



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES TIPOS Y SISTEMAS DE
FERTILIZACIÓN EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO DEL CAFÉ**

SARCHIMOR 1669, LODANA 2025.

AUTOR:

FRANCO GARCÉS DAITON JOHAN

DIRECTOR DE TESIS:

ING. CAÑARTE GARCÍA FRANCISCO HORLEY

MANTA – ECUADOR

2024 – 2



DECLARACION DE AUTORIA DEL ESTUDIANTE



DECLARACION DE AUTORIA DEL ESTUDIANTE

Yo **FRANCO GARCÉS DAITON JOHAN** con C.I. 131175218-0, de la facultad de ciencias de la vida y tecnológicas, especialidad Agropecuaria, junto con el Ing. Francisco Horley Cañarte García, Mg como tutor, declaro de forma libre y voluntaria que el trabajo sobre, **Evaluación de diferentes tipos y sistemas de fertilización en la etapa de crecimiento del café Sarchimor 1669, Lodana 2025.** y las expresiones vertidas son autoría del abajo firmante y que se han realizado las correspondientes investigaciones en base a la bibliografía, datos en internet y revistas científicas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad de la originalidad de esta que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se han respetado las disposiciones que protegen los derechos del autor vigente.

FRANCO GARCÉS DAITON JOHAN

DERECHO DE AUTOR



CERTIFICACIÓN DEL TUTOR



CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnología, carrera Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación bajo la autoría del estudiante FRANCO GARCÉS DAITON JOHAN, legalmente matriculado/a en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2024-2025, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto. Evaluación de diferentes tipos y sistemas de fertilización en la etapa de crecimiento del café Sarchimor 1669, Lodana 2025.

La presente investigación ha sido desarrollada en 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 sometida 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.

Manta, 04 de noviembre del 2024.

Lo certifico,

Ing. Francisco Horley Cañarte García, Mgs

Docente Tutor

Área: Agropecuaria



MIEMBROS DEL TRIBUNAL



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TESIS DE GRADO

Evaluación de diferentes tipos y sistemas de fertilización en la etapa de crecimiento del café sarchimor 1669, lodana 2025.

Sometido a consideración del Honorable Directivo de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnológicas como requisito para obtener el título de

INGENIERO AGROPECUARIA

Aprobado por la comisión:

ING. FRANCISCO HORLEY CANARTE GARCÍA, MG.
TUTOR DE TESIS

ING. DIDIMO MENDOZA INTRIAGO, MG.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

ING. JUAN CARLOS PALACIOS PEÑAFIEL, MG.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

AGRADECIMIENTO

Esta tesis no solo es un documento con tablas, referencias y horas frente a una pantalla. Es un pedazo de mí. De mi búsqueda por entender mejor el mundo agropecuario, de mis preguntas sin respuestas inmediatas, de mis intentos por hacer las cosas bien, aunque no siempre haya sido sencillo.

He aprendido que investigar es como sembrar en suelo desconocido: uno nunca sabe qué va a brotar, pero si hay intención, análisis y cuidado... Algo florece. En este proceso crecí, cuestioné y reafirmé una idea que me acompaña desde siempre: la naturaleza no está allá afuera, está también en nosotros. Y si queremos un cambio real, no basta con buenas intenciones: hace falta acción, coherencia y una pizca de terquedad lúcida.

Este trabajo es una forma de compromiso. Conmigo mismo, con mi formación y con el deseo de seguir creciendo con propósito. Me agradezco por cada desvelo, por no rendirme cuando todo parecía cuesta arriba, por sostenerme en el silencio cuando las fuerzas flaqueaban. Este logro también es un acto de amor propio: una prueba de que cuando se trabaja con convicción, hasta lo más difícil se vuelve posible.

Y a la Mv. Maria Paula Bohorquez Caycedo.... Por la inspiración y tu cariño silencioso, por tu compañía constante, por ser ese faro amable en medio del esfuerzo. Gracias por estar, por creer. Tu apoyo ha sido profundamente valioso para mí, te agradezco con el corazón.

Hoy cierro esta etapa con gratitud y la mente encendida. Lo aprendido no termina aquí: sigue latiendo en cada decisión, cada pregunta, cada paso que dé desde ahora. Y que nunca se me olvide de dónde vengo, ni para qué elegí este camino.

Sigue creyendo en ti; la vida se encargará de llevarte donde realmente debas estar.

Daiton Johan franco Garcés. Siempre da tu máximo.

DEDICATORIA

Me lo dedico.

Por cada paso que di sin garantías, pero con fe en lo que podría llegar a ser,

Porque este camino fue por crecimiento, por visión, por el deseo de construir un futuro donde mis proyectos tengan raíz y propósito.

Porque aún me estoy formando, pero ya entiendo que vivir a la altura de lo que alguna vez soñé ser.... También es parte de la meta.

Daiton Johan Franco Garcés.

índice

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	3
DECLARACION DE AUTORIA DEL ESTUDIANTE ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
AGRADECIMIENTO	5
DEDICATORIA	6
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I	15
INTRODUCCIÓN	15
1. 1. MARCO TEÓRICO	16
1.1.1 Características del suelo en el cultivo de café	16
1.1.2 Métodos de análisis de fertilidad	17
1.1.3 Impacto de fertilización al suelo.	17
1.1.4 Fertilización edáfica en cultivo de café	18
1.1.6 Beneficios de la fertilización foliar en el café	18
1.1.7 Limitaciones de la fertilización foliar	19
1.1.8 Comparación con fertilización edáfica y foliar	19
1.1.9 Tipos de fertilizantes y su efecto	20
1.1.10 Prácticas sostenibles	21
1. 2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
1. 3 JUSTIFICACIÓN	23
1.4 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	25
1.5 HIPÓTESIS	25



1.5.1 Hipótesis alternativa (HA)	25
1.5.1 Hipótesis nula (H0)	25
1.6. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	25
1.6.1. Objetivo general	25
1.6.2. Objetivos específicos	26
2.1. UBICACIÓN	26
2.2. CARACTERISTICAS EDAFOCLIMÁTICAS	26
Análisis químico.	27
2.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN	27
2.4 FACTOR EN ESTUDIO	27
2.5 FACTOR DE BLOQUE	28
2.6 DISEÑO EXPERIMENTAL	28
2.7 TRATAMIENTOS.	29
2.7.1 DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS	29
2.8 Unidad experimental	29
2.10 Croquis de tratamientos	31
2.11 Croquis de Área experimental	31
2.12 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	32
2.13 Análisis de varianza	33
2.14 Coeficiente de variación	33
2.1. 5 VARIABLES A EVALUAR	33
Variable independiente	33
Variables dependientes	33
2.1.1. Nutrientes macros y micros:	34
2.1.2. pH.....	34

2.1.3.	Materia Orgánica (MO).....	34
2.1.4.	Tipo de suelo.....	35
2.1.5.	Medición de etapa de crecimiento	35
2.1.6.	Índice Brotes nuevos.....	35
2.1.7.	Grosor de tallo	36
3.	MANEJO DEL EXPERMIENTO	36
	CAPÍTULO III	38
	RESULTADOS	38
3. 1	Resultados Altura de planta	38
3. 2	Resultados de Longitud de Ramas	40
3. 3	Resultados de Grosor de tallo	42
3. 4	Resultados de Brotes nuevos	44
3. 5	Análisis fisicoquímico de suelo con abono	46
	DISCUSIÓN	48
	CAPÍTULO IV	50
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
4.1	CONCLUSIONES	50
4.2	RECOMENDACIONES	51
	BIBLIOGRAFIA	53
	ANEXOS	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación técnica entre fertilización foliar y edáfica	20
Tabla 2. Datos edafoclimáticos de la parroquia Lodana del cantón Santa Ana	26
Tabla 3. Análisis de suelos de la Estación Experimental Tropical "Pichilingue" del INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias).	27
Tabla 4. Tabla de descripción de los tratamientos	29
Tabla 5. Análisis de Varianza (ANOVA) para el Estudio de Fertilización en Café Sarchimor	32
Tabla 6. Resultados del análisis estadístico de la altura de la planta	38
Tabla 7. Resultados del análisis estadístico de la longitud de ramas de la planta	41
Tabla 8. Resultados del análisis estadístico de la longitud de grosor de tallo de la planta	43
Tabla 9. Resultados del análisis estadístico del índice de brotes nuevos de la planta	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen de la Ubicación.....	26
Figura 2. Croquis de la Unidad Experimental tratamiento	30
Figura 3. Croquis de tratamientos	31
Figura 4. Croquis de Área experimental 1.705 m ²	31
Figura 5. Resultados del análisis estadístico de la altura de las plantas	40
Figura 6. Resultados del análisis estadístico de longitud de ramas de las plantas	42
Figura 7. Resultados del análisis estadístico del grosor de las plantas	43
Figura 8. Resultados del análisis estadístico de los nuevos brotes de las plantas	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Plantas de café Sarchimor 1669	56
Anexo 2. Preparación de fertilizante químico para las plantas de café	56
Anexo 3. Fertilización de las plantas de café	57
Anexo 4. Fertilización orgánica del suelo	57
Anexo 5. Toma de datos de longitud de ramas de las plantas de café	58
Anexo 6. Toma de altura de las plantas de café	58
Anexo 7. Toma de nuevos brotes de las plantas de café	59

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar un plan de fertilización óptimo para el café cultivado bajo semisombra (*Coffea arábica*) Sarchimor 1669 en la finca experimental Lodana, ubicada en la parroquia Lodana del Cantón de Santa Ana. Se llevó a cabo una metodología experimental que consistía en cinco tratamientos, cada uno con tres repeticiones, y un total de 15 variables a evaluar. Las variables fueron longitud de las ramas, altura de las plantas, diámetro del tallo y brotes, además de un análisis de suelo. Los resultados demostraron que el tratamiento con fertilización foliar orgánica (biol) y fertilización edáfica obtuvo los mejores resultados para el crecimiento de las plantas, y el tratamiento T1 y T4 fue notable para la mayoría de las variables. Se concluye que el uso de biol como fertilizante orgánico demuestra ser efectivo para un crecimiento óptimo y fue una alternativa viable para la fertilización.

Palabras claves: *Coffea arábica*, fertilización química, orgánico, parámetros agroproductivos

ABSTRACT

The objective of this study was to determine an optimal fertilization plan for coffee grown under semi-shade (*Coffea arabica*) Sarchimor 1669 in the Lodana experimental farm, located in the Lodana parish of the Canton of Santa Ana. For this, an experimental methodology was designed that consisted of five treatments, each with three replications, for a total of 15 response variables to be evaluated. Variables included macro and micronutrients, soil pH, organic matter, branch length, plant height, stem diameter, and shoots. The results showed that the treatment with organic foliar fertilization (biol) and edaphic fertilization obtained the best results for plant growth, and the T1 and T4 treatment was remarkable for most variables. Under semi-shade conditions, the use of biol as an organic fertilizer proves to be effective for optimal growth and was a viable alternative for fertilization.

