



**EXTENSIÓN PEDERNALES
CARRERA AGROPECUARIA**

Tesis previa a la obtención del título de
Ingeniero Agropecuario

TÍTULO

Efecto de la aplicación de correctores edáficos y fertilización
al cultivo de *Theobroma Cacao* L. variedad nacional fino en
aromas.

AUTOR (A)

Sandra Julissa Moreira López

TUTOR:

ING. Carmelo Menéndez Cevallos

PEDERNALES -MANABI-ECUADOR

2024 - 2

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

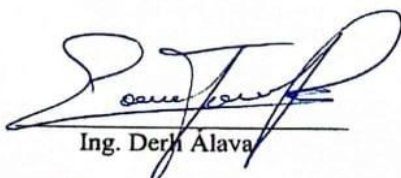
El tribunal evaluador Certifica:

Que el trabajo de fin de carrera modalidad Proyecto de Investigación titulado: "EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CORRECTORES EDÁFICOS FERTILIZACIÓN AL CULTIVO DE TEOBROMS CACAO L. VARIEDAD NACIONAL FINO EN AROMAS". Realizado y concluido por la Srta. Sandra Julissa Moreira López ha sido revisado y evaluado por los miembros del tribunal.

El trabajo de fin de carrera antes mencionado cumple con los requisitos académicos, científicos y formales suficientes para ser aprobado.

Pedernales, 28 de enero del 2025.

Para dar testimonio y autenticidad firman:



Ing. Derji Alava

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. Jacinto Andrade

Miembro del tribunal



Ing. Renato Mendieta

Miembro del tribunal

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad Ciencias Agropecuarias de la Extensión Pedernales de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de investigación bajo la autoría del estudiante, SANDRA JULISSA MOREIRA LÓPEZ, bajo la opción de titulación del trabajo de investigación, con el tema: **"EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CORRECTORES EDÁFICOS FERTILIZACIÓN AL CULTIVO DE TEOBROMS CACAO L. VARIEDAD NACIONAL FINO EN AROMAS"**.

La presente investigación ha sido desarrollada en el apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometidos a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Lo certifico.

Pedernales, 28 de enero de 2025

Lo certifico.



ING. Carmelo Menéndez Cevallos

TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, Sandra Julissa Moreira López, con cédula de identidad No. 1312997636, declaro que el presente trabajo de titulación **"EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CORRECTORES EDÁFICOS Y FERTILIZACIÓN AL CULTIVO DE TEOBROMA CACAO L"**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existente y respetando los derechos intelectuales de terceros considerandos en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que las ideas y contenidos expuestos en el presente trabajo son de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación antes mencionada.

Pedernales, 28 de enero del 2025



Sandra Julissa Moreira López

C.I. 1312997636

AGRADECIMIENTO

A lo largo de mi formación académica han sido partícipes grandes personas que han puesto un minuto de su tiempo para que logre ser una profesional.

Quiero agradecer a mis padres por ser el motor que me impulsa a prepararme para él mañana
Gracias porque a pesar de las dificultades económicas nunca se rindieron.

A los mentores, que han sido una pieza clave desde el inicio hasta ahora en la etapa final, para formar cada día más mis conocimientos, gracias, Ingenieros Carmelo Menéndez, Raúl Macías, Tyrone Zambrano, por estar atentos a despejar cualquier inquietud que tenía y sobre todo por acompañarme en el desarrollo de mi investigación.

Y sobre todo de manera muy especial agradecer a mis amigas y amigos que se convirtieron en mis hermanas y hermanos, que sin sus palabras de aliento y consejos en los momentos más vulnerables o en aquellas ocasiones que pensé en rendirme tuvieron las palabras acertadas para animarme y continuar en este proceso para terminar mi formación de tercer nivel.

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios, por darme la fortaleza y sabiduría de conocer y emprender el camino que conlleva al conocimiento académico.

A las personas que siempre se han sacrificado porque mi porvenir sea mejor, a ellos Ecilda López y Francisco Moreira, quiénes han sido los padres más maravillosos y entregados para que cada uno de sus hijos sean unos profesionales.

A mis hermanos Melina, Cristian, Yair y Matías Moreira López que son parte fundamental de mi vida, mi mayor inspiración y ejemplo de trabajar duro para conseguir nuestras metas.

CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	.....
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	.....
CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	.....
DERECHOS DE AUTORÍA	2
AGRADECIMIENTO	5
DEDICATORIA	6
CONTENIDO	7
ÍNDICE DE TABLA	11
ÍNDICE DE GRÁFICOS	11
ÍNDICE DE ANEXOS	12
RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO DE TRABAJO DE TITULACIÓN	13
ABSTRACT.....	14
1. INTRODUCCIÓN CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.1.1. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	19
Variable independiente:	19
Variable dependiente:	19
1.1.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	19
1.1.3. HIPÓTESIS.....	20
1.2. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	21
1.2.1. Objetivo general.....	21
1.2.2. Objetivos específicos	21
1.3. Justificación	22
1.4. Marco teórico.....	23
1.4.1. Antecedentes.....	23
1.4.1.1. Características del cacao	23
1.4.1.2. Condiciones climáticas para el cultivo del cacao.....	24
1.4.1.3. Taxonomía del cacao.	26
1.4.1.4. Descripción botánica.....	26
1.4.1.5. Variedades o tipos de cacao en el Ecuador	28
1.4.1.6. Suelo	30
1.4.1.7. Tipos de suelos para cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	38
1.4.1.8. Materia orgánica	40
1.4.1.9. Fertilización	40
1.4.1.10. Prácticas de Manejo de Suelos.....	46

1.4.1.11. Correctores de suelo.....	47
1.4.1.12. Correctores de Salinidad	48
1.4.1.13. Correctores de Textura del Suelo.....	48
Importancia de los Correctores de Suelo	49
1.4.1.14. Mejora de la Fertilidad del Suelo	49
Aplicación y Consideraciones en el Uso de Correctores de Suelo	50
Capítulo II.....	51
Desarrollo metodológico.....	51
2.1. Métodos de investigación	51
2.1.1. Localización.....	51
2.1.2. Ubicación geográfica	52
2.1.3. Duración del trabajo.....	52
2.2. Método y técnica de la investigación.....	52
2.2.1. Método de investigación	52
2.2.2. Diseño de la investigación	53
2.2.3. Técnicas de aplicación	54
2.2.4. Delineamiento experimental	54
2.2.4.1. Factores estudiados	54
Tabla 1.	55
2.2.4.2. Estructura de los tratamientos	55
Tabla 2.	55
2.3. Diseño experimental	56
2.3.1. Materiales y equipos	56
2.3.2. Variables que se representan como respuesta	56
2.4. Manejo del ensayo	57
2.4.1. Delimitación del área del ensayo	57
2.4.2. Preparación de los tratamientos	57
Tabla 3.	58
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
3.1. Resultados de métodos y técnicas de investigación.....	
3.2. Comprobación de hipótesis o contestación a las preguntas establecidas en la investigación	84
3.3. Análisis y discusión de resultados	
3.3.1. Resultados	59
Tabla 4.	59
Figura 1.	60
3.3.2. Textura.....	

Tabla 5.	60
Figura 2.	
3.3.3. Limo.....	
Tabla 6.	
Figura 3.	
3.3.4. Arcilla	
Tabla 7.	
Figura 4.	
3.3.5. Materia orgánica	60
Tabla 8.	61
Figura 5.	61
3.4. Macronutrientes	62
3.4.1. Nitrógeno	62
Tabla 9.	62
Figura 6.	63
3.4.2. Fosforo	64
Tabla 10.	64
Figura 7.	65
3.4.3. Potasio.....	65
Tabla 11.	66
Figura 8.	66
3.4.4. Calcio	67
Tabla 12.	67
Figura 9.	68
3.4.5. Magnesio.....	68
Tabla 13.	69
Figura 10.	69
3.4.6. Azufre	70
Tabla 14.	70
Figura 11.	71
3.4.7. Micronutrientes	71
Tabla 15.	72
Figura 12.	72
3.4.8. Cobre.....	73
Tabla 16.	73
Figura 13.	74

3.4.9. Hierro	74
Tabla 17.	75
Figura 14.	75
3.4.10. Manganeso	76
Tabla 18.	76
Figura 15.	77
3.4.11. Boro.....	77
Tabla 19.	78
Figura 16.	78
Tabla 20.	79
3.5. Discusión de resultados.....	82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
Bibliografía	88
Anexo 1. Reconocimiento del área donde se desarrolló la investigación.....	97
Anexo 2. Limpieza y poda.....	97
Anexo 3. Toma de muestras para obtener resultados de entrada.....	97
Anexo 4. Reconocimiento de la topografía para división de bloques y unidades experimentales.	98
Anexo 5. Preparación de las dosis de las enmiendas a aplicar en el suelo.	98
Anexo 6. Aplicación de los correctores de suelo con sus respectivos tratamientos.	99
Anexo 7. Riego, a la plantación 3 veces por semana.....	99
Anexo 8. Toma de muestras pasados los 60 días.....	100
Anexo 9. Análisis de laboratorio #1	100
.....	101
Anexo 10. Análisis de laboratorio #2	102

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1.	55
Tabla 2.	55
Tabla 3.	58
Tabla 4.	59
Tabla 5.	60
Tabla 6.	
Tabla 7.	
Tabla 8.	61
Tabla 9.	62
Tabla 10.	64
Tabla 11.	66
Tabla 12.	67
Tabla 13.	69
Tabla 14.	70
Tabla 15.	72
Tabla 16.	73
Tabla 17.	75
Tabla 18.	76
Tabla 19.	78
Tabla 20.	79

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1.	60
Figura 2.	
Figura 3.	
Figura 4.	
Figura 5.	61
Figura 6.	63
Figura 7.	65
Figura 8.	66
Figura 9.	68
Figura 10.	69
Figura 11.	71

Figura 12.	.....	72
Figura 13.	.....	74
Figura 14.	.....	75
Figura 15.	.....	77
Figura 16.	.....	78

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Reconocimiento del área donde se desarrolló la investigación.	97
Anexo 2.	Limpieza y poda.	97
Anexo 3.	Toma de muestras para obtener resultados de entrada.	97
Anexo 4.	Reconocimiento de la topografía para división de bloques y unidades experimentales.	98
Anexo 5.	Preparación de las dosis de las enmiendas a aplicar en el suelo.	98
Anexo 6.	Aplicación de los correctores de suelo con sus respectivos tratamientos.	99
Anexo 7.	Riego, a la plantación 3 veces por semana.	99
Anexo 8.	Toma de muestras pasados los 60 días.	100
Anexo 9.	Análisis de laboratorio #1	100
	.....	101
Anexo 10.	Análisis de laboratorio #2	102

RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

La presente investigación se centra en la importancia de la aplicación de correctores de suelo para la producción de cacao fino o de aroma. La selección adecuada del suelo es esencial para garantizar su aptitud agronómica, especialmente en lo que respecta al cultivo de cacao. El desarrollo óptimo de la planta puede verse afectado negativamente por suelos de baja calidad, lo que resulta en un bajo desempeño productivo debido a un desequilibrio en la distribución interna de los fotosintatos producidos durante el proceso de fotosíntesis. El objetivo principal de este estudio es determinar cómo la aplicación de correctores edáficos influye en la mejora de la fertilidad y la estructura del suelo en *Theobroma cacao L.* Para ello, se empleó una investigación de campo con un enfoque cuantitativo-experimental, en la que se aplicaron técnicas de división de terreno para establecer las unidades experimentales en el cultivo. Los resultados obtenidos evidencian que la aplicación de correctores, como el carbonato de calcio y el carbonato de magnesio, ha tenido un impacto positivo en el aumento del pH en suelos ácidos, como se observó en las parcelas 2 y 5. Este hallazgo sugiere que las enmiendas utilizadas contribuyen a mejorar la disponibilidad de nutrientes esenciales, lo cual corrobora los resultados reportados en estudios previos sobre la corrección de suelos ácidos.

Palabras claves: correctores, nutrientes, edáficos, fertilidad.

ABSTRACT

This research focuses on the importance of applying soil amendments for the production of fine or aroma cocoa. Proper soil selection is essential to ensure its agronomic suitability, especially with regard to cocoa cultivation. Optimal plant development can be negatively affected by low quality soils, resulting in poor productive performance due to an imbalance in the internal distribution of photosynthates produced during the photosynthesis process. The main objective of this study is to determine how the application of edaphic correctors influences the improvement of fertility and soil structure in *Theobroma cacao* L. To this end, field research was used with a quantitative-experimental approach, in which Land division techniques were applied to establish the experimental units in the crop. The results obtained show that the application of correctors, such as calcium carbonate and magnesium carbonate, has had a positive impact on increasing the pH in acidic soils, as observed in plots 2 and 5. This finding suggests that the amendments used contribute to improving the availability of essential nutrients, which corroborates the results reported in previous studies on the correction of acidic soils.

Keywords: correctors, nutrients, edaphic, fertility

1. INTRODUCCIÓN CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se enfoca en la importancia de aplicar correctores de suelo para la producción del cacao fino de aroma. La Organización Mundial de Comercio (OMC, 2019), destaca la tendencia creciente en el consumo mundial de cacao (4 millones TM) impulsada por el consumo de los mercados emergentes, cuya participación ha crecido hasta llegar a 34.7% del total en la temporada 2019. Para atender esta demanda, la producción mundial de cacao en grano creció 2.4% en este año, a partir del aumento de la superficie cosechada.

Puesto que, en Ecuador los últimos años, varias investigaciones han centrado su atención al origen de la domesticación y propagación del cacao Nacional Fino de Aroma, considerada en la actualidad una variedad representativa de la costa ecuatoriana (Coe, 2020).

Debido a que, la variedad autóctona Nacional fue la única que se plantó a inicios de la década de 1890. El cultivo comenzó comercialmente en los trechos bajos del Río Guayas y se extendió hacia arriba, hasta las orillas de sus afluentes: los ríos Daule y Babahoyo. Así pues, la almendra de cacao ganó el seudónimo de “Arriba” en el mercado internacional, que está relacionado a su lugar de origen. La variedad que le da comienzo a este cacao se conoce como nacional y, botánicamente, es elemento del grupo de plantas conocidas como forasteros amazónicos (Loor et al., 2012)

En virtud de, ser un producto que asegura una demanda importante, el cacao fino de aroma se destaca no solo por ser agradable al paladar, sino también por las propiedades nutritivas que posee (Parada y Veloz, 2021), por esta razón, lo convierte en abordable a todo tipo de público. Los principales consumidores para el grano de cacao ecuatoriano destacan por ser mercados como: Estados Unidos, Indonesia, Malasia, Países Bajos, México, Bélgica Italia y Alemania (Macancela,

2020).

Dado que, a nivel global el consumo de cacao per cápita en 2019 fue de 614 gramos. En países como Estonia, Bélgica y Dinamarca, este consumo superó los 4 kilogramos, mientras que Suiza destacó con la cifra más alta, con un promedio de más de 5,8 kilogramos por persona. Esto muestra que, aunque la producción de cacao se concentra principalmente en países en desarrollo, su consumo es mucho mayor en países desarrollados, debido principalmente a su transformación en chocolate, menciona (ESPAE -ESPOL. 2016).

Exactamente, en el año 2021 Ecuador certificó 331.028,57 toneladas de cacao en grano para la exportación, originando un valor de 758 millones de dólares (Zumba, 2022); agregado a lo anterior, esto significó un incremento, en comparación con el año 2020, las exportaciones de cacao experimentaron un aumento del 2%, alcanzando un total de 325.208,04 toneladas. De acuerdo con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 176, el 81% del cacao certificado correspondió a cacao no aromático, con 266.789,23 toneladas exportadas, mientras que el 19% restante fue cacao CCN-51, con 64.239,34 toneladas exportadas, enfatiza (Agro calidad, 2022).

El cacao en nuestro país se cultiva desde los 100 hasta los 1.400 msnm, siendo lo óptimo altitudes entre 400 y 800 msnm, con temperaturas medias, entre 23 - 28 °C, precipitaciones distribuidas a lo largo del año de 1500 - 2500 mm y humedad relativa entre 70 - 80%, en paisajes que varían desde montañas hasta llanuras aluviales, y en ambientes que van desde secos hasta per húmedos, es decir, en una gran diversidad de condiciones de suelo, topografía y clima, se crean distintos tipos de ambientes agroecológicos que responden de manera única a cada una de estas circunstancias las recomendaciones tecnológicas y opciones de manejo del cultivo (García et al., 2007).

A nivel nacional el cacao está distribuido en las Provincias de Guayas, Los Ríos,

Esmeraldas, Manabí, El Oro, Santo Domingo, Santa Elena, Bolívar, Cañar, Chimborazo, Azuay, Pichincha, Loja, Imbabura, Orellana, Napo, Pastaza, Zamora Chinchipe, Morona Santiago y Sucumbíos (INIAP, 2017).

Según la Corporación Financiera Nacional la producción de cacao en Manabí fue de 94.904 has cosechadas, con una producción de 22.309 Tm, con un rendimiento en Tm/ha de 0,20 que corresponde al 13 % del porcentaje nacional (CFN Corporación Financiera Nacional, 2018).

Por lo tanto, la baja productividad de las plantaciones representa un desafío socioeconómico significativo para los pequeños productores de cacao de tipo Nacional. Este problema está relacionado con factores como la presencia de enfermedades y aspectos genéticos, así como con las técnicas de manejo (Arias, 2021). Para obtener mejores rendimientos en las plantaciones de cacao, es crucial implementar buenas prácticas de manejo agronómico, como una adecuada fertilización para de esta manera mejorar las condiciones físico- químicas del suelo. (Nakayama, 2010).

Con el desarrollo de nuevas tecnologías hoy en día en el campo agrícola los productores están automatizando sus procesos mediante el uso de dispositivos tecnológicos, optando por la tecnología de internet. Esto les brinda capacidad de realizar un análisis y controlar de manera más precisa y así mejorar las condiciones del suelo para potenciar los cultivos, incluido el de cacao.

El uso de fertilizantes N, P, K, Ca y Mg se ha vuelto indispensable debido a la falta de fertilidad de la mayoría de los suelos para los altos rendimientos y la buena calidad que se esperan en la actualidad, por lo que hacer un uso adecuado de ellos es importante para una agricultura sostenible (Reyes, 2013).

El rendimiento del cacao depende de varios factores, como la cantidad de luz solar, la interacción entre las distintas variedades de cacao, el clima y la diversidad del suelo donde se

cultiva. Estas condiciones influyen en la disponibilidad de nutrientes, afectando directamente al desempeño de los cultivos. De este modo, un suelo con nutrientes adecuados y un pH ligeramente ácido facilita la absorción de estos elementos, lo que contribuye a mejorar el rendimiento. Por lo tanto, es fundamental realizar un seguimiento constante de los nutrientes disponibles del suelo para asegurar un crecimiento óptimo de los cultivos, (García, 2014).

