



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

TESIS DE GRADO

Evaluación de alternativas ecológicas y fertilización
sintética en el cultivo de café, Finca El Santuario,
Matagalpa. II Semestre 2025.

Ruiz, E; Sánchez, B

Asesor/Tutor

Msc. Anielka Chavarría López

ÁREA DE CONOCIMIENTO

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DE MATAGALPA

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!

Área de Conocimiento
Centro Universitario Regional de Matagalpa

Departamento Ciencias Tecnología y Salud

Informe de Investigación

Tesis para optar al grado de
Ingeniero Agrónomo

Autor/es

Br. Eliezer Ruiz

Br. Elvin Sánchez

Asesor/es

Msc. Anielka Chavarría

Noviembre, 2025





¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!





DEDICATORIA

A Dios, por nunca soltarme de la mano y ser compañía en buenos y malos momentos, por brindarme vida para llegar a este punto en mi vida.

A mis padres por ayudarme con todo lo que necesitaba, por sus increíbles esfuerzos diarios desde que era un niño.

A mis hermanas por estar siempre y sus palabras de apoyo.

A Stefany Torres, por tu personalidad, apoyo incondicional a lo largo de estos años y por la confianza que siempre me ha transmitido.

En memoria de mi abuelo, Indalecio Ruiz, que fue mi inspiración y sé que celebrara este logro como si aun estuviera a mi lado.

A todas esas amistades que forme a lo largo de estos años, quienes fueron compañeros de la universidad y secundaria, los llevo en mi mente siempre y los increíbles momentos a su lado.

Eliezer Ruiz

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios que me permite llegar hasta esta etapa tan especial, la cual es mi mayor logro en todo este proceso de esta carrera tan soñada.

A mi mamá por su esfuerzo, dedicación y sus buenos deseos durante este periodo de mi preparación.

A mis hermanos por apoyarme durante estos cinco años de mi carrera.

A mi tío por su esfuerzo dedicación y apoyo durante mi preparación académica.

A mis amigos, quienes, con su apoyo, ánimo y amistad sincera hicieron más placentero y especial este camino.

Elvin Sánchez

AGRADECIMIENTO

A Dios primeramente por darnos salud, fuerza y perseverancia, quien nos ha guiado a lo largo de esta carrera y nuestras vidas.

Nuestro más sincero agradecimiento a la profesora Anielka Chavarría, nuestra tutora y maestra desde primer año de la carrera, por todo su apoyo y colaboración prestada para llevar a cabo la realización de este trabajo ¡Gracias!

A nuestros maestros a lo largo de estos cinco años por transmitir todos sus conocimientos, por su paciencia y por entendernos en cada momento.

A nuestra universidad por darnos la oportunidad de ser profesionales.

Al profesor Francisco Chavarría, por todo el conocimiento que nos llevamos de su persona, por ser tan apasionado y profesional.

A nuestros compañeros, con los que siempre tuvimos una excelente relación, más allá de compañeros son amigos para la vida. Y por todos aquellos que no lograron el objetivo de culminar la carrera pero que empezaron este proceso con nosotros.

Eliezer y Elvin

CARTA AVAL DEL TUTOR

En mi calidad de Tutora, por este medio me permito emitir valoración técnica metodológica del trabajo de tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo, realizado por los Egresados **Eliezer Ramón Ruiz Vega y Elvin Antonio Sánchez**, bajo el título “Evaluación de alternativas ecológicas y fertilización sintética en el cultivo de café, Finca El Santuario, Matagalpa. II Semestre 2025”

Considero que el trabajo desarrollado por **Ruiz Vega y Sánchez** cumple con lo estipulado por la UNAN Managua en el Reglamento de Régimen Académico. Existe coherencia entre su título, planteamiento del problema, sus objetivos, hipótesis, resultados, conclusiones y recomendaciones.

Me siento contenta por su dedicación y esfuerzos para el logro de su investigación. Mis mejores deseos es que continúen cosechando muchos más éxitos a nivel personal y que de esa manera aporten al desarrollo socioeconómico y ambiental de nuestro país. Qué Dios Jehová les bendiga y guíe siempre.