Keywords: *Coffea arabica*, chemical fertilization, organic, agro-productive parameters

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El cultivo de café (*Coffea arábica L.*) sigue siendo de gran impacto en Ecuador, situándose entre los diez cultivos más extensos del país y siendo cultivado en varias de sus provincias. Abarca un amplio rango de altitudes entre los 300 y 1800 metros sobre el nivel del mar. Para mejorar y fortalecer el sector cafetalero, el Ministerio de agricultura y ganadería ha implementado programas como el “Operativo de Rendimiento y Objetivos de Café”, que busca ofrecer datos actualizados sobre la producción y factores productivos, lo que facilita la toma de decisiones fundamentales y estratégicas para mejorar y fortalecer el sector cafetalero (Cristina et al. 2022).

Entre las variedades de café arábigo cultivadas en Ecuador, el Sarchimor 4260 y el Sarchimor C-1669 han demostrado un buen desempeño agronómico, es el resultado del cruzamiento entre el híbrido de Timor y la variedad Villa Sarchi y fue desarrollado en el Centro Internacional de las Royas del Café, con caracterizado por su alta resistencia a la roya, alta producción y bajo porcentaje de grano vano. Estas variedades han sido evaluadas en términos de respuesta a la fertilización, el manejo de sombra y control de enfermedades (Menendez y Lucio 2024).

Existen datos documentados de la exportación regular de café de Ecuador desde el año 1935. En 1950, por ejemplo, el país vendió 337.000 sacos al exterior y en 1960 las exportaciones alcanzaron los 552.000 sacos. En este periodo, 2012-2018, la producción de café fue afectada por varios hechos determinantes, como la sequía de 1996; el fenómeno de El Niño en 1997-1998 que provocó un envejecimiento prematuro de los cafetales; la crisis de precios del 2000 al 2006; y ya más recientemente, la crisis de precios que desde 2016 afecta al sector cafetalero a nivel global (Jiménez et al. 2023).

Manabí es una de las provincias de mayor producción cafetalera de Ecuador, con alrededor del 40% del total de sacos de 60kg producidos en el País. Según el III Censo Agropecuario existían en la provincia alrededor de 100.000 hectáreas

sembradas de café, 60.000 en cultivo solo y 40.000 en cultivo asociado, pero según los organismos especializados en el producto (COFENAC y ANECAFE) en Manabí existen actualmente alrededor de 70.000 hectáreas (Vanegas 2019).

La diferencia de entre los fertilizantes químicos y abonos orgánicos radica en su forma de acción. Los fertilizantes químicos son altamente solubles y las plantas absorben rápidamente, pero generan desequilibrios en el suelo, acidificación, deterioro del suelo. En cambio, los abonos orgánicos actúan de manera más lenta y gradual, siendo una forma ecológica de producción sin afectaciones al suelo ni al medio ambiente (Rojas y Flórez 2019).

Esta investigación busca beneficiar a los productores de café en el sur de Manabí, especialmente quienes cultivan o planean cultivar el café arábigo Sarchimor 1669. Este material fue seleccionado por su resistencia, adaptación a las condiciones climáticas y agronómicas de la región.

1. 1. MARCO TEÓRICO

1.1.1 Características del suelo en el cultivo de café

Los suelos en Ecuador, y principalmente en la provincia de Manabí presentan características edáficas favorables para el cultivo de café, destacando por su textura franco-arcillosa, buen nivel de fertilidad y buenas características físicas. En un estudio realizado por García Cabrera y Lucas Quijije (2022) en fincas cafeteras del cantón 24 de mayo, se encontró que los suelos presentan un pH promedio de 5,84 y una alta disponibilidad de macro elementos como P, K, Ca y Mg. Aunque los niveles de materia orgánica son bajos, las propiedades estructurales del suelo permiten una adecuada aireación y retención de humedad, favoreciendo el crecimiento del sistema radicular y foliar del café en etapas vegetativas (Lucas 2022).

Complementando estos hallazgos, Ayón y Chipantiza (2023), en su caracterización edafológica de suelos cafeteros en Jipijapa, reportaron valores similares. Los suelos evaluados presentaron una textura franco-arcillosa, un pH ligeramente ácido (6,2), y niveles elevados de materia orgánica, alcanzando hasta un 4,05 %, lo cual

mejora la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y promueve una mayor disponibilidad de nutrientes. Además, se evidenció que los altos niveles de P, K, Ca y Mg responden a la aplicación sistemática de prácticas agronómicas como el uso de compost y abonos orgánicos, lo cual contribuye al sostenimiento de la fertilidad a largo plazo (Chipantiza 2023).

1.1.2 Métodos de análisis de fertilidad

Determinar la fertilidad del suelo de forma eficiente requiere más que un simple análisis químico (Reyes 2021). En investigaciones recientes se ha demostrado que combinar evaluaciones fisicoquímicas como textura, pH, retención de humedad y contenido de nutrientes brinda una base sólida para formular recomendaciones específicas de fertilización. Por ejemplo, en el cantón 24 de Mayo, se establecieron perfiles del suelo diferenciados por profundidad (0–15 y 15–30 cm), lo que permitió conocer con mayor precisión las necesidades del café en sus etapas fenológicas más sensibles (Lucio et al. 2024).

1.1.3 Impacto de fertilización al suelo.

El desarrollo temprano del café Sarchimor 1669 puede ser optimizado en el equilibrio y en la dosificación adecuada de fertilizantes. Durante la etapa de vivero, la fertilización con YaraMila Complex, en el cultivo controlado de viveros, ha mostrado evidentes mejoras en la altura de plántula, en el grosor del tallo, así como en el número de hojas.

Sarchimor 1669 tiene una gran adaptabilidad y resistencia frente a enfermedades como la roya del café, son plantas tolerantes a la sequía y al estrés biótico. Por otro lado, la aplicación de fertilizantes, especialmente de fertilizantes nitrogenados mejoran el sistema radicular y aumentan la susceptibilidad a hongos patógenos bióticos (Villao et al., 2023).

La adición de materiales orgánicos como compost y bokashi enriquecido son una alternativa sostenible para recuperar suelos que han sido degradados por años de fertilización intensiva. En el caso de Sarchimor 1669 y Sarchimor 4260, se ha observado una respuesta positiva en términos de retención de humedad, mejora de la estructura del suelo y mejor desarrollo de raíces, los cuales no solo permiten

un uso más eficiente del agua y los nutrientes, sino que también fortalecen la actividad microbiana del suelo (Chiquito 2024).

1.1.4 Fertilización edáfica en cultivo de café

La fertilización en cultivares de café como el Sarchimor 1669, mejora el crecimiento vegetativo, aumenta la capacidad fotosintética y desarrolla un sistema radicular más fuerte, lo que mejora la producción general (Larreina 2012). Además, la adición de materia orgánica con fertilizantes químicos aumenta la actividad microbiológica en el suelo, mejora la estructura física y aumenta la retención de agua.

La aplicación de fertilizantes tiene un papel clave en la eficiencia nutricional del cultivo de café, siendo la de banda la más eficiente en la absorción de nutrientes, minimizando las pérdidas por lixiviación en comparación con métodos más tradicionales como la fertilización al voleo, lo cual fomenta un mejor desarrollo radicular y, por lo tanto, una utilización más eficiente del producto, lo que conduce a mayores rendimientos y una mejor calidad del grano (Poveda 2020).

Además, la fertilización foliar asimilada, que es complementaria a la fertilización del suelo, ha demostrado ser un método efectivo para rectificar deficiencias nutricionales muy específicas y mejorar la respuesta en el rendimiento durante las etapas de desarrollo del café. La combinación adecuada de ambos métodos, personalizada para el suelo y la etapa fenológica de la planta, optimiza la utilización de los recursos de fertilizante para café mientras aumenta la productividad y mitiga el potencial daño ambiental de una fertilización excesiva o inapropiada (Universidad Técnica de Machala 2023).

1.1.6 Beneficios de la fertilización foliar en el café

La fertilización foliar permite una rápida absorción de nutrientes directamente a través de la hoja, ofreciendo resultados en pocas horas. Esto es especialmente útil durante etapas críticas como floración o formación de fruto, donde la demanda nutricional del cafeto se eleva. Un meta análisis reciente muestra incrementos en rendimiento del 15–19 % y mejoras en calidad del 9–29 % bajo condiciones de estrés ambiental (Ishfaq et al. 2022). En café, se registraron aumentos de

rendimiento de hasta 12 898 kg/ha y mejoras en la calidad sensorial (puntuación SCAA de 81,3 a 85,2) en la variedad Costa Rica 95 tras aplicación foliar.

Esta vía representa una alternativa eficaz cuando los suelos presentan barreras como pH extremo o alta salinidad que impiden la absorción radicular. La aplicación foliar supera estas limitaciones, logrando que micronutrientes como Fe, Zn y B sean captados directamente por las hojas. En Brasil, se emplean fertilizantes como NPK + micronutrientes como complemento a la fertilización de suelo (Parecido et al. 2022).

1.1.7 Limitaciones de la fertilización foliar

El principal inconveniente es la baja capacidad de aporte nutricional: las hojas absorben solo pequeñas cantidades, insuficientes para cubrir las necesidades fundamentales de macronutrientes del café. Por ello, esta técnica debe considerarse un complemento y no un sustituto de la fertilización edáfica.

Existe además el riesgo de daño foliar si las soluciones son muy concentradas o si las condiciones ambientales no son adecuadas (alta radiación, baja humedad). Esto puede causar “quemaduras” en las hojas. Además, la eficacia depende de aplicar en momentos óptimos, como al amanecer o al atardecer. Finalmente, el efecto es temporal, lo que obliga a aplicar varias veces durante la temporada. El efecto de lluvia o viento también puede reducir la adherencia y eficacia del tratamiento. (Niu et al. 2021).

1.1.8 Comparación con fertilización edáfica y foliar

Según diversos estudios sobre la nutrición vegetal, la fertilización edáfica permite suministrar grandes volúmenes de macronutrientes con aplicaciones poco frecuentes, mientras que la fertilización foliar actúa rápidamente corrigiendo deficiencias puntuales, aunque requiere múltiples aplicaciones y puede causar fitotoxicidad si no se maneja adecuadamente (Parecido et al. 2022; Niu et al. 2021).

Tabla 1. Comparación técnica entre fertilización foliar y edáfica

Criterio	Fertilización edáfica	Fertilización foliar
Rendimiento nutricional	Aporta macroelementos en volume	Corrige deficiencias puntuales
Rapidez de acción	Lenta (días a semanas)	Rápida (horas)
Dependencia del suelo	Alta – influida por pH, textura, microbiota	Baja – evita barreras edáficas
Riesgo fitotóxico	Bajo o nulo	Moderado a alto si mal aplicado
Frecuencia de uso	Pocas veces al año	Varias veces por ciclo fenológico

Elaboración propia con base en: (Parecido et al. 2022; Niu et al. 2021).

1.1.9 Tipos de fertilizantes y su efecto

- **Fertilizantes químicos**

El uso de fertilizantes químicos sintéticos (principalmente fórmulas NPK) ha permitido aumentar la producción agrícola de forma significativa, con efectos inmediatos debido a la disponibilidad rápida de nutrientes, sin embargo, la incorporación de nitrógeno presenta marcadas ineficiencias: los estudios indican que entre el 50% y el 70% puede perderse a través del lixiviado o la volatilización, lo que provoca la contaminación de fuentes de agua y la emisión de gases de efecto invernadero.