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es fundamental prestar atención a la selección del suelo para garantizar su aptitud agronómica, especialmente en relación con el cultivo de cacao. Un suelo de baja calidad puede afectar negativamente el desarrollo de la planta, lo que se traduce en un bajo desempeño productivo. Este deterioro en el rendimiento se debe a un desequilibrio en la distribución interna de los nutrientes (fotosintatos) generados durante el proceso de fotosíntesis.

La absorción de nutrientes por el cultivo de cacao aumenta rápidamente en los primeros 5 años luego de la siembra, para más tarde estabilizarse manteniendo esa tasa de absorción por el resto de su vida útil. La cantidad exacta de nutrientes removidos por un cultivo dependen en particular del estado nutricional de la plantación (LUDEÑA, 2007).

La producción del cultivo de cacao ha mostrado bajos rendimientos en los últimos meses, especialmente cuando no se aplica fertilización ni se realiza un adecuado manejo del suelo. Esta falta de atención provoca que la planta acelere su proceso de senescencia, afectando su crecimiento y productividad. Los correctores de suelo, junto con la fertilización, pueden suministrar los nutrientes que el suelo necesita y ayudar a estabilizar sus características, convirtiéndose en un recurso clave para el correcto desarrollo del cultivo. Sin embargo, su efectividad depende de una aplicación adecuada y equilibrada, alineada con la disponibilidad

de nutrientes en el suelo, lo que permite obtener beneficios significativos para el desarrollo de la planta.

1.1.1. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Variable independiente:

- Correctores de suelo Carbonato de Calcio
- Corrector de suelo Carbonato de Magnesio
- Roca Fosfórica
- Materia Orgánica

Variable dependiente:

- pH
- Contenido de nutrientes en el suelo

1.1.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Se podrá realizar un análisis comparativo de la producción antes y después de la aplicación correctores de suelo y fertilización edáfica en el cultivo de Teobroma cacao nacional?
- ¿Es necesario usar correctores de suelo para un correcto desarrollo y producción de cacao nacional?
- ¿Qué tan eficiente es la combinación de los dos factores de estudio en la

producción de este cultivo?

1.1.3. HIPÓTESIS

- Ha. La aplicación de correctores de suelo en diferentes dosis altas y bajas influirá de manera favorable en la producción de cacao (*Teobroma Cacao L.*).
- Ho. La aplicación de correctores de suelo no tiene efecto significativo en la mejora de la fertilidad y la estructura del suelo en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*).
- H0. Todas las aplicaciones de correctores de suelo y fertilizante presentarán iguales rendimientos.

1.2. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.2.1. Objetivo general

Determinar como la aplicación de correctores edáficos influye en la mejora de la fertilidad y estructura del suelo en *Teobroma Cacao L.*

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la aplicación de correctores de suelo antes y después de los análisis de suelo.
- Medir el efecto de la combinación de correctores de suelo en diferentes dosis.
- Analizar el costo de inversión en los insumos aplicados en los diferentes tratamientos.

1.3. Justificación

El suelo tiene gran capacidad para influir en la calidad del entorno natural como fuente de servicios ambientales que las plantas utilizan en su funcionamiento, contribuyendo al almacenamiento y abastecimiento de agua y nutrientes, entre otros. Según la F.A.O (2003)

Los correctores de suelo es la alternativa para incrementar los rendimientos de cultivo de cacao nacional al ser un cultivo sensible a la disponibilidad de nutrientes y agua. En la zona de Pedernales con suelos con ligeras deficiencias de macro y micro nutrientes además de un pH bajo, es necesario priorizar nuevas tecnologías para la producción que se basen en el uso de correctores de suelo y fertilizantes que permitan optimizar los niveles de producción.

Debido a, la falta de conocimiento sobre cómo incorporar los nutrientes deficientes en el suelo, es un desafío importante para el cultivo de cacao. Puesto que las diferentes condiciones climáticas y la nutrición del suelo pueden influir en el rendimiento y la producción de los cultivos. Por esta razón, es crucial que los agricultores y productores dedicados a producir esta almendra tan cotizada tengan acceso a información sobre el estado de los nutrientes en sus tierras. De este modo, podrán realizar análisis de suelo y aplicar las dosis correctas de enmiendas para mejorar sus cosechas.

Dado que, en el cultivo de cacao de variedad nacional, es fundamental considerar factores adicionales que intercalan la nutrición del suelo, como la humedad, la temperatura y la cantidad de luz. El uso incorrecto de fertilizantes es un problema que afecta la fertilización y puede generar deficiencias en los nutrientes, salinidad, toxicidad y cambios en el sabor, lo que afecta la calidad del cacao, tanto para la exportación como para el consumo local.

1.4. Marco teórico

1.4.1. Antecedentes

1.4.1.1. Características del cacao

La producción de cacao tipo Nacional (*Theobroma cacao L*) en Ecuador, reconocido mundialmente por su aroma y sabor agradable al paladar del ser humano, está fuertemente influenciada por factores sociales y económicos que impactan directamente en su productividad, (León et al.,2016).

El cacao presenta variedades tanto nativas como mejoradas, y estas últimas se utilizan principalmente para la propagación clonal como afirman, (Bekele y Mora, 2019). Tradicionalmente, el cacao se ha clasificado en dos grandes grupos genéticos, llamados "Criollo" y "Forastero", basándose en sus características físicas y su origen geográfico. Además, se han identificado híbridos entre ambos, conocidos como "Trinitario" de acuerdo con, (Herrera et al., 2015). Para su cultivo, el cacao necesita condiciones ambientales adecuadas que favorezcan su desarrollo y permitan aprovechar su máximo potencial productivo. Esto incluye climas cálidos y húmedos con precipitaciones anuales de entre 1600 y 2500 mm, temperaturas de entre 15°C y 26°C, y altitudes de hasta 1200 msnm, dependiendo de la latitud y la temperatura del lugar como señalan (Arvelo et al., 2017).

Los clones de cacao de tipo Nacional pueden cultivarse a mayores altitudes a medida que se acercan a la línea ecuatorial. Sin embargo, debido a la sensibilidad del cacao al viento, especialmente en cultivos a cielo abierto, se recomienda elegir zonas con poca exposición a vientos fuertes, ya que vientos superiores a 14 km/h pueden causar pérdida excesiva de agua y caída temprana de las hojas como afirma (López et al., 2021).

1.4.1.2. Condiciones climáticas para el cultivo del cacao

Los factores climáticos, juegan un papel muy importante en el desarrollo del cacao estos fenómenos son responsables de que el cultivo pueda llegar a los niveles más altos de producción, el cultivo de cacao debe estar estrechamente relacionado con el entorno en el que se va a desarrollar. Debido a que, el clima, tiene un impacto directo en las plantaciones, ya que la humedad y las condiciones térmicas deben ser favorables para el crecimiento de la planta. Siendo esta una planta perenne, sus ciclos de floración, brote y cosecha están influenciados por los factores climáticos, lo que permite ajustar los calendarios agroclimáticos de acuerdo con (López, 2024). Destacando los factores más importantes para el cultivo de cacao se encuentran:

Precipitación: Puesto que, desde sus primeras etapas, la planta requiere suficiente agua para sus procesos metabólicos, lo que hace que la cantidad de lluvia sea el factor climático más variable a lo largo del año. Además, la distribución de las precipitaciones varía considerablemente de un área a otra, lo que influye en el manejo del cultivo en cada región.

El cacao crece en zonas donde la precipitación anual está entre 1. 500 y 3. 800 mm, pudiendo alcanzar el mejor desarrollo de 1. 800 a 2. 600 mm y satisfacer la demanda de agua de los cultivos. Por otro lado, en zonas con fuertes lluvias, el riesgo de problemas fitosanitarios es alto, lo que hace que su manejo sea muy derrochador y costoso (Rojas y Sacristán, 2013).

Temperatura. Debido a que, la temperatura está estrechamente vinculada al desarrollo, la floración y el fructificación del cacao, genera una gran influencia en estos procesos. Siendo una temperatura media anual ideal para su cultivo debería estar alrededor de los 25°C. En otras palabras, las bajas temperaturas afectan la velocidad de crecimiento de la planta, el desarrollo de los frutos y reducen la intensidad de la floración describe, (Paredes, 2003).

Para el establecimiento de esta especie se requiere sombra en la parte superior, típicamente

proporcionada por cultivos complementarios como el plátano, ya que estas son particularmente sensibles a los altos niveles de luz z (Lahive et al., 2019).

Las altas temperaturas influyen directamente en la altitud y latitud donde se puede cultivar el cacao. Puesto que, está también regula la absorción de agua y nutrientes por las raíces de la planta. Es importante considerar que cuando la temperatura desciende por debajo de los 15°C, la actividad de las raíces se ve reducida. Por otro lado, las altas temperaturas afectan las raíces superficiales y limitan su capacidad de absorción. Por eso, se recomienda proteger el suelo utilizando camas existentes para evitar daños, cómo señala (Paredes, 2003). Además, la descomposición rápida de la materia orgánica en el suelo, debido a la oxidación, también depende de la temperatura y la humedad presentes.

Viento: en tanto que, este factor determina la velocidad de la evapotranspiración del agua en el exterior del terreno y de la planta. Las plantaciones expuestas a vientos fuertes pueden experimentar defoliación. En áreas con poca sombra y vientos que alcanzan velocidades de hasta 4 m/seg, es común observar una pérdida significativa de hojas.

Se recomienda utilizar medidas de protección contra el viento y plantar árboles en hileras en el borde de la plantación perpendicular a la dirección del viento. Por ende, comprender las condiciones climáticas que tienen mayor impacto en el cultivo es esencial para aprovechar su máximo potencial productivo, y esto se logra a través de la caracterización agroclimática (Suárez et al., 2015).

Por consiguiente, a semejanza de zonas en donde el viento llega de 1 a 2 m/seg. No se presenta esta dificultad.

Altitud: dado que, el cacao crece de manera saludable en zonas tropicales, donde generalmente se cultiva hasta los 800 msnm. Sin embargo, en regiones cercanas al ecuador, se ha

logrado cultivarlo a altitudes que van desde los 1,000 msnm hasta los 1,400 msnm. Por lo tanto, aunque la altitud tiene un cierto impacto, no es tan determinante como los factores climáticos y del suelo en la producción de cacao, siendo estos últimos mucho más influyentes, (Paredes, 2003).

1.4.1.3. Taxonomía del cacao.

El cacao tiene la siguiente descripción taxonómica:

Nombre Científico: *Theobroma cacao*

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malvales Familia: Malvaceae

Género: *Theobroma* Especie: *Theobroma cacao* L, (Cabuya 2018).

1.4.1.4. Descripción botánica

El cacao, es un árbol que puede alcanzar una altura de 6 a 8 m, posee un sistema radicular originalmente pivotante, este proceso busca alcanzar las capas más profundas del suelo hasta llegar a los mantos freáticos, mientras que las raíces primarias y secundarias crecen simultáneamente de forma horizontal. Menciona (Jácome, 2018) la clasificación botánica de esta especie es la siguiente:

El tallo

La característica principal de la planta de *T. cacao* es por su altura de 5-8m, sin embargo, árboles adultos de tipo "Nacional" llegan a medir hasta los 15m y más. En las plantas provenientes de semillas, el tallo crece en forma vertical y luego de alcanzar 1-1.5m de altura detiene el crecimiento apical y produce de 3-5 ramas laterales (plageotropicas), formando la horqueta o "molinillo", las ramas laterales, por su parte, se ramifican de manera abundante. Justo debajo de la primera bifurcación, se ramifican ampliamente. Debajo de la primera horqueta se forma verticalmente un

chupón, que se desarrolla hasta formar un nuevo "piso" y así sucesivamente continua el crecimiento vertical. Aquel árbol reproducido negativamente como en el caso del cacao clonal o "ramilla" no muestra un tallo único, prevaleciendo el crecimiento de ramas laterales (INIAP, 2006).

Las hojas

Son enteras, pigmentadas y simples, el color varía mucho, la mayoría tienen un color verde que varía bastante. Algunos árboles, en particular, muestran hojas jóvenes con una pigmentación (color) intensa, van desde un color marrón claro, morado hasta rojizo; también las hay casi sin coloración (verde pálido). El peciolo de la hoja del tronco ortotrópico es largo normalmente, con un pulvínulo bien acentuado, las hojas de las ramas laterales son más pequeñas y tienen pulvínulos menos desarrollados. El tamaño de las hojas puede variar considerablemente, mostrando una gran adaptabilidad al entorno; es decir cuando hay menos luz es más grande y con más luz más pequeña, por lo general los cacaos amazónicos son de hojas más pequeñas (Flores, 2016).

La flor

Es hermafrodita es decir dado que tiene ambos sexos, por lo tanto, su polinización es estrictamente dependiente de los insectos. Su flor comienza a abrirse por la tarde, cuando el botón floral se agrieta. El día siguiente en horas de la mañana la flor ya está abierta en su totalidad. Puesto que, las flores del cultivo de cacao son pequeñas que, al igual que los frutos, crecen en racimos minúsculos sobre el tejido maduro del tronco y las ramas, generalmente en los lugares donde anteriormente hubo hojas. Estas flores se abren por la tarde y pueden ser fecundadas durante todo el día siguiente. El cáliz tiene un color rosa y sus segmentos son puntiagudos, mientras que la corola puede ser de color blanco, amarillo o rosa. Los pétalos son alargados. La polinización se realiza principalmente por insectos, siendo destacada una mosquita del género *Forcipomya*, describe (Unknown, 2016).

El fruto

Comúnmente el fruto del cacao es llamado como mazorca, es una drupa grande, apoyada por un pedúnculo fuerte fibroso, que procede del ensanchamiento del pedicelo floral; su forma considerablemente varía y sirve de base para determinar las diversas variedades dentro de la especie (INIAP, 2006).

De este modo, el tamaño y la forma de la planta dependen en gran parte de su herencia genética.

1.4.1.5. Variedades o tipos de cacao en el Ecuador

Cacao criollo

Conocido como el rey del cacao, debido a que, es muy apreciado por su sabor suave y aromático único. Aunque su producción es limitada, Ecuador es uno de los pocos países que cultiva esta variedad. Los granos criollos son altamente valorados en la industria del chocolate gourmet debido a su perfil de sabor distintivo. Este cacao proviene de árboles delgados que producen bajos rendimientos y son más vulnerables a las plagas. A nivel mundial, representa entre el 5 y el 10% de la cosecha. Sus flores tienen un delicado color rosado pálido, y cuando las mazorcas maduran, adquieren tonos rojos o amarillos. Estas mazorcas tienen 10 surcos profundos, una textura gruesa y están moteadas. Los frutos poseen paredes finas y las semillas, que son grandes y redondas, pueden ser blancas o de un tono púrpura pálido. Estas semillas se utilizan para hacer el chocolate de mejor calidad.

requiere un periodo de fermentación (2-3 días) y por susceptibilidad a diversas enfermedades, el cultivo es poco común como afirma (Zambrano, 2017).

Cacao Forastero

También llamado amazónico, por su distribución en forma natural, en la cuenca de este río

y sus afluentes. Se reconoce como centro de origen de este complejo genético el área localizada entre los ríos Napo, Putumayo y Caquetá, en América del Sur. Comprende la mayor variedad de cacao sembrados en Brasil y África Occidental, los que proporcionan el 80% de la producción mundial (Cedeño, 2010). Esta variedad de cacao produce granos pequeños a medianos (de 90 a 110 granos por 100g), de cotiledón oscuro. Esta variedad constituye la mayor parte de la producción mundial de cacao ordinario.

Las características de esta variedad; sus mazorcas son amarillas cuando maduran, ovoides, amelonadas, dado que, puede llegar a tener diez surcos, que pueden ser superficiales o profundos, donde la cáscara es lisa o ligeramente rugosa, y puede ser delgada o gruesa. En el centro del pericarpio, tiene una capa lignificada, con los dos extremos redondeados y, en ocasiones, un pequeño cuello de botella en la base. Los estaminoides son pigmentados de color violeta sus semillas son más o menos aplanadas en estado fresco, de color púrpura oscuro de forma triangular en corte transversal aplanada y pequeña (Cedeño, 2010).

Cacao Trinitario.

Se afirma que las características genéticas, morfológicas y de calidad, son intermedias entre Criollos y Forasteros, determinando diversos tipos de cacao. Dado que, los materiales trinitarios se distinguen por su alta variabilidad cuando se propagan sexualmente, debido a su origen híbrido. Sin embargo, pueden producir granos de excelente calidad y altos rendimientos si se les da un manejo agronómico adecuado, especialmente al trabajar con clones. Para estos materiales, es fundamental prestar atención a prácticas como las podas, el injerto y la polinización, sostienen (Arvelo, *et al.* 2017). El cacao Trinitario es resultante del cruce de las variedades Criollo y Forastero, da granos de tamaño medio a grande (de 65 a 90 granos por 100g), con cotiledón de color castaño y aroma de intensidad media (Cartay, 2005).

Cacao Nacional de Ecuador.

En ocasiones, no es bien distinguido debido a que este tipo de cacao presenta características similares al Forastero Amelonado. Sin embargo, son pocas las plantaciones puras de esta variedad, ya que la mayoría provienen del cruce natural con materiales introducidos desde Venezuela y Trinidad, conformando lo que se conoce como el complejo de Cacao Nacional Trinitario. Las mazorcas tienen una forma amelonada, pero con estrangulaciones en la base y el extremo, y surcos y lomos poco profundos. El color interno de las almendras es de un violeta pálido o lila, aunque en algunas ocasiones pueden aparecer semillas blancas, afirma (Paredes, 2009).

Una de sus virtudes, por el cual se destaca entre los demás es por su requerimiento para elaborar uno de los mejores chocolates a nivel mundial, siendo apetecible por su sabor y aroma floral, con destellos frutales y otros sabores distintivos.

Así pues, a nivel internacional, los granos de cacao se clasifican en dos categorías principales: cacao regular (normal) y cacao premium. La mayor parte de la producción mundial, alrededor del 95%, corresponde a cacao regular. El 5% restante es cacao dulce y aromático, conocido por su sabor y propiedades únicas, que lo hacen muy valorado en los mercados de Nueva York y Londres. Este cacao de excelente sabor tiene una alta demanda, especialmente porque las empresas europeas aprovechan la mayor parte de esta producción, sostienen (Mendoza, *et al.* 2021).

1.4.1.6. Suelo

El suelo es un cuerpo natural, tridimensional y dinámico que, a modo de epidermis, recubre la superficie de la tierra. Se trata de un sistema abierto, bastante complejo, estructural y, sobre todo, multifuncional. Constituye uno de los recursos naturales más importantes, ya que cumple multitud de funciones, entre las que destaca la producción de alimentos. Además, es clave para el

sustento de la vida y juega un papel importante en el medio ambiente (Izquierdo 2017).