Anielka Karina Chavarría López

Tutora

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

La presente investigación se realizó en la finca El Santuario, ubicada en La Dalia, Matagalpa, con el objetivo de evaluar el efecto de los bioinsumos agrícolas como alternativa ecológica frente a la fertilización sintética en el cultivo de café (*Coffea arabica* L). variedad Caturra Estrella. El estudio se desarrolló durante el segundo semestre del año 2025, empleando un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con tres tratamientos: T1 (bioinsumo elaborado con microorganismos de montaña y leguminosas), T2 (fertilizante químico 18-46-0) y T3 (testigo sin aplicación).

Las variables evaluadas fueron altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas, número y peso de frutos, vigor de planta y sanidad. Los datos se analizaron mediante el software Infostat, aplicando un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la comparación de medias. Los resultados indicaron que no existieron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos, lo que demuestra un comportamiento agronómico similar entre los sistemas de fertilización orgánica y sintética.

Sin embargo, se observaron mejoras visuales en las plantas tratadas con bioinsumos, como una mayor cantidad de hojas y mejor recuperación foliar, lo cual sugiere que los efectos de los tratamientos orgánicos pueden manifestarse con mayor claridad a largo plazo. En conclusión, los bioinsumos representan una alternativa viable y sostenible para el manejo nutricional del café, ya que favorecen la salud del suelo y la sostenibilidad productiva sin afectar la rentabilidad del cultivo.

Palabras clave: café, bioinsumos, fertilización sintética, sostenibilidad agrícola, microorganismos de montaña, ANOVA.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Introduccion	1
2. Antecedentes	3
3. Planteamiento del problema.....	5
4. Justificación	6
5. Objetivos de la investigación:	7
5.1. Objetivo General:	7
5.2. Objetivos específicos:	7
6. Preguntas de investigación / Hipótesis de investigación	8
6.1. Hipótesis:.....	8
6.2. Preguntas de investigación	9
7. Limitaciones.....	10
8. Contexto de la investigación:.....	12
8.1. datos edafoclimáticos de la finca el santuario	13
9. Marco Teórico:.....	14
Café en Nicaragua	14
9.1. Cambio Climatico	14
9.2. Sistema Agroforestal (S.A.F.).....	14
9.3. requerimientos edáficos del café	15
9.4. nutrición foliar.....	15
9.5. Nutrición biológica y orgánica.....	15
9.6. Variedad seleccionada.....	16
9.7. parametro de sostenibilidad agricola.....	16
9.8. Microorganismos de montaña	17
9.9. EL CAFÉ.....	17

9.10. Leguminosas.....	17
9.11. Morfología y fisiología de los cafetos.....	18
9.12. Producto químico utilizado por el productor.....	21
10. Diseño Metodológico.....	22
10.1. tipo de diseño dbca.....	22
Tratamientos:.....	22
T1.....	22
T2.....	22
T3.....	22
10.2 Tipo de investigación	23
Estudios Explicativos:	23
Estudios Experimentales:.....	23
Alcance del estudio:.....	23
10.3. Población y muestra	24
Población:	24
Muestra	24
10.4 Variables y categorías (operacionalización de variables)	25
10.5. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	26
Recolección de datos de la variable: Altura de la planta.	27
Recolección de datos de la variable: Diámetro del tallo	27
Recolección de datos de la variable: Vigor de la planta.....	27
Recolección de datos de la variable: Numero de frutos.	28
Recolección de datos de la variable: Peso promedio de granos.	28
Recolección de datos de la variable: Granos por planta.	28
10.6. Confiabilidad y validez de los instrumentos	29

Confiabilidad:	29
Validez.....	29
10.7 Técnicas, instrumentos y procedimiento para el procesamiento y análisis de la información.	30
10.8 Criterios de calidad	31
11. Análisis y discusión de resultados	32
11.1. Variable: Altura de la planta:	32
11.2. Variable: Numero de hojas.....	35
11.3. Variable: Frutos.....	38
11.4. Variable: Peso de Frutos	41
11.5 Variable: Diámetro del tallo.....	44
11.6. Variable: Vigor de la planta.	47
12. Conclusiones	50
13. Recomendaciones.....	51
14. Referencias bibliográficas.....	51
15. Anexos (figuras, tablas, esquemas, instrumentos)	55

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: CLIMATOLOGIA DE LA FINCA.....	13
TABLA 2: DISEÑO EXPERIMENTAL	22
TABLA 3: VARIABLES Y CATEGORIAS	25
TABLA 4: TABLA GENERAL DE MUESTREO	26
TABLA 5: GRAFICO DE LA VARIABLE ALTURA DE LA PLANTA.....	32
TABLA 6: ANALISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIABLE ALTURA DE LA PLANTA ...	32
TABLA 7: TEST TUKEY VARIABLE ALTURA	33
TABLA 8: TEST TUKEY VARIABLE ALTURA.....	33
TABLA 9: GRAFICO DE LA VARIABLE NUMERO DE HOJAS.....	35
TABLA 10: ANALISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIABLE NUMERO DE HOJAS	35
TABLA 11: TEST TUKEY VARIABLE NUMERO DE HOJAS.....	36
TABLA 12: TEST TUKEY VARIABLE NUMERO DE HOJAS.....	36
TABLA 13: GRAFICO DE LA VARIABLE FRUTOS	38
TABLA 14: ANALISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIABLE NUMERO DE FRUTOS	38
TABLA 15: TEST TUKEY VARIABLE NUMERO DE FRUTOS.....	39
TABLA 16: TEST TUKEY VARIABLE NUMERO DE FRUTOS.....	39
TABLA 17: GRAFICO DE LA VARIABLE PESO DE FRUTOS.....	41
TABLA 18: ANALISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIABLE PESO DE FRUTOS	41
TABLA 19: TEST TUKEY VARIABLE PESO DE FRUTOS.....	42
TABLA 20: TEST TUKEY VARIABLE PESO DE FRUTOS.....	42
TABLA 21: GRAFICO DE LA VARIABLE DIAMETRO DEL TALLO	44
TABLA 22: ANALISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIABLE DIAMETRO DEL TALLO .	44
TABLA 23: TEST TUKEY VARIABLE DIAMETRO DEL TALLO	45
TABLA 24: TEST TUKEY VARIABLE DIAMETRO DEL TALLO	45
TABLA 25: GRAFICO DE LA VARIABLE VIGOR DE LA PLANTA.....	47
TABLA 26: ANALISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIABLE VIGOR DE LA PLANTA....	47
TABLA 27: TEST TUKEY VARIABLE VIGOR DE LA PLANTA	48
TABLA 28: TEST TUKEY VARIABLE VIGOR DE LA PLANTA	48

Índice de ilustraciones:

<i>Ilustración 1</i>	55
<i>Ilustración 2</i>	55
<i>Ilustración 3</i>	55
<i>Ilustración 4</i>	55
<i>Ilustración 5</i>	56
<i>Ilustración 6</i>	56
<i>Ilustración 7</i>	56
<i>Ilustración 8</i>	56
<i>Ilustración 9</i>	56
<i>Ilustración 10</i>	56
<i>Ilustración 11</i>	56
<i>Ilustración 12</i>	56
<i>Ilustración 13</i>	56
<i>Ilustración 14</i>	56

1.INTRODUCCION

La investigación destaca la importancia de validar productos de origen orgánico que, al ser aplicados directamente en las plantas de café, mejoran su nutrición y la calidad de los granos. Este sector es especialmente vulnerable desde el punto de vista económico, ya que el uso de insumos inorgánicos (como fertilizantes) incrementa significativamente los costos de producción. A través de estas herramientas, es posible verificar la eficacia de los productos orgánicos y, con base en los resultados, ofrecer recomendaciones al productor sobre las mejores prácticas para nutrir su plantación de café.

De acuerdo con el Centro Nacional de Investigaciones de café Cenicafe (2008), uno de los retos de la agricultura moderna radica en satisfacer la demanda de un mercado creciente, al mismo tiempo que se aumenta la necesidad de introducir alternativas tecnológicas de producción que conduzcan a una mayor sostenibilidad económica y ambiental.

Se realizó esta investigación en la unidad productiva El Santuario, ubicada en la comunidad las Escaleras #1, La Dalia, Matagalpa, Nicaragua. Con el propósito de motivar al productor a un cambio hacia la agricultura orgánica, conservativa y regenerativa, desarrollando tecnologías que sustituyan o disminuyan las cantidades de fertilizantes, mientras tanto, contribuyen a la conservación de los nutrientes y de los microorganismos esenciales para la microbiología del suelo.

Los tratamientos para utilizar son los siguientes: uno orgánico (biol a base de microorganismos, con leguminosas, activados con melaza), comparado directamente con productos de origen sintético (18-46-0), con el manejo técnico de la finca.

El diseño es experimental. Este enfoque permite evaluar el efecto de diferentes tratamientos aplicados a dos o más poblaciones homogéneas, controlando la variabilidad experimental mediante la conformación de bloques. De esta manera, es posible determinar con mayor precisión cuál de los tratamientos genera un mejor desempeño en las variables analizadas. En este estudio, la nutrición se considera la variable principal de interés, dado su impacto directo sobre los resultados evaluados.

Para la construcción del análisis se emplearon diversas herramientas metodológicas y técnicas de diagnóstico agropecuario que permitieron caracterizar de manera detallada el estado actual de la finca. Estas herramientas facilitaron la recolección de información cuantitativa y cualitativa sobre variables clave como el estado nutricional del cultivo, los niveles de productividad y el manejo agronómico aplicado.

2. ANTECEDENTES

Según Arauz (2019), en coordinación del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria realizó unas series de capacitaciones con el fin de facilitar a los productores información real sobre el uso de microorganismos eficientes aplicados al cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris L*) y café (*Coffea*). Se recolectó un saco de hojarasca con presencia de una textura blanca (lo que se conoce como microorganismos), se extendió en un plástico negro y se inició extrayendo restos de piedras u otro tipo de materiales no necesarios, luego se agregó semolina y posteriormente melaza uniformemente cubriendo toda la hojarasca, se realizó prueba de puño tomando un poco de la mezcla previendo que no existiera exceso de melaza y se colocó en un balde de manera que estuviera bien compactado el producto.

La Universidad Técnica Nacional de Costa Rica obtuvo resultados iniciales, que la sustitución de los insumos químicos es posible, ya que los Biofermentos son efectivos y a un precio relativamente menor. Los lacto-fermentos o abonos foliares orgánicos son sustancias líquidas que se fermentan con pasto fermentado (microorganismos benéficos), alguna fuente láctica (leche o suero) y sales minerales (sulfato de zinc, magnesio, potasio, carbonato de calcio) o harinas de roca (como sustituto de sales minerales) por al menos treinta días. Favorecen la reproducción de microorganismos benéficos (especialmente lactobacillus, bacillus y levaduras), que ayudan en el control biológico de algunas plagas y enfermedades de los cultivos. Los microorganismos también liberan y ponen a disposición nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de los cultivos. (Amador, 2023)

Según Lopez (2022) realizó una serie de investigaciones utilizando diseños experimentales (DCA), comparando una serie de tratamientos en los cuales los resultados obtenidos son; los contenidos foliares de macronutrientes N, P, K fueron óptimos en todos los tratamientos. El P disponible fue bajo en el suelo, pero en las hojas alcanzó valores óptimos; esto puede deberse a que en el suelo se alojan una gran variedad de microorganismos que favorecen a la solubilización del fósforo, entre ellos las micorrizas. Los contenidos foliares de micronutrientes Fe, Cu, Mn, Zn y B tuvieron niveles óptimos y altos, esto podría deberse a la aplicación foliar de caldo visoso y I por la alta disponibilidad de esos elementos en el suelo.

En Manabí, Ecuador, se llevó a cabo una validación que obtuvo resultados significativos, el cual compara 3 fertilizantes químicos para determinar cual tuvo una mejor expresión estadística en las variables de interés. Indican que el fertilizante que más aporta al desarrollo agronómico de las plántulas de café fue el YaraMila complex (es un fertilizante complejo en forma perlada que aporta un contenido equilibrado de nitrógeno (nitrógeno y amoniacal), fósforo, potasio, azufre, magnesio y microelementos (boro, hierro, manganeso y zinc). (Villamar, 2022)

De acuerdo con Villamar (2022) expresa que la rápida solubilidad permite emplearlo tanto en sementera como en cobertera, con altura de planta a los tres meses de trasplante con 9.6 cm; en lo morfológico presentó 6 hojas por planta, 8,3 cm de largo de hoja, 3,8 cm de ancho y longitud de raíz de 16,3 cm. Estos resultados son corroborados por (Zschimmer & Schwarz España, (2021), quienes indican que el fertilizante radicular o al suelo es un tipo de fertilizante que se aplica en la base de la planta y puede hacerse de forma directa o diluida en agua, de este modo, el nutriente para las plantas se asimila muy rápido ya que está más cerca de sus raíces.

Según Andrea (2014) realizaron capturas de microorganismos de potreros y de las mismas plantaciones de café y fueron los que presentaron mayor eficiencia en las plantas aplicados dos veces por semana, ya que presentaron mayor altura, diámetro y vigor y menor incidencia de plagas, a pesar de no darle las condiciones de abonamiento y fertilización al cultivo con respecto al testigo. La aplicación de microorganismos mejoró la calidad del suelo evaluado, ya que provocó cambios en su fertilidad (vista como contenido de materia orgánica) e incremento el pH y el contenido de nitrógeno. El empleo de microorganismos es una opción para mejorar la calidad del suelo y evitar el deterioro de los ecosistemas agrícolas.

El uso de abonos orgánicos y el empleo de los microorganismos eficientes contribuyen al desarrollo de la planta, tanto en altura de planta (m), diámetro del tallo (mm) y número de ramas. La composición química del macro y micro elementos del suelo obtienen cambios positivos después de la aplicación de los microorganismos eficientes y abonos orgánicos ya que mejora el porcentaje de materia orgánica y la de sus elementos (Gissela & Adonis, 2023).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Cuando la nutrición mineral es deficiente se reduce la producción y aparecen frecuentemente síntomas visibles de la carencia de los elementos; en contraste, a medida que se proporcionan los elementos requeridos en las cantidades suficientes y balanceadas, se obtienen producciones más altas y se reduce la probabilidad de presentarse síntomas visibles de sus carencias. Una nutrición excesiva o desbalanceada afecta negativamente la producción con sintomatologías visibles en casos severos (CENICAFÉ, 2017).

La nutrición en el cultivo de café es muy importante ya que es uno de los rubros más destacado en el departamento de Matagalpa siendo esta una fuente de ingreso para los productores. No obstante, la caficultura presenta una serie de limitantes la cual afecta la productividad como es la falta o disponibilidad de elementos en este cultivo (Nitrógeno, potasio, fosforo y elementos menores).

Si bien los productos químicos han demostrado eficacia en la nutrición y desarrollo del café, sus raplicaciones constantes pueden disminuir la fertilidad en el suelo. Por la baja cantidad de hojas presente en las plantaciones de café, proponemos estos productos como alternativa biológica, que ayudara al desarrollo foliar y la mejora de la microbiología del suelo debido a la cantidad de microorganismo presentes en este producto.

Los productos sintéticos y biológicos garantizan crecimiento foliar y vegetativo dependiendo del producto y el elemento que prevalece, con estas comparaciones determina que el producto biológico puede beneficiar de la misma forma que el sintético, por lo cual se plantea que, ¿Si alguno de los tratamientos tendrá un efecto positivo y estadístico sobre las variables medidas?

4. JUSTIFICACIÓN

Las aplicaciones de productos orgánicos pueden generar un cambio significativo en como vemos normalmente la agricultura, la forma