Esto degrada la calidad del suelo, afecta su integridad estructural y reduce la eficiencia del sistema agrícola, además que no solo tienen consecuencias ambientales, sino que también aumentan los costos porque se requieren mayores insumos para alcanzar niveles efectivos. Los fertilizantes químicos, aunque con limitaciones, siguen siendo fundamentalmente necesarios en sistemas de producción intensiva. Su uso, en combinación con materia orgánica y biofertilizantes, puede llevar a una mejora considerable de la estructura del suelo, una mayor retención de nutrientes en el suelo y un equilibrio más favorable entre productividad y conservación ambiental (Galarza 2013).

- **Fertilizantes orgánicos**

INIAP (Estación Pichilingue) comprobó que mezclar pulpa de café descompuesta con el sustrato de vivero (en proporción aproximada de 8 lb/100 lb de tierra) potencia el establecimiento inicial de plántulas de café y cacao, proporcionando nutrientes de forma constante durante diez semanas tras su descomposición aeróbica (Laínez 1973).

Estudios posteriores reafirmaron estos beneficios, mostrando que la pulpa de café compostada aplicada en viveros a una proporción de 8 lb de material por cada 100 lb de sustrato promueve un aumento en materia orgánica, fósforo y potasio en el suelo, así como una elevación del pH, lo que favorece una mayor resiliencia frente a estrés ambiental (Laínez C., 1973). La aplicación de residuos orgánicos en el cultivo de café, especialmente pulpa compostada derivada del procesamiento del fruto, contribuye a mejorar la estructura del suelo al aumentar la estabilidad de los agregados y su capacidad de retención de agua. Un boletín del INIAP (Estación Portoviejo) señala que el compostaje de subproductos del cafetal genera humus que mejora la estructura del suelo y estimula procesos biológicos esenciales (Motato y Corral 2002) .

1.1.10 Prácticas sostenibles

En América Latina, el uso de prácticas sostenibles en la producción y cultivo del café se ha vuelto importante debido a la amenaza del cambio climático, la erosión del suelo y la necesidad de que el cultivo siga siendo rentable. Dentro de dichas prácticas, se han desarrollado sistemas agroforestales con café que incorporan árboles nativos. Con estos sistemas se obtienen varios beneficios, tales como, mejoras en la calidad del suelo, en el microclima y en la biodiversidad funcional del área. En un estudio de la provincia de Imbabura en Ecuador, se demostró que estos sistemas con alta densidad arbórea tenían mejor fertilidad del suelo, menor escorrentía, y una calidad de grano superior, con lo que se confirmaba su viabilidad económica y ecológica (García 2016).

Por último, el uso de modelos regenerativos con biofertilizantes, cubiertas de suelo permanentes y rotación de cultivos, han permitido la conservación de recursos naturales mientras se mejoran los niveles de producción en un plazo de varios años. Un manual técnico del cantón manabita (Ecuador) destaca que estas prácticas no solo estabilizan el contenido de carbono en el suelo, sino que también promueven una agricultura más resiliente, menos dependiente de insumos químicos, y alineada con los principios de sostenibilidad ecológica y social (Lucio et al. 2023).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La finca experimental Lodana de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ubicada en el cantón Santa Ana, cultivan diversas especies agrícolas, siendo el café uno de los cultivos de mayor interés. No obstante, el cultivo de café en la finca enfrenta un problema clave, siendo este la ausencia de un plan de fertilización adaptado a las características del suelo y las condiciones agroecológicas de la región, lo cual tiene un impacto negativo directo en la productividad y calidad de los granos de café, limitando el potencial de rendimiento del cultivar arábica Sarchimor 1669. Este problema se extiende a nivel nacional, donde factores como la edad de las plantaciones de café, la falta de fertilización adecuada y enfermedades han disminuido su producción (Sera et al. 2022).

La productividad y la rentabilidad del café en Ecuador están siendo afectadas por serios retos técnicos en la caficultura. En Manabí, la avanzada edad de las plantaciones de café se traduce en rendimientos escasísimos. Esto se agrava por la escasa capacitación técnica que tienen los productores. El uso de métodos convencionales de control de plagas y enfermedades ha causado un agravamiento en la calidad del café. Además, la sobreaplicación de fertilizantes y fungicidas ha deteriorado los suelos y, por lo tanto, la productividad agrícola, que ya era escasa (Centeno y Jiménez 2023).

A nivel nacional, los productores en su mayoría dan mayor relevancia a que se consigan rendimientos más altos sobre la calidad, sumado a la ausencia de un plan de fertilización ha conducido a un deterioro en la calidad del café, lo cual no solo

limita la productividad, sino que también compromete la sostenibilidad económica y social de las familias cafetaleras.

De tal modo que es necesario alternativas de fertilización que contemplen la incorporación de insumos, tanto orgánicos como químicos, adaptado a las condiciones de la finca experimental Lodana y las particularidades del café arábigo Sarchimor 1669.

Mantuano et al. (2022) señala que, a partir de un control integrado de plagas y enfermedades, así como de una correcta aplicación de prácticas agronómicas, se busca no solo la mejora en la productividad del café, sino también el bienestar económico de los productores en el marco de un modelo sostenible que procura el desarrollo de la región.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En Ecuador, el café se destaca como uno de los principales productos agropecuarios generadores de divisas a través de su exportación. En 2019, se exportaron 11,056 toneladas; mientras que, las importaciones fueron solamente de 2,011 toneladas; mientras que, para café sin tostar y tostado las exportaciones fueron de 1,858 toneladas y las importaciones 312 toneladas.

En términos monetarios, las exportaciones representaron un valor de USD FOB 80,173, que representa el 1.2 % del valor total de exportaciones del año 2019. El área sembrada de café para el año 2019, según (INEC, 2019), fue de 48,097 ha y respecto al año 2018, un incremento de 4.9 %. El cultivo esta presenté en las cuatro regiones del Ecuador y está distribuido en dos especies: café arábigo (*Coffea arabica*) y café robusta (*Coffea canephora*) (Pincay y Unda 2020).

La temporada de cosecha de café Arábigo, especialmente es en junio es un momento crucial para que los agricultores que dedican su vida a este cultivo, con variedades como Caturra, Catucai y Sarchimor, que cubren significativamente la superficie sembrada (17%, 14%, 18%), los agricultores se esmeran en cuidar cada

una de las 3.419 plantas por hectárea. Con un promedio de 1,37 ejes y 15,15 ramas productivas, estas plantas representan el trabajo agrícola. El 66% de los productores utilizan materiales certificados, lo que ayuda a garantizar la calidad del café, y el 52% de los agricultores subsidian sus cultivos con fertilización para mejorar su inversión. En promedio, se aplican 0.45 qq/ha de nitrógeno, 0.75 qq/ha de fósforo y 0.26 qq/ha de potasio, manteniendo un magnífico equilibrio nutricional que sostiene cada grano de café (Monteros 2017).

Los nutrientes pueden reducir las enfermedades o disminuirlas a niveles de intensidad que, junto con otras prácticas de manejo, logran una mejor sanidad de los cultivos y optimizan las condiciones de crecimiento. Los nutrientes pueden afectar el desarrollo de las enfermedades a través de su impacto en la fisionomía vegetal o mediante su efecto sobre patógenos. La interacción nutriente-planta-enfermedad no siempre se comporta del mismo modo. Una determinada situación nutricional o un nutriente en particular, puede influir en la disminución de la seriedad de un patógeno, pero también incrementar la intensidad de la enfermedad causada por otro patógeno o no generar ningún cambio (Mantuano et al. 2022).

En ciertas condiciones, la presencia de nutrientes específico puede reducir la severidad de una enfermedad asegurando la longevidad, mientras que, en otras, ese mismo nutriente podría intensificar los efectos de otro patógeno, o incluso no provocar ningún cambio. Esta interacción dinámica subraya la importancia de comprender las necesidades nutricionales que pueden encontrarse en el suelo en niveles bajos, medios o altos, dependiendo en mayor o menor grado de la producción de partículas finas del suelo que son las que almacenan los nutrientes de cada planta en su contexto particular para gestionar eficazmente la sanidad de los cultivos (Mancuso et al. 2014).

La investigación se lleva a cabo con el objetivo de identificar que productos fertilizantes permiten maximizar el potencial genético del café Arábigo Sarchimor 1669, asegurando un desarrollo óptimo de las plantas y una elevada producción de grano por planta.

Este estudio incluirá tanto un plan de fertilización orgánico como química, además de un manejo eficiente de plagas y enfermedades. Buscando un enfoque a una producción de café bajo un manejo y responsable. Los principales beneficiados de esta investigación serán los estudiantes y practicantes, así como La finca experimental Lodana de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ubicada en la parroquia Lodana del cantón Santa Ana. Gracias a esta investigación, se dispondrá de información técnica y validada sobre la fertilización del café arábigo en las condiciones agroecológicas específicas de la región.

1.4 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

- ¿Cómo afectan las diferentes dosis de fertilización en la etapa de crecimiento del café Sarchimor 1669?

1.5 HIPÓTESIS

1.5.1 Hipótesis alternativa (HA)

HA: Al menos uno de los tratamientos de fertilización de café aplicados a la variedad de café Sarchimor 1669, tendrá un efecto significativo en las variables medidas, indicando diferencias estadísticas significativas entre los tipos de fertilizantes.

1.5.1 Hipótesis nula (H0)

H0: No habrá diferencias estadísticas significativas entre las variables que se medidas debido al efecto de los diferentes tipos de fertilizantes aplicados a la variedad de café Sarchimor 1669.

1.6. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.6.1. Objetivo general

- Determinar un plan de fertilización óptimo para el cultivo de café con semi sombra (*Coffea arábica*) Sarchimor 1669 en la Finca Experimental Lodana de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí de la parroquia Lodana del cantón Santa Ana 2024.

1.6.2. Objetivos específicos

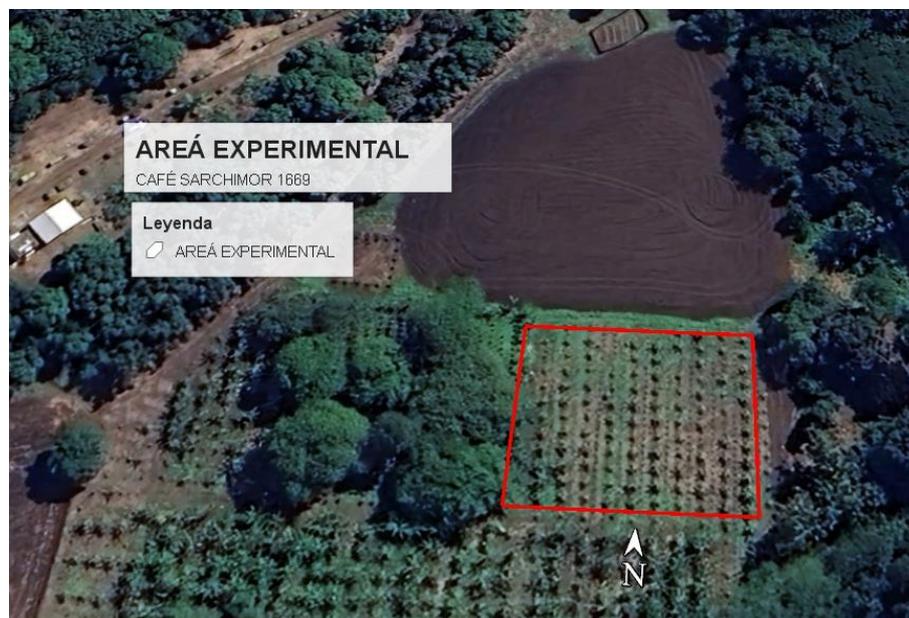
- Analizar las características físico-químicas del suelo en la Finca Experimental Lodana.
- Definir un plan de fertilización en sus etapas de crecimiento del cultivo de café.
- Determinar el mejor tratamiento de fertilización para el cultivo de café.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. UBICACIÓN

Esta investigación se ejecutó en la parroquia Lodana, cantón Santa Ana, provincia de Manabí en la finca experimental de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), con las siguientes coordenadas: Latitud 1011'11" Sur, Longitud 80023'22" Oeste y Altitud 59 msnm.

Anexo 1. Imagen de la Ubicación



Elaborado en el programa Google Earth

2.2. CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS

Los datos edafoclimáticos de la parroquia Lodana.

Tabla 2. Datos edafoclimáticos de la parroquia Lodana del cantón Santa Ana

Parámetros	Promedio
Precipitación media anual	878,9 mm
Humedad relativa	81%
Temperatura media anual	26,4°C
Heliofanía anual	1385,1 (Horas sol)
Evaporación	1039,9 mm
Topografía	Regular
Textura del suelo	Arcilloso-limoso
Ph	<7

Elaborado en (INAMHI, 2020)

Análisis químico.

Tabla 3. Análisis de suelos de la Estación Experimental Tropical "Pichilingue" del INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias).

Parámetro	Valor	Interpretación
N	12.32	Medio
P	4.41	Muy bajo
K	0.24	Bajo
Ca	2.32	Medio
Mg	0.72	Medio
CIC	3.28	Bajo
pH	5.8 – 6	Ácido
Textura	Franco Arcillosa	Alto

Elaborado por Franco (2025)

2.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Es una investigación mixta y descriptiva que permite observar las características del problema identificando sus causas y verificar la hipótesis que se plantea dentro de la investigación.

2.4 FACTOR EN ESTUDIO

Fertilización que se aplicarán a las plantas de café:

- **T0:** Sin fertilizante (testigo)
- **T1:** Fertilización edáfica (química)

- **T2:** Fertilización orgánica al suelo
- **T3:** Fertilización foliar química
- **T4:** Fertilización orgánica foliar (Biol 20%)

2.5 FACTOR DE BLOQUE

Heterogeneidad del suelo:

La heterogeneidad del suelo se medirá mediante el análisis de la textura del suelo en muestras representativas del terreno mediante laboratorio.

La escala de textura se clasificará en las siguientes categorías:

- Arena: 0-20%
- Limos: 20-40%
- Arcilla: 40-60%
- Franco: 60-80%
- Franco-arcilloso: 80-100%

2.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizará un Diseño De Bloques Completos Al Azar (DBCA). con cuatro tratamientos y un testigo (sin fertilización), con tres repeticiones para cada tratamiento. Las parcelas experimentales se distribuirán aleatoriamente en la finca. para la comparación de medias se utilizará la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Se utilizará el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

- **Y_{ij} :** Observación correspondiente al tratamiento i en el bloque j
- **μ :** Media general del experimento.
- **τ_i :** Efecto del tratamiento i
- **β_j :** Efecto del bloque j
- **ϵ_{ij} :** Error experimental asociado a la observación Y_{ij} , asumido independiente y normalmente distribuido con media 0 y varianza constante (σ^2)

2.7 TRATAMIENTOS.

2.7.1 DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS

Para realizar la investigación se utilizaron 4 tratamientos y un testigo, que no se lo va a fertilizar, teniendo como resultado 5 tratamientos y 3 repeticiones a realizar en la investigación, el cual se lo presentara en la siguiente tabla.

Tabla 4. Tabla de descripción de los tratamientos

N° Tratamientos	Fertilizantes	Código
T0	Sin fertilizante	T0.TG
T1	Fertilización edáfica	T1FEQ.R1
T2	Fertilización orgánica edáfica	T2FOS.R2
T3	Fertilización foliar química	T3FFQ.R3
T4	Fertilización orgánica foliar Biol 20%	T4FFO.R3

Elaborado por Franco (2025)

1. Fertilizante edáfico (química):

- Dosis: 50 g/planta Cantidad por unidad: 2.1 kg Total: 12.9 kg (basado en las plantas calculadas).

2. Fertilización foliar (química):

- Dosis: 200g en 200L= 1g/L total: 4.2L al año fertilización orgánica.

3. Fertilización edáfico (orgánica):

- Dosis por planta: 1 kg/planta Total: 252 kg (basado en las plantas calculadas).

4. Fertilización foliar orgánica (biol):

- Preparación: 20% L de solución biol en 200 L de agua, Concentración: 20 % en agua fertilización foliar orgánica.

2.8 Unidad experimental

En el cultivo de café, las plantas se dividieron en lotes según los tratamientos asignados. Se seleccionaron 42 plantas por tratamiento; sin embargo, se consideraron el efecto borde que puede influir en los resultados debido a la

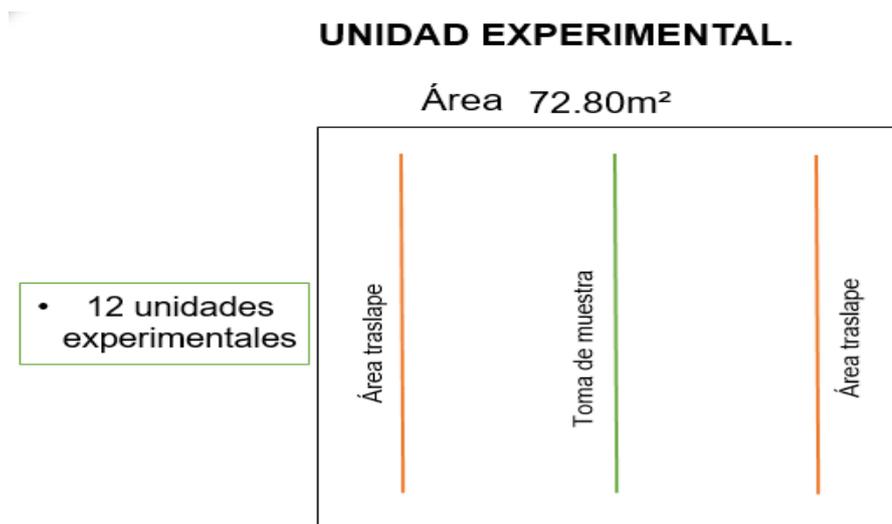
fertilización y el proceso natural de las plantas. Por ello, de las 42 plantas iniciales, solo se tomarán 12 plantas por tratamiento como unidades experimentales.

En total se contaron con 180 plantas como unidades experimentales para todo el estudio.

Para el análisis de los datos estadísticos se utilizará el programa INFOSTAT, para la comparación de medias se utilizará la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

2.9 Cuadro de croquis de unidad experimental

Anexo 2. Croquis de la Unidad Experimental tratamiento



Elaborado por Franco (2025)

2.10 Croquis de tratamientos

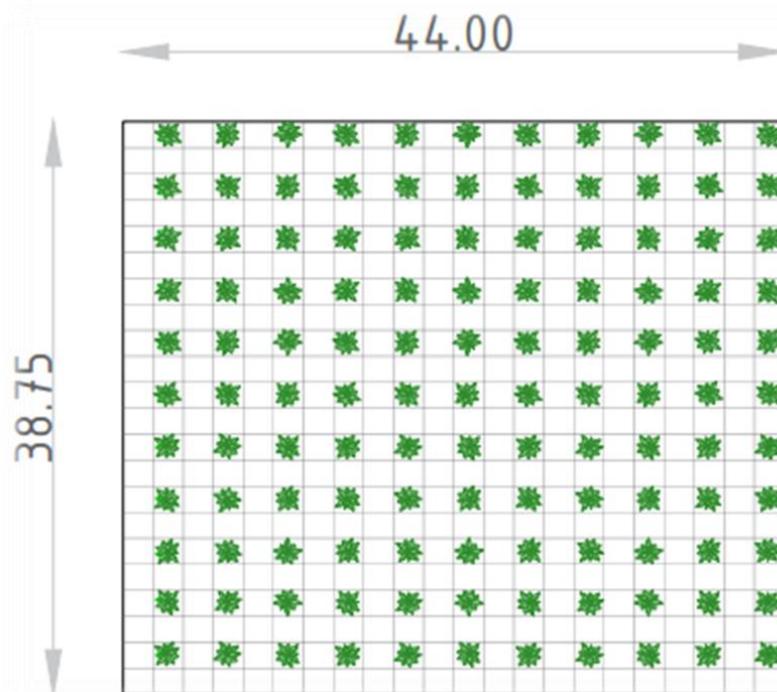
Anexo 3. Croquis de tratamientos

T1FEQ.R3	T2FOS.R3	T4FFO.R3	T3FFQ.R3	TO.TG.R3
T3FFQR2	T4FFO.R2	TO.TG.R2	T2FOS.R2	T1FEQ.R2
T4FFO.R1	T3FFQ.R1	T2FOS.R1	T1FEQ.R1	TO.TG.R1

Elaborado por Franco (2025)

2.11 Croquis de Área experimental

Anexo 4. Croquis de Área experimental 1.705 m²



Elaborado por Franco (2025)

2.12 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se lo realizó con 5 tratamientos y tres repeticiones, con un total de 15 variables de respuesta, en el siguiente cuadro se muestra la fuente de variación o cuadro de ADEVA.

Tabla 5. Análisis de Varianza (ANOVA) para el Estudio de Fertilización en Café Sarchimor

Factor de variación	Grado de Libertad	S.C Suma de Cuadrado	C.M Cuadrado Medio	F.C Factor Calculado
Total	r.t-1	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r y_{ij}^2 - TC$		
Tratamiento	t-1	$\sum_{i=1}^t \frac{y_i^2}{r} - TC$	$\frac{SC.trat}{GL.trat}$	$\frac{CM.trat}{CM.error exp}$
Bloque	r-1	$\sum_{j=1}^r \frac{y_j^2}{t} - TC$	$\frac{SC.bloque}{GL.bloque}$	$\frac{CM.bloque}{CM.error exp.}$

Error Experimental	(t-1)(r-1)	Sc total - Sc tratamiento- Sc.bloque	$\frac{SC.error\ exp}{GL.error\ exp}$	
--------------------	------------	--------------------------------------	---------------------------------------	--

Elaborado por Franco (2025)

2.13 Análisis de varianza

El análisis estadístico se lo realizó con 5 tratamientos y tres repeticiones, con un total de 15 variables de respuesta, en el siguiente cuadro se muestra la fuente de variación o cuadro de ADEVA.

2.14 Coeficiente de variación

Este análisis es el que va a determinar la precisión del experimento, para realizarlo se debe tener en cuenta la siguiente formula:

$$2. CV = \frac{\sqrt{CMee}}{\bar{x}_{to}} \times 100$$

2.1. 5 VARIABLES A EVALUAR

Variable independiente

- **T0:** Sin fertilizante (testigo)
- **T1:** Fertilización edáfica (química)
- **T2:** Fertilización orgánica al suelo
- **T3:** Fertilización foliar química
- **T4:** Fertilización orgánica foliar (Biol 20%)

VARIABLES dependientes

- Nutrientes macros y micros.
- pH del suelo.
- Materia Orgánica (MO).
- Longitud de ramas
- Altura de las plantas.
- Grosor de tallo.
- Índice de brotes nuevos.

2.1.1. Nutrientes macros y micros:

Se evaluarán los niveles de nutrientes esenciales como: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) como macronutrientes principales, y otros elementos menores como magnesio (Mg), calcio (Ca), hierro (Fe), zinc (Zn), boro (B).

Se realizó análisis de suelo antes y después de la aplicación de los tratamientos de fertilización para determinar la disponibilidad de estos nutrientes en el suelo y su absorción por la planta.

2.1.2. pH

El pH del suelo es una variable esencial en la determinación de la adecuación del suelo para el cultivo de café, las muestras se recolectarán de diferentes puntos de la finca experimental para obtener una representación precisa del pH en toda el área de estudio. Las muestras de suelo fueron secadas y posteriormente tamizadas para eliminar las partículas más grandes y lograr una textura uniforme. Luego, se midió el pH utilizando el método de suspensión, que consistió en mezclar suelo y agua destilada en una proporción de 1:2,5 (suelo a agua) y realizar la lectura con un medidor de pH previamente calibrado.

El análisis mostró que el pH del suelo oscilaba entre ligeramente ácido y moderadamente ácido. Considerando que el rango óptimo para el cultivo de café está entre 5,0 y 6,5, se determinó que las muestras se encontraban dentro de los valores adecuados para este cultivo.

2.1.3. Materia Orgánica (MO)

Si se realizó en el laboratorio, el análisis de la materia orgánica se hizo mediante el método de Walkley-Black, a través de combustión en mufla. En el método de Walkley-Black, se considera que se emplearán reactivos para oxidar la materia orgánica con el propósito de cuantificarla en porcentaje, en base al carbono orgánico que se cuente en la muestra. Por el contrario, en la combustión en mufla se incinera a alta temperatura la muestra para determinar la pérdida de peso que corresponde a la materia orgánica. Un contenido de MO superior al 4% indica un suelo fértil y apto para el cultivo de café, ya que mejora la retención de agua y nutrientes, además de promover la actividad microbiana.

2.1.4. Tipo de suelo

Para determinar que el suelo es predominantemente arcilloso, se realizó un análisis textural en laboratorio mediante el método del hidrómetro o tamizado. Este análisis permite identificar la proporción de partículas de arena, limo y arcilla presentes en el suelo, clasificando el suelo en texturas (arenosa, limosa, arcillosa, etc.). En este caso, un alto contenido de partículas finas de arcilla indica un suelo arcilloso, que tiene una alta capacidad para retener agua, así como nutrientes, ambos factores ventajosos para el cultivo de café.

La caracterización también implica medir la Conductividad Eléctrica (CE) y la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) en el terreno. Estos resultados permitirán determinar la adecuación del suelo en cuanto a su estructura y salinidad

2.1.5. Medición de etapa de crecimiento

Altura de planta:

El crecimiento vegetal se valorará a fin de determinar los efectos de las diversas aplicaciones de fertilización.

Método de Evaluación: La altura de las plantas se registrará a intervalos de 60, 120, 180 y 240 días, utilizando una cinta métrica graduada que se extenderá desde el suelo, en el punto base del tallo, hasta el punto más elevado del ápice.

2.1.6. Índice Brotes nuevos

El índice de brotes nuevos se encuentra definido en la clasificación BBCH, cuya escala numérica permite identificar, de forma precisa y estandarizada, las distintas fases de crecimiento y desarrollo que atraviesan las plantas perennes y anuales.

Método de Evaluación: Cada 60, 120, 180, 240 Registra el total por planta y el número de brotes en cada etapa BBCH.

- Evaluación del crecimiento:

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
01	Sin brotes
03	Pocos brotes
05	Varios brotes
07	Muchos brotes

2.1.7. Grosor de tallo

El grosor del tallo es un indicador del crecimiento y vigor de la planta.

Método de Evaluación: Se medirá el grosor del tallo con un calibrador en la parte media de la planta Cada 60, 120, 180, 240 días utilizando un calibrador o pie de rey.



3. MANEJO DEL EXPERIMENTO

1. Limpieza del Área

La preparación del terreno experimental se inició con la exposición y eliminación de vegetación espontánea y elementos que podrían comprometer el crecimiento exitoso de las plántulas de café junto con sus asociaciones agronómicas. Los procedimientos seguidos fueron:

- **Evaluación preliminar:** En la primera visita se realizó una inspección del terreno que permitió diagnosticar las condiciones agroecológicas generales y establecer el listado de actividades de preparación agrícola necesarias para la siembra.
- **Desbroce sistematizado:** En esta fase se procedió a un desbroce mecánico del área con la finalidad de erradicar por completo la cubierta herbácea, definiendo un ambiente edáfico y de luz propicio para el asentamiento de las plántulas.
- **Desinfección detallada del área:** En esta etapa se contrató mano de obra especializada para un desmonte final que consistió en la extracción de raíces y restos vegetales, garantizando un terreno completamente

despojado que facilite las prácticas agronómicas sucesivas y minimice el riesgo de competencia hídrica y nutricional.

2. Control y Monitoreo

Las actividades dirigidas al control y monitoreo del área de cultivo se orientaron a mantener parámetros óptimos para el crecimiento de las plántulas de café. Primero, se seleccionaron plántulas homogéneas para cubrir 1.705 m², sembrándose un total de 682 individuos en un intervalo de cuatro meses, de acuerdo a un plan de espacio orientado a maximizar la captación de recursos. Se procedió al deshoje controlado del plátano que aporta sombra parcial, regulando la luz interceptada por las plántulas y garantizando un equilibrio necesario entre luz filtrada y luz directa, condición decisiva en sistemas de cultivo semisombrado.

3. Mantenimiento del Área

Se utilizó un sistema de riego por goteo, que fue instalado el mismo mes. Tras su instalación, se llevó a cabo un monitoreo para determinar el caudal específico en cada fila sembrada.

En cuanto al mantenimiento de las plantas de café, se efectuó la poda de los brotes rastreros, lo que permitió controlar el crecimiento desordenado y redirigir los recursos hacia las zonas de mayor productividad de la planta. Ese mismo día, se realizó una fumigación con insecticida para prevenir la aparición de plagas y favorecer la salud general del cultivo.

Este conjunto de actividades refleja el proceso detallado y cuidadoso con el que has manejado el experimento, asegurando un entorno controlado para la evaluación del desarrollo del café bajo semisombra.

CAPÍTULO III

RESULTADOS

Una vez evaluados los datos recolectados durante el desarrollo del experimento, se exponen a continuación los resultados correspondientes a las variables evaluadas. Estas incluyeron la altura de las plantas de café, la longitud de las ramas, el grosor del tallo y el índice de brotes nuevos. Además, se consideraron las condiciones del cultivo antes y después de los tratamientos aplicados, junto con observaciones complementarias que permiten valorar el desarrollo morfológico y el estado general de las plantas durante el periodo experimental.

3. 1 Resultados Altura de planta

Se observa en la tabla 6 que el p-valor para los tratamientos a 60 días, 120 días, 180 días y 240 días es menor a 0.05, lo que indica que existen diferencias significativas a nivel estadístico entre los tratamientos. En el caso de 15 días, los tratamientos T4 muestra la media más alta que el tratamiento T0, y las diferencias son significativas. A los 120 días, los tratamientos T1 y T4 muestran medias más altas que T0. Los coeficientes de variación fueron elevados (31.2% para 60 días y 29.15 % para 120 días), lo que refleja una alta variabilidad en los datos, la cual puede ser atribuida a las condiciones de campo, donde factores como el clima y el tipo de suelo pudieron influir significativamente.

Tabla 6. Resultados del análisis estadístico de la altura de la planta

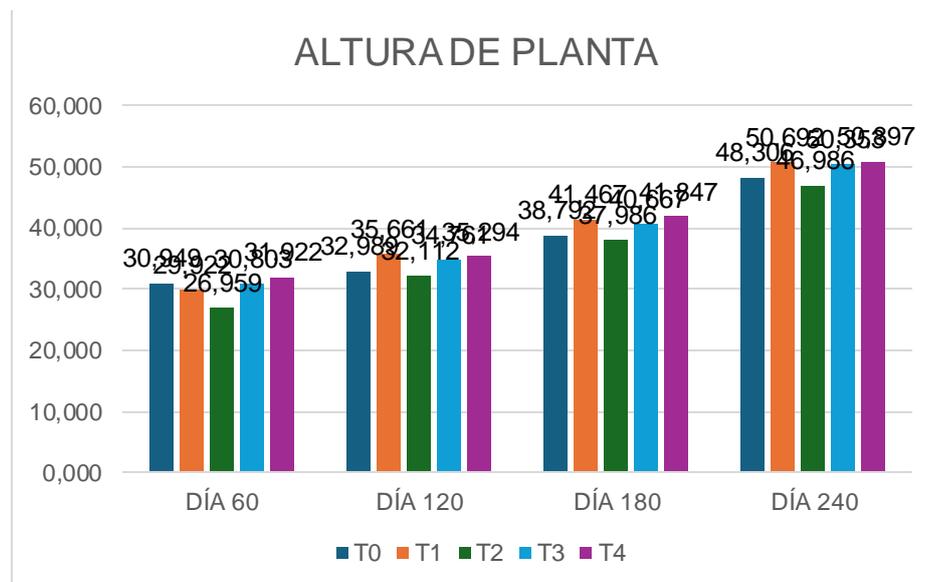
ALTURA DE PLANTA					
Día	Tratamiento	Media y letra	Valor F	CV	P-Valor
DÍA 60	T0	30,949 A	1,47	31,2	0,2127
	T1	29,922 A	1,47	31,2	0,2127
	T2	26,959 A	1,47	31,2	0,2127
	T3	30,803 A	1,47	31,2	0,2127
	T4	31,922 A	1,47	31,2	0,2127
DÍA 120	T0	32,989 A	0,86	29,15	0,4895
	T1	35,661 A	0,86	29,15	0,4895
	T2	32,112 A	0,86	29,15	0,4895
	T3	34,761 A	0,86	29,15	0,4895
	T4	35,294 A	0,86	29,15	0,4895

DÍA 180	T0	38,792 A	0,86	29,15	0,4895
	T1	41,467 A	1,26	22,49	0,288
	T2	37,986 A	1,26	22,49	0,288
	T3	40,667 A	1,26	22,49	0,288
	T4	41,847 A	1,26	22,49	0,288
DÍA 240	T0	48,306 A	1,36	17,92	0,2512
	T1	50,692 A	1,36	17,92	0,2512
	T2	46,986 A	1,36	17,92	0,2512
	T3	50,353 A	1,36	17,92	0,2512
	T4	50,897 A	1,36	17,92	0,2512

La Figura 5 muestra los resultados del análisis estadístico de la altura de la planta de café a los 60 días, las alturas oscilaron entre 26,96 cm (T2) y 31,92 cm (T4), siendo T4 el valor más alto. Sin embargo, las letras estadísticas (A) y el P-valor de 0,2127 ($>0,05$) indican que no hubo diferencias significativas entre tratamientos en esta etapa inicial, A los 120 días, se observó un incremento general, destacando T1 (35,66 cm) la edáfica química y T4 (35,29 cm) la fertilización foliar orgánica y como los valores más altos, mientras que T2 se mantuvo como el menor (32,11 cm), el P-valor (0,4895) confirma que las diferencias siguieron siendo no significativas, lo que sugiere un crecimiento parejo en esta fase.

En cuanto a los 180 días, las alturas variaron entre 37,99 cm (T2) y 41,85 cm (T4). T1 y T4 superaron los 41 cm, y aunque visualmente se aprecia ventaja de los tratamientos con fertilización, el P-valor (0,288) indica que las diferencias no alcanzaron significancia estadística y a los 240 días, etapa final de evaluación, los valores más altos correspondieron a T4 (50,90 cm) y T1 (50,69 cm), seguidos de cerca por T3. El control sin fertilizante (T0) y el tratamiento orgánico edáfico (T2) presentaron menores alturas (48,31 y 46,99 cm, respectivamente), pese a estas variaciones, el P-valor (0,2512) muestra que estadísticamente las diferencias no fueron significativas.

Figura 5. Resultados del análisis estadístico de la altura de las plantas



Nota: Letras diferentes muestran diferencia significativa ($p < 0,05$), entre las medias.

3. 2 Resultados de Longitud de Ramas

En los resultados de longitud de ramas tanto a los 60 días, se observaron diferencias estadísticamente significativas, donde el tratamiento T4 alcanzó la mayor longitud promedio con 12,306 cm, seguido por T3 (9,758 cm), T1 (8,853 cm) y T2 (8,169 cm), mientras que T0 presentó el menor valor (7,042 cm), siendo estadísticamente diferente según las letras asignadas. A los 120 días, los resultados también mostraron diferencias significativas, donde el tratamiento T4 nuevamente sobresalió con la mayor longitud promedio (14,739 cm), seguido por T1 (13,897 cm) y T2 (12,153 cm), los cuales no difirieron estadísticamente entre sí.

En la medición a los 180 días, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($P = 0,288$), aunque se evidenció un crecimiento considerable en todos los grupos, con promedios que oscilaron entre 37,986 cm (T2) y 41,847 cm (T4). Finalmente, a los 240 días, las diferencias entre tratamientos fueron altamente significativas, donde el tratamiento T2 mostró la mayor longitud promedio (26,214 cm), muy similar a T1 (26,167 cm) y T4 (25,806 cm), mientras que T0 obtuvo el menor valor (18,389 cm), siendo este estadísticamente inferior al resto, a excepción del tratamiento T3 (21,847 cm), que presentó un comportamiento intermedio.

Tabla 7. Resultados del análisis estadístico de la longitud de ramas de la planta

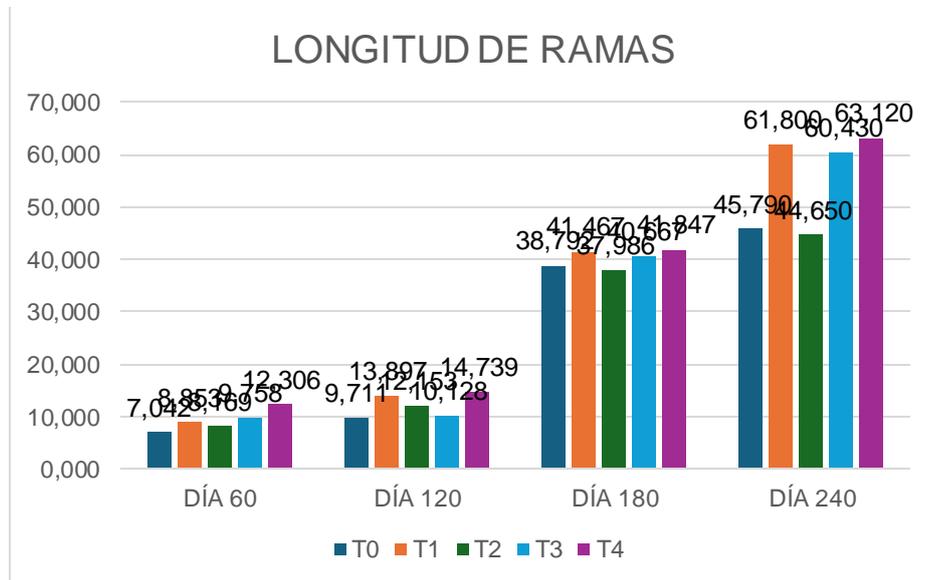
LONGITUD DE RAMAS					
Día	Tratamiento	Media y letra	Valor F	CV	P-Valor
DÍA 60	T0	7,042 B	3,04	74,18	0,0289
	T1	8,853 AB	3,04	74,18	0,0289
	T2	8,169 AB	3,04	74,18	0,0289
	T3	9,758 AB	3,04	74,18	0,0289
	T4	12,306 A	3,04	74,18	0,0289
DÍA 120	T0	9,711 B	4,07	54,57	0,0035
	T1	13,897 AB	4,07	54,57	0,0035
	T2	12,153 AB	4,07	54,57	0,0035
	T3	10,128 AB	4,07	54,57	0,0035
	T4	14,739 A	4,07	54,57	0,0035
DÍA 180	T0	38,792 A	1,26	22,49	0,288
	T1	41,467 A	1,26	22,49	0,288
	T2	37,986 A	1,26	22,49	0,288
	T3	40,667 A	1,26	22,49	0,288
	T4	41,847 A	1,26	22,49	0,288
DÍA 240	T0	18,389 B	7,42	32,38	0,0001
	T1	26,167 A	7,42	32,38	0,0001
	T2	26,214 A	7,42	32,38	0,0001
	T3	21,847 AB	7,42	32,38	0,0001
	T4	25,806 A	7,42	32,38	0,0001

La Figura 6 muestra los resultados del análisis estadístico de la longitud de ramas de la planta de café a los 60 días, las longitudes oscilaron entre 7,04 cm (T0) y 12,31 cm (T4). El tratamiento con fertilización orgánica foliar (T4) presentó el mayor valor y fue estadísticamente superior al control (T0), donde a los 120 días, el crecimiento continuó, destacando nuevamente T4 (14,74 cm) la fertilización orgánica foliar con Biol 20% y T1 (13,90 cm) la fertilización edáfica química como los más altos, cabe decir que el control (T0) mantuvo la menor longitud (9,71 cm) y se ubicó en el grupo estadísticamente inferior (letra B).

En cambio, a los 180 días, las longitudes registraron un salto importante en todos los tratamientos, variando de 37,99 cm (T2) a 41,85 cm (T4). Sin embargo, el P-valor de 0,288 ($>0,05$) evidencia que no existieron diferencias estadísticas, por lo que en esta etapa todos los tratamientos se comportaron de manera similar ya a los 240 días, se observaron diferencias marcadas: T1 (26,17 cm), T2 (26,21 cm) y

T4 (25,81 cm) mostraron los valores más altos, conformando el grupo estadísticamente superior (letra A). El control (T0) tuvo la menor longitud (18,39 cm) y fue significativamente inferior.

Figura 6. Resultados del análisis estadístico de longitud de ramas de las plantas



Nota: Letras diferentes muestran diferencia significativa ($p < 0,05$), entre las medias.

3. 3 Resultados de Grosor de tallo

En los resultados de grosor de tallo, el análisis muestra que al día 60, se observaron diferencias estadísticamente significativas, donde el T4 presentó el mayor grosor promedio (7,708 mm), seguido por T3 (7,153 mm), mientras que T1 (5,503 mm) y T2 (5,379 mm) registraron los menores valores, siendo estadísticamente inferiores, por lo que el T0 mostró un valor intermedio. A los 120 días de evaluación, el análisis estadístico continuó revelando diferencias significativas, ratificando el incremento homogéneo del diámetro del tallo. El tratamiento T4 conservó el primer lugar, con un incremento medio de 9,436 mm, logrando una diferencia estadísticamente superior frente a los demás tratamientos. Le siguieron T3 con 7.981 mm, T2 con 7.094 mm y T1 con 6.953 mm, los cuales se agrupan, sin embargo, dentro de una categoría intermedia. En el último lugar, el testigo T0 presentó el diámetro medio más bajo, 6,423 mm.

En la evaluación a los 180 días, también se encontraron diferencias significativas. El tratamiento T4 conservó el grosor más elevado (10.307 mm), al que se unieron T3 con 9.242 mm y T2 con 8.818 mm, todos superiores a los promedios de T1

(8.481 mm) y T0 (7.964 mm), aunque las diferencias fueron menos pronunciadas que en las fechas anteriores. En el día 240, los resultados mostraron nuevamente diferencias significativas, el cual el T4 logró el mayor grosor promedio (11,382 mm), seguido de T3 (10,324 mm) y T2 (10,169 mm), que no mostraron diferencias estadísticas entre ellos. Por otro lado, T0 (9,072 mm) y T1 (9,563 mm) mantuvieron los valores más bajos.

Tabla 8. Resultados del análisis estadístico de la longitud de grosor de tallo de la planta

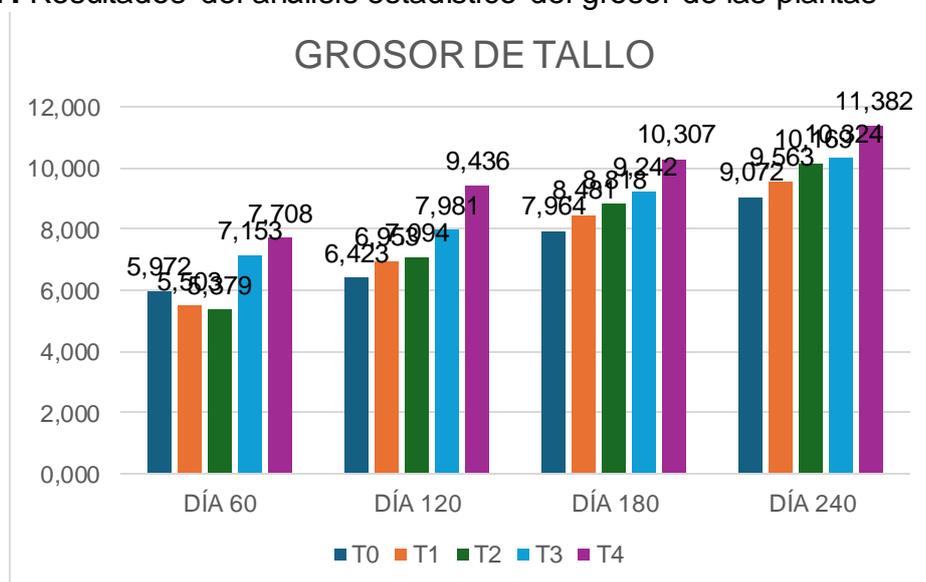
GROSOR DE TALLO					
Día	Tratamiento	Media y letra	Valor F	CV	P-Valor
DÍA 60	T0	5,972 BC	7,71	35,07	0,0001
	T1	5,503 C	7,71	35,07	0,0001
	T2	5,379 C	7,71	35,07	0,0001
	T3	7,153 AB	7,71	35,07	0,0001
	T4	7,708 A	7,71	35,07	0,0001
DÍA 120	T0	6,423 B	7,72	33,74	0,0001
	T1	6,953 B	7,72	33,74	0,0001
	T2	7,094 B	7,72	33,74	0,0001
	T3	7,981 AB	7,72	33,74	0,0001
	T4	9,436 A	7,72	33,74	0,0001
DÍA 180	T0	7,964 B	4,16	29,36	0,003
	T1	8,481 B	4,16	29,36	0,003
	T2	8,818 AB	4,16	29,36	0,003
	T3	9,242 AB	4,16	29,36	0,003
	T4	10,307 A	4,16	29,36	0,003
DÍA 240	T0	9,072 B	3,93	26,14	0,0044
	T1	9,563 B	3,93	26,14	0,0044
	T2	10,169 AB	3,93	26,14	0,0044
	T3	10,324 AB	3,93	26,14	0,0044
	T4	11,382 A	3,93	26,14	0,0044

La Figura 7 muestra los resultados del análisis estadístico del grosor del tallo de la planta de café a los 60 días, el mayor grosor lo presentó T4 (7,71 mm), seguido de T3 (7,15 mm), lo que indica que fueron estadísticamente superiores al resto. El control (T0) y los tratamientos edáficos (T1 y T2) mostraron valores más bajos (5,37–5,97 mm) y pertenecieron al grupo estadísticamente inferior, por su parte a los 120 días, T4 que fue la fertilización orgánica foliar con Biol 20% volvió a destacar

con 9,44 mm, estadísticamente superior, el control y los tratamientos T1 y T2 se ubicaron en el grupo B, con valores entre 6,42 y 7,09 mm.

A los 180 días, T4 (10,31 mm) mantuvo la mayor media y fue estadísticamente diferente al control y a T1 (grupo B). T2 y T3 mostraron valores intermedios (8,82–9,24 mm) y compartieron grupo con T4 en parte de la comparación (AB) lo cual confirma diferencias significativas en esta fase, a los 240 días, T4 (11,38 mm) conservó la supremacía, seguido de T3 (10,32 mm) y T2 (10,17 mm), que conformaron un grupo estadísticamente intermedio.

Figura 7. Resultados del análisis estadístico del grosor de las plantas



Nota: Letras diferentes muestran diferencia significativa ($p < 0,05$), entre las medias.

3. 4 Resultados de Brotes nuevos

Para el índice de brotes nuevos, en el día 60 aunque se observaron diferencias numéricas en los promedios entre tratamientos, el análisis estadístico no detectó diferencias significativas, donde todos los tratamientos compartieron la misma letra estadística, indicando igualdad estadística. El tratamiento T4 presentó el mayor índice de brotes (4,389), mientras que el menor valor correspondió a T2 (3,333). A los 120 días, se observaron diferencias estadísticas significativas; el tratamiento T1 arrojó el mayor índice de brotes, con una media de 4,833, valor que resultó

estadísticamente superior al de T3, que presentó 3,333, constituyendo este último el menor índice registrado. En el muestreo efectuado a los 180 días, las comparaciones estadísticas indicaron la ausencia de diferencias significativas; Sin embargo, los índices fueron superiores a aquellos determinados en los muestreos anteriores. En este último período, el índice de brotes se situó entre 4,111 (T0) y alcanzó su máximo con 5,056 en T4. Por último, a los 240 días, tampoco se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, todos los tratamientos mantuvieron un índice de brotes similar, con valores que variaron ligeramente entre 3,944 (T1) y 4,667 (T3).

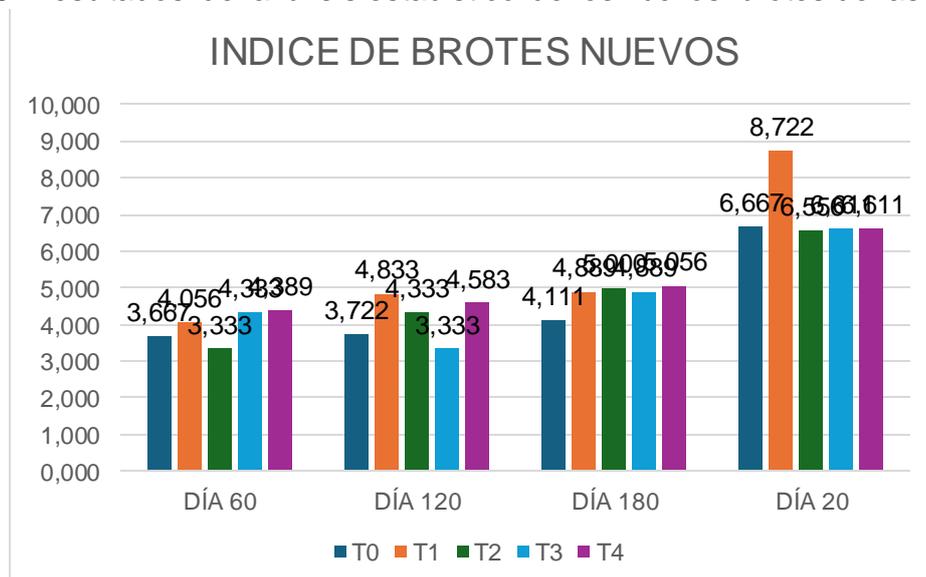
Tabla 9. Resultados del análisis estadístico del índice de brotes nuevos de la planta

INDICE DE BROTES NUEVOS					
Día	Tratamiento	Media y letra	Valor F	CV	P-Valor
DÍA 60	T0	3,667 A	2,11	47,06	0,082
	T1	4,056 A	2,11	47,06	0,082
	T2	3,333 A	2,11	47,06	0,082
	T3	4,333 A	2,11	47,06	0,082
	T4	4,389 A	2,11	47,06	0,082
DÍA 120	T0	3,722 AB	3,38	48,64	0,0109
	T1	4,833 A	3,38	48,64	0,0109
	T2	4,333 AB	3,38	48,64	0,0109
	T3	3,333 B	3,38	48,64	0,0109
	T4	4,583 AB	3,38	48,64	0,0109
DÍA 180	T0	4,111 A	1,93	34,82	0,1081
	T1	4,889 A	1,93	34,82	0,1081
	T2	5 A	1,93	34,82	0,1081
	T3	4,889 A	1,93	34,82	0,1081
	T4	5,056 A	1,93	34,82	0,1081
DÍA 240	T0	4,5 A	0,93	39,43	0,4453
	T1	3,944 A	0,93	39,43	0,4453
	T2	4,556 A	0,93	39,43	0,4453
	T3	4,667 A	0,93	39,43	0,4453
	T4	4,5 A	0,93	39,43	0,4453

La Figura 8 muestra los resultados del análisis estadístico del índice de brotes nuevos de la planta de café a los 60 días, los valores oscilaron entre 3,33 (T2) y 4,39 (T4), con todos los tratamientos ubicándose en el mismo grupo estadístico, lo que sugiere un comportamiento similar en la etapa inicial. A los 120 días, se registraron diferencias estadísticas ($P = 0,0109 < 0,05$), donde el valor más alto correspondió a T1 (4,83) donde la fertilización edáfica química, estadísticamente superior al tratamiento T3 (3,33) el T0, T2 y T4 se ubicaron en un grupo intermedio, con valores entre 3,72 y 4,58.

A los 180 días, el índice aumentó en todos los tratamientos, con rangos de 4,11 (T0) a 5,06 (T4). Sin embargo, el P-valor de 0,1081 ($> 0,05$) señala que las diferencias no fueron significativas, manteniéndose un crecimiento relativamente uniforme. En consecuencia, a los 240 días, las medias se estabilizaron entre 3,94 (T1) y 4,67 (T3), con todos los tratamientos compartiendo la misma letra estadística (A) y un P-valor de 0,4453, lo que indica ausencia de diferencias significativas en la fase final.

Figura 8. Resultados del análisis estadístico de los nuevos brotes de las plantas



Nota: Letras diferentes muestran diferencia significativa ($p < 0,05$), entre las medias.

3. 5 Análisis fisicoquímico de suelo con abono

Los resultados obtenidos en el incremento de los niveles de materia orgánica por el uso de biol, en particular su estructura, obtenidos por el uso de biol, son

prometedores, aunque hay áreas de mejora en su materia orgánica, de solo 3,6%, lo que disminuye la retención de nutrientes y la actividad biológica. El róbulo que el biol brinda proveer a los suelos el necesario, que es de 5-15%, se sugiere aumentar el biol en la materia orgánica. También se destaca que el contenido de nitratos es bajo, donde el biol, por su riqueza en nitrógeno, puede subsanar el déficit de nutrientes que en este caso el biol es capaz de proveer.

El uso de biol proporciona una alimentación balanceada para los cultivos y en el caso de café, el 5,5 mg/kg de nitrato en el café es una contribución positiva en el monitoreo de nutrientes, dado que el biol en forma líquida permite incrementar a las hojas de café en riegos, lo que correlaciona a la sobra de nutrientes que también es positiva. Mientras que en el resto de los nutrientes, también se logra una conductividad eléctrica que mejora la producción de café. Como es el caso del pH el cual se determina en 6.3 en KCl que es ácido, en este caso el biol se determina en 55.4 mg/kg y 290 mg/kg, lo que definen que la tierra es suficiente, brindándole proveer sin certeza de uso de fertilizantes químicos.

Esta práctica se ha demostrado eficaz en la mejora de la fertilidad del suelo y la sostenibilidad del cultivo, brindando un ambiente más saludable para las plantas y disminuyendo la dependencia de fertilizantes sintéticos. Esto se traduce en una producción más ecológica y responsable a largo plazo.

DISCUSIÓN

Con respecto al crecimiento de la planta, los resultados de este estudio confirman los de Mancuso et al. (2014) quienes también notaron un aumento en los rendimientos y crecimiento de las plantas de café con la aplicación de fertilizantes orgánicos. En este caso, el tratamiento T4, que utilizó biol, presentó una altura de planta y grosor de tallo significativamente mayores en comparación con los tratamientos sin fertilizar, lo que indica impactos positivos de este tipo de fertilización en el crecimiento morfológico del café. Por otro lado, Mancuso et al. (2014) parecieron enfocarse más en las fuentes y dosis de potasio. En este caso, hubo un impacto notable del biol, que ilustra el papel de los fertilizantes orgánicos en el desarrollo holístico de las plantas.

Respecto a la longitud de las ramas, los tratamientos con biol (T4) también obtuvieron los mejores resultados, semejantes a los hallazgos de Blanco et al. (2003) en su estudio sobre la morfología del café, donde la aplicación de fertilizantes orgánicos tuvo un efecto positivo en el crecimiento vegetativo de las plantas. Blanco et al. (2003) sostienen que los tratamientos que mejoran la estructura del suelo y proporcionan un suministro de nutrientes más equilibrado fomentan un crecimiento robusto de las plantas, y este estudio también mostró, con la aplicación de biol, que el crecimiento vegetativo de las plantas se reflejaba en la mayor longitud de las ramas.

Sin embargo, la variabilidad estadística en la altura y grosor del tallo en las plantas puede explicarse, como sugieren Bautista-Zamora et al. (2017), por diferencias en las condiciones del suelo y las prácticas de manejo agronómico aplicadas. En este caso, el valor P de los tratamientos fue variable, y aunque algunos tratamientos tenían diferencias visualmente obvias, los análisis estadísticos no siempre

respaldaron esas diferencias. Esto está de acuerdo con lo mencionado por Repetto (2015), quien indica que el crecimiento y desarrollo de las plantas de café pueden estar sujetos a varias influencias, como el fertilizante utilizado, las condiciones climáticas, el suelo y las prácticas agrícolas, y esto es particularmente cierto en condiciones de campo abierto.

En relación con la frecuencia de nuevos brotes, la administración de biol tuvo un incremento notable, siendo similar a los resultados de Jaramillo (2018), quien demostró que la incorporación de fertilizantes orgánicos mejora el desarrollo de las plantas, y sus parámetros productivos. Asimismo, estos resultados pueden estar relacionados a las condiciones ambientales, tal como postulan Centeno y Jiménez-Martínez (2023), quienes enfatizan el efecto de las fluctuaciones climáticas sobre la emergencia de brotes en cultivo de café.

Para resumir los hallazgos de este estudio, reflejan similitudes con los análisis realizados por Mancuso et al. (2014) y Blanco et al. (2003) sobre la aplicación de fertilizantes orgánicos en el cultivo de café en el sentido de que indicaron una mejora en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Sin embargo, la variabilidad de algunos de los resultados estadísticos y el efecto del ambiente, como señalaron Repetto (2015) y Centeno y Jiménez-Martínez (2023), son algunos de los factores relevantes a considerar para una comprensión amplia de los efectos del biol en la producción de café.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Los hallazgos demostraron que la aplicación de biol y fertilizante edáfico, mejoró el desarrollo general de las plantas, aumentando la altura, el grosor del tallo, la longitud de las ramas y la tasa de nuevo crecimiento. El tratamiento más efectivo fue T4, que fue la aplicación foliar de biol, ya que superó a la mayoría de las medidas variables, seguido de T1 que fue fertilización edáfica.
- Los resultados estadísticos del estudio sobre la fertilización del café revelaron una alta variabilidad en las variables productivas, evidenciada por los elevados coeficientes de variación (CV). Este fenómeno fue particularmente notorio en la longitud de ramas, que registró un CV superior al 70%, indicando que factores más allá de los tratamientos de fertilización influyeron significativamente en el desarrollo de las plantas. La variabilidad fue especialmente pronunciada durante las primeras etapas de crecimiento, como se observa en los días 60 y 120 para la longitud de ramas y el día 120 para el índice de brotes nuevos, lo que sugiere que las plántulas son más vulnerables a las condiciones del entorno.
- Esta falta de uniformidad puede atribuirse a múltiples factores externos, como las lluvias intensas que ocurrieron al inicio del proceso y pudieron afectar la lixiviación de nutrientes, la presencia de plagas y enfermedades, y la competencia con malezas que no fue controlada por completo. Adicionalmente, el distanciamiento de siembra pudo generar diferencias en la competencia por recursos como la luz y los nutrientes, mientras que la propia respuesta genética diferenciada de las plantas a cada tipo de fertilizante también contribuyó a los resultados heterogéneos. La suma de estos elementos refleja la complejidad de un sistema de cultivo en campo abierto, donde las variables ambientales y de manejo son difíciles de controlar por completo.



- Se concluye que se acepta la hipótesis alternativa “Al menos uno de los tratamientos de fertilización de café aplicados a la variedad de café Sarchimor 1669, tendrá un efecto significativo en las variables medidas, indicando diferencias estadísticas significativas entre los tipos de fertilizantes” y se rechaza la hipótesis nula, debido que dos tratamientos demostraron mejoras en comparación al testigo y otros tratamientos químicos.

4.2 RECOMENDACIONES

- Es conveniente analizar el efecto de diferentes dosis de biol y otros fertilizantes orgánicos en otros cultivos, así como en su comparación con los tratamientos convencionales, en los aspectos de crecimiento, desarrollo y productividad. Esto permitirá determinar la dosis óptima y la combinación más efectiva de fertilizantes orgánicos para diferentes tipos de suelos.
- Dada la alta variabilidad observada, se recomienda que, en futuros estudios o prácticas agrícolas, se implementen medidas de manejo más estrictas para mitigar la influencia de factores externos. Esto incluye un control más riguroso de malezas, plagas y enfermedades, así como el uso de sistemas de riego que permitan una asimilación de nutrientes más uniforme y menos dependiente de las condiciones climáticas. Además, sería beneficioso realizar análisis de suelo y foliares a lo largo del ciclo de cultivo para monitorear la disponibilidad de nutrientes. Para estudios de investigación, se sugiere el uso de diseños experimentales que permitan la estratificación de las parcelas en función de la topografía o las características del suelo para reducir el impacto de la variabilidad del terreno. Estas acciones ayudarán a aislar de mejor manera el efecto de los tratamientos de fertilización y a obtener resultados más fiables y aplicables en la producción de café.
- También es relevante en Manabí, en sus diferentes zonas con la misma variedad climática, el estudio de la adaptación de biol y otros productos orgánicos a diferentes tipos de suelos y condiciones ambientales. Esta información ayudará a ampliar el intervalo de aplicabilidad de estos fertilizantes en otros contextos agrícolas.



- Se sugiere, de esta forma, que se amplíe el cultivo del café con la utilización de otros abonos y enmiendas orgánicas, con el propósito de mejorar la producción y la calidad del café en diferentes regiones agrícolas, lo que ayudará al desarrollo de estos en resiliencia y sostenibilidad ante el cambio climático.

BIBLIOGRAFIA

- Bautista-Zamora, D., Chavarro-Rodríguez, C., Cáceres-Zambrano, J., & Buitrago-Mora, S. (2017). Efecto de la fertilización edáfica en el crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* cv. ICA Cerinza. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(1), Article 1.
<https://doi.org/10.17584/rcch.2017v11i1.5496>
- Blanco, M., Hagggar, J., Moraga, P., Madriz, J. del C., & Pavón, G. (2003). Morfología del café (*coffea arabica* L.), en lotes comerciales. Nicaragua. *Agronomía Mesoamericana*, 14(1), 97-103.
- Centeno, J. C. M., & Jiménez-Martínez, E. (2023). Caracterización de sistemas productivos de café (*Coffea arabica* L.) en la Reserva Natural Tepec-Xomolth, Madriz, Nicaragua. *Siembra*, 10(1).
<https://www.redalyc.org/journal/6538/653873378014/>
- Jaramillo Peña, J. J. (2018). 10. Variedades e Híbridos Del Café. *Idoc.Tips*.
<https://idoc.tips/10-variedades-e-hibridos-del-cafe-pdf-free.html>
- Mancuso, M. A. C., Soratto, R. P., Crusciol, C. A. C., & Castro, G. S. A. (2014). Effect of potassium sources and rates on arabica coffee yield, nutrition, and macronutrient export. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 38, 1448-1456.
<https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000500010>
- Mantuano, W. P., Ganchozo, B. I., Landín, A. C., Tumbaco, M. V., & Ortega, J. G. (2022). PRINCIPALES ENFERMEDADES CAUSANTES DE LA PÉRDIDA DE RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS DE CAFÉ ARÁBIGO (*Coffea arabica* L.) EN LA ZONA SUR DE MANABÍ, ECUADOR: PRINCIPALES ENFERMEDADES DE CAFÉ ARÁBIGO (*Coffea arabica* L.). UNESUM -

Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria, 6(2), Article 2.

<https://doi.org/10.47230/unsum-ciencias.v6.n2.2022.632>

Medina-Meléndez, J. A., Ruiz-Nájera, R. E., Gómez-Castañeda, J. C., Sánchez-Yáñez, J. M., Gómez-Alfaro, G., Pinto-Molina, O., Medina-Meléndez, J. A., Ruiz-Nájera, R. E., Gómez-Castañeda, J. C., Sánchez-Yáñez, J. M., Gómez-Alfaro, G., & Pinto-Molina, O. (2016). Estudio del sistema de producción de café (*Coffea arabica* L.) en la región Frailesca, Chiapas. *CienciaUAT*, 10(2), 33-43.

Monteros Guerrero,. (2017, octubre). Rendimientos de Café Grano Seco en el Ecuador 2017 (compilado). <https://online.fliphtml5.com/ijia/mzvg/>

Repetto, J. M. (2015, octubre 12). La disponibilidad de nutrientes y su relación con el estado sanitario de los cultivos | Argentina Investiga. <https://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?id=2328>

Rivera Silva, M. del R., Nikolskii Gavrilo, I., Castillo Álvarez, M., Ordaz Chaparro, V. M., Díaz Padilla, G., Guajardo Panes, R. A., Rivera Silva, M. del R., Nikolskii Gavrilo, I., Castillo Álvarez, M., Ordaz Chaparro, V. M., Díaz Padilla, G., & Guajardo Panes, R. A. (2013). Vulnerabilidad de la producción del café (*Coffea arabica* L.) al cambio climático global. *Terra Latinoamericana*, 31(4), 305-313.

Rivillas O., C. A., & Castro T., A. M. (2011). Ojo de gallo o gotera del cafeto *Omphalia flavida*. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/596>

Solis Llano, D. R. (2013). Evaluación del programa de Comercio Justo al desarrollo de la socio economía solidaria de organizaciones campesinas agrupadas en comercialización asociativa: Caso Fundación Maquita Cushunchic (MCCH). <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/www.dspace.uce.edu.ec>



Uleam
UNIVERSIDAD LAICA
ELOY ALFARO DE MANABÍ

Ingeniería Agropecuaria
Facultad Ciencias Agropecuarias



ANEXOS



Anexo 1. Plantas de café Sarchimor 1669



Anexo 2. Preparación de fertilizante químico para las plantas de café



Anexo 3. Fertilización de las plantas de café



Anexo 4. Fertilización orgánica del suelo



Anexo 5. Toma de datos de longitud de ramas de las plantas de café



Anexo 6. Toma de altura de las plantas de café



Anexo 7. Toma de nuevos brotes de las plantas de café



Ingeniería Agropecuaria
Facultad Ciencias Agropecuarias