En otras palabras, el suelo agrícola está formado por minerales que proporcionan nutrientes, tierra que retiene la humedad y microorganismos que ayudan a mantener sus propiedades. El factor físico es especialmente importante en los suelos cultivados de manera intensiva.

Con la deficiencia, de varios factores claves el suelo tiende a empobrecerse, al no tener una buena oxigenación y la acidez adecuada, añadiendo una estructura dañada, las plantas pueden presentar un bajo rendimiento genético, aunque el clima, las labores y el riego acompañen, (ONDARURAL, 2019).

Sumado a esto, podemos destacar que el suelo es una mezcla donde materiales sólidos agua y aire tienen una relación entre ellos además sus nutrientes resultan impredecibles para hacer crecer las plantas. En este sentido la cantidad de proporción en que se encuentran estos componentes se pueden obtener una serie de propiedades tanto físicas como mecánicas.

Características del suelo

El cacao se desempeña bien en suelos con textura franca, dotados de un buen nivel de materia orgánica (3,5% o más), profundos (1,5 m), con rango de 5,5 – 7 para el pH. Sin embargo, adapta su crecimiento a diversos ambientes. En ambientes con poca calidad, por ejemplo, con lluvias escasas o suelos poco profundos, la adaptación del cultivo ocurre a costa de recortes en el crecimiento y productividad (Echeverría y Rozas, 2007).

En tanto que, sus propiedades físicas y químicas, el cultivo de cacao necesita suelos profundos, ricos en materia orgánica y nutrientes minerales, y libres de obstáculos como piedras y gravas que puedan dificultar el desarrollo de las raíces. El sistema de raíces laterales del cacao se

extiende de manera radial, y de estas raíces surgen pequeñas raíces que exploran la capa superficial del suelo, mientras que la raíz principal penetra más profundamente, llegando hasta 3 metros de profundidad menciona (Azócar, 2002).

Por esta razón, para evaluar la calidad del suelo, es fundamental utilizar tres tipos de indicadores: físicos, químicos y biológicos. Todos son clave para analizar en conjunto las características y funciones del suelo. Los indicadores físicos y químicos se consideran bastante estables, ya que los cambios en un sistema tardan en afectar estas propiedades de manera significativa, por lo que no es necesario medirlos con frecuencia. En cambio, los indicadores biológicos son más sensibles y, por esta razón, se consideran los más adecuados para detectar cambios rápidos en el suelo (García y Hernández 2003).

Dado que, hay varios criterios para seleccionar los indicadores de calidad del suelo más adecuados. En general, se deben considerar cinco aspectos: que los indicadores sean sensibles a los cambios en el manejo, que estén relacionados con las funciones del suelo, que ayuden a comprender los procesos del agroecosistema, que sean útiles y fáciles de entender para quienes gestionan el suelo, y que sean sencillos de medir y accesibles. sostienen (Doran y Zeiss. 2000).

Estructura del suelo

La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla; es así que, cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores, conocidas como agregados, la evolución natural del suelo produce una estructura vertical estratificada la que se conoce como perfil, las capas que se observan se

denominan horizontes y se diferencian entre sí por la dinámica interna del transporte vertical de los agregados según (FAO, 2021).

Densidad del suelo

En este punto, refiere al peso por volumen de este. Existen dos tipos: la densidad real y la densidad aparente. La densidad real, que corresponde a las partículas densas del suelo, varía según los elementos que lo componen y generalmente se encuentra alrededor de 2,65. Una densidad aparente alta indica que el suelo está compacto o tiene un alto contenido de partículas grandes como la arena. Por otro lado, una densidad aparente baja no siempre significa que el ambiente sea ideal para el crecimiento de las plantas, enfatiza (Bernal, 2015).

Porosidad del suelo

Puesto que, la porosidad en el suelo caracterizada por la proporción de huecos o espacio en el suelo a un frente de volumen total, está íntimamente ligado a la actividad biológica del suelo, estructura y textura del suelo, ya se considera uno de los aspectos iniciales para generar un correcto desenvolvimiento de fertilización del área, para de esta manera asegurar un correcto crecimiento radicular, infiltración del agua, disponibilidad de nutrientes, desplazamiento de sales, incidencia de enfermedades e incluso en buena medida, la actividad fotosintética, afirma (Bribiesca, 2021).

Color

Es una de las virtudes, más diferenciadoras del suelo es su color, es un indicador de algunas propiedades existentes el cual puede ir variando dependiendo el lugar, otra variable es la existencia de minerales igual al contenido de agua existente, influye fuertemente en el crecimiento de plantas

porque depende de la temperatura del suelo, los suelos claros repelen la energía del sol a diferencia de los suelos oscuros absorbe eficientemente la energía del sol, menciona (Pérez, 2017).

Es importante saber, que la coloración de los suelos es su nivel de contenido y estado de los minerales de hierro y/o manganeso de materia orgánica. Algunos factores que conforman los diversos terrenos como vegetación del lugar, roca madre y el clima, determinan en su mayor tiempo la coloración de los suelos. De esta manera si un suelo es de color oscuro se debe a la materia orgánica muy descompuesta y denota alto contenido de humos o de pequeñas partículas que está envueltas en materiales únicos altamente polimerizados.

De este modo, el color del suelo puede servir como una herramienta indirecta para evaluar ciertas propiedades, ya que varía según los componentes presentes y, especialmente, según el nivel de humedad. Por lo general, el suelo se vuelve más oscuro cuando está mojado. Un color rojo indica la presencia de óxidos de hierro y magnesio, mientras que un color amarillo señala óxidos hidratados. Los suelos de color negro suelen tener un alto contenido de materia orgánica. Por otro lado, si el suelo presenta manchas o tiene un tono grisáceo, esto generalmente indica que las condiciones de aireación son deficientes, menciona (Gavilanes, 2022).

Humedad del suelo

El agua es esencial para todos los procesos físicos en la atmósfera y el medio ambiente en la Tierra. La humedad del suelo depende de factores como la precipitación, el consumo de agua por las plantas y la temperatura. Los niveles adecuados de humedad del suelo son críticos para el rendimiento de las plantas, ya que afectan la estructura del suelo, la salinidad, la temperatura y evitan la erosión, además de determinar la disponibilidad para la agricultura, (Cherlinka, 2020).

El manejo del agua de riego basado en la tensión de humedad del suelo permite determinar el momento y la profundidad óptimos para el riego, lo que lleva a un uso más eficiente de recursos como agua y fertilizantes. Este enfoque no solo mejora el crecimiento y el rendimiento de los cultivos, sino que también aumenta la calidad de las cosechas. No obstante, es esencial considerar el entorno agroclimático local para obtener resultados precisos y maximizar la eficiencia en el uso de los recursos aplicados, (Núñez et al. 2020).

Textura

Debido a que, en suelos de textura arcillosa, la penetración de las raíces se ve limitada dependiendo de los minerales que constituyan esta fracción. Las arcillas más pesadas, incluyendo las constituidas por minerales arcillosos como los del grupo de la montmorillonita son, en general, inconvenientes para este cultivo. La fracción arcillosa de la mayoría de los suelos en los trópicos húmedos se compone de arcillas caoliníticas y de óxidos de hierro y de aluminio, las cuales proporcionan un medio físico ideal para el desarrollo de las raíces del cacao. Las mejores condiciones las presentan los terrenos franco-arcillosos, afirma (Azócar, 2002).

Por otra parte, la textura del suelo influye en la velocidad con la que el agua se drena en un suelo saturado. El agua fluye más fácilmente a través de suelos arenosos que de suelos arcillosos. Una vez que el suelo alcanza su capacidad de campo, la textura también afecta la cantidad de agua disponible para las plantas. Los suelos arcillosos tienen una mayor capacidad para retener agua en comparación con los suelos arenosos, (CSR, S.F).

Arena

Los suelos arenosos están formados principalmente por partículas de arena, que son más grandes y menos cohesivas que las de arcilla, son compuestos por una textura granular hasta 50 cm de profundidad y a consecuencia retienen pocos nutrientes, así como la capacidad de retención hídrica, se caracterizan por ser secos con deficiencia y de drenaje rápido, la capacidad para transportar agua a las capas más profundas mediante el transporte capilar es casi nula (FAO, 2024).

Limo

Un suelo limoso es aquel grano fino que se encuentra en la corteza terrestre. El suelo limoso posee una escasa plasticidad, está compuesto por el sedimento llamado limo y su tamaño no excede el 0.05 mm, comprende una granulometría entre arcilla y arena fina, está compuesta principalmente por partículas de tamaño medio, entre la arena y la arcilla. Estos suelos tienen una capacidad moderada para retener agua y nutrientes, el color del suelo limoso puede variar, pero generalmente tiende a ser de tonos marrones a grises. La combinación de partículas de arcilla y limo influye en su color, (Lama, 2024).

Además, presentan dificultades problemáticas para la edificación. Se los encuentran en los bordes de los ríos o en zonas inundadas.

Arcilla

Dado que, son suelos pesados y densos que retienen bien el agua y los nutrientes. Pueden ser difíciles de trabajar y propensos a compactarse, pero son muy fértiles si se manejan adecuadamente, menciona (Lama, 2024).

Estas características confieren a los suelos arcillosos varias propiedades:

- ✓ Retención de Agua y Nutrientes (beneficioso sobre todo en períodos de sequía).
- ✓ Debido a su capacidad para retener nutrientes, son muy fértiles. Sin embargo, esto mismo puede ser problemático para el drenaje y aireación.
- ✓ Pueden ser difíciles de trabajar, especialmente cuando están mojados.
- ✓ La estructura de los suelos arcillosos tiende a ser pesada y densa. Para mejorar su manejabilidad, es común incorporar materia orgánica y realizar labores de laboreo para evitar la compactación.

pH

Debido a que, el pH es el foco principal del bienestar del suelo siempre se lo considera de primera opción cuando se requiere evaluar el estado del terreno a cultivarse. Debe estar en el rango de 6.0 a 7.5 en la capa superficial, sin ser excesivamente ácido (pH menor a 4.0) o alcalino (pH mayor a 8.0), hasta una profundidad de un metro (Leiva, 2012).

Los restos vegetales o animales que se encuentran en descomposición en el suelo, se denomina materia orgánica. El clima, pH y microorganismos transforman la materia orgánica en alimento para las plantas. El contenido de la materia orgánica influye en las condiciones químicas, físicas y biológicas del suelo; estabiliza la estructura, incrementa su permeabilidad, aumenta su capacidad de retención de agua, facilitando el asentamiento de la vegetación, para evitar la erosión hídrica y eólica. El cacao requiere suelos ricos en materia orgánica con un contenido mayor al 2% (Rojas, 2012).

1.4.1.7. Tipos de suelos para cacao (*Theobroma cacao*)

El suelo juega un papel crucial en el cultivo del cacao. No solo debe proporcionar nutrientes esenciales, sino también tener una estructura y características físicas adecuadas para un desarrollo óptimo. Se considera como suelos óptimos, los del grupo aluviales, además de los francos y los profundos que se conformen por un subsuelo de manera permeable.

- Profundidad (1,0 a 1,5 m).
- Texturas medias: franco, franco-limoso, franco-arcilloso, evitar los suelos arenosos.
- Nivel freático (mayor a 1,5 m).
- Suelos con pH de 6 a 7; con un mínimo de 3 a 5% de materia orgánica, relación carbono/nitrógeno de 9 como mínimo y altos contenidos de nutrientes.
- Libres de metales pesados u otros contaminantes.
- Pedregosidad (el suelo no debe presentar rocas grandes).
- Pendiente, 30% como máximo (significa que por cada 10 m de avance horizontal se suben 3 m), (López et al., 2021).

De este modo, para evaluar los cambios en la calidad del suelo, es necesario utilizar variables que ayuden a diagnosticar su condición. Estas variables se conocen como indicadores, que son herramientas de análisis que simplifican, cuantifican y comunican fenómenos complejos. Los indicadores pueden ser propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo, describen (Bautista y Etchevers, 2004).

Franco

Se destacan, de otros suelos porque tienen un equilibrio óptimo entre arena, limo y arcilla, lo que les da una estructura ideal para la agricultura. Estos suelos permiten una buena retención de

humedad y un drenaje adecuado, evitando que se sature de agua. Sus principales características incluyen un balance entre sus componentes, una alta fertilidad natural, buen drenaje y excelente aireación, lo cual es fundamental para el desarrollo de las raíces de las plantas, (RawData, 2024).

Franco limoso

Estos, limos se diferencian por ser sedimentos finos que se transportan en suspensión por los ríos o el viento, o que provienen de procesos de glaciación. Son suelos no cohesivos, cuyas partículas son redondeadas y tienen un diámetro que varía entre 0,060 mm y 0,002 mm. Debido a su falta de cohesión, este tipo de terreno puede ser problemático para la construcción, por lo que es necesario utilizar sistemas especiales de cimentación, describe (Zapata, 2018).

Franco arcilloso

Puesto que, las propiedades físicas y químicas de la arcilla están influenciadas por su composición mineral, especialmente por el tipo de arcilla que predomina. Por ejemplo, la alófana mejora la capacidad de intercambio catiónico, la porosidad, la retención de humedad y la estructura del suelo. En cambio, la caolinita tiene una baja capacidad de intercambio catiónico, retiene pocos nutrientes y presenta una estructura más regular, mencionan (Taboada, *et al.* 2019).

pH del suelo en cacao

Se debe considerar, varios factores para que el suelo sea ideal como tener los siguientes aspectos ser profundo y tener una textura franca, franco-arcillosa o franco-arenosa, con una porosidad que varíe entre el 20% y el 60%, permitiendo una buena retención de humedad y un drenaje adecuado. La topografía debe ser plana o ligeramente ondulada, con una pendiente no superior al 25%. El pH óptimo debe estar entre 5.5 y 7.0, y la materia orgánica debe ser superior al 3%, describe (Tuesta, 2019).

1.4.1.8. Materia orgánica

La cantidad de materia orgánica viva existente en los suelos (incluidas las raíces de las plantas) es suficiente para ejercer una profunda influencia en los cambios físicos y químicos que tienen lugar en el suelo. Virtualmente, todas las reacciones naturales que ocurren en el suelo tienen una naturaleza directa o indirectamente bioquímica. La actividad de los organismos del suelo comprende, desde la desintegración de los residuos de plantas por los insectos y lombrices, hasta la completa descomposición de estos residuos por bacterias, hongos y actinomicetos. En estos procesos se libera CO₂ y nutrientes para las plantas (N, P, S) en forma mineral y se sintetiza humus, (Cabrera, 2007).

La materia orgánica del suelo es un componente dinámico que en parte se pierde por descomposición, pero puede ser repuesta mediante la aplicación de restos de plantas o de otros residuos orgánicos. Generalmente, la concentración de MO de los suelos depende de las condiciones edafoclimáticas de los mismos. Cada suelo tiene un valor de equilibrio que es controlado principalmente por la textura, la temperatura y la posición geográfica (altitud y latitud), (Labrador, 2009).

1.4.1.9. Fertilización

La fertilidad en el suelo juega un papel preponderante en la producción de los cultivos; la sinergia entre las propiedades físico-químicas y biológicas junto con el medio del cultivo, determinará su capacidad para absorber y reintegrar valores perdidos de nutrientes en la estructura del suelo, determinando y condicionando sus niveles de fertilidad (Romero et al, 2023).

Un suelo es fértil cuando:

- Está suficientemente aireado.

- No contiene sustancias tóxicas.

De este modo, la fertilidad del suelo es clave para la producción de los cultivos. La interacción entre las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo, junto con las condiciones del entorno de cultivo, será lo que determine su capacidad para absorber y reponer los nutrientes perdidos, lo que a su vez influirá en sus niveles de fertilidad, mencionan (Romero, *et al.* 2023).

Para la fertilización del cacao se pueden estimar los balances nutricionales de un lote a partir de las entradas que se generan por los fertilizantes inorgánicos, abonos orgánicos, nitrógeno por fijación de árboles leguminosos y el aporte de las lluvias. Por su parte, las salidas se dan por la cosecha de cacao, la salida de las cáscaras, la cosecha de musáceas, frutales, madera, leña, asimismo la pérdida de nutrientes por volatilización y otros factores como el deterioro de los suelos por erosión y los procesos asociados de lixiviación y escorrentía (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2021).

Nutrientes del suelo

El suelo constituye uno de los recursos más importantes para la vida en el planeta, ya que es la base fundamental para la explotación agropecuaria y forestal. La producción de alimentos depende en un alto porcentaje del uso que se les dé a los suelos, los nutrientes presentes en el suelo son esenciales para el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas, estos se dividen en dos categorías principales: macronutrientes y micronutrientes. Los macronutrientes son aquellos que las plantas requieren en grandes cantidades, mientras que los micronutrientes son necesarios en menores cantidades, pero igualmente fundamentales para la salud de las plantas. Entender la función, las fuentes y las interacciones de estos nutrientes en el suelo es clave para mejorar la

fertilidad y optimizar la producción agrícola (Martin y Adad, 2006).

Macronutrientes

Los macronutrientes son los elementos esenciales que las plantas requieren en grandes cantidades. Estos nutrientes se dividen en primarios y secundarios.

Macronutrientes Primarios

- **Nitrógeno (N):** Es el nutriente más importante para las plantas y es esencial para la formación de proteínas, clorofila y otras moléculas vitales. El nitrógeno está disponible en el suelo en forma de nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) (Martínez, 2018).
- **Fósforo (P):** Es crucial para el desarrollo de las raíces, la transferencia de energía (ATP) y la formación de ácidos nucleicos. El fósforo está disponible en el suelo principalmente como fosfatos (PO_4^{3-}) (Torres y Hernández, 2021).
- **Potasio (K):** Este nutriente regula el balance de agua, la activación de enzimas y la síntesis de proteínas. Está presente en el suelo como iones de potasio (K^+) (Mengel & Kirkby, 2001).

Macronutrientes Secundarios

- **Calcio (Ca):** Ayuda en la formación de la pared celular, la división celular y la actividad enzimática. El calcio se encuentra principalmente como calcio (Ca^{2+}) en el suelo (Martínez, 2018).
- **Magnesio (Mg):** Es el componente central de la clorofila y es vital para la fotosíntesis. El magnesio está disponible en el suelo como iones de magnesio (Mg^{2+}) (Torres y Hernández, 2021).

- **Azufre (S):** Es importante para la formación de aminoácidos y proteínas, así como para la activación de varias enzimas. El azufre se encuentra como sulfatos (SO_4^{2-}) en el suelo (Vázquez y Pérez, 2021).

Los Micronutrientes

Puesto que, son requeridos en menores proporciones aun así forman parte del conglomerado para que el suelo tenga una buena aptitud edáfica siendo esenciales para las plantas. Estos son necesarios para catalizar reacciones bioquímicas y asegurar el funcionamiento adecuado de varios sistemas fisiológicos.

Micronutrientes Esenciales

- **Hierro (Fe):** Es fundamental para la síntesis de clorofila y enzimática. Se encuentra en el suelo principalmente como Fe^{2+} o Fe^{3+} (Fernández, 2020).
- **Manganeso (Mn):** Juega un papel clave en la fotosíntesis, la formación de clorofila y la activación de enzimas antioxidantes. El manganeso está disponible como Mn^{2+} (Fernández, 2020).
- **Cobre (Cu):** Es necesario para la formación de proteínas, y tiene un rol en la fotosíntesis y la respiración celular. El cobre se encuentra en el suelo como Cu^{2+} (Martínez, 2018).
- **Zinc (Zn):** Es esencial para la síntesis de proteínas, el metabolismo del ácido nucleico y el funcionamiento enzimático. El zinc se encuentra como Zn^{2+} (Marschner, 2012).

- **Boro (B):** Es importante en la síntesis de pared celular, la división celular y el transporte de azúcares. El boro está disponible como B^{3+} en el suelo (Vázquez y Pérez, 2021).

- **Molibdeno (Mo):** Participa en la reducción de nitratos y la síntesis de proteínas. El molibdeno se encuentra en el suelo principalmente como MoO_4^{2-} (Martínez, 2018).

- **Cloro (Cl):** Participa en el equilibrio osmótico y la fotosíntesis, aunque se requiere en cantidades muy pequeñas. El cloro se encuentra como Cl^- en el suelo (Fernández, 2020).

- **Funciones y deficiencias de los nutrientes en las plantas**

Cada nutriente tiene una función específica en el crecimiento de las plantas, y la deficiencia de cualquiera de estos nutrientes puede afectar negativamente la salud y el rendimiento de las plantas. A continuación, se describen los efectos de la deficiencia de algunos nutrientes clave:

- **Deficiencia de nitrógeno:** Amarilla miento de las hojas (clorosis), crecimiento lento, hojas inferiores más afectadas (Marschner, 2012).

- **Deficiencia de fósforo:** Crecimiento atrofiado, hojas de color verde oscuro, necrosis en los bordes ((Torres y Hernández, 2021).

- **Deficiencia de potasio:** Manchas marrones en los márgenes de las hojas, debilidad estructural de la planta (Torres y Hernández, 2021).

- **Deficiencia de hierro:** Clorosis en las hojas jóvenes, con nervaduras que permanecen verdes (Martínez, 2018).

- **Deficiencia de magnesio:** Clorosis entre las venas de las hojas viejas (Torres y Hernández, 2021).

Fuentes de Nutrientes en el Suelo

Los nutrientes en el suelo provienen de diversas fuentes, tanto naturales como artificiales.

Las fuentes naturales incluyen:

- **Descomposición de materia orgánica:** Los restos de plantas y animales se descomponen, liberando nutrientes esenciales en el suelo (Fernández, 2020).
- **Minerales:** El desgaste de las rocas madre en el suelo libera minerales como fosfatos, nitratos y sulfatos (Sánchez, 2019).
- **Fijación biológica del nitrógeno:** Algunas bacterias, como las rizobias, fijan el nitrógeno atmosférico y lo convierten en una forma accesible para las plantas (Martínez, 2018).

Además, los fertilizantes agrícolas pueden ser utilizados para suplementar los nutrientes en el suelo. Estos fertilizantes pueden ser orgánicos o sintéticos y proporcionan nutrientes adicionales que las plantas necesitan para crecer de manera óptima (Torres y Hernández, 2021).

Interacciones entre los Nutrientes

Los nutrientes en el suelo no funcionan de manera aislada; existe una serie de interacciones entre ellos que pueden mejorar o inhibir su disponibilidad y eficacia. Algunas interacciones importantes incluyen:

- **Competencia entre nutrientes:** Algunos nutrientes compiten por los mismos sitios de absorción en las raíces de las plantas. Por ejemplo, un exceso de potasio puede dificultar la absorción de magnesio (Torres y Hernández, 2021).
- **Sinergia entre nutrientes:** Algunos nutrientes, como el calcio y el magnesio, pueden trabajar en conjunto para promover la salud de las plantas (Torres y Hernández, 2021).

Impacto de la Fertilidad del Suelo en la Agricultura

- El manejo adecuado de los nutrientes en el suelo es crucial para mantener una fertilidad óptima y asegurar rendimientos agrícolas altos y sostenibles. La sobreexplotación de los suelos, el uso excesivo de fertilizantes sintéticos y la erosión del suelo pueden agotar los nutrientes, lo que afecta negativamente a la productividad (Torres y Hernández, 2021).

1.4.1.10. Prácticas de Manejo de Suelos

- **Rotación de cultivos:** Permite restaurar los nutrientes del suelo y reducir la acumulación de plagas (Vázquez y Pérez, 2021).
- **Uso de compost y abonos orgánicos:** Mejoran la estructura del suelo y proporcionan nutrientes adicionales de manera sostenible (Torres y Hernández, 2021).
- **Análisis del suelo:** Permite identificar las deficiencias nutricionales y ajustar las aplicaciones de fertilizantes de manera precisa (Martínez, 2018).

1.4.1.11. Correctores de suelo

La calidad del suelo es un factor determinante en la productividad agrícola, y su manejo adecuado es esencial para optimizar la producción de cultivos. Los correctores de suelo son sustancias utilizadas para modificar o mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Son fundamentales cuando los suelos presentan deficiencias o desequilibrios que afectan negativamente el crecimiento de las plantas. La aplicación de correctores de suelo busca mejorar la fertilidad, el pH, la estructura y la retención de nutrientes, lo que, a su vez, promueve un ambiente adecuado para el desarrollo de las raíces y la absorción de nutrientes. Esta investigación tiene como objetivo profundizar en los tipos de correctores de suelo, su aplicación y la importancia que tienen en la agricultura moderna.

Tipos de Correctores de Suelo

Los correctores de suelo se clasifican según las propiedades que modifican en el suelo. Los más comunes incluyen:

Correctores de pH

El pH del suelo es crucial para la disponibilidad de nutrientes. Suelos ácidos (pH bajo) o alcalinos (pH alto) pueden limitar la absorción de ciertos nutrientes esenciales para las plantas. Los correctores de pH se utilizan para ajustar estos valores hacia niveles más adecuados para el crecimiento vegetal.

➤ **Cal (CaCO_3):** La cal es el corrector de pH más utilizado en suelos ácidos. Actúa incrementando el pH del suelo y mejorando la disponibilidad de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno (López, 2020).

➤ **Azufre (S):** En suelos alcalinos, el azufre puede ser utilizado para reducir el pH y mejorar la acidez, favoreciendo la solubilidad de minerales como el hierro y el manganeso (Fernández, 2020).

1.4.1.12. Correctores de Salinidad

La salinidad del suelo afecta la capacidad de las plantas para absorber agua y nutrientes, resultando en estrés y reducción de los rendimientos. Los correctores de salinidad son sustancias que ayudan a disminuir la concentración de sales solubles en el suelo.

➤ **Yeso (CaSO_4):** El yeso se usa para corregir suelos salinos sódicos, ya que reemplaza el sodio por calcio, mejorando la estructura del suelo y facilitando la absorción de agua por las raíces (Marschner, 2012).

1.4.1.13. Correctores de Textura del Suelo

La textura del suelo influye en la aireación, la retención de agua y la disponibilidad de nutrientes. En suelos arcillosos o muy compactos, los correctores de textura mejoran la estructura y favorecen el crecimiento radicular.

➤ **Materia orgánica:** El compost y otros materiales orgánicos se utilizan para mejorar la estructura de los suelos arcillosos, aumentando su capacidad de drenaje y aireación (Mengel & Kirkby, 2001).

➤ **Arenas:** En suelos pesados, las arenas pueden ser añadidas para mejorar el drenaje y la aireación, aunque su uso debe ser controlado, ya que el exceso de arena puede afectar la retención de nutrientes (Gonzales y Pérez, 2021).

Importancia de los Correctores de Suelo

La aplicación de correctores de suelo tiene múltiples beneficios para la agricultura, entre los que destacan:

1.4.1.14. Mejora de la Fertilidad del Suelo

Los correctores de suelo contribuyen a aumentar la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas. Por ejemplo, la cal mejora la disponibilidad de fósforo al elevar el pH en suelos ácidos (Marschner, 2012). Un suelo bien equilibrado en términos de pH y nutrientes favorece un mejor desarrollo de las plantas y un aumento en los rendimientos de los cultivos (López, 2020).

Optimización de la Eficiencia en el Uso del Agua

La mejora de la estructura del suelo mediante la adición de materia orgánica o correctores de textura también influye en la capacidad de retención de agua del suelo, lo cual es vital en condiciones de sequía o riego limitado. Los suelos con una estructura adecuada permiten una mejor distribución del agua, favoreciendo la absorción por parte de las raíces y reduciendo la escorrentía (Mengel & Kirkby, 2001).

Prevención de Problemas de Toxicidad

En suelos con deficiencias de micronutrientes o con exceso de elementos tóxicos como el aluminio en suelos ácidos, la aplicación de correctores puede ayudar a reducir los efectos negativos sobre el crecimiento de las plantas. El uso adecuado de correctores de pH, como la cal, puede disminuir la toxicidad del aluminio, mejorando las condiciones para las raíces (Marschner, 2012).

Aumento de la Biodiversidad y la Actividad Microbiana

La mejora de la estructura y la fertilidad del suelo fomenta la biodiversidad microbiana, que es fundamental para la descomposición de materia orgánica y la fijación de nutrientes. Un suelo bien equilibrado proporciona un ambiente adecuado para microorganismos beneficiosos, como bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos micorrízicos, los cuales contribuyen al ciclo de nutrientes (Mengel & Kirkby, 2001).

Aplicación y Consideraciones en el Uso de Correctores de Suelo

La correcta aplicación de correctores de suelo depende de varios factores, como el tipo de suelo, las características del cultivo, y el análisis de las condiciones iniciales del suelo. Algunas consideraciones importantes incluyen:

1. **Análisis de Suelo:** Antes de aplicar correctores, es fundamental realizar un análisis de suelo para determinar el pH, la salinidad y la disponibilidad de nutrientes. Esto permite elegir los correctores adecuados y aplicar la cantidad necesaria para corregir los desequilibrios del suelo (López, 2020).

2. **Tiempos de Aplicación:** Los correctores deben aplicarse en momentos clave del ciclo de cultivo para garantizar su efectividad. Por ejemplo, la cal se debe aplicar con suficiente antelación antes de la siembra para permitir que el pH se estabilice (Marschner, 2012).

3. **Impacto Ambiental:** Aunque los correctores de suelo son herramientas útiles, su uso excesivo o incorrecto puede tener impactos negativos en el medio ambiente, como la contaminación de aguas subterráneas o la alteración de la biodiversidad del suelo. Por ello, es esencial una aplicación responsable y basada en el análisis de suelo (Syers, 2001).

4.

Capítulo II

Desarrollo metodológico

2.1. Métodos de investigación

La siguiente investigación se implementó en campo, con un enfoque cuantitativo-experimental, con técnicas y métodos científicos, incorporando correctores de suelo al cultivo de *Teobroma cacao L*, en el sitio el Achiote km22, utilizando la metodología experimental, mediante un DBCA (diseños de bloques completamente al azar).

2.1.1. Localización

La investigación fue realizada en la parroquia Atahualpa, en la provincia de Manabí, Cantón Pedernales, el sitio El Achiote km22.

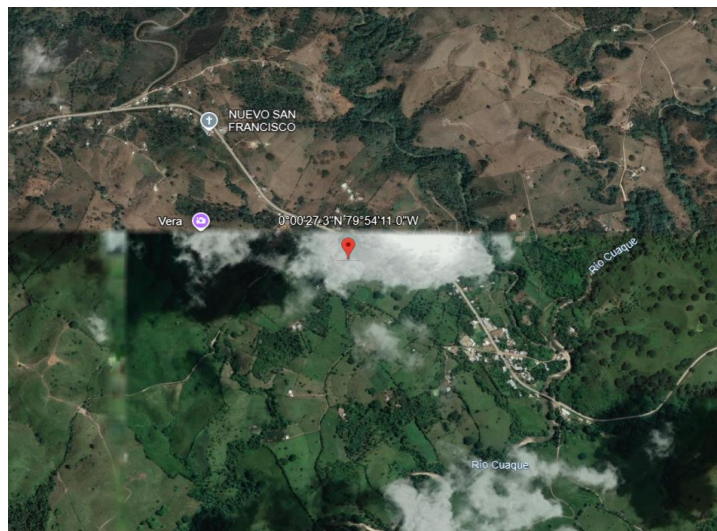


Figura 1: Ubicación sitio el Achiote km22

2.1.2. Ubicación geográfica

La parroquia Atahualpa se encuentra ubicada al sur de la cabecera cantonal, a una altura de 60 m.s.n.m. Tiene una superficie de 169,15 Km². Su temperatura promedio es de 32°C, posee un clima tropical, (Goraymi, S.F.). El sitio el achiote se encuentra en el cantón Pedernales ubicada geográficamente en el sector de Atahualpa con las siguientes coordenadas 0°00'27.3"N 79°54'11.0"W del sitio el achiote.

2.1.3. Duración del trabajo

La presente de investigación tuvo una duración de 5 meses, donde se trabajó en una planificación que iniciaría con la poda de 196 plantas y limpieza del terreno.

2.2. Método y técnica de la investigación

2.2.1. Método de investigación

La investigación de campo se empleó con un enfoque cuantitativo-experimental, en donde

se aplicaron técnicas de división de terreno para definir las unidades experimentales en el cultivo de *Teobroma cacao L*, para de esta manera poder aplicar correctamente las enmiendas

2.2.2. Diseño de la investigación

Para la investigación se elaboró un diseño experimental DBCA (diseños de bloques completamente al azar), el cual está compuesto de cuatro bloques con 7 repeticiones cada uno, con aplicaciones de correctores de suelo en diferentes dosis, se espera que existan diferencias naturales en las condiciones de las unidades experimentales, como pH, materia orgánica, macro y micro nutrientes.

$$1) Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

- 2) i = Tratamientos.
- 3) j = Repeticiones.
- 4) Y_{ij} = Valor de parámetro en determinación.
- 5) μ = Media general.
- 6) T_i = Fuente de variación por efecto de tratamientos.
- 7) ϵ_{ij} = Fuente de variación del error experimental.

Además, para establecer los resultados se utilizó un modelo estadístico de prueba de T, la cual sirve para comparar de forma estadística a través de una distribución t de Student a una hipótesis que sea para variables cuantitativas. Esta prueba es útil cuando los datos son dependientes; es decir, cuando las observaciones en los dos grupos están vinculadas de alguna forma. Algunas situaciones donde esto es aplicable incluyen estudios longitudinales, pruebas de antes y después de un tratamiento, o comparaciones de individuos emparejados en un experimento (Gonzales, 2023).

La fórmula original para realizar la prueba T para muestras relacionadas es:

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d / \sqrt{n}}$$

Donde:

- \bar{d} es la media de las diferencias entre observaciones pareadas.
- Sd es la desviación estándar de estas diferencias.
- n es el número de pares.

2.2.3. Técnicas de aplicación

Para la aplicación de las enmiendas en (*Theobroma cacao* L.), se utilizó la técnica de Aplicación al Suelo (Incorporada o Su superficial), la cual consiste en incorporar directamente en las capas superficiales del suelo, utilizando herramientas agrícolas como cavadora, rastras o cultivadores.

2.2.4. Delineamiento experimental

2.2.4.1. Factores estudiados

En la presente investigación cuantitativa-experimental de campo se utilizó un, DBCA (diseños de bloques completamente al azar), (AxBxc) evaluando factores como (Factor A pH).

Tabla 1.

Bloque #1	Bloque#2	Bloque#3	Bloque#4
T5	T5	T3	T5
T2	T2	T4	T3
T7	T7	T5	T2
T1	T6	T2	T6
T6	T3	T1	T7
T4	T4	T6	T1
T3	T1	T7	T4

Nota. División de bloques. Elaborado por Moreira, S (.2024)

2.2.4.2. Estructura de los tratamientos

El nivel estructural de los tratamientos se divide en seis más el testigo cero dentro del campo de estudio, a esto se le suma las dosis respectivas de cada uno de los tratamientos que se aplicarán en las unidades experimentales de un cultivo de *Teobroma cacao L.*

Tabla 2.

Tratamientos	Dosis kg/ha
1	Cc 380g + Mo 760g + Mg 380g
2	Cc 760g + Mo 1520g +Mg 760g
3	Cc 1140g + Mo 1220g + Mg 1140
4	Testigo 0
5	Rf 380g +Mo 760g + Mg 380g
6	Rf 380g +Mo 1520g + Cc 380g
7	Cc 780g + Mo 760

Nota. Número de tratamientos. Elaborado por Moreira, S (.2024)

2.3. Diseño experimental

La ejecución de la investigación se desarrolló de manera experimental, adicionando diseños de (DBCA) diseños de bloques completamente al azar. Estudiando fuentes de variación, induciendo el factor de bloqueo y agregando un error aleatorio.

2.3.1. Materiales y equipos

Descripción de materiales

- Rastrillo
- Machete
- Piola
- Recipiente
- Cinta de medir
- Cuaderno
- Bolígrafo

Descripción de equipos

- Balanza
- Medidor de PH

2.3.2. Variables que se representan como respuesta

Se considera la primera que es variable independiente

- Aplicación de correctores de suelo Carbonato de Calcio
- Aplicación de corrector de suelo Carbonato de Magnesio
- Aplicación de Roca Fosfórica

Se considera la segunda que es variable dependiente

Las variables dependientes pH, materia orgánica, macro y micronutrientes niveles de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y micro elementos antes y después de la aplicación. Un suelo equilibrado promueve la actividad microbiana y la estructura del suelo, lo que a su vez favorece la absorción eficiente de nutrientes por las raíces de las plantas se evaluaron mediante análisis de suelo con datos de entrada y datos de salida.

2.4. Manejo del ensayo

2.4.1. Delimitación del área del ensayo

Para la delimitación del área se observó primero la topografía del terreno, se procedió a medir el área para poder dividirlo en bloques de 4 y de acuerdo con lo diseñado y luego de ello se dividen las unidades experimentales establecidas, en total se dividieron en siete parcelas con unas medidas de 10 m de ancho y 10 m de longitud.

2.4.2. Preparación de los tratamientos

En este punto la preparación de los tratamientos constó con el peso de cada uno de los correctores en sus dosis establecidas.

Tabla 3.

Tratamientos	Dosis kg/ha
1	Cc 380g + Mo 760g + Mg 380g
2	Cc 760g + Mo 1520g +Mg 760g
3	Cc 1140g + Mo 1220g + Mg 1140
4	Testigo 0
5	Rf 380g +Mo 760g + Mg 380g
6	Rf 380g +Mo 1520g + Cc 380g
7	Cc 780g + Mo 760

Nota. Número de tratamientos. Elaborado por Moreira, S (.2024)

Aplicación de los tratamientos

Para la aplicación de los tratamientos, se tomó en cuenta el radio de la planta de 50 cm para luego excavar ligeramente la superficie del radio, y aplicar en una mezcla homogénea las dosis requeridas por cada tratamiento y unidad experimental.

Riego

Como la investigación se desarrolló en época seca, se aplicó riego cada tres días por semana, hasta la final de 60 días, se realiza la nueva toma de datos para enviar analizar a laboratorio.

Toma de muestras para análisis

Una vez que se hayan aplicado los correctores de suelo a cada bloque y unidad experimental, se espera un tiempo prudente de 60 días para luego tomar muestras de cada unidad

experimental y mandarlas a laboratorio, para de esta manera comparar cómo reaccionó el suelo con la aplicación de las enmiendas.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

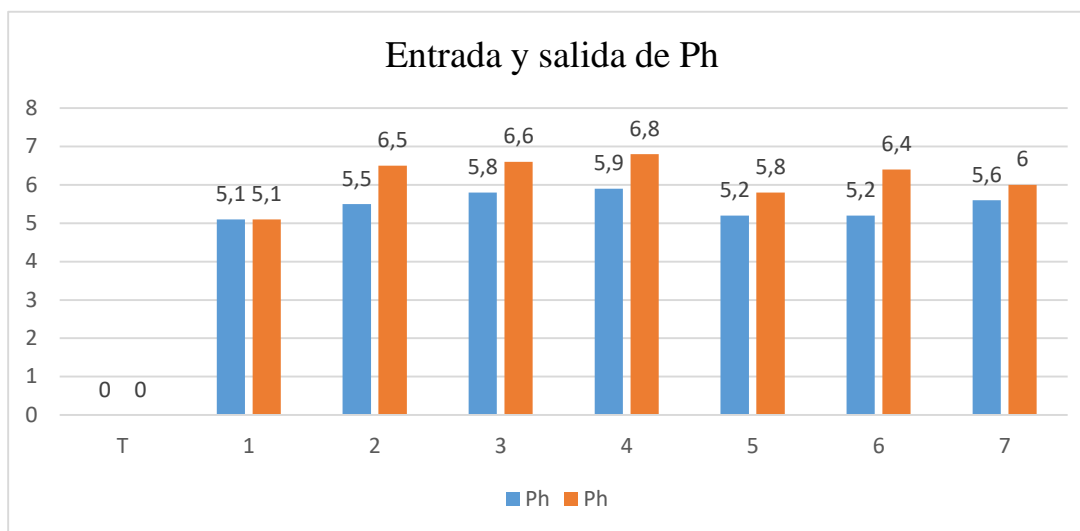
Tabla 4

	pH	pH
T	I	F
1	5,1	5,1
2	5,5	6,5
3	5,8	6,6
4	5,9	6,8
5	5,2	5,8
6	5,2	6,4
7	5,6	6

Nota. pH inicial, pH final. Elaborado por Moreira, S (2024)

4.1.1. Resultados

En la tabla número 4, se describe el pH inicial y el pH final de un cultivo de cacao nacional con una edad de 12 años, además del número de tratamientos, aplicados en las parcelas experimentales.

Figura 1.

Nota. Entrada y salida de pH. Elaborado por Moreira, S (.2024).

En el gráfico 1, se observa una tendencia general del PH, donde las parcelas experimentaron un aumento, excepto la parcela número 1, después de los tratamientos

aplicados. Sin embargo, se denota un efecto positivo en la correlación de la acidez del suelo en el tratamiento número 4 el cual consta de (Cc 1140g + Mo 1220g + Mg 1140), con un incremento de 6.8 en el pH.

La variación del pH fue considerable entre las parcelas, con un aumento que varió entre 0.0 (sin cambio) y 1.2 unidades (el mayor aumento). Este rango sugiere que el impacto del tratamiento puede haber sido influenciado por factores como las características específicas del suelo en cada parcela (por ejemplo, contenido de materia orgánica, tipo de suelo, etc.).

4.1.2. Materia orgánica

La materia orgánica (MO) en el suelo juega un papel crucial en la mejora de su estructura, fertilidad y capacidad de retención de agua. En este caso, los datos proporcionados reflejan el antes

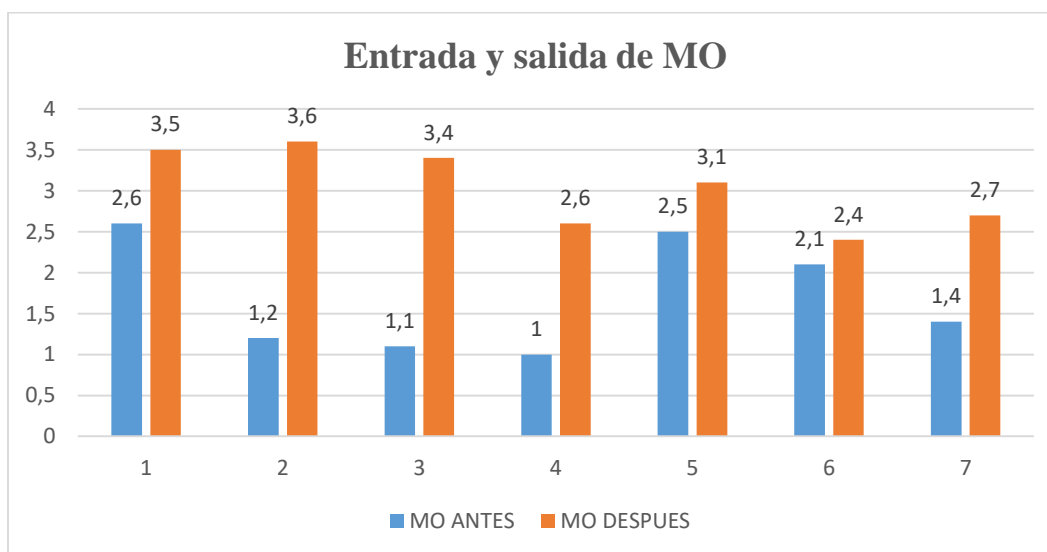
y después como cambio en los niveles de la materia orgánica de un suelo en el cultivo de *Theobroma cacao* L.

Tabla 4.

	MO	MO
T	ANTES	DESPUES
1	2,6	3,5
2	1,2	3,6
3	1,1	3,4
4	1	2,6
5	2,5	3,1
6	2,1	2,4
7	1,4	2,7

Nota. Materia orgánica inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

Figura 2.



Nota. Escala de materia orgánica inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

Se puede observar que, en la materia orgánica, todos los tratamientos incrementaron la cantidad de materia orgánica en el suelo. Este es un resultado positivo, ya que la materia orgánica tiene múltiples beneficios para el suelo, incluyendo la mejora en la estructura, el aumento de la capacidad de retención de agua, y el incremento de la biodiversidad del suelo, lo cual favorece el crecimiento del cacao.

Los tratamientos 2 (1.2 a 3.6) y 3 (1.1 a 3.4) mostraron aumentos significativos de 2.4 y 2.3 unidades, respectivamente. Estos tratamientos parecen ser los más efectivos para incrementar la materia orgánica en el suelo.

4.2. Macronutrientes

4.2.1. Nitrógeno

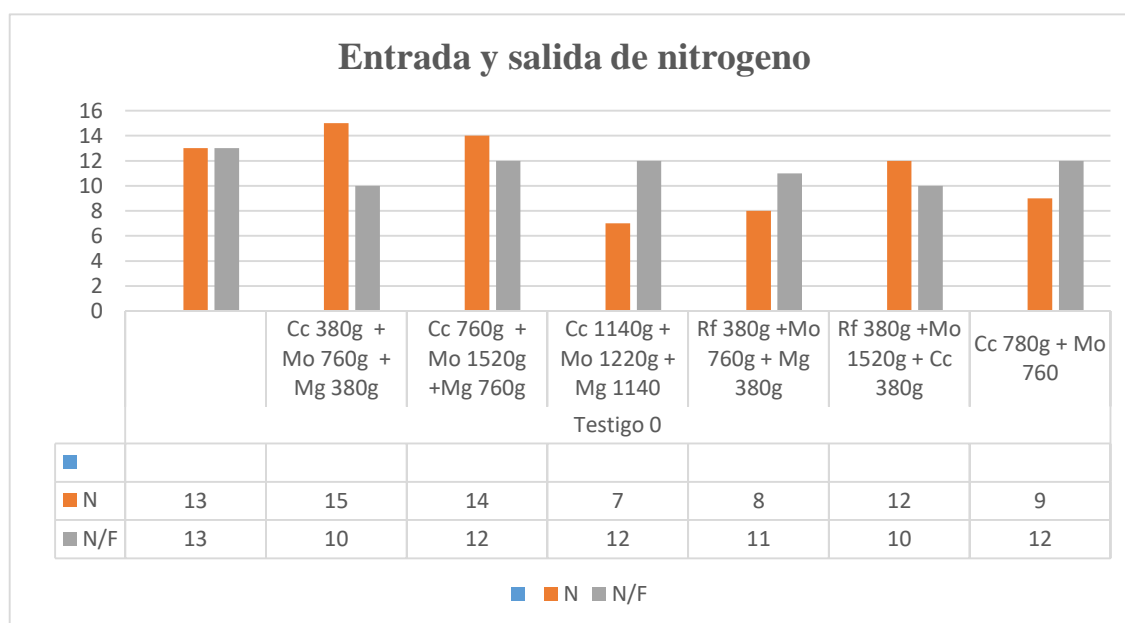
Los valores reportados en la tabla 4, corresponden a dos muestras de análisis de entrada y salida: en lo que se refiere al porcentaje del Nitrógeno. En este caso, se comparan los tratamientos aplicados a diferentes unidades experimentales y cómo estos afectan el valor de las propiedades del suelo que se están midiendo.

Tabla 5.

N	N/F
13	13
15	10
14	12
7	12
8	11
12	10
9	12

Nota. Nitrógeno inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

Figura 3.



Nota. Escala de nitrógeno inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

El aumento promedio de 0.29 unidades en los valores de Nitrógeno después de los tratamientos indica que, en términos generales, los tratamientos tienden a generar un ligero cambio positivo en las propiedades del suelo que se están midiendo.

El tratamiento 4 (Cc 1140g + Mo 1220g + Mg 1140g) mostró el mayor incremento con un

aumento de 5 unidades (de 7 a 12), lo que sugiere que este tratamiento es el más eficaz para mejorar la propiedad medida (probablemente relacionada con la calidad del suelo o su capacidad para retener nutrientes).

4.2.2. Fosforo

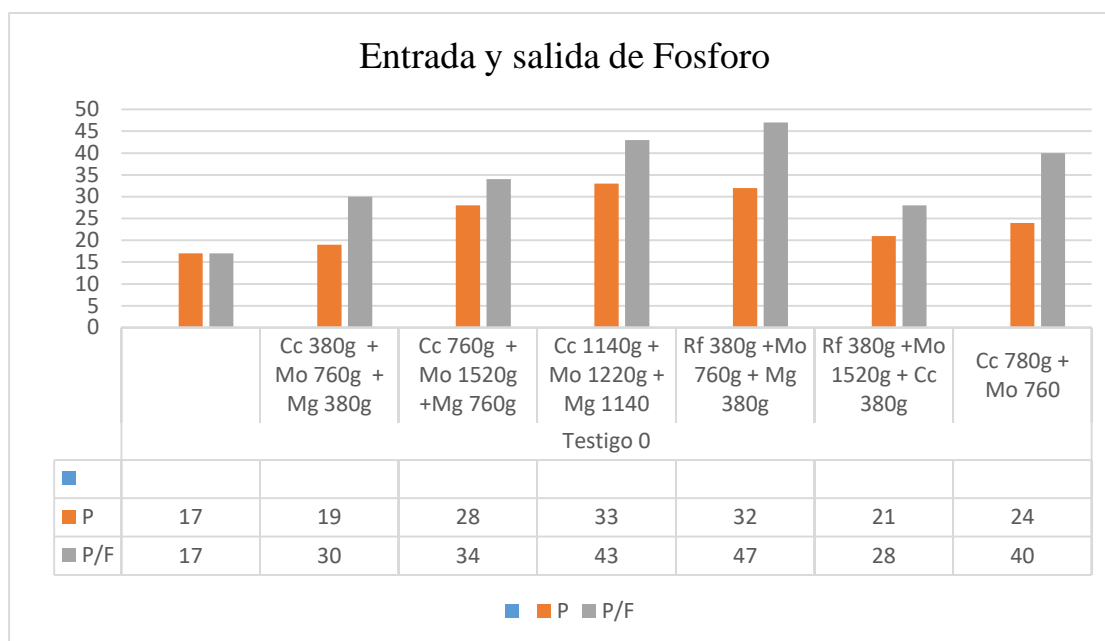
El análisis se enfoca en entender cómo los diferentes correctores impactan esta propiedad y su posible beneficio para el cultivo de cacao.

Tabla 6.

P	P/F
17	17
19	30
28	34
33	43
32	47
21	28
24	40

Nota. Fosforo inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

Figura 4.



Nota. Escala de fosforo inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

Los valores de P (fosforo), muestran que después de los tratamientos es un indicador positivo de que los correctores de suelo utilizados han mejorado de manera significativa la propiedad, lo cual es crucial para el cultivo de cacao, ya que el fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

El tratamiento 5 (Rf 380g + Mo 760g + Mg 380g) mostró el mayor incremento con 15 unidades (de 32 a 47), lo que sugiere que este tratamiento fue el más efectivo para aumentar el valor de la propiedad medida.

4.2.3. Potasio

Los valores de la tabla 6, muestran la medición de K (Antes del tratamiento) y K/F (Después del tratamiento), probablemente correspondientes a los niveles de potasio (K). El análisis se centra en evaluar cómo estos correctores afectan la concentración de potasio o la disponibilidad

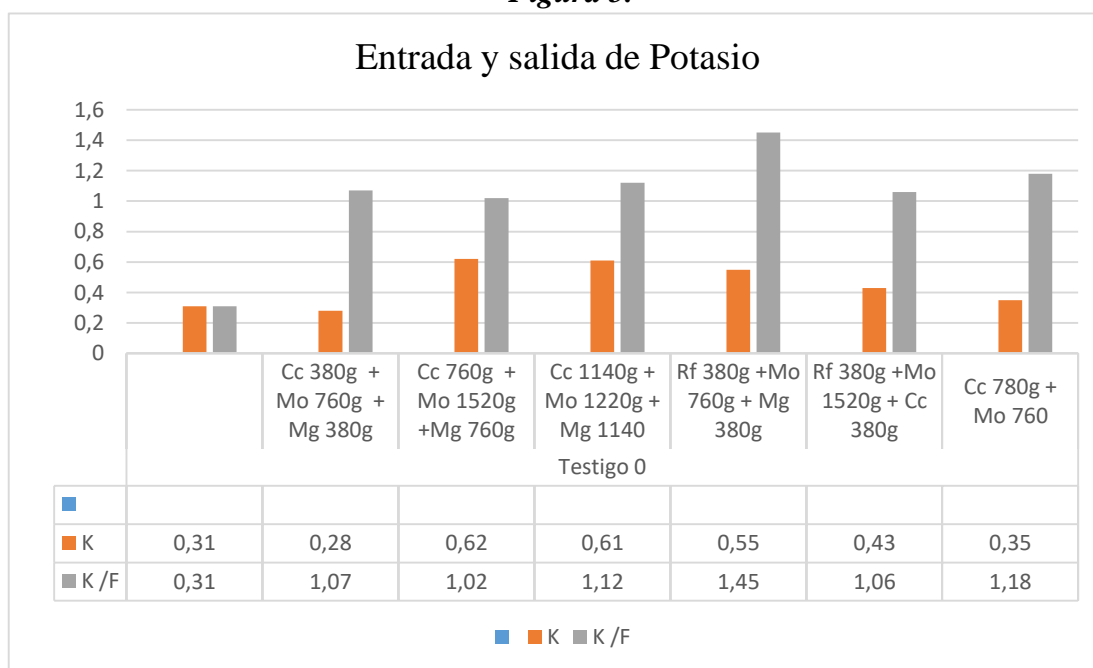
de este nutriente en el suelo, un factor crucial para el crecimiento y rendimiento del cacao.

Tabla11.

K	K /F
0,31	0,31
0,28	1,07
0,62	1,02
0,61	1,12
0,55	1,45
0,43	1,06
0,35	1,18

Nota. Potasio inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

Figura 5.



Nota. Escala de potasio inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

Los valores de reflejados en la gráfica 6, el potasio K/F (después de los tratamientos), es

un indicador positivo de que los correctores de suelo aplicados han tenido un impacto significativo en la mejora de la disponibilidad de potasio en el suelo, un nutriente esencial para el crecimiento del cacao.

El tratamiento 5 (Rf 380g + Mo 760g + Mg 380g) mostró el mayor incremento con un aumento de 0,90 unidades (de 0,55 a 1,45), lo que sugiere que este tratamiento ha sido muy efectivo para mejorar los niveles de potasio en el suelo.

4.2.4. Calcio

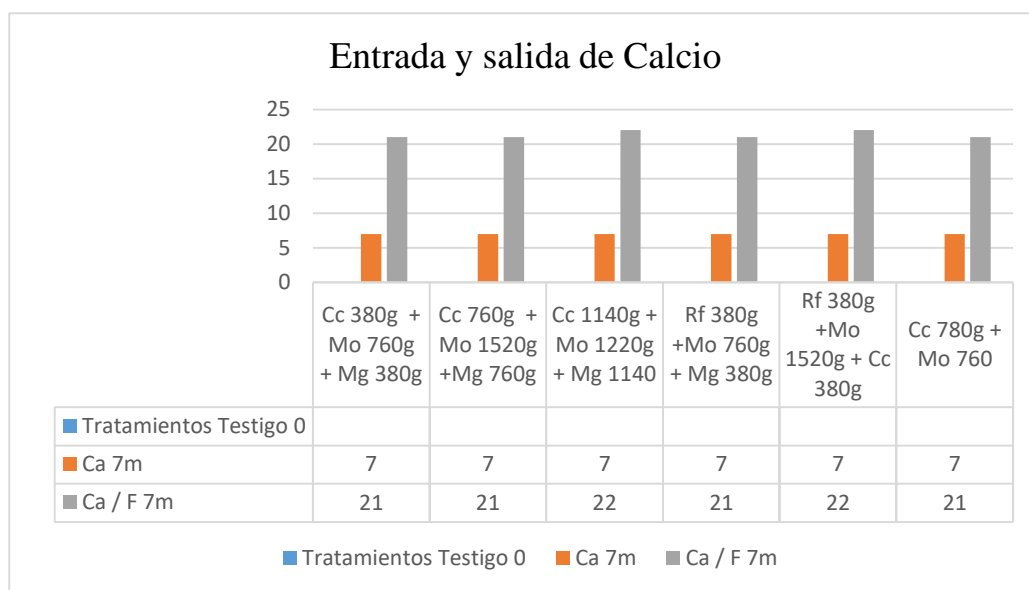
La tabla parece referirse a los niveles de calcio (Ca) antes y después de la aplicación de los tratamientos.

Tabla 7.

Ca	Ca / F
7m	7m
7	21
7	21
7	22
7	21
7	22
7	21

Nota. Calcio inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

Figura 6.



Nota. Escala inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

El aumento promedio de 14,33 unidades en los niveles de calcio después de los tratamientos indica que los correctores de suelo aplicados fueron eficaces para mejorar la disponibilidad de calcio en el suelo, lo que podría favorecer el crecimiento y desarrollo de las plantas de cacao. Los tratamientos **3** y **5** mostraron el aumento más alto en el calcio (15 unidades), pasando de 7 a 22, lo que indica que estos tratamientos fueron ligeramente más eficaces para incrementar los niveles de calcio en el suelo.

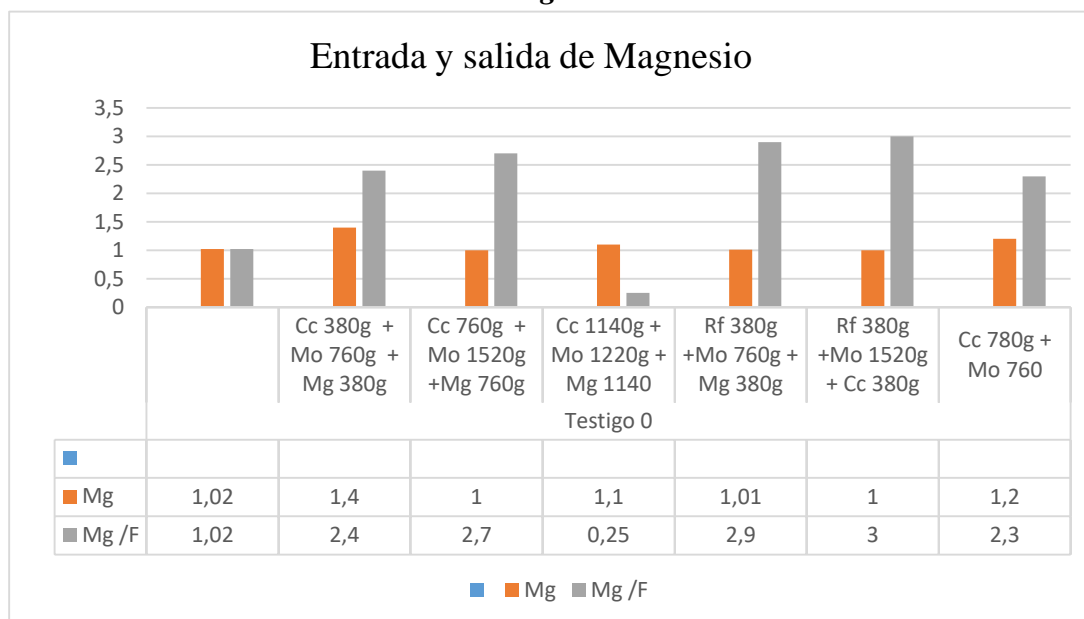
4.2.5. Magnesio

El cuadro presentado contiene datos sobre el comportamiento del magnesio (Mg) en el suelo antes y después de la aplicación de correctores de suelo en un cultivo de *Theobroma cacao* L.

Tabla 8.

Mg	Mg /F
1,02	1,02
1,4	2,4
1	2,7
1,1	0,25
1,01	2,9
1	3
1,2	2,3

Nota. Magnesio inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

Figura 7.

Nota. Magnesio inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

Los niveles de magnesio después de los tratamientos sugieren, que la mayoría de los correctores de suelo aplicados fueron eficaces para incrementar la concentración de magnesio en el suelo, El Tratamiento 6 (Mg 3,00) mostró el mayor aumento en los niveles de magnesio, con un

incremento de 2,00 unidades, pasando de 1,00 a 3,00.

4.2.6. Azufre

Los datos reflejan la variación en los valores de S (antes del tratamiento) y S/F (después del tratamiento) para diferentes tratamientos aplicados al suelo.

Tabla 9.

S	S / F
17m	17m
24	8
20	4
28	5
19	6
21	10
15	4

Nota. Azufre inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

Figura 8.



Nota. Escala del azufre inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

El promedio de los valores de azufre S/F (Después) muestra una disminución significativa en comparación con los valores de S (Antes), con una reducción de 12,86 unidades en promedio. Esto sugiere que los correctores de suelo aplicados en los tratamientos tienen un efecto considerable en la reducción de los niveles de azufre (S) en el suelo.

4.2.7. Micronutrientes

La siguiente tabla presentada muestra los valores de Zn (antes y después del tratamiento) para diferentes tratamientos aplicados al suelo en una investigación sobre correctores de suelo en un cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*).

Tabla 10.

Zn	Zn /f
2,1	2,1
5,1	9,5
3,7	8,9
4,7	8,9
3,4	6,9
6	5,5
5,2	9,4

Nota. Zinc inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

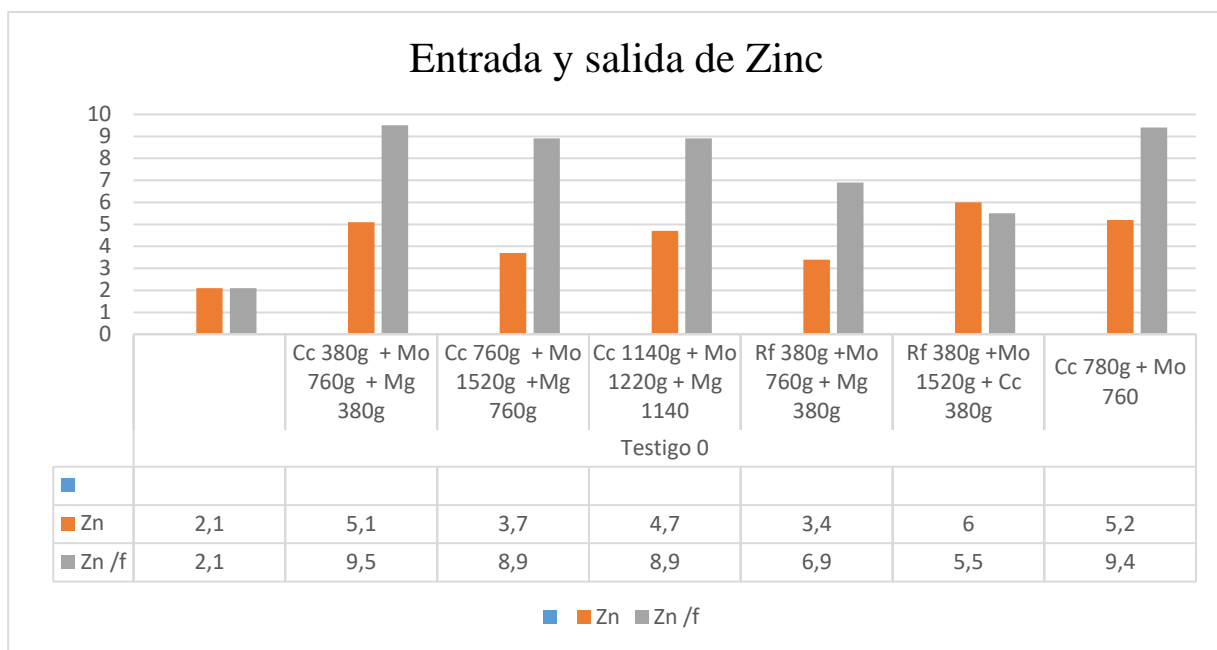


Figura 9.

Nota. Escala del zinc inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

Se puede observar que el Tratamiento 2 (Cc 760g + Mo 1520g + Mg 760g) mostró el mayor aumento en los niveles de Zn, con un incremento de 5,2 unidades, pasando de 3,7 a 8,9. Esto indica que este tratamiento es el más eficaz en aumentar los niveles de zinc en el suelo.

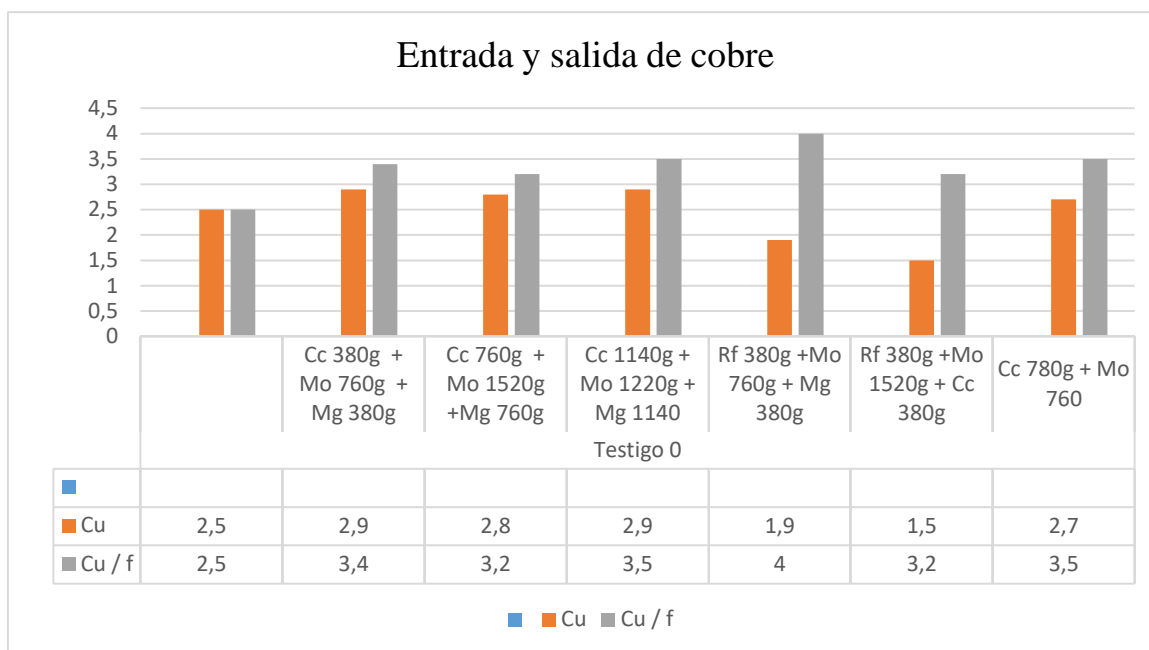
4.2.8. Cobre

La siguiente tabla, muestra los valores de Cu (antes y después del tratamiento) para diferentes tratamientos aplicados al suelo.

Tabla 11.

Cu	Cu / f
2,5	2,5
2,9	3,4
2,8	3,2
2,9	3,5
1,9	4
1,5	3,2
2,7	3,5

Nota. Cobre inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

Figura 10.

Nota. Escala del cobre inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

El Tratamiento 4 (Rf 380g + Mo 760g + Mg 380g) mostró el mayor aumento en los niveles de Cu, con un incremento de 2,1 unidades, pasando de 1,9 a 4,0. Esto sugiere que este tratamiento es el más eficaz para aumentar los niveles de cobre en el suelo.

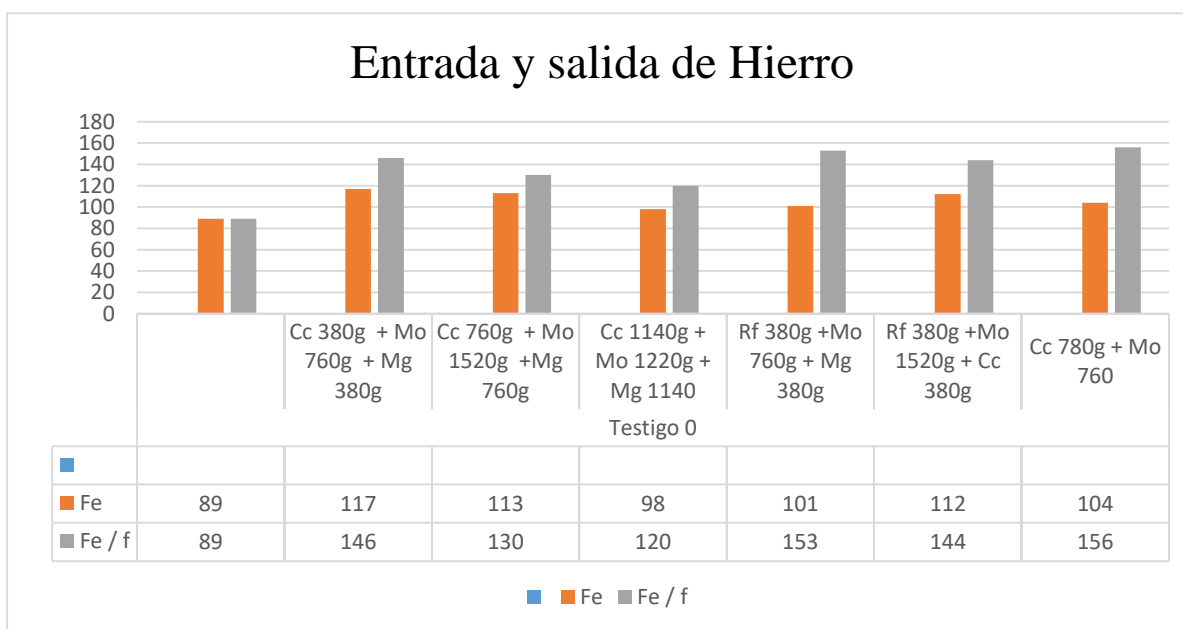
4.2.9. Hierro

A continuación, se realiza una interpretación de los resultados para evaluar el efecto de estos correctores sobre los niveles de hierro (Fe) en el suelo.

Tabla 12.

Fe	Fe / f
89	89
117	146
113	130
98	120
101	153
112	144
104	156

Nota. Hierro inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

Figura 11.

Nota. Escala del hierro inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

Los Tratamientos 4 (Rf 380g + Mo 760g + Mg 380g) y 6 (Cc 780g + Mo 760) mostraron

el mayor aumento en los niveles de Fe, con un incremento de 52 unidades (de 101 a 153 y de 104 a 156, respectivamente). Esto indica que estos tratamientos son muy eficaces para aumentar los niveles de hierro en el suelo.

4.2.10. Manganeso

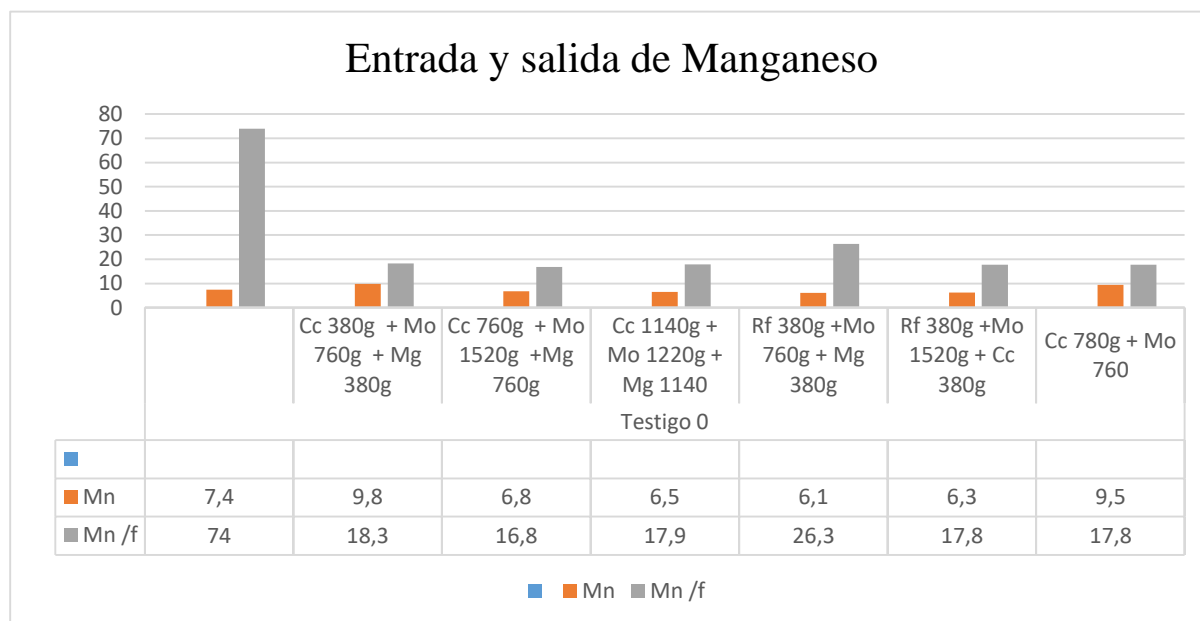
En la tabla se presentan muestras de los valores de manganeso (Mn), antes y después de la aplicación de correctores de suelo, para un cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*).

Tabla 13.

Mn	Mn /f
7,4	74
9,8	18,3
6,8	16,8
6,5	17,9
6,1	26,3
6,3	17,8
9,5	17,8

Nota. Manganeso inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

Figura 12.



Nota. Escala del manganeso inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

El Tratamiento 4 (Rf 380g + Mo 760g + Mg 380g) mostró el mayor aumento en los niveles de Mn, con un incremento de 20,2 unidades, pasando de 6,1 a 26,3. Este tratamiento parece ser el más eficaz para aumentar los niveles de manganeso en el suelo.

4.2.11. Boro

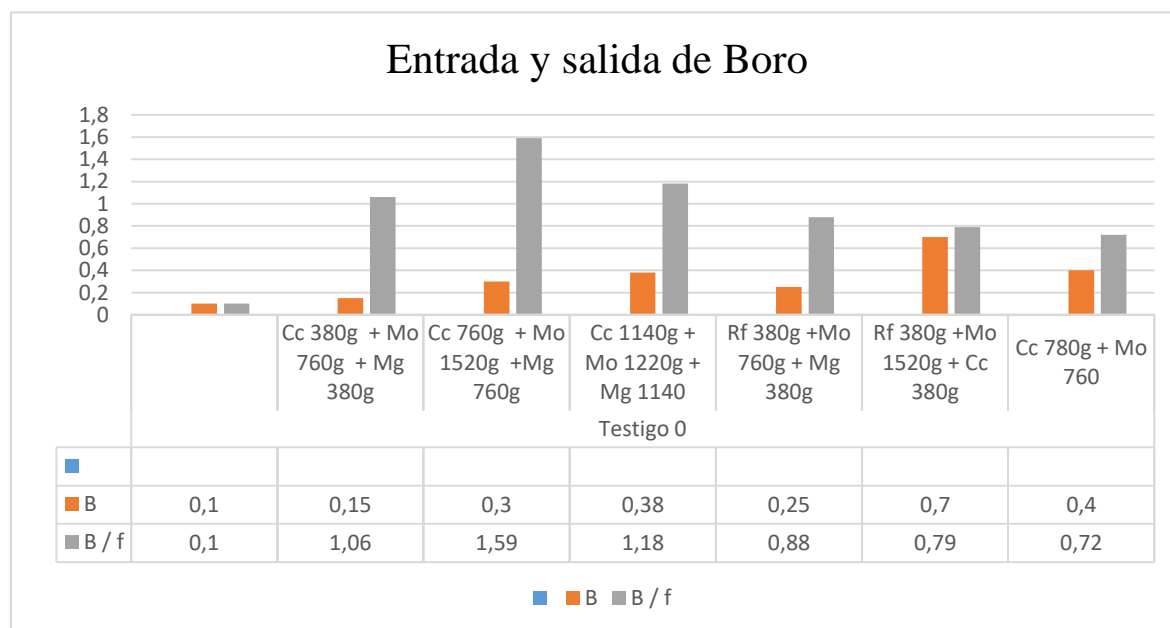
El boro es un micronutriente esencial para las plantas, especialmente en la formación de paredes celulares y en el desarrollo de la raíz, flores y frutos. Su deficiencia puede afectar negativamente el crecimiento y la productividad de las plantas.

Tabla 14.

B	B / f
0,1	0,1
0,15	1,06
0,3	1,59
0,38	1,18
0,25	0,88
0,7	0,79
0,4	0,72

Nota. Boro inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

Figura 13.



Nota. Escala del boro inicial y final. Elaborado por Moreira, S (.2024).

El Tratamiento 2 (Cc 760g + Mo 1520g + Mg 760g) mostró el mayor incremento en los niveles de B, con un aumento de 1,29 unidades, pasando de 0,3 a 1,59. Este tratamiento parece ser

el más efectivo en la mejora de los niveles de boro en el suelo.

Análisis de costos por ha.

Análisis de suelo

Tabla 15.

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Aplicaciones al año	Costo unitario	Costo total
Análisis de suelo completo (inicial)	ha	3	1	30,00	90,00
				Total	90,00

Poda

Tabla 16.

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Aplicaciones al año	Costo unitario	Costo total
Poda	Jornal	5	1	20,00	100,00
				Total	100,00

Materiales e instrumentos utilizados

Tabla 17.

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Aplicaciones al año	Costo unitario	Costo total
Materiales de limpieza (rastrillos, azadón, machetes, piola)		5	1	54,00	54,00
Bascula digital		1	1	15,00	15,00
				Total	69,00

Costos de insumos

Tabla 18.

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Aplicaciones al año	Costo unitario	Costo total
Carbonato de Magnesio	Kg	1	1	23,00	23,00
Carbonato de magnesio	Kg	1	1	5,75	5,75
Roca fosfórica	Kg	1	1	16,80	16,80
BioCompost	Kg	4	1	5,00	20,00
				Total	65,55

Riego**Tabla 19.**

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Aplicaciones (cada 2 días, por 50 días)	Costo unitario	Costo total
Riego	Jornal	25	1	5	125,00
				Total	125,00

Análisis de suelo final después de la aplicación de correctores, seis muestras una por cada tratamiento

Tabla 20.

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Aplicaciones (de los 6 tratamientos)	Costo unitario	Costo total
Análisis de suelo completo (final)	ha	6	1	30,00	180,00
				Total	180,00

4.3. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos en la presente investigación se comparan con otros estudios de los siguientes autores:

En suelos con pH bajo, la aplicación de correctores es una práctica comúnmente utilizada para neutralizar la acidez y mejorar la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas (Silva et al., 2020).

El carbonato de calcio (CaCO_3) es uno de los correctores más utilizados para mejorar el pH de los suelos ácidos debido a su capacidad para liberar iones de calcio que reaccionan con los iones hidrógeno en el suelo, reduciendo así la acidez, la aplicación de correctores de suelo, específicamente el carbonato de calcio (CaCO_3), tiene un impacto significativo en la fracción de arena del suelo, particularmente en tratamientos con dosis más altas, es respaldado por estudios previos que destacan los efectos positivos de estos correctores sobre la estructura del suelo y sus propiedades físicas, (López et al., 2018).

Este efecto es particularmente importante en suelos que son propensos a la compactación o que tienen una alta concentración de partículas finas, ya que una mayor fracción de arena mejora la permeabilidad y la capacidad de drenaje del suelo, lo cual favorece el desarrollo radicular y el acceso de las plantas a los nutrientes y el agua (Silva et al., 2020).

En este sentido, la combinación de carbonato de calcio con materia orgánica (Mo) y carbonato de magnesio (Mg) puede ofrecer un enfoque equilibrado, ya que la materia orgánica mejora la capacidad de retención de nutrientes y agua, mientras que el carbonato de calcio ayuda a modificar la estructura del suelo sin causar un exceso de arena (Figuroa et al., 2021).

La materia orgánica mejora la capacidad de retención de agua en el suelo, lo que es fundamental en zonas con climas variables o con periodos de sequía. La capacidad de la materia orgánica para absorber y retener agua puede reducir la dependencia de riego en suelos con baja capacidad de retención hídrica, favoreciendo así un ambiente más estable para las raíces de las plantas y una mejor disponibilidad de nutrientes (González et al., 2020).

Esto contribuye a un ciclo de nutrientes más eficiente y a un suelo más saludable, lo que a su vez mejora la fertilidad y promueve un crecimiento vegetativo más vigoroso de los cultivos, en lo que refiere a macronutrientes, los resultados indican que el tratamiento aplicado tuvo efectos variables sobre los diferentes macronutrientes, los incrementos en fósforo, calcio, y magnesio son alentadores, ya que estos nutrientes son cruciales para el desarrollo de las plantas, (Ramírez & Gómez, 2021).

Según Glover et al. (2017), es fundamental realizar ajustes en las dosis de fertilizantes y otros tratamientos para garantizar que los nutrientes estén disponibles en las cantidades y proporciones adecuadas.

Según Marschner (2012), las interacciones entre micronutrientes son cruciales, ya que algunos nutrientes pueden inhibir o potenciar la absorción de otros. Esta complejidad hace que la optimización de las combinaciones de tratamientos sea fundamental.

El hecho de que algunos tratamientos hayan tenido efectos variables sobre los micronutrientes también sugiere que se debe tener cuidado al elegir las concentraciones y tipos de tratamientos aplicados, ya que un exceso de un micronutriente puede llevar a la toxicidad y afectar negativamente la salud de las plantas (Alloway, 2008).

Comprobación de hipótesis o contestación a las preguntas establecidas en la investigación.

- 1) ¿Se podrá realizar un análisis comparativo de la producción antes y después de la aplicación de correctores de suelo y fertilización edáfica en el cultivo de Teobroma cacao nacional?**

Si, los resultados obtenidos en este estudio indican que las aplicaciones de correctores, como el carbonato de calcio, materia orgánica y carbonato de magnesio, tuvieron un impacto positivo en las propiedades del suelo, como el pH y la estructura del suelo. Estos cambios pueden influir directamente en la productividad del cultivo al mejorar la disponibilidad de nutrientes, la capacidad de retención de agua y las condiciones generales del entorno radicular.

- 2) ¿Es necesario usar correctores de suelo para un correcto desarrollo y producción de cacao nacional?**

Sí, los correctores de suelo son necesarios para un correcto desarrollo y producción del cacao nacional, especialmente en suelos con pH bajo, como se observó en las parcelas de este estudio. Además, la corrección de la acidez contribuye a una mejor estructura del suelo y a un mayor desarrollo radicular.

- 3) ¿Qué tan eficiente es la combinación de los dos factores de estudio (correctores de suelo y fertilización edáfica) en la producción de este cultivo?**

Los efectos sobre los macronutrientes fueron variables, con un aumento en algunos nutrientes (como fósforo, calcio y magnesio), pero con una respuesta menos

favorable en otros (como nitrógeno y azufre). Esto indica que, aunque la combinación de correctores y fertilización puede ser eficaz, es necesario ajustar las dosis y composiciones para optimizar los resultados y evitar deficiencias o excesos que afecten el desarrollo de las plantas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

1) Los resultados obtenidos muestran que la aplicación de correctores como el carbonato de calcio y el carbonato de magnesio ha tenido un impacto positivo en el aumento del pH de los suelos con acidez, como se observó en las parcelas 2 y 5. Esto sugiere que las enmiendas utilizadas mejoran la disponibilidad de nutrientes esenciales, corroborando lo reportado en estudios previos sobre la corrección de suelos ácidos.

2) La aplicación de carbonato de calcio ha demostrado tener un efecto positivo sobre la fracción de arena en el suelo, especialmente en los tratamientos con dosis más altas. Estos resultados respaldan estudios previos que destacan los beneficios del carbonato de calcio para mejorar las propiedades físicas del suelo y su estructura

3) El aumento significativo de la materia orgánica observado en los tratamientos 2 y 3 refuerza la efectividad de las enmiendas aplicadas. Estos incrementos positivos sugieren que el tipo y dosis de las enmiendas son factores clave en la mejora de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo.

4) Los incrementos en fósforo, calcio y magnesio son alentadores y sugieren una mejora en los niveles de nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas. No obstante, los efectos observados fueron variables, lo que indica la necesidad de ajustar las estrategias de aplicación de estos nutrientes en futuras investigaciones.

5) La falta de interacción con nitrógeno y la disminución en los niveles de azufre sugieren que ciertos nutrientes no respondieron adecuadamente a los tratamientos aplicados. Esto plantea la necesidad de realizar ajustes en las estrategias de fertilización y realizar estudios adicionales para optimizar el equilibrio nutricional de las plantas.

6) Los resultados indican que la correcta selección y combinación de insumos puede mejorar la disponibilidad de micronutrientes esenciales, aunque algunos tratamientos mostraron un impacto moderado. Esto sugiere que ciertos micronutrientes responden de manera diferente según las combinaciones utilizadas, lo que requiere un análisis más detallado de las interacciones.

Recomendaciones

1) Se recomienda continuar utilizando enmiendas como el carbonato de calcio y el carbonato de magnesio para mejorar el pH del suelo, ajustando las dosis según las necesidades específicas de cada parcela, con el objetivo de optimizar la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas.

2) Es importante considerar el uso de dosis más altas de carbonato de calcio en suelos con alta fracción de arena, dado su impacto positivo en la estructura

del suelo. Se sugiere evaluar diferentes combinaciones de estos correctores para mejorar aún más las propiedades físicas del suelo.

3) Para maximizar los beneficios de las enmiendas en la materia orgánica, se recomienda investigar más a fondo las dosis y tipos de enmiendas que contribuyen de manera más efectiva al aumento de la materia orgánica en los suelos, evaluando su impacto en diversas propiedades del suelo.

4) Para mejorar los resultados en los macronutrientes, se recomienda ajustar las estrategias de tratamiento para aumentar la eficiencia de la absorción de fósforo, calcio y magnesio, explorando las condiciones óptimas de aplicación y las interacciones entre estos nutrientes en los tratamientos.

5) Se debe realizar una revisión más profunda de las estrategias de tratamiento para el nitrógeno y el azufre, con el fin de comprender mejor las razones de su nula interacción y disminución, ajustando las condiciones para garantizar un equilibrio nutricional adecuado en las plantas.

6) Es recomendable seguir explorando las combinaciones y dosis de micronutrientes aplicados, para identificar las formulaciones más efectivas. Además, se deben realizar estudios que profundicen en la interacción de los micronutrientes y su respuesta a diferentes tratamientos para optimizar su disponibilidad en los suelos.

Bibliografía:

Agro calidad. (2022). Datos sobre la certificación del cacao en grano 2021. más-de-300-mil-toneladas-de-cacao-en-grano-hacia-40-destinos

mundiales/: <https://www.redalyc.org/journal/5885/588572826008/588572826008.pdf>

Alloway, B. J. (2008). Copper in soils and plants. In M. G. McGrath & B. J. Alloway (Eds.), Soil Fertility and Fertilizers (pp. 211-245). Elsevier.

Arias, A. (2021). Manejo integrado cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.): enmiendas edáficas, efecto en la floración y cuajado de fruto. UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador.

<https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16538>

Arvelo, M. A., González, D., Maroto, S., Delgado, T., & Montoya, P. (2017). Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas Latinoamericanas. In Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <https://repositorio.iica.int/handle/11324/6181>

Azócar, A. (2002). Áreas potenciales para el desarrollo del cultivo cacao en el Estado Mérida. Revista Agronomía Tropical.

Bautista, A., & Etchevers, J. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. Ecosistemas, 90-97.

<https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/173/T.AMB.B.UEA.%203110?sequence=1&isAllowed=y>

Bekele, F., & Phillips-Mora, W. (2019). Cacao (*Theobroma cacao* L.) Breeding. In J. Al-Khayri, S. M. Jain, D. Johnson (Eds.), Advances in Plant Breeding Strategies: Industrial and Food Crops.

Bernal, M. (2015). Rehabilitación Del Suelo Para Uso Agrícola En El Barrio El Recuerdo

Ciudad Bolívar.

[file:///C:/Users/Intel%20Celeron/Downloads/Mar%C3%ADa%20Sol%20Bernal%202015%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Intel%20Celeron/Downloads/Mar%C3%ADa%20Sol%20Bernal%202015%20(1).pdf)

Bribiesca, R. (02 de 12 de 2021). *Agrofacto*. <https://agrofacto.com/la-zona-radicular-porosidad-del-suelo/>

Cabuya, C. 2018. Clasificación Taxonómica Del Cacao| Flores | Árboles. Publica (en línea, sitio web). Consultado 17 ago. 2019. Disponible en <https://es.scribd.com/document/381790846/Clasificacion-Taxonomica-DelCACAO>.

Cartay R. Diccionario de cocina venezolana. Primera ed. Ediciones A, editor. Caracas - Venezuela: Melvin; 2005

Cabrera, F. (2007). MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO: PAPEL DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS. *¡Real Academia St! Vil/cma de Ciencias - Memoria*.

Cherlinka, V. 2020. El Control De La Humedad Del Suelo: Un Factor Clave. 9 De septiembre: EARTH OBSERVING SYSTEM.

Cedeño P. Determinación de perfiles organolépticos en ocho grupos de cacao mediante la degustación de licor de cacao y chocolates oscuros elaborados artesanalmente. Tesis ed. Salto J, editor. Calceta - Manabí: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "ESPAM"; 2010.

Ciencia y Tecnología. 2022. 15(2): 30-42 41 accesiones de cacao (*Theobroma cacao* L.) colectadas en Nicaragua, utilizando 10 marcadores moleculares tipo SSR. La Calera

Coe, S. (2020). *The True History of Chocolate*. Thames & Hudson.

Enríquez G. Cacao Orgánico, Guía para productores ecuatorianos. 54th ed. Ecuador A, editor. Quito - Ecuador: INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias); 2010.

Textura de los suelos agrícolas. CSR Laboratorio. (S.F).

<https://csrlaboratorio.es/laboratorio/agricultura/suelos-agricolas/la-textura-en-los-suelos-agricolas/>

CFN Corporación Financiera Nacional. (2018). Ficha sectorial: Cacao y Chocolate. Quito - Ecuador: CFN Corporación Financiera Nacional.

Doran, JW; Zeiss, MR. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*.

ESPAE -ESPOL. (2016). Estudios Industriales. Orientación Estratégica para la toma de decisiones Industria del cacao.

<https://revistas.ecotec.edu.ec/index.php/ecociencia/article/download/603/399/1701>

FAO. (2024). Portal de Suelos de la FAO: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/manejo-de-suelos-problematicos/suelos-arenosos/es/#:~:text=Los%20suelos%20arenosos%20son%20compuestos,la%20capacidad%20de%20retenci%C3%B3n%20h%C3%ADdrica>

Fernández, A. (2020). La importancia del hierro en la fotosíntesis y enzimática de las plantas. *Revista de Biología Agrícola*, 18(3), 87-99. <https://doi.org/10.2345/rba2020-ghi567>

Figueroa, J., Morales, R., & Martínez, S. (2021). Efectos de la materia orgánica en la acidez del suelo y su relación con la disponibilidad de nutrientes. *Revista de Suelos y Nutrición Vegetal*, 48(3), 405-421. <https://doi.org/10.1234/rsnv.2021.00482>

Unknown. (2016). El cacao y sus beneficios. Morfología y taxonomía. http://elcacaoy susbeneficios.blogspot.com/2016/05/morfologia-ytaxonomia_3.html

García, C; Hernández, T. 2003. Introducción. In García, C; Gil, F; Hernández, T; Trazar, C. eds. *Técnicas de Análisis de Parámetros Bioquímicos de Suelos: Medidas de actividades Enzimáticas y Biomasa Microbiana*. Madrid, ES, Mundi-Prensa

García, L. J., Romero, C. M., y Ortiz, O. L. A. (2007). Caracterización y zonificación de áreas potenciales para el cultivo del cacao en Colombia: dirección de cadenas productivas cadena de cacao – chocolate. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/1907>

Gavilanes, E. (2022). Estudio del efecto de la adición de emulsión asfáltica en las propiedades físico–mecánicas de suelos granulares, para el diseño de pavimentos flexibles (en línea). Universidad Técnica de Ambato. <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/17046/PI-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

González, F. (2023). Análisis Estadístico con Pruebas T Pareadas: Una Guía Completa. LinkedIn. <https://es.linkedin.com/pulse/an%C3%A1lisis-estad%C3%ADstico-con-pruebas-pareadas-una-gu%C3%ADa-francisco-gonz%C3%A1lez>

González, P., Silva, L., & Fernández, A. (2020). Impacto de la materia orgánica en la retención de agua y la fertilidad del suelo. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 49(2), 235-246. <https://doi.org/10.1234/rca.2020.00125>

González, M., & Pérez, J. (2021). Fertilidad de los suelos: Una perspectiva futura en la agricultura sostenible. *Revista de Ciencia y Tecnología Agrícola*, 34(2), 123-135. <https://doi.org/10.1234/abcd5678>

Blanco H. (2020). Actividad fotosintética de diez clones de cacao nacional y su relación con

Goraymi, S.F. <https://www.goraymi.com/es-ec/manabi/pedernales/parroquializaciones/historia-parroquia-atahualpa-manabi-a86y5d39r>

Glover, A., Stone, R., & Gilham, C. (2017). Optimization of nutrient management in

sustainable agricultural systems. *Journal of Agricultural Science*, 56(3), 215-228.

<https://doi.org/10.1016/j.jagri.2017.03.005>

INIAP. (2016). Hay más de 100 mil Has. de cacao en Manabí. Obtenido de Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP): <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/269058-hay-mas-de-100-milhas-de-cacao-en-manabi/>

INIAP. (2017). *Theobroma cacao L.* Quito - Ecuador: INIAP Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1091/4/TTMADM-E11.pdf.txt>

INIAP, I. N. (2006). Cacao Nacional Fino de aroma. Recuperado el 21 de Julio de 2017, http://www.INIAP-ecuador.gov.ec/noticia.php?id_not=131

Izquierdo, J. 2017. Contaminación de los suelos agrícolas provocados por el uso de los agroquímicos en la parroquia San Joaquín. Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador.

Lahive, F., Hadley, P. & Daymond, A. (2019). The physiological responses of cacao to the environment and the implications for climate change resilience. A review. *Agron. Sostener. Dev.* 39: 5. Recuperado el 15 de diciembre de 2019 <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-018-0552-0>

Labrador, J. (2009). Dinámica de la materia orgánica en los agrosistemas. *III Jornadas del Grupo de Fertilización de la SECH*. Almería.

Lama, G. (15 de 07 de 2024). *Lamastore*. Obtenido de Lamastore: <https://www.lamastore.es/blog/color-del-suelo-agricola>

Leiva, E. (2012). Aspectos para la nutrición del cacao (*Theobroma cacao L.*). Universidad Nacional de Colombia. Medellín-Colombia. 1

León-Villamar, F., Calderón-Salazar, J., & Mayorga-Quinteros, E. (2016). Estrategias para el cultivo, comercialización y exportación del cacao fino de aroma en Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*.

Loor Solórzano, R. G., Fouet, O., Lemainque, A., Pavek, S., Boccara, M., Argout, X., López-Ulloa, M., Jaimez, R., & Orozco, L. (2021). Selección del sitio para el cultivo de cacao. Caja de herramientas para la prevención y mitigación de la contaminación de cadmio en la cadena de cacao-Ecuador. Unión Europea; Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). www.ecociencia.org

López, M., Rodríguez, C., & García, J. (2018). La corrección de la acidez del suelo en sistemas agrícolas: una revisión de métodos y resultados. *Revista de Ciencias Agropecuarias*, 52(2), 220-230. <https://doi.org/10.5566/rca.2018.005>

Lozano, J. G. (2014). Caracterización de las respuestas fisiológicas y bioquímicas en tres clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) sometidos a diferentes niveles de déficit hídrico. *Universidad Nacional de Colombia Facultad de Agronomía*.

López, C. (2024). Buenas prácticas de postcosecha en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*). Universidad Técnica de Babahoyo. [E-UTB-FACIAG-AGRON-000167.pdf](#)

López, F. (2020). Fertilidad del suelo y su relación con el uso adecuado de fertilizantes. *Revista de Investigación Agrícola*, 22(3), 115-128. <https://doi.org/10.1234/ia4567>

Macancela, M. (2020). Análisis de las exportaciones de cacao al resto del mundo, período 2013-2019. Repositorio Institucional Digital de la Universidad de Guayaquil. Tesis de investigación, 1-68. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/61827/1/>

MACANCELA%20PILAY%20FERNANDA%20TESIS%20FINAL-Rectificacion%202.pdf.

Martin, N. & Adad, Idaybis. Generalidades más importantes de las ciencias del suelo. En: *Disciplina Ciencias del Suelo. Tomo I. Pedología. Universidad Agraria de La Habana. Cuba*

Martínez, A. (2018). La importancia de la fertilización en la mejora de la fertilidad del suelo. *Boletín de Ciencias del Suelo*, 14(2), 89-103. <https://doi.org/10.5678/bcs2018-xy>

Medina, D. L. (2017). Efecto de la aplicación de enmiendas de origen mineral en el pH del suelo en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*), distrito de Pólvora – Tocache – San Martín. *Tarapoto – Perú*.

Mendoza Vargas, Mgtr, E., Boza Valle, PhD., J., & Manjarrez Fuentes, PhD., N. (2021). Impacto Socioeconómico de la Producción y Comercialización del cacao de los pequeños productores del cantón Quevedo. https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/20923/1/T-27970_AGUILAR%20PELAEZ%20PIERRE%20DONOVAN.pdf

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2021). “Fertilización del cacao”, Proyecto Biodiversidad en Paisajes Productivos, Santo Domingo RD

Núñez, F; Escobosa, I; Cárdenas, V; Santillano, J; Ruelas, J; Preciado, P; Díaz, J. 2020. Soil Moisture Tension, Growth, Water Use Efficiency, And Yield of Maize Grown In Northwest Mexico. *Terra Latinoamericana* 38(4):805-815. DOI: <https://doi.org/10.28940/Terra.V38i4.763>

Importancia de los suelos en la agricultura. ONDARURAL. (2019). <https://ondarural.org/ondarural.org/importancia-de-los-suelos-en-la-agricultura>

OMC. (2019). Estadística mundial de las exportaciones de cacao en el Mundo. País Ecuador. Ginebra, Suiza: Organización Mundial de Comercio. Obtenido de: https://www.wto.org/spanish/res_s/statis_s/wts2019_s/wts2019_s.pdf

Paredes, N. (2009). Manual de cultivo de cacao para la Amazonía ecuatoriana. <https://canacacao.org/wp-content/uploads/Manual-cultivo-Cacao-Ecuador.pdf>

Pérez, C. (29 de 04 de 2017). *Theconversation*. Obtenido de Theconversation: <https://theconversation.com/que-nos-dice-el-color-del-suelo-158575>

Características y manejo de los suelos Francos en la agricultura sostenible. Raw Data, 2024. <https://agrawdata.com/blog/suelosfrancos/#:~:text=Los%20suelos%20francos%20son%20aquellos,evitando%20la%20saturaci%C3%B3n%20de%20agua>.

Ramírez, T., & Gómez, E. (2021). *La importancia de la materia orgánica para la biodiversidad del suelo y la sostenibilidad de cultivos*. *Ecología del Suelo*, 29(4), 311-322. <https://doi.org/10.4023/ecs.2021.040>

Rojas, J. (2012). *Manual del cultivo de cacao blanco de Piura*. CEPICAFÉ. Piura-Perú

Romero, L. Vargas, P. Del Cioppo, J. Moya, J. (2023). Behavior of different weeds of *Leptochloa virgata* L. against the application of ACCase inhibitor herbicides in rice (*Oryza sativa*). *Revista de investigación Agropecuaria Science and Biotechnology* 3 (4), 24-41

Suárez, G., Soto, F., Garea, E. y Solano, O. (2015). Caracterización agroclimática del macizo montañoso Nipe-Sagua-Baracoa, en función de la zonificación agroecológica para el cacao (*Theobroma cacao* L.). La Habana. CU. *Revista Cultivos Tropicales*. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193237111003.pdf>

Silva, L., Pérez, A., & Martínez, J. (2020). Impacto de las enmiendas alcalinas en la corrección de suelos ácidos y su efecto sobre el rendimiento de cultivos. *Journal of Agricultural Research*, 42(3), 223-235. <https://doi.org/10.5678/jar.2020.0055>

Taboada, M., Micucci, D., Cosentino, R. 2019. Comparison of compaction induced by conventional and zero tillage in two soils of the Rolling Pampa of Argentina. <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/16065/E-UTB-FACIAG-AGRON->

[000141.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

Tezara, W., Valencia E., Reynel V., Bolaños M. y Blanco H. (2020). Actividad fotosintética de diez clones de cacao nacional y su relación con el rendimiento. Revista ESPAMCIENCIA 11(1):19-27. Recuperado el 3 de agosto de 2020 de

http://190.15.136.171:4871/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/202

Zambrano, J. (2017). Relaciones filogenéticas entre tipos de cacao (*Theobroma cacao* L.): forastero, trinitario y nacional, basadas en marcadores morfológicos y secuencias nucleotídicas de la región ITS; y su posible uso en la identificación de clones. Quevedo. UTEQ.

Zapata, R. (2018). Tipos De Suelos: Caracterización De Suelos Arcillosos Y Limosos. <https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/TIPOS%20DE%20SUELO.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Reconocimiento del área donde se desarrolló la investigación.



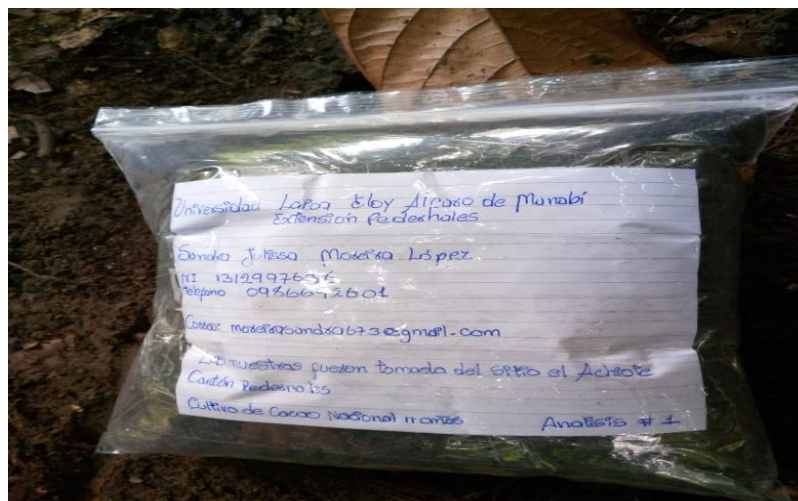
Anexo 2. Limpieza y poda.



Anexo 3. Toma de muestras para obtener resultados de entrada.



Anexo 4. Reconocimiento de la topografía para división de bloques y unidades experimentales.



Anexo 5. Preparación de las dosis de las enmiendas a aplicar en el suelo.



Anexo 6. Aplicación de los correctores de suelo con sus respectivos tratamientos.



Anexo 7. Riego, a la plantación 3 veces por semana



Anexo 8. Toma de muestras pasados los 60 días.



Anexo 9. Análisis de laboratorio #1



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf. 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre	: MOREIRA LOPEZ SANDRA JULISSA	Nombre	: S/N	Cultivo Actual	: Cacao
Dirección	: MANABÍ / PEDERNALES	Provincia	: Manabí	N° Reporte	: 12263
Ciudad	: PEDERNALES	Cantón	: Pedernales	Fecha de Muestreo	: 19/7/2024
Teléfono	: 0986692601	Parroquia	: El Achioté	Fecha de Ingreso	: 31/7/2024
Fax	:	Ubicación	:	Fecha de Salida	: 22/8/2024

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm		meq/100ml			ppm						
	Identificación	Area		NH4	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
113070	Sandra Julissa Moreira 1		5,5 Ac RC	15 B	19 M	0,28 M	7 M	1,4 M	24 A	5,1 M	2,9 M	177 A	9,8 M	0,15 B	
113071	Sandra Julissa Moreira 2		5,8 MeAc	14 B	28 A	0,62 A	7 M	1,0 M	20 M	3,7 M	2,8 M	113 A	6,8 M	0,30 B	
113072	Sandra Julissa Moreira 3		5,9 MeAc	7 B	33 A	0,61 A	7 M	1,1 M	18 M	4,7 M	2,9 M	98 A	6,5 M	0,38 B	

INTERPRETACION				METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES
pH				Elementos: de N a B		Olsen Modificado N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn Fosfato de Calcio Monobásico BS
MAc = Muy Acido	LAc = Liger. Acido	LSA = Lige. Alcalino	RC = Requiere Cal	B = Bajo	A = Alto	
Ac = Acido	PN = Prac. Neutro	MeA = Media Alcalino		M = Medio		
MeAc = Media. Acido	N = Neutro	Al = Alcalino				
				pH = Saclo: agua (1:2,5) N,P,B = Colorimetría S = Turbidimetría K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn = Absorción atómica		


 RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS




 RESPONSABLE LABORATORIO

Este informe es válido por un periodo de 90 días desde la fecha de emisión.
 No se garantiza la exactitud de los resultados si no se cumplen las condiciones de muestreo.
 Reclamaciones en los resultados.



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24
Quevedo - Ecuador Telef: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre	: MOREIRA LOPEZ SANDRA JULISSA	Nombre	: S/N	Cultivo Actual	: Cacao
Dirección	: MANABÍ / PEDERNALES	Provincia	: Manabí	N° de Reporte	: 12263
Ciudad	: PEDERNALES	Cantón	: Pedernales	Fecha de Muestreo	: 19/7/2024
Teléfono	: 0986692601	Parroquia	: El Achote	Fecha de Ingreso	: 31/7/2024
Fax	:	Ubicación	:	Fecha de Salida	: 22/8/2024

N° Muest.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	(meq/l) ^{1/2}	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na									Arena	Limo	Arcilla	
Laborat.	C.E.			M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	RAS	Cl					
113070					2,6 B	5,0	5,00	30,00	8,68			26	50	24	Franco-Limoso
113071					1,2 B	7,0	1,61	12,90	8,62			32	54	14	Franco-Limoso
113072					1,1 B	6,3	1,80	13,28	8,71			26	64	10	Franco-Limoso

INTERPRETACION							
Al+H, Al y Na		C.E.		M.O. y Cl			
B	= Bajo	NS	= No Salino	S	= Salino	B	= Bajo
M	= Medio	LS	= Lig. Salino	MS	= Muy Salino	M	= Medio
T	= Tóxico					A	= Alto

ABREVIATURAS	
C.E.	= Conductividad Eléctrica
M.O.	= Materia Orgánica
RAS	= Refracción de Adsorción de Sodio


METODOLOGIA USADA	
C.E.	= Conductímetro
M.O.	= Titulación de Walkley Black
ADP	= Titulación con NaOH


RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUA


RESPONSABLE LABORATORIO

Este informe será guardado en el laboratorio por un tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados

Anexo 10. Análisis de laboratorio #2




ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
 LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Engaño, Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Telef: 052 783044 sueltos.iniap@iniap.gub.ec

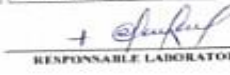
REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS


DATOS DEL PROPIETARIO			DATOS DE LA PROPIEDAD			PARA USO DEL LABORATORIO		
Nombre	MOREIRA LOPEZ SANDRA JULISSA		Nombre	S/N		Cultivo Actual	Cacao	
Dirección	MANABÍ / FEDERNALES		Provincia	Manabí		N° Reporte	12332	
Ciudad	FEDERNALES		Cantón	Pedernales		Fecha de Muestras	13/11/2024	
Teléfono	0986692601		Parroquia			Fecha de Ingreso	13/11/2024	
Fax			Ubicación			Fecha de Salida	5/12/2024	

N° Muestr. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm					ppm					
	Identificación	Area		NH4	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
113894	S. Muestra Tratamiento 1		6,2 L-Ac	10 B	30 A	1,07 A	21 A	2,4 A	8 B	9,5 A	3,4 M	146 A	18,3 A	1,06 A
113895	S. Muestra Tratamiento 2		6,8 P-N	12 B	34 A	1,02 A	21 A	2,7 A	4 B	8,5 A	3,2 M	130 A	16,8 A	1,59 A
113896	S. Muestra Tratamiento 3		6,8 P-N	10 B	43 A	1,12 A	22 A	2,9 A	5 B	8,8 A	2,5 M	120 A	17,9 A	1,18 A
113897	S. Muestra Tratamiento 4		5,8 M-Ac	11 B	47 A	1,45 A	24 A	2,9 A	6 B	6,9 M	4,0 M	153 A	26,3 A	0,88 M
113898	S. Muestra Tratamiento 5		6,4 L-Ac	10 B	28 A	1,06 A	22 A	3,0 A	10 M	5,3 M	3,2 M	144 A	17,8 A	0,79 M
113899	S. Muestra Tratamiento 7		6,0 M-Ac	12 B	40 A	1,18 A	21 A	2,3 A	4 B	9,4 A	3,5 M	156 A	17,8 A	0,72 M

INTERPRETACION				ELEMENTOS DE S y B		METODOLOGIA USADA				EXTRACTANTES			
pH													
M-Ac	= Muy Acido	L-Ac	= Lige. Acido	L-N	= Lige. Neutro	BC	= Reservas Cal	R	= Fósforo	- Sulfuro (ppm) (1:1)		- Otros Metales	
A-Ac	= Acido	P-N	= Prec. Neutro	M-Ac	= Medio Acido	M	= Medio	- Colorescente		- N,P,K,Ca,Mg,Cu,Zn,Mo,Ze		- Extractor de Calcio Mercurio	
M-Ac	= Medio Acido	N	= Neutro	A	= Alcalino	A	= Alto	- Turbidimétrica		- Fluorimetrico		- RS	
								- Absorción atómica					


 RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS


 RESPONSABLE LABORATORIO



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
 LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Engaño, Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Telef: 052 783044 sueltos.iniap@iniap.gub.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO			DATOS DE LA PROPIEDAD			PARA USO DEL LABORATORIO		
Nombre	MOREIRA LOPEZ SANDRA JULISSA		Nombre	S/N		Cultivo Actual	Cacao	
Dirección	MANABÍ / FEDERNALES		Provincia	Manabí		N° de Reporte	12332	
Ciudad	FEDERNALES		Cantón	Pedernales		Fecha de Muestras	13/11/2024	
Teléfono	0986692601		Parroquia			Fecha de Ingreso	13/11/2024	
Fax			Ubicación			Fecha de Salida	5/12/2024	

N° Muestr. Laborat.	mg/100g			dS/m (%)	C.E. M.O.	mg/100g			mg/100g	BAS	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Al-B	Al	Na			Ca	Mg	Cu+Mg				Z. Base	Cl	Arena		Limo	Arcilla
113894				3,5 M	8,7	2,24	21,47	24,47				26	48	26	Francoso
113895				3,8 M	7,7	2,65	23,24	24,72				22	54	24	Francoso-Limoso
113896				3,4 M	7,5	3,59	22,23	26,02				22	54	24	Francoso-Limoso
113897				3,1 M	7,2	2,00	16,48	25,33				22	54	24	Francoso-Limoso
113898				2,8 B	7,3	2,83	23,58	26,06				22	46	32	Francoso-Arcilloso
113899				2,7 B	9,1	1,97	19,71	24,48				22	48	30	Francoso-Arcilloso

INTERPRETACION				ABREVIATURAS		METODOLOGIA USADA	
C.E.							
B	= Bajo	Ny	= No Saturado	S	= Saturado	B	= Bajo
M	= Medio	CS	= Lig. Saturado	M	= Medio	M.O.	= Método de Walkley-Black
A	= Alto			A	= Alto	Al-B	= Titulación con NaOH


 RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS


 RESPONSABLE LABORATORIO