villafuerte y a mi sobrino Milán Aldair López Villafuerte que ya no se encuentran físicamente conmigo pero que desde el cielo siempre me cuidan, a mis hermanas Amanda, Lorena, Karina por su aprecio y su amor incondicional.

A mis amigos y compañeros de estudios por la confianza y apoyo que compartimos en este trayecto de aprendizaje donde compartimos lindos y malos momentos y a todos aquellos que de una u otra manera han contribuido para alcanzar el objetivo.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A familia y en especial a mis hermanas Amanda, Lorena, Karina por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

Agradezco a mi tutor de tesis Ing. Macías Hernández David a quien, con su experiencia, conocimiento me oriento en la investigación. A mis amigos y compañeros por sus consejos confianza, enseñanzas, apoyo y sobre todo amistad brindada durante el proceso de aprendizaje.

Agradezco a los directivos de la Universidad Agraria del Ecuador, a la Facultad de Ciencias Agrarias y a la Carrera de Ingeniería Agronómica por haber generado esta oferta académica, a los docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo VILLAFUERTE FERNANDEZ ERIKA RUTH, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre “EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ACTIVADORES NATURALES DE SUELO Y HUMUS EN LA FERTILIZACION EDAFICA EN UN CULTIVO DE CACAO EN EL CANTON MILAGRO” para optar el título de INGENIERO AGRONOMO, 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, agosto 15 del 2022

FIRMAR

VILLAFUERTE FERNANDEZ ERIKA RUTH
C.I. 0929364305

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	16
1.3 Justificación de la investigación	16
1.4 Delimitación de la investigación	17
1.5 Objetivo general	18
1.6 Objetivos específicos.....	18
2. Marco teórico.....	19
2.1 Estado del arte.....	19
2.2 Bases teóricas	20
2.2.1 Origen de <i>Theobroma cacao</i> L.....	20

2.2.2	Importancia Económica del Cacao en Ecuador	20
2.2.3	Descripción botánica	22
2.2.4	Tipos de cacao en Ecuador	22
2.2.5	Requerimientos edafoclimáticos del cultivo	23
2.2.6	Manejo Agronómico del cacao	24
2.2.6.1	<i>Recurso Hídrico</i>	24
2.2.6.2	<i>Fertilización</i>	24
2.2.6.3	<i>Poda de Formación</i>	25
2.2.6.4	<i>Poda de Mantenimiento</i>	25
2.2.6.5	<i>Poda de Renovación</i>	26
2.2.7	Plagas y Enfermedades	26
2.2.7.1	<i>Tipos de plagas y enfermedades</i>	26
2.2.8	<i>Bacillus</i>	27
2.2.8.1	<i>Bacillus Subtilis</i>	28
2.2.9	Humus	29
2.3	Marco legal	31
3.	Materiales y métodos	33
3.1	Enfoque de la investigación	33
3.1.1	Tipo de investigación	33
3.1.2	Diseño de investigación	33
3.2.1	Variables	33
3.2.1.1.	<i>Variable independiente</i>	34
3.2.1.2.	<i>Variable dependiente</i>	34
3.2.2	Tratamientos	34
3.2.3	Diseño experimental	35

3.2.3.1 Delimitación experimental.....	35
3.2.4 Recolección de datos	36
3.2.4.1. Recursos.....	36
3.2.4.2. Métodos y técnicas	36
3.2.5 Análisis estadístico.....	38
4. Resultados	39
5. Discusiones	45
6. Conclusiones.....	48
7. Recomendaciones.....	50
8. Bibliografía.....	51
9. Anexos	58

Índice de tablas

Tabla 1. Descripción de tratamientos.....	34
Tabla 2. Distribución de plantas en el experimento.....	35
Tabla 3. Diseño estadístico ANOVA	38
Tabla 4. Número de flores cuajadas	39
Tabla 5. Mazorcas sanas por planta	40
Tabla 6. Longitud de la mazorca	41
Tabla 7. Diámetro de la mazorca	42
Tabla 8. Peso de 100 granos secos (gramos)	43
Tabla 9. Rendimiento (kg/ha).....	44
Tabla 10. Análisis estadístico de Número de Flores Cuajadas	58
Tabla 11. Análisis estadístico de Número de Mazorcas Sanas.....	58
Tabla 12. Análisis estadístico de Longitud de Mazorca	59
Tabla 13. Análisis estadístico de Diámetro de la Mazorca	59
Tabla 14. Análisis estadístico de Peso de 100 Granos Secos (gr).....	60
Tabla 15. Análisis estadístico de Rendimiento (kg/ha).....	60

Índice de figuras

Figura 1. Establecimiento de tratamientos	61
Figura 2. Cultivo experimental.....	61
Figura 3. Activador Natural de Suelo	62
Figura 4. Dosificación de tratamientos	62
Figura 5. Preparación de tratamientos	63
Figura 6. Fertilización al cultivo	63
Figura 7. Aplicación de tratamientos en fertilización	64
Figura 8. Control de plagas	64
Figura 9. Frutos cuajados de cultivo	65
Figura 10. Conteo de flores y frutos	65
Figura 11. Cosecha.....	66
Figura 12. Cosecha de cultivo experimental	66
Figura 13. Medición de largo de fruto.....	67
Figura 14. Tratamientos cosechados	67
Figura 15. Seguimiento de docente guía	68
Figura 16. Docente guía y autora de experimento	68

Resumen

En el Ecuador el cultivo de cacao representa una de las mayores fuentes de ingresos económicos en el área agroindustrial, y es uno de los productos de mayor exportación de nuestro país. El cacao ecuatoriano es altamente demandado principalmente por países europeos, debido al incomparable aroma y sabor del cacao nacional. Sin embargo, debido a la contaminación y erosión causada por agroquímicos, la calidad del suelo disminuye y se ve reflejada en la producción de los cultivos y en la calidad del grano de cacao. En esta investigación se planteó como principal objetivo evaluar el efecto de una fertilización con enmienda de activadores naturales de suelo (con base a *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* y *Pseudomonas monteilii*) y humus en un cultivo de cacao. Para esto, se empleó un diseño experimental basado en un diseño de bloques completos al azar DBCA que estuvo estructurado de cuatro tratamientos, con cinco repeticiones, obteniendo 20 unidades experimentales. Los resultados se analizaron bajo una prueba Anova, y la comparación de medias mediante test de Tukey al 5% para detectar significancias estadísticas. En los hallazgos se obtuvo que, el mejor tratamiento para el incremento del rendimiento de cacao fue el tratamiento T3 (humus + NKP 100Kg + 3 kg Activador) quien presentó un rendimiento seco de 898,45 kg/ha. Se concluye que la aplicación de activadores naturales de suelo y humus como enmienda a la fertilización edáfica es una buena alternativa orgánica para la mejora de la productividad y rendimiento de los cultivos de cacao.

Palabras Clave: *Bacillus*, cacao, microorganismos, productividad, rendimiento.

Abstract

In Ecuador, cocoa cultivation represents one of the largest sources of economic income in the agro-industrial area and is one of the most exported products of our country. Ecuadorian cocoa is highly demanded mainly by European countries, due to the incomparable aroma and flavor of Ecuadorian cocoa. However, due to contamination and erosion caused by agrochemicals, soil quality decreases and is reflected in crop production and cocoa bean quality. The main objective of this research was to evaluate the effect of an amendment fertilization with natural soil activators (based on *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* and *Pseudomonas monteilii*) and humus in a cocoa crop. For this, an experimental design based on a DBCA randomized complete block design was used, which was structured in four treatments, with five replications, obtaining 20 experimental units. The results were analyzed under an Anova test, and the comparison of means by Tukey's test at 5% to detect statistical significance. The findings showed that the best treatment for increasing cocoa yield was treatment T3 (humus + NKP 100 kg + 3 kg activator), which presented a dry yield of 898.45 kg/ha. It is concluded that the application of natural soil activators and humus as an amendment to soil fertilization is a good organic alternative for the improvement of productivity and yield of cocoa crops.

Key words: Bacillus, cocoa, microorganisms, productivity, yield.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

La fertilización del cacao (*Theobroma cacao* L.) es una de las actividades más importantes en el desarrollo del cultivo que se ve reflejada en el rendimiento y producción del cultivo. El cacao requiere de nutrientes que provean de fertilidad al suelo, generalmente estos son aplicados de forma artificial. Los principales nutrientes que el cacao extrae del suelo son: el nitrógeno (N), fosfato (P_2O_5) y óxido de potasio (K_2O). Generalmente se aplica formulaciones de abonos sintéticos completos (N-P-K), aunque el cacao también requiere de elementos menores que puedan ser fácilmente asimilados por la planta (Borrero, 2009).

La competencia en el mercado internacional obliga a los países productores a no solo aumentar los niveles de producción del cacao, sino también a mejorar la calidad del producto debido a los altos estándares de calidad con los que se manejan los países que demandan este producto. En países como Perú, han adoptado sistemas agroforestales de producción de *Theobroma cacao* L. en los cuales se aplica una diversidad de microorganismos naturales, tales como hongos endófitos, para mejorar la planta y con ello el fruto. Estos sistemas de producción natural mejoran atributos físicos a la planta, previenen la erosión del suelo, aumentan la circulación de nutrientes y aumentan la fertilidad del suelo. Esto hace que el fruto obtenga una calidad más orgánica la cual es reconocida y valorada por los mercados internacionales (Tuesta, y otros, 2017).

El Ecuador es uno de los principales exportadores de cacao fino de aroma, siendo este producto nacional muy demandado por los principales productores de chocolate gourmet (alta calidad). Sin embargo, nuestro cacao corre el riesgo de perder los altos estándares de calidad que posee debido a la presencia de sustancias artificiales contaminantes detectadas en la almendra del cacao. En

algunos análisis se ha detectado metales pesados en la almendra del cacao, esto como resultado de la aplicación de una variedad de productos artificiales. Esto sugiere a los productores de cacao a emplear técnicas y productos más orgánicos para que la calidad de la almendra de cacao no se vea afectada y esta sea rechazada por los países por incumplir las normas alimentarias establecidas por la comunidad europea (Díaz, Mendoza, Bravo, y Domínguez, 2018).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

La fertilización es una etapa crucial en el proceso productivo del cacao, ya que de esta dependerá el rendimiento por cosecha del cultivo en cada ciclo. Existe un plan de Reactivación de Cacao Fino Nacional y de Aroma el cual es llevado a cabo por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP) y tiene como objetivo capacitar a los agricultores acerca del desarrollo y mantenimiento del cacao, sin embargo, este plan no llega a todos los productores nacionales de cacao de los cuales se estima que alrededor del 99% poseen una superficie sembrada inferior a las 10 hectareas; es decir son agricultores pequeños (MAGAP, 2020).

Debido a los altos costos de los fertilizantes químicos los agricultores optan por disminuir la cantidad de fertilizantes aplicados, viéndose afectado el rendimiento en cada cosecha. Una forma de disminuir la dosificación de fertilizantes químicos es la suplementación con fertilizantes orgánicos u la aplicación de elementos o productos que tengan la capacidad de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo de forma natural para que estos sean mas fértiles. Dado esto, se sabe que existe una variedad muy amplia de productos naturales que prometen mejorar las condiciones de fertilidad del suelo y mejorar la producción de cacao.

Sin embargo se debe de comprobar la efectividad de estos productos aplicados en nuestras condiciones agroclimáticas (Alcívar y Loor, 2016).

Por su parte, los principales países consumidores de chocolate registran una tendencia hacia el consumo de alimentos de origen natural, productos orgánicos, libres de contaminantes y productos que ofrezcan una alimentación más sana. Los países productores de cacao deben de estar a la vanguardia de las exigencias de los principales consumidores de este producto. Se debe de emplear estrategias para ampliar los mercados de exportación, es decir, se debe de analizar alternativas para captar nuevos tipos de mercados. El mercado de productos “más limpios” y productos orgánicos está tomando más relevancia y es ahí donde se debe de aplicar estrategias para ganar nuevos consumidores (Landin, Benítez, y Sánchez, 2017)

1.2.2 Formulación del problema

¿Qué efecto tendrá la aplicación de una fertilización con enmienda de activadores naturales de suelo (en base a *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* y *Pseudomonas monteilii*) y humus, en un cultivo de cacao en el cantón Milagro?

1.3 Justificación de la investigación

Los países en vías de desarrollo, como Ecuador, necesitan de productos como el cacao para estructurar su economía. En nuestro país el 95% de la producción total de cacao la conforman productores cuyas fincas o cultivos de cacao no sobrepasan las tres hectáreas. Es decir, en nuestro país la mayor producción de cacao se encuentra en pequeños agricultores. Esto sugiere que de este producto dependen los ingresos económicos de miles de familias rurales de nuestro país; por ello es importante buscar la forma de generar alternativas que potencialicen la

producción de cacao y de la cual se puedan beneficiar pequeños agricultores y sus familias (Barrezuela, Prado, y Jimbo, 2017).

El cacao es un producto de gran importancia económica en Ecuador, ya que de su producción dependen directamente alrededor de 400 mil familias ecuatorianas. El crecimiento de la producción de cacao en Ecuador genera el alza del producto interno bruto (PIB) a nivel nacional, siendo el cacao un sector de los cuatro más importantes que conforman el PIB agrícola. La pérdida del producto, o la disminución en la producción repercutaría en el desarrollo económico anual del país, por ello su cuidado y expansión es de gran importancia en el sector agrícola de nuestro país (Rodríguez y Fusco, 2017).

Por otra parte, para el buen desarrollo y rendimiento del cultivo, la fertilización del cultivo es parte vital para la producción. Fertilizar el cultivo de cacao no solo implica la aplicación de macronutrientes como abonos completos (N-K-P) en la planta, de hecho está comprobado que gran parte de estos abonos se pierden por lixiviación. Los micronutrientes o elementos menores forman parte esencial para el desarrollo y bienestar de la planta, estos generalmente se encuentran en el suelo presentes como materia orgánica. Debido a la saturación por parte de agroquímicos, se debe recurrir a la aplicación de activadores naturales de suelo o abonos orgánicos para reactivar la presencia de microorganismos naturales en el suelo y que de esta forma la planta interactúe correctamente con su medio como parte natural de su ciclo nutricional (Barrezuela y Paz, 2017).

1.4 Delimitación de la investigación

La presente investigación se desarrolló:

- **Espacio:** recinto Venecia, cantón Milagro.

Coordenadas: 2°09'02.3" S 79°29'32.2" W

- **Tiempo:** Este trabajo se desarrollará en un tiempo estimado de 6 meses.
- **Población:** Este trabajo contó con una población de 60 plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.).

1.5 Objetivo general

- Evaluar el efecto de una fertilización con enmienda de activadores naturales de suelo (con base a *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* y *Pseudomonas monteilii*) y humus en un cultivo de cacao.

1.6 Objetivos específicos

- Analizar las características agronómicas del cultivo tras la aplicación de las enmiendas orgánicas.
- Determinar el efecto de las enmiendas orgánicas en el rendimiento del cultivo de cacao.
- Establecer una alternativa orgánica para la mejora del rendimiento en el cultivo de cacao.

1.7 Hipótesis

Al menos una enmienda orgánica en la fertilización del cacao se adaptará e incrementará el rendimiento del cultivo.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

En Colombia se llevó a cabo un experimento el cual tuvo como objetivo evaluar la efectividad y potencial de las bacterias *Bacillus* en el crecimiento de las plantas en condiciones in vitro. El experimento se realizó en tres tipos de cultivos. Para esto se utilizaron cuatro cepas de *Bacillus* de cultivo de maíz y dos de cultivo cafetero. Uno de los objetivos específicos fue evaluar el crecimiento y las etapas fenológicas de un cultivo de maíz, de tomate y de zanahoria. Las bacterias *Bacillus* mostraron un efecto positivo en la rápida germinación de las semillas de maíz, mientras que en los cultivos de tomate y zanahoria se notó una diferencia en el crecimiento de las plantas (Rojas, Bello, Ríos, Moya, y Rodríguez, 2020).

En el recinto San Antonio del cantón Milagro se desarrollo un experimento con la finalidad de establecer el efecto de la turba, el Humus y la fertilizacion convencional (NKP) en un cultivo de lechuga. Se establecieron tres tratamientos: T1 Turba + NPK, T2 Humus + NPK y T3 Fertilización convencional (NPK). Tras la aplicación del ensayo se midieron las variables de número de hojas, altura de la planta, peso de la planta y el rendimiento del cultivo. El diseño experimental empleado fue un diseño de bloques completo al azar con tres tratamientos y siete repeticiones. El principal hallazgo fué el efecto positivo de la combinación de fertilización convencional (NKP) + Humus; obteniéndose de este tratamiento los valores más altos para las variables evaluadas (Gamboa, 2020).

En un ensayo realizado en un cultivo de pimiento se evaluó el efecto de activadores naturales de suelo, fertilización orgánica (Biol) y fertilización química (NKP). El objetivo fue incrementar la productividad del cultivo mediante la aplicación de fertilización orgánica y activadores de suelo. Se empleo un diseño de

bloques completamente al azar con arreglo factorial $2 \times 2 \times 2$ y fue evaluado mediante cuatro repeticiones. En los tratamientos se empleo Fertilización orgánica (Biol) + Activador natural de suelo en diferentes dosis y como tratamiento testigo se empleo una fertilización química (NKP). Los resultados obtenidos en este experimento muestran un efecto positivo en la fertilización orgánica para la variable longitud de fruto y diametro de fruto. La valoración económica mostro como mejor alternativa la aplicación de Biol + Activador de suelo (Alcívar R. , 2015).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Origen de *Theobroma cacao* L.

El origen exacto del cacao (*Theobroma cacao* L.) es de cierto modo incierto, aunque, se establece que este se originó en el continente americano. Diversos autores afirman que el cacao se originó en México y parte de América Central, argumentando que los españoles no vieron esta fruta cuando arribaron en América del Sur. Los orígenes precisos del cacao aún siguen siendo tema de debate para expertos, quienes han remontado sus orígenes incluso en las riberas del río Orinoco del Amazonas y distribuido a través de sus afluentes (Arias, 2021).

2.2.2 Importancia Económica del Cacao en Ecuador

El Ecuador es uno de los principales exportadores mundiales de cacao de alta calidad gourmet, siendo en América donde se exporta el 54% de la producción nacional, a Europa un 29% y Asia un 17%, estos países son los principales consumidores de la materia prima de cacao para posterior elaborar el chocolate fino y demás derivados. Los mismos generan grandes aportaciones económicas en la compra de la materia prima (grano seco de cacao) y las cuales retornan al país contribuyendo a la economía y desarrollo nacional (Moreno, Molina, Miranda, Moreno, y Moreno, 2020).

El cultivo de cacao aporta con beneficios económicos principalmente a las familias de la región Costa, que es la región en donde se registra la mayor producción a nivel nacional; siendo Guayas, Los Ríos y Manabí las provincias con mayor índice de productividad a nivel nacional (Macías, Cuenca, Menjivar, y Pacheco, 2019). En cuanto a los tipos de cacao, se cultivan principalmente el cacao CCN.51 y el Cacao Nacional, siendo este último catalogado como un cacao fino de aroma reconocido a nivel mundial (Asanza, Alvarado, Peñafiel, y Fernández, 2019).

El cacao es un producto particular, pues, se exporta tanto como una materia prima, así como también un producto industrializado. Nuestro país exporta miles de toneladas de cacao cada año hacia mercados internacionales, principalmente se exporta el grano seco, que representa el mayor porcentaje de exportación en relación con la exportación del cacao procesado (Guerrón, 2018).

La importancia económica del cacao en nuestro país surge a partir de los años 1600. En aquella época existían pequeñas plantaciones de cacao en las orillas del río Guayas; estas plantaciones se fueron extendiendo río arriba, hacia el afluentes del río Daule y el Babahoyo. Esto también marco el origen del nombre con el que se denomina esta variedad, cacao “arriba”, debido a que los cultivos se extendieron hacia “arriba” del río Guayas. Esta variedad es reconocida y popular mundialmente debido a su incomparable aroma (Espinosa y Mosquera, 2012).

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), las principales provincias productoras de cacao generalmente las perteneciente a la región Costa. La provincia con mayor superficie de producción es Los Ríos con aproximadamente 106.116 ha, seguida de Manabí con 104.116 ha, luego se encuentra la provincia del Guayas con 89.282 ha y Esmeraldas con 73.597 (Loayza y Zabala, 2018).

2.2.3 Descripción botánica

La planta de cacao es un árbol de tamaño mediano o grande dependiendo del tipo o variedad genética. En algunas variedades alcanzan entre 5 y 8 metros de altura, mientras que en otras variedades alcanzan entre 7 y 9 metros de altura. Su área foliar es densa, con hojas ovaladas las cuales varían de color con respecto a su aparición, estas pueden ser verdes claro, rojizas, amarillentas cuando son tiernas y luego se tornan verdes oscuras. El tronco es variado, muy ramificado, del cual se derivan las ramas primarias, secundarias y terciarias (Rodríguez P. , 2019).

Este árbol, *Theobroma cacao* L., es de climas tropicales que necesita de climas húmedos y temperaturas “calientes” para que se pueda desarrollar sin dificultad alguna. Es un árbol perenne, del cual se sabe que llega a su desarrollo máximo a los diez años de edad, sin embargo, el tiempo de vida o longevidad de esta planta es difícil de determinar; generalmente alcanzan los 25 o 30 años, pero, también se han encontrado árboles de centenas de años (Eguiguren y Carmona, 2012).

2.2.4 Tipos de cacao en Ecuador

Alrededor del mundo existen diversas variedades de cacao, algunas de origen natural y otras modificadas o híbridas, estas últimas desarrolladas con la finalidad de mejorar las características de la planta y obtener mayor producción. Sin embargo, en Ecuador principalmente se cultiva dos variedades de cacao; el cacao de tipo CCN-51 y el cacao denominado Nacional o cacao Arriba. Esta última variedad, cacao Nacional, es por excelencia la mejor variedad de cacao producida en nuestro país, sin embargo, su producción es limitada debido a la sensibilidad ante plagas y enfermedades. Por su lado, el cacao CCN-51 se destaca por su resistencia a plagas y enfermedades. Ambas variedades son ampliamente

cultivadas en nuestro país, siendo las principales provincias productoras: Guayas, Esmeraldas, Manabí, Los Ríos y Sucumbíos (López A. , 2019).

2.2.5 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo

Las condiciones físicas-químicas del suelo son muy importantes para el desarrollo y producción del cultivo, debido a que los problemas de infiltración, suelos en exceso arenosos o la falta de aireación puede ocasionar que las raíces tengan problemas en su desarrollo, lo que ocasiona un retraso en el desarrollo de la planta e incluso impide el crecimiento de la misma (Arvelo, González, Maroto, López, y Montoya, 2017).

El cultivo se adapta en topografías desde los 0 hasta los 800 msnm. De las exigencias edafoclimáticas del cultivo de cacao, la temperatura y el recurso hídrico son los más relevantes. La temperatura anual óptima para el cultivo en crecimiento y producción es de 21°C. El recurso hídrico adecuado debe de estar entre los 1.500 a 2.500 mm de precipitación al año. Con respecto a la temperatura, esta afecta directamente la formación de las flores, además; temperaturas muy altas o bajas alteran fisiológicamente la planta. El cultivo requiere de grandes cantidades hídricas, sin embargo, se debe de contar con un buen sistema de drenaje ya que el estancamiento de agua puede ocasionar la aparición de bacterias y hongos que se propagaran por el cultivo (Romero, Moreno, y Estrada, 2011).

Con respecto al suelo, la planta de cacao requiere de suelos aluviales, francos y profundos con subsuelo permeable. Principalmente en las primeras etapas de crecimiento, las raíces de la planta recogen nutrientes de los primeros 30 cm de profundidad; luego, conforme la planta se ha desarrollado esta también requiere de nutrientes que están por debajo de los 30 cm de profundidad, llegando hasta capas y subcapas profundas del suelo. En cuanto al pH que debe de tener el suelo, el

cacao tolera rangos de pH entre 6.0 a 6.5, los cuales son ideales para obtener buenos rendimientos del cultivo (Gonzales, 2017).

2.2.6 Manejo Agronómico del cacao

2.2.6.1 Recurso Hídrico

El cultivo de cacao requiere de lluvias o suministro de agua distribuidas a lo largo del año. Según la zona o ubicación del cultivo las necesidades hídricas varían, sin embargo, un estimado estaría entre 1.500 mm y 2.500 mm de agua repartido a lo largo del año. El suministro de agua es de suma importancia para la producción del cacao, puesto que, el déficit de agua disminuye la producción; las plantas de cacao se secan y mueren, las mazorcas no se desarrollan por completo y el peso del grano disminuye (Charris, 2021).

2.2.6.2 Fertilización

Como punto inicial se debe destacar que antes de fertilizar es muy importante realizar un estudio de suelo y de hojas para establecer las condiciones nutricionales en las que se encuentra el cultivo. Tras un análisis de suelo y hoja se puede establecer una planificación para una fertilización más efectiva y profesional, la cual puede ayudar a no saturar de elementos que el suelo ya posee o de suministrar más elementos de los que el suelo carece según el estudio (Mite, 2016).

El cacao al ser un cultivo perenne el cual inicia su etapa de madurez tras varios años luego de la siembra, generalmente se aplican planes de fertilización los cuales varían en dosificación y frecuencia según la edad del cultivo. Según el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), los macronutrientes que requiere la planta de cacao son nitrógeno (N), óxido de fósforo (P_2O_5), óxido de potasio (K_2O), óxido de magnesio (MgO), azufre (S). El cacao también requiere micronutrientes como el óxido bórico (B_2O_3), zinc (Zn), cobre (Cu), magnesio (Mn);

además de estos elementos, el cacao también requiere de un suelo muy fértil rico en materia orgánica (INIAP, 2016).

La deficiencia de nitrógeno (N) genera una reducción en el crecimiento del árbol, llegando a generar enanismo cuando la deficiencia es prolongada. La deficiencia de nitrógeno agrava a la planta cuando esta recibe una luminosidad intensa o alta. Por otra parte la deficiencia de fósforo (P) la planta suprime las raíces absorbente lo que provoca que la planta crezca más lentamente; siendo la principal característica de las hojas con filos oscuros en las puntas. Finalmente la deficiencia de potasio (K) en el cacao provoca que los brotes y chupones aparezcan cada vez más pequeños (Guerrero, 2012).

2.2.6.3 Poda de Formación

Este tipo de poda se realiza desde el primer mes de establecimiento del cultivo hasta los dos años. Durante el primer año la plantación cruza por una etapa crítica donde las plantas forman su follaje. Mediante este tipo de poda se trata de corregir errores de formación de las ramas, como aquellas que salen hacia abajo. Esta actividad se debe de realizar con herramientas especiales como tijera podadora, guillotina podadora o serrucho de podar. En esta etapa de poda no es necesario aplicar una pasta protectora al corte. (Rodríguez C. , 2012).

2.2.6.4 Poda de Mantenimiento

Esta poda se realiza a partir del segundo año de establecimiento del cultivo y se realiza con el objetivo de mantener la forma del árbol tal que, la aireación y la entrada de luz sea la adecuada y estas cubran todo el follaje. En esta poda se debe de ralea la copa en un 30%, eliminando principalmente brotes y ramas en mal estado. Esta es una poda ligera y se puede realizar durante todo el año, aunque,

es muy aconsejable realizarla en época seca; ya que en época de lluvia se corre el riesgo de la presencia de hongos y bacterias debido a la humedad (Pérez, 2016).

2.2.6.5 Poda de Renovación

La poda de renovación es una práctica cultural que se ejecuta con la finalidad de eliminar ramas secas, torcidas, enfermas, rajadas e hijuelos de la planta. Esto se realiza para que la planta productora no destine nutrientes a las ramas que no producen debido a las causas antes mencionadas. Luego de cortar las ramas que no sirven se debe de aplicar una pasta o sustancia que proteja la herida del corte, esto para que no ingresen bacterias u hongos infecciosos (Duarte, 2020).

2.2.7 Plagas y Enfermedades

En el cultivo de cacao, al ser perenne, las plagas y enfermedades aparecen frecuentemente durante todo el año, por ello, se debe de contar con una buena planificación para el manejo integrado de plagas y enfermedades. Las plagas y enfermedades que atacan al cultivo son diversos pero, generalmente son los mismos; esto genera la ventaja de contar con un control adecuado para cuando aparezca alguna de estas plagas o enfermedades contrarrestarlos lo mas rapido posible. Existe diferentes tipos de controles: biológico, mecánico, cultural, etológico y químico; y, es recomendable en algunos casos alternar los controles con la finalidad de no emplear tanto el control químico el cual es el más usado generalmente por los productores de cacao (Colonia, 2012).

2.2.7.1 Tipos de plagas y enfermedades

Entre las principales enfermedades que afectan al cacao se encuentra: la monoliasis del cacao, escoba de bruja, mazorca negra o fitoptora, rosellinia, monalonion (*Monalonium dissimultun*), *Ceratocystis* o mal del machete. Estas enfermedades son comunes entre las plantaciones de cacao y existen diferentes

tipos de control para ellas. Es recomendable ejercer el control a tiempo de forma que la enfermedad no se propage y contagie el resto del cultivo; por ello, es importante realizar monitoreos constantes en el cultivo (Alarcón, Arevalo, Díaz, y Galindo, 2012)

2.2.8 Bacillus

El *Bacillus* es un género de bacterias perteneciente a la familia *Bacillaceae* y al filo *Firmicutes*. Poseen formas alargadas como de bastón. Generalmente algunas de estas especies son capaces de producir enzimas y por ello son empleadas en varias áreas. Este género fue descubierto por el botánico Ferdinand Cohn en Alemania (Nagua, 2016).

En el área de la agricultura las bacterias *Bacillus* también son empleadas, específicamente el género *Bacillus Subtilis* que se emplea como agente biológico y estimulante en el crecimiento de las plantas. Es capaz también, de actuar como agente para el control biológico, y es aplicado a cultivos como arroz, banano, trigo, tomate, etc. (Falconí y Yáñez, 2007).

Las bacterias de este género, *Bacillus spp.*, han probado ser realmente útiles para la agricultura, ya que poseen una gran capacidad de fijar nitrógeno y solubiliza el fosfato en el suelo. Diversos investigadores en este campo han mostrado interés por el estudio metabólico de estas bacterias y comprender más a fondo cuales son los procesos que hacen posible que estos microorganismos brinden múltiples beneficios a la agricultura de una forma sostenible y siendo benéfica para el ambiente (Corrales, Caycedo, Gómez, Ramos, y Rodríguez, 2016).

El crecimiento de esta bacteria es de carácter aerobio o en ocasiones anaeróbico facultativo. El tamaño de este género es variado y oscila entre los 0,5 y 10 μm . La morfología es de tipo bacilar y poseen una movilidad flagelar, presentando Gram

positivas. El pH para que estas bacterias de desarrollen debe de ser neutro. El crecimiento se da en intervalos de temperaturas, aunque, generalmente se desarrollan bien en temperaturas de 30 a 45 °C. Es la capacidad metabólica de la bacteria a la que se asocia a el crecimiento vegetal, e incluso, al control de patógenos (Villareal, y otros, 2018).

En el género *Bacillus* existe varias especies de bacterias que cumplen distintas funciones, entre ellas encontramos *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Pseudomonas monteilii*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus sphaericus*. Todas estas, son útiles y aplicables en la agricultura. Algunas de ellas, tales como *B. thuringiensis* y *B. sphaericus*. incluso poseen propiedades fitosanitarias, combaten patógenos y plagas: nematodos, ácaros, protozoos, e insectos (Darwin, 2020).

Por su parte, las bacterias del género *Bacillus* son conocidas por ser muy resistentes a condiciones adversas en cuanto a temperaturas y pH. Estas bacterias generalmente se encuentran en el suelo siendo también encontradas en sedimentos acuáticos. Este género ha sido ampliamente utilizado por la industria, ya que muchas poseen características patógenas tanto para animales y plantas (López S. , 2017).

Bacterias de este género han sido puestas a prueba y han demostrado ser excelentes inoculadoras en tubérculos, así como en otras especies vegetales. La razón radica en que los microorganismos *Bacillus* se encuentran generalmente en el suelo en donde actúan rápidamente en la rizosfera lo cual beneficia en gran medida a las plantas (Alvarado, y otros, 2015).

2.2.8.1 *Bacillus Subtilis*

Esta es una bacteria Gram positiva perteneciente al género *Bacillus*, la cual se desarrolla en el suelo. En el área de aplicación de este microorganismo destaca la

aplicación en agricultura, pues esta se considera una de las especies más importantes en el campo de los productos biorracionales. Tiene la capacidad de evitar y reducir el efecto de patógenos en el suelo, mientras que estimula a la planta al crecimiento. Es eficaz en la protección contra patógenos que atacan los tejidos de las plantas, así como también promueve el crecimiento radicular y la secreción de fitohormonas, mejorando la asimilación de agua y nutrientes (Cosme, 2014).

2.2.9 Humus

El humus es un producto que resulta de la descomposición o transformación de materia orgánica la cual proviene de plantas o restos de animales. El humus es un componente esencial del suelo para que este mantenga la fertilidad natural, por eso se debe de mantener reservas húmicas en los cultivos. El contenido de humus en el suelo es transitorio, ya que este solo está presente en la superficie y generalmente se suele escurrir con la erosión hídrica o el movimiento de tierra. El humus se da de manera natural en los suelos, aunque actualmente se puede conseguir productos que contengan ácidos húmicos (Muro, 2018).}

El humus es un producto sólido que resulta de la descomposición de ciertos desechos sólidos orgánicos que mediante un específico proceso de fabricación adquiere cualidades y características que lo hacen ideal para su aplicación en el suelo. Existe, según la forma de fabricación, algunos tipos de humus, siendo quizás el más conocido y común el humus de lombriz; debido a la facilidad de la producción del mismo. Las principales características del humus es el color negrozco, que se da debido a la alta presencia de carbono (Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes, 2021).

El humus de lombriz es un tipo de fertilizante orgánico que resulta de la digestión de las lombrices de distintos tipos de residuos orgánicos o material orgánico en

general. Este humus ha probado ser un excelente fertilizante orgánico, de primer orden, que además de aportar gran cantidad de nutrientes a la planta, es capaz de regenerar la estructura físico-química del suelo, transformándolo en más fértil y mejorando la permeabilidad del agua haciendo que la actividad de nitritos en el suelo incremente. Además, este tipo de humus puede almacenar y retener humedad, luego es capaz de liberar nutrientes como azufre, boro, nitrógeno, potasio, fósforo; los cuales son requeridos y aprovechados por distintos tipo de cultivos (Tenecela, 2012).

Por su parte, el humus debido a las múltiples propiedades que aporta al suelo ha sido ampliamente utilizado en el campo de la reforestación y medio ambiente como un biorremediador del suelo. En la agricultura, debido a las mismas cualidades, es empleado para mejorar los cultivos, ya que este producto orgánico tiene la cualidad de producir hormonas como ácido acético y giberélico que estimula el crecimiento y diversas funciones de las plantas. También se considera un agente que protege la raíz de las plantas contra el ataque de nematodos y bacterias que promueven enfermedades en los cultivos (Escobar, 2013).

Ventajas de Humus en el uso agrícola

Según las ventajas que ofrece la aplicación de humus en el campo agrícola radica fundamentalmente en la mejora de la estructura del suelo, el humus hace posible la formación de pequeñas partículas en estructuras granulares las cuales, pueden facilitar el desarrollo radical de las plantas, mejora el intercambio gaseoso en el interior del suelo, incrementa los microelementos en distintas proporciones, se puede aplicar en cualquier dosis ya que no altera ni afecta a ninguna planta, se puede utilizar incluso como fertilizante foliar ya que posee elementos nutritivos

solubles, activa microorganismos y aumenta la oxidación de materia orgánica de forma que esta pueda ser asimilada por las plantas (Sotelo y Téllez, 2007).

2.3 Marco legal

Este ensayo se basa en los Artículos 396 y 409 de la Constitución de la República del Ecuador con vigencia desde 2008 y en la Ley Orgánica del Régimen de Soberanía Alimentaria (2010).

Principios Ambientales de la Constitución de la Republica del Ecuador (2008)

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.
2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.
3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.
4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

Art. 409 de la Constitución de la República del Ecuador (2008), es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona.

Art. 396 de la Constitución de la República del Ecuador (2008), establece que el Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas. La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas. 178 cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente. Las acciones

legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles.

El artículo 9 y 10 de la Ley Orgánica del Régimen de Soberanía Alimentaria

(2010) dispone lo siguiente:

Artículo 9. Investigación y extensión para la soberanía alimentaria. - El Estado fomente la investigación científica y tecnológica en materia agroalimentaria, con el objeto de mejorar la calidad nutricional de los alimentos, la productividad y la sanidad alimentaria.

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.

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Esta investigación fue de tipo experimental, se manejó la evaluación de la fertilización con enmiendas orgánicas, aplicadas en diferentes tratamientos. Para esto se estableció variables dependientes e independiente para luego detectar cambios significativos en el desarrollo agronómico y productivo del cultivo luego de la aplicación de los tratamientos.

El nivel de esta investigación fue correlacional, ya que se analizó las variables medidas para establecer una correlación entre los resultados obtenidos y el tipo de tratamiento aplicado. A manera de causa-efecto se estableció una explicación de los resultados.

3.1.2 Diseño de investigación

Esta investigación se diseñó a partir de la búsqueda de información de diversas fuentes para establecer un modelo teórico del cual se extrajo las dosis de los productos a aplicar, así como también el correcto manejo del cultivo durante el experimento. Se estableció una serie de tratamientos para evaluar el grado de efectividad de cada uno para luego contrastarlos entre sí. Para esto se estableció variables tanto dependiente como independientes para evaluar el efecto de una sobre la otra y establecer una correlación. El diseño que se empleó fue de tipo experimental, el cual facilitó evaluar y determinar con precisión los resultados que se obtuvieron de cada variable establecida.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

Esta investigación conto con variable independiente y variables dependientes.

3.2.1.1. Variable independiente

La variable independiente fue el efecto de la enmienda orgánica en la fertilización.

3.2.1.2. Variable dependiente

La variable dependiente fue la respuesta agronómica y productiva del cultivo.

Las variables dependientes que se midieron fueron:

- Número de flores cuajadas por planta (u)
- Número de mazorca sana por planta (u)
- Longitud de la mazorca (cm)
- Diámetro de la mazorca (cm)
- Peso de 100 granos secos (g)
- Rendimiento (kg/ha)

3.2.2 Tratamientos

Los tratamientos empleados en este ensayo se especifican en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de tratamientos

No.	Tratamiento	Descripción	Dosis	Frecuencia de aplicación
1	T1	NKP + Activador Natural de Suelo	NKP 100kg + 2 kg Activador	1 aplicación
2	T2	NKP + Activador Natural de Suelo	NKP 100kg + 2,5kg Activador	1 aplicación
3	T3	NKP + Activador Natural de Suelo	NKP 100kg + 3 kg Activador	1 aplicación
4	T4	NKP (Testigo)	-----	

Villafuerte, 2022

Tratamiento T1: Este tratamiento consistió en la aplicación de una mezcla homogénea de 100 kg de un fertilizante completo (NKP) + 2 kg de Activador Natural de Suelo.

Tratamiento T2: Este tratamiento consistió en la aplicación de una mezcla homogénea de 100 kg de un fertilizante completo (NKP) + 2,5 kg de Activador Natural de Suelo.

Tratamiento T3: Este tratamiento consistió en la aplicación de una mezcla homogénea de 100 kg de un fertilizante completo (NKP) + 3 kg de Activador Natural de Suelo.

Tratamiento T4: Este tratamiento consistió en la aplicación de 100 kg de un fertilizante completo (NKP).

3.2.3 Diseño experimental

Se implementó un diseño de bloques completos al azar DBCA que estuvo estructurado de cuatro tratamientos, con cinco repeticiones, obteniendo 20 unidades experimentales. Los resultados se validaron mediante un análisis estadístico de significancia y un test probabilístico para detectar diferencias significativas entre tratamientos.

3.2.3.1 Delimitación experimental

Tabla 2. Distribución de plantas en el experimento

Descripción	Dimensión
Número de tratamientos	4
Número de repeticiones	5
Número de plantas por tratamiento	3
Plantas total en el ensayo	60
Distancia entre plantas	2,90 m
Distancia entre hileras	3 m

Villafuerte, 2022

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos

Material

- Abono completo (NKP)
- Activador Natural de Suelo
- Balanza
- Balde
- Cámara fotográfica
- Cinta Métrica
- Estacas
- Humus
- Láminas de identificación
- Libreta de campo
- Machete
- Pala
- Piolas

3.2.4.2. Métodos y técnicas

Manejo de cultivo

- Cultivo

El cultivo en el cual se realizó este experimento corresponde a una plantación ya establecida de cacao de aproximadamente cuatro años. El cultivo cuenta con sistema de riego y está en óptimas condiciones productivas.

- Fertilización

La fertilización se realizó de acuerdo con el producto y la dosis establecidos en los tratamientos. La aplicación de NKP se realizó directamente al suelo, a igual con

la de activador natural de suelo; esto en la dosis establecida en los tratamientos. La aplicación se realizó con la mano en forma circular cerca de los 40 cm de la base del tronco de la planta. En el caso del Humus, un producto líquido, se aplicó en forma de drench en la dosis establecidas.

- Riego

El riego se realizó mediante el sistema hídrico de riego establecido en el cultivo.

- Manejo de plagas y enfermedades

Se realizó un monitoreo semanal para evaluar posibles amenazas de plagas o enfermedades.

Toma de datos

- Número de flores cuajadas por planta

Se realizó una contabilización de las flores que no se hayan desprendido de la planta y las cuales estén totalmente cuajadas. Esto se realizó en las plantas de cada tratamiento.

- Número de mazorca sana por planta

Se contabilizó el número de mazorcas sanas, sin monillas u otras enfermedades, por planta.

- Longitud de la mazorca (cm)

Se registró la longitud de diez mazorcas cosechadas de cada unidad experimental.

- Diámetro de la mazorca (cm)

Se registró el diámetro de diez mazorcas cosechadas de cada unidad experimental.

- Peso de 100 granos secos (g)

Se tomó el peso de 100 granos secos de cada unidad experimental.

- Rendimiento (kg/ha)

El rendimiento se calculó en base a la cosecha de cada tratamiento, el valor se registró en kg/ha. La cosecha de las unidades experimentales se realizó en una determinada época correspondiente al mes de junio; por ello el rendimiento (kg/ha) corresponde a un rendimiento parcial y no al rendimiento anual.

3.2.5 Análisis estadístico

Para determinar significancias en los resultados se empleó un análisis ANOVA. Para la comparación de medias se empleará el test de Tukey al 5% de probabilidad.

Tabla 3. Diseño estadístico ANOVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos (t-1)	3
Repeticiones (r-1)	4
Error (t - 1) (r-1)	12
Total	19

Villafuerte, 2022

4. Resultados

4.1 Número de flores cuajadas por planta

Los resultados del número de flores cuajadas se muestran en la Tabla 4. En esta variable no se observó diferencia estadística significativa por lo que se determina que no hay diferencia en la aplicación de diferentes niveles de activador o sin la aplicación de él. El análisis estadístico contó con un coeficiente de variación del 13,31% que está dentro de los valores aceptables para este tipo de experimento. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey con el 95% de confianza.

En la comparación de medias, a través de Tukey al 5%, no se detectó significancias, sin embargo, del análisis se extrajo que el tratamiento T2 obtuvo la media de flojes cuajadas más alta (137,20), seguida por el tratamiento T3 (136,20), luego se ubica el tratamiento T1 (131,00) y finalmente el tratamiento con menor cantidad de flores cuajadas fue el tratamiento T4 (106,20) el cual fue el testigo.

Tabla 4. Número de flores cuajadas

No.	Tratamiento	Descripción	Media	*
1	Tratamiento 1	NKP 100kg + 2 kg Activador	131,00	a
2	Tratamiento 2	NKP 100kg + 2,5kg Activador	137,20	a
3	Tratamiento 3	NKP 100kg + 3 kg Activador	136,20	a
4	Testigo	Sin aplicación	106,20	a
Coeficiente Variación			13,31%	

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
Villafuerte, 2022

4.2 Número de mazorca sana por planta

El análisis estadístico realizado a los resultados de esta variable, Tabla 5, en la comparación de medias, determinan que si existió diferencia significativa en la aplicación de activador natural de suelo en el cultivo de cacao. El análisis cuenta

con un coeficiente de variabilidad de 11,74% el cual está dentro de los valores aceptables para este tipo de ensayo.

La comparación de medias se realizó mediante Tukey al 5% y mediante el cual se determinó que existió una diferencia significativa entre la aplicación de activador natural de suelo y el tratamiento testigo. Así mismo, la comparación revela que no hay diferencia significativa en aplicar 2, 2,5 o 3 kg de activador de suelo, sin embargo, la media de estos niveles si muestra una pequeña brecha. El tratamiento con la media más alta fue el tratamiento T3 con 31,34 mazorcas por planta, después de este le sigue el tratamiento T2 con 28,86 mazorcas sanas, el tratamiento T1 con 26,88 mazorcas sanas. Finalmente, el tratamiento testigo T4 significativamente obtuvo el menor número de mazorcas sanas por planta (11,74).

Tabla 5. Mazorcas sanas por planta

No.	Tratamiento	Descripción	Media	*
1	Tratamiento 1	NKP 100Kg + 2 Kg Activador	26,88	a
2	Tratamiento 2	NKP 100Kg + 2,5Kg Activador	28,86	a
3	Tratamiento 3	NKP 100Kg + 3 Kg Activador	31,34	a
4	Testigo	Sin aplicación	18,71	b
		Coeficiente Variación	11,74%	

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
Villafuerte, 2022

4.3 Longitud de la mazorca (cm)

Los resultados concernientes a la longitud de la mazorca, los cuales se muestran en la Tabla 6, indican que bajo las condiciones de los tratamientos del ensayo se mostraron diferencias estadísticamente significativas. La aplicación de activadores naturales de suelo, en esta variable, presento diferencia significativa en la media entre algunos tratamientos. El análisis de varianza determinó un coeficiente de variación de 3,99% el cual está dentro del rango ideal para este tipo de ensayo.

La comparación de medias, mediante la prueba de Tukey al 5%, reveló que el tratamiento T3 fue significativamente superior a los demás con una media de 20,17 cm de longitud en las mazorcas de cacao. El tratamiento T2 (18,63 cm) no se diferenció estadísticamente del tratamiento T1 (18,14 cm) y, este último, T1, compartió semejanza estadística con el tratamiento testigo (17,19 cm). Estos resultados muestran una interesante relación entre el incremento de las dosis (kg de activador de suelo) y la longitud de la mazorca, debido a que mientras mayor es la dosis las mazorcas tienden a desarrollarse un poco más en comparación del tratamiento testigo.

Tabla 6. Longitud de la mazorca

No.	Tratamiento	Descripción	Media	*	
1	Tratamiento 1	NKP 100kg + 2 kg Activador	18,14	a	b
2	Tratamiento 2	NKP 100kg + 2,5kg Activador	18,63	a	
3	Tratamiento 3	NKP 100kg + 3 kg Activador	20,17	c	
4	Testigo	Sin aplicación	17,19		b
		Coeficiente Variación	3,99%		

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
Villafuerte, 2022

4.4 Diámetro de la mazorca (cm)

El diámetro de la mazorca, en función de cada tratamiento, presentó resultados interesantes los cuales se muestran en la Tabla 7. En esta variable se mostró una diferencia significativa en las distintas dosis de activador de suelo como enmienda a la fertilización de cacao, mostrando significancia en varios tratamientos, los cuales se distinguen estadísticamente del tratamiento sin aplicación de enmienda; es decir, el testigo. El análisis estadístico Anova se avaluó por un coeficiente de variación del 8,21. La media de cada tratamiento se muestra en la Tabla 7.

La comparación de media para detectar significancia estadística se realizó mediante el test de Tukey al 5%. Estadísticamente el tratamiento T3 es semejante al tratamiento T2, siendo T3 superior con 11,08 cm de diámetro por mazorca que los demás tratamientos. T2 alcanzó una media de 9,72 cm de diámetro y T1, siendo único estadísticamente, alcanzó una media de 9,06 cm. El tratamiento testigo obtuvo una media de 7,30 cm en el diámetro de la mazorca.

Tabla 7. Diámetro de la mazorca

No.	Tratamiento	Descripción	Media	*
1	Tratamiento 1	NKP 100kg + 2 kg Activador	9,06	a
2	Tratamiento 2	NKP 100kg + 2,5kg Activador	9,72	a b
3	Tratamiento 3	NKP 100kg + 3 kg Activador	11,08	b
4	Testigo	Sin aplicación	7,30	c
	Coeficiente Variación		8,21%	

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
Villafuerte, 2022

4.5 Peso de 100 granos secos

Se tomó el peso de 100 granos secos, al 6,5% de humedad, y se registró los valores en gramos. En la Tabla 8, se muestran los resultados obtenidos en esta variable expresados como la media de cada tratamiento. El análisis de Anova determinó significancia en los valores de cada tratamiento. El análisis estuvo respaldado por un coeficiente de variación de 15,23%.

Mediante el test de Tukey al 5% para la comparación de medias, se detectó diferencias estadísticamente significativas en la aplicación de diferentes dosis de activador natural de suelo en el cultivo de cacao. El análisis reveló que el tratamiento T3 es significativamente diferente al resto de tratamientos, siendo, además, este el tratamiento con la media más alta (195,97 g) en el ensayo. Así mismo, se muestra que el tratamiento T2 (144,51 g) no difiere significativamente

del tratamiento T1 (115,81 g), sin embargo, la media de T2 es mayor que la de T1. Finalmente, el tratamiento T4 (testigo) fue el tratamiento con el menor peso de granos secos con una media de 102,20 g; siendo estadísticamente semejante al tratamiento T1.

Tabla 8. Peso de 100 granos secos (gramos)

No.	Tratamiento	Descripción	Media	*
1	Tratamiento 1	NKP 100kg + 2 kg Activador	115,81	a b
2	Tratamiento 2	NKP 100kg + 2,5kg Activador	144,51	a
3	Tratamiento 3	NKP 100kg + 3 kg Activador	195,97	c
4	Testigo	Sin aplicación	102,20	b
		Coeficiente Variación	15,23%	

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
Villafuerte, 2022

4.6 Rendimiento (kg/ha)

Bajo el efecto del activador natural de suelo, el rendimiento del cacao tuvo diferencias significativas en todos los tratamientos. El análisis Anova de los resultados estuvo respaldado por un coeficiente de variación de 3,03% el cual se encuentra en el rango aceptable para este tipo de experimento.

El test de Tukey, realizado con un nivel de confianza del 95% para la comparación de medias, detectó diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tratamientos evaluados en este experimento. Estadísticamente cada tratamiento muestra resultados únicos, siendo el tratamiento T3 quien mostro la media más alta en cuanto al rendimiento del cacao, presentando un valor de 898,45 kg/ha bajo la influencia de 3 kg de activador natural de suelo. El tratamiento T2 presentó un rendimiento de 780,17 kg/ha. mientras que el tratamiento T1 presentó un rendimiento de 720,65 kg/ha. El tratamiento testigo (sin aplicación de activador

de suelo) presentó el rendimiento más bajo del ensayo, un rendimiento de 617,49 kg/ha.

Cabe mencionar que el rendimiento mostrado en la Tabla 9, corresponde al generado de una sola cosecha realizada en el mes de junio, y no corresponde al rendimiento anual, ya que este ensayo solo tuvo una duración de seis meses.

Tabla 9. Rendimiento (kg/ha)

No.	Tratamiento	Descripción	Media	*
1	Tratamiento 1	NKP 100kg + 2 kg Activador	720,65	a
2	Tratamiento 2	NKP 100kg + 2,5kg Activador	780,17	b
3	Tratamiento 3	NKP 100kg + 3 kg Activador	898,45	c
4	Testigo	Sin aplicación	617,49	d
		Coeficiente Variación	3,03%	

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
Villafuerte, 2022

5. Discusiones

Según los resultados obtenidos en este trabajo de investigación y en base al estado del arte obtenido en la investigación bibliográfica, se puede realizar las siguientes discusiones:

Con respecto a las características agronómicas del cultivo de cacao tras la aplicación del activador natural de suelo, se obtuvo una respuesta favorable en casi todas las variables evaluadas. En el número de flores cuajadas no se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$), sin embargo, se puede notar una leve diferencia en la media entre el tratamiento testigo (106,20) y el tratamiento T2 (137,20). Estos resultados pudiesen no mostrar diferencias significativas debido a que el activador de suelo aun pudiese no haber sido asimilado completamente, puesto que en las demás variables analizadas ya se empieza a distinguir diferencias significativas en algunos tratamientos. Estos resultados son similares a los obtenidos por Rojas, et. al., (2020), que en cultivo de tomate noto una diferencia en el crecimiento de las plantas, sin embargo, en la etapa fenologica de florecimiento la diferencia no fue tan significativa al igual que en este ensayo.

En el número de mazorcas sanas por plantas se mostraron diferencias significativas que evidenciaban la respuesta del cultivo ante las aplicaciones de activadores naturales de suelo y humus. La media más alta la obtuvo el tratamiento T3 (NKP 100 Kg + 2,5 Kg Activador) + humus con un promedio de 31,34 mazorcas sanas por planta, superior al tratamiento testigo del cual se reportó una media de 18,71 mazorcas sanas por planta. Para esta variable ya se empieza a notar significativamente el efecto de los activadores naturales de suelo en combinación con humus en la fertilización. Estos resultados concuerdan totalmente con los encontrados por Gamboa (2020) quien en un ensayo de enmiendas orgánicas

determino que la combinación de (NKP) + humus se obtenían los valores más altos para las variables agronómicas evaluadas.

Las variables que se evaluó para medir la calidad del fruto en términos de longitud y diámetro del mismo se obtuvieron que; en la longitud de la mazorca se obtuvo diferencias estadísticamente significativas en los distintos tratamientos, siendo el tratamiento T3 (NKP 100 Kg + 3 Kg Activador) quien destaco de los demás y fue único significativamente, con una media de 20,17 cm fue superior al tratamiento testigo en quien se reportó una media de 17,19 cm en la longitud de las mazorcas. Estos resultados se repiten en el diámetro de la mazorca en donde también se reportó diferencias significativas y en la comparación de medias el tratamiento T3 es superior a los demás tratamientos. En el diámetro de las mazorcas el tratamiento T3 obtuvo una media de 11,08 cm en el diámetro; mientras que, el tratamiento testigo reporto una media de 7,30 cm. Estos resultados indican una clara incidencia en la aplicación de activadores naturales de suelo y humus, en respuesta hacia la productividad del cultivo, siendo estos resultados muy semejantes a los encontrados por Alcívar (2015) que en un ensayo similar (biol + activadores naturales de suelo) determino que esta combinación mostro un efecto positivo en las variables longitud y diámetro del fruto; siendo considerada esta como una alternativa orgánica a la fertilización convencional.

El efecto de los activadores naturales de suelo + humus como enmienda en la fertilización edáfica, se vio reflejado en el peso de 100 granos secos y el rendimiento del cultivo. En primera instancia, se midió el peso de 100 granos secos en lo cual se encontró diferencias y semejanzas significativas, siendo el tratamiento Testigo (sin enmienda orgánica) único estadísticamente y quien obtuvo los resultados más bajos (102,50 g) en dicha variable, por el contrario, el tratamiento

T3 (NKP 100Kg + 3 Kg Activador) + humus registró los valores más altos en esta variable (195,97 g). En cuanto al rendimiento, los tratamientos mostraron diferencias significativas; el tratamiento T3(NKP 100 kg + 3 kg Activador) obtuvo el mayor rendimiento calculado por hectárea (898,45 kg/ha), el tratamiento T2 (NKP 100 kg + 2,5 kg Activador) obtuvo un rendimiento de 780,17 kg/ha, el tratamiento T1 (NKP 100 kg + 2 kg Activador) un rendimiento de 720,65 kg/ha y finalmente el menor rendimiento fue de T4 (Testigo) con 617,49 kg/ha. Como puede notarse el rendimiento aumenta conforme aumenta la dosis en kg. del activador natural de suelo. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Alcívar, (2015) en cuanto a la productividad y rendimiento de los cultivos en respuesta a la fertilización con enmienda orgánicas a base de activadores naturales de suelo y humus.

Con respecto al rendimiento, se debe mencionar que corresponde al rendimiento de una época determinada, mes de junio, y que los valores del rendimiento expresado kg/ha, solo corresponden al de dicha cosecha y no al rendimiento anual ya que este ensayo tuvo una duración de seis meses.

6. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en esta investigación se puede realizar las siguientes conclusiones:

Las características agronómicas del cultivo en la etapa fenológica de florecimiento y cuaje de frutos, se vieron levemente influenciadas por las enmiendas orgánicas (activadores naturales de suelo y humus), donde en el número de flores cuajadas no hubo diferencia altamente significativas, sin embargo, el tratamiento con la mayor dosis de activador de suelo y humus; T3(NKP 100 kg + 3 kg Activador), obtuvo la mejor respuesta en esta variable, 136,20 flores cuajadas por planta. En cuanto al número de mazorcas por planta, en esta si se presentó una diferencia significativa en donde el tratamiento T3 fue superior a los demás (31,34 frutos). En base a esto, se podría afirmar que sí se obtuvo una respuesta favorable en las características agronómicas del cultivo de cacao tras la aplicación de activadores naturales de suelo y humus.

En el rendimiento del cacao se mostraron diferencias altamente significativas, diferenciando cada tratamiento en función de la dosis aplicada de la enmienda activadores naturales de suelo y humus. El rendimiento más alto fue obtenido por el tratamiento T3 (NKP 100 kg + 3 kg Activador) de quien se calculó un rendimiento de 898,45 kg/ha. de cacao seco al 6,5% de humedad. Para esta variable se concluye que el rendimiento del cultivo tuvo una mejor respuesta conforme aumento la dosis de activador natural de suelo y humus.

Conforme a los resultados obtenidos en esta investigación se establece que la mejor alternativa orgánica para la mejora del rendimiento del cultivo de cacao en la zona de Venecia, cantón Milagro, es la formulación de humus + 3 kg de activador

natural de suelo como enmienda a la fertilización edáfica realizada normalmente en el cultivo (N-K-P).

Los resultados obtenidos de los tratamientos evaluados en esta investigación demuestran que las enmiendas orgánicas con base en activadores naturales de suelo (*Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* y *Pseudomonas monteilii*) y Humus, son una excelente alternativa para la mejora de la productividad y rendimiento del cultivo de cacao; además, que esta enmienda regenera el suelo y los mejora para la asimilación de nutrientes, retención de humedad y otros beneficios que se obtiene al aplicar estos productos.

7. Recomendaciones

En base a las conclusiones realizadas en este trabajo se procede a realizar las siguientes recomendaciones:

Aplicar el producto comercial Soil Activador, utilizado en este trabajo, y humus en los cultivos de cacao para mejorar la calidad y estructura del suelo, mejorar las características agronómicas del cultivo e incrementar el rendimiento en las cosechas de cacao.

Replicar este ensayo en otras localizaciones o provincias del Ecuador, para determinar la efectividad de los activadores naturales de suelo y humus en la mejora de la productividad de los cultivos.

Emplear alternativas orgánicas en la fertilización de los cultivos de cacao, debido a que al tratarse de un cultivo perenne constantemente las plantas extraen recursos nutricionales del suelo, desgastando la estructura del mismo y viéndose afectado tras el exceso de fertilizantes químicos, por ello, es muy recomendable buscar soluciones orgánicas que se complementen con la fertilización edáfica.

Mantener libre de plagas y enfermedades los cultivos de cacao, ya que estas afectan directamente la producción del cultivo lo cual se ve reflejado en la disminución del rendimiento.

8. Bibliografía

- Alarcón, J., Arevalo, E., Díaz, A., y Galindo, J. (2012). Manejo fitosanitario del cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.). Medidas para la temporada invernal. *Guía Técnica*. Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural: Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá, Colombia.
- Alcívar, J., y Loor, M. (2016). Respuesta del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) a la poda y fertilización orgánica y química. *Tesis de Grado*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Calceta.
- Alcívar, R. (2015). Respuesta agronómica del cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.) a la aplicación de activadores fisiológicos y abonos de origen orgánico al suelo y follaje. *Tesis de Grado*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil.
- Alvarado, Y., Leiva, M., Cruz, M., Mena, E., Acosta, M., Roque, B., . . . Padrón, L. (2015). Efecto de *Bacillus* spp. sobre el crecimiento y rendimiento agrícola de plantas in vitro de papa cv. 'Romano' en casa de cultivo. *Revista. Biotecnología Vegetal*, 15(2), 115-122.
- Arias, S. (2021). Manejo integrado del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.); enmiendas edáficas, efecto en la floración y cuajado de fruto. *Tesis de Grado*. Universidad Técnica de Machala, Machala.
- Arvelo, M., González, D., Maroto, S., López, T., & Montoya, P. (2017). Manual Técnico del Cultivo de Cacao. Buenas Prácticas para América Latina. *Manual Técnico*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica.
- Asanza, M., Alvarado, R., Peñafiel, G., y Fernández, F. (Diciembre de 2019). Crecimiento económico del cacao ecuatoriano. *Revista Observatorio de la*

- Economía Latinoamericana*. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/12/crecimiento-cacao-ecuador.html>
- Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes. (13 de marzo de 2021). Humus. *Hoja Técnica de Agronutrición*. España. Obtenido de <https://aefa-agronutrientes.org/glosario-de-terminos-utiles-en-agronutricion/humus#:~:text=Principalmente%20se%20encuentra%20en%20las,en%20fase%20de%20descomposici%C3%B3n>.
- Barrezuela, S., y Paz, A. (2017). Estudio comparativo de la estructura elemental de materia orgánica de suelo y mantillo cultivados de cacao en El Oro, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 5(1), 54-62. Obtenido de <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>
- Barrezuela, S., Prado, E., y Jimbo, R. (2017). Características del comercio de cacao a nivel intermediario en la provincia de El Oro-Ecuador. *European Scientific Journal*, 13(16), 273-282.
- Borrero, C. (2009). Fertilización del cultivo de cacao en sitio definitivo. *Informe Técnico*. San José del Guaviare, Colombia.
- Charris, E. (2021). Manejo agronómico de un sistema productivo de cacao *Theobroma cacao* L. en el corregimiento de Villa Germania municipio de Valledupar Cesar. *Trabajo de Grado*. Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.
- Colonia, L. (2012). Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de cacao. *Guía Técnica*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Principios Ambientales. *Art. 396, 409*.

- Corrales, L., Caycedo, L., Gómez, M., Ramos, S., y Rodríguez, J. (2016). *Bacillus* spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. *Artículo de Revisión*, 10(1), 45-65.
- Cosme, J. (26 de agosto de 2014). *Hortalizas Web Site*. Obtenido de Beneficios de *B. Subtilis* en tomates: <https://www.hortalizas.com/proteccion-de-cultivos/biorracional-organico/los-beneficios-de-b-subtilis-en-tomates/>
- Darwin, M. (27 de octubre de 2020). *Bioprospecting Excellence Web Site*. Obtenido de Bacterias útiles para la agricultura – *Bacillus thuringiensis* y *Bacillus sphaericus*: <https://darwinbioprospecting.com/en/2020/10/27/bacterias-utiles-para-la-agricultura-bacillus-thuringiensis-y-bacillus-sphaericus-2/>
- Díaz, L., Mendoza, E., Bravo, M., y Domínguez, N. (2018). Determinación de Cadmio y Plomo en almendras de cacao (*Theobroma cacao*), proveniente de fincas de productores orgánicos del cantón Vinces. *Espirales: Revista Multidisciplinaria de Investigación*, 2(15), 77-92. doi:<https://www.revistaespirales.com/index.php/es/article/view/213/159>
- Duarte, E. (2020). Manejo agronómico en cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) y proceso de certificación de fincas en la comunidad Sitio Histórico, Matiguas, 2020. *Tesis de Grado*. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Eguiguren, A., y Carmona, J. (2012). Estudio del cacao y propuesta gastronómica. *Tesis de Grado*. Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Pichincha, Ecuador.
- Escobar, A. (2013). Usos potenciales del humus (abono orgánico lixiviado y sólido) en la empresa fertilombriz. *Tesis de Grado*. Corporación Universitaria La Sallista, Caldas, Colombia.

- Espinosa, C., y Mosquera, D. (2012). Estudio de factibilidad para la producción de cacao en el cantón San Lorenzo, provincia de Esmeraldas. *Tesis de Grado*. Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Falconí, C., y Yáñez, V. (2007). Validación de biopesticidas para el control de la moniliasis y manejo sustentable del cacao fino y de aroma en el Ecuador. *Tesis de Grado*. Universidad de las Fuerzas Armadas, Quito.
- Gamboa, C. (2020). Efecto de la turba, humus y NKP en el cultivo de lechiga (*Lactuca sativa*) en el cantón Milagro. *Tesis de Grado*. Universidad Agraria del Ecuador, Milagro.
- Gonzales, A. (2017). Manual de Postcosecha para el Cacao: Condiciones Edafoclimáticas para el cultivo del Cacao. *Manual Técnico*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú. Obtenido de https://www.academia.edu/7602272/Condiciones_Edafoclim%C3%A1ticas_para_el_cultivo_del_Cacao
- Guerrero, J. (2012). Análisis de suelos y fertilización de cacao. *Guía Técnica*. Agrobanco, Perú.
- 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. *Tesis de Grado*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (Octubre de 2016). Plan de fertilización utilizado en parcelas de cacao EETP 800 y EETP 801 a plena exposición solar. *Informe INIAP - Departamento Nacional de Manejo de Suelos y Aguas*. Los Ríos.

- Landin, S., Benítez, F., y Sánchez, I. (2017). Análisis comparativo del crecimiento y participación del consumo de cacao ecuatoriano. *Conference Proceedings*, 1(1), 1-10. Obtenido de <https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/articloe/view/232/201>
- Ley Orgánica del Régimen de Soberanía Alimentaria. (2010). Capítulo III. *Investigación, asistencia técnica y diálogo de saberes*.
- Loayza, R., y Zabala, J. (2018). Análisis de la cadena productiva del cacao ecuatoriano para el diseño de una política pública que fomente la productividad y la eficiencia de la producción cacaotera período 2007-2016. *Tesis de Grado*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Pichincha, Ecuador.
- 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 Maestría*. Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Pichincha, Ecuador.
- López, S. (16 de Febrero de 2017). *Bacillus* un género que alberga especies que cumplen diversos roles biológicos. *Ficha Técnica No. 2*. Argentina.
- Macías, J., Cuenca, G., Menjivar, J., y Pacheco, H. (2019). Vulnerability to climate change of smallholder cocoa producers in the province of Manabí, Ecuador. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 72(1), 7-16.
- MAG. (15 de Diciembre de 2015). *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Obtenido de Gobierno de la República del Ecuador: <https://www.agricultura.gob.ec/>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2020). *MAGAP impulsa proyecto de reactivación del Cacao Fina y de Aroma*. Recuperado el 1 de diciembre de

- 2021, de MAGAP: <https://www.agricultura.gob.ec/magap-impulsa-proyecto-de-reactivacion-del-cacao-fino-y-de-aroma/>
- Mite, F. (2016). Fertilización del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Informe Técnico*. Estación Experimental Tropical Pichilingue, Mocache, Los Rios.
- Moreno, C., Molina, I., Miranda, Z., Moreno, R., y Moreno, P. (2020). La cadena de valor de cacao en Ecuador: una propuesta de estrategias para coadyuvar a la sostenibilidad. *Bioagro*, 32(3), 205-214.
- Muro, E. (2018). *Humus*. Recuperado el 2 de Diciembre de 2021, de Mendoza.conicet:
<https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/Humus.htm#:~:text=El%20humus%20es%20el%20producto,acci%C3%B3n%20natural%20de%20los%20microorganismos.>
- Nagua, E. (2016). Uso de la bacteria *Bacillus Subtilis* como agente de control biológico de hongos fitopatógenos en cultivos tropicales. *Tesis de Grado*. Universidad Técnica de Machala, Machala.
- Pérez, M. (2016). Podas en Cacao. *Manual Técnico*. Gobierno Vasco, Vasco.
- Rodríguez, C. (2012). Poda de formación en cacao injertado. *Hoja Divulgativa No. 1*. Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria, Costa Rica.
- Rodríguez, D., y Fusco, M. (2017). Agricultural risk management in the ecuadorian cocoa sector. *Revista de Investigación en Modelos Financieros*, 1(6), 57-74.
- Rodríguez, P. (2019). Estudio de la fertilización edáfica en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la hacienda San José, cantón Babahoyo. *Tesis de Grado*. Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo.

- Rojas, M., Bello, M., Ríos, Y., Moya, D., y Rodríguez, J. (2020). Utilización de cepas de *Bacillus* como promotores de crecimiento en hortalizas comerciales. *Acta Agonómica*, 69(1), 54-60.
- Romero, X., Moreno, J., y Estrada, W. (2011). Guía Técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas. *Guía Técnica*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, San Salvador, El Salvador.
- Sotelo, M., y Téllez, J. (2007). Efecto de distintos porcentajes de humus de lombriz, compost y suelo, como sustrato en la producción de plántulas de café (*Coffea arabica* L) variedad caturra. *Tesis de Grado*. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Tenecela, X. (2012). Producción de humus de lombriz mediante el aprovechamiento y manejo de los residuos orgánicos. *Tesis de Grado*. Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Cuenca, Ecuador.
- Tuesta, Á., Trigozo, E., Cayotopa, J., Arévalo, E., Arévalo, C., Zúiga, L., y Leon, B. (2017). Optimización de la fertilización orgánica e inorgánica del cacao (*Theobroma Cacao* L.) con la inclusión de *Trichoderma* endófito y Micorrizas arbusculares. *Tecnológica en Marcha*, 30(1), 67-78. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v30i1.3086>
- Villareal, M., Villa, E., Luis, C., Estrada, M., Parra, F., y Santos, S. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista mexicana de fitopatología*, 36(1), 95-130.

9. Anexos

Tabla 10. Análisis estadístico de Número de Flores Cuajadas
Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Número de Flores	20	0,55	0,29	13,31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4224,95	7	603,56	2,09	0,1251
Tratamiento	3178,15	3	1059,38	3,67	0,0439
Bloque	1046,80	4	261,70	0,91	0,4909
Error	3465,60	12	288,80		
Total	7690,55	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=31,90982

Error: 288,8000 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2	137,20	5	7,60	A
3	136,20	5	7,60	A
1	131,00	5	7,60	A
4	106,20	5	7,60	A

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

Villafuerte, 2022

Tabla 11. Análisis estadístico de Número de Mazorcas Sanas
Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mazorcas Sanas	20	0,81	0,69	11,74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	484,69	7	69,24	7,18	0,0016
Tratamiento	449,05	3	149,68	15,53	0,0002
Bloque	35,65	4	8,91	0,92	0,4815
Error	115,66	12	9,64		
Total	600,35	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,82936

Error: 9,6381 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
3	31,34	5	1,39	A
2	28,86	5	1,39	A
1	26,88	5	1,39	A
4	18,71	5	1,39	B

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

Villafuerte, 2022

Tabla 12. Análisis estadístico de Longitud de Mazorca
Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud de Mazorca	20	0,86	0,77	3,99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39,19	7	5,60	10,24	0,0003
Tratamiento	23,36	3	7,79	14,24	0,0003
Bloque	15,83	4	3,96	7,24	0,0033
Error	6,56	12	0,55		
Total	45,76	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,38868

Error: 0,5470 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
3	20,17	5	0,33	A		
2	18,63	5	0,33		B	
1	18,14	5	0,33		B	C
4	17,19	5	0,33			C

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

Villafuerte, 2022

Tabla 13. Análisis estadístico de Diámetro de la Mazorca
Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro de Mazorca	20	0,85	0,76	8,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39,11	7	5,59	9,60	0,0004
Tratamiento	37,09	3	12,36	21,25	<0,0001
Bloque	2,02	4	0,50	0,87	0,5111
Error	6,98	12	0,58		
Total	46,10	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,43227

Error: 0,5818 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
3	11,08	5	0,34	A		
2	9,72	5	0,34	A	B	
1	9,06	5	0,34		B	
4	7,30	5	0,34			C

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

Villafuerte, 2022

Tabla 14. Análisis estadístico de Peso de 100 Granos Secos (gr)
Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso 100 granos secos (g)	20	0,83	0,74	15,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	27357,61	7	3908,23	8,65	0,0007
Tratamiento	25831,66	3	8610,55	19,05	0,0001
Bloque	1525,95	4	381,49	0,84	0,5237
Error	5424,44	12	452,04		
Total	32782,05	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=39,92201

Error: 452,0364 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
3	195,97	5	9,51	A	
2	144,51	5	9,51		B
1	115,81	5	9,51		B C
4	102,20	5	9,51		C

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

Villafuerte, 2022

Tabla 15. Análisis estadístico de Rendimiento (kg/ha)
Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento (kg/ha)	20	0,97	0,95	3,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	207022,97	7	29574,71	56,56	<0,0001
Tratamiento	206489,25	3	68829,75	131,63	<0,0001
Bloque	533,71	4	133,43	0,26	0,9010
Error	6274,73	12	522,89		
Total	213297,70	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=42,93711

Error: 522,8945 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
3	898,45	5	10,23	A	
2	780,17	5	10,23		B
1	720,65	5	10,23		C
4	617,49	5	10,23		D

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

Villafuerte, 2022



Figura 1. Establecimiento de tratamientos
Villafuerte, 2022



Figura 2. Cultivo experimental
Villafuerte, 2022



Figura 3. Activador Natural de Suelo
Villafuerte, 2022



Figura 4. Dosificación de tratamientos
Villafuerte, 2022



Figura 5. Preparación de tratamientos
Villafuerte, 2022



Figura 6. Fertilización al cultivo
Villafuerte, 2022



Figura 7. Aplicación de tratamientos en fertilización
Villafuerte, 2022



Figura 8. Control de plagas
Villafuerte, 2022



Figura 9. Frutos cuajados de cultivo
Villafuerte, 2022



Figura 10. Conteo de flores y frutos
Villafuerte, 2022



Figura 11. Cosecha
Villafuerte, 2022



Figura 12. Cosecha de cultivo experimental
Villafuerte, 2022



Figura 13. Medición de largo de fruto
Villafuerte, 2022



Figura 14. Tratamientos cosechados
Villafuerte, 2022



Figura 15. Seguimiento de docente guía Villafuerte, 2022



Figura 16. Docente guía y autora de experimento Villafuerte, 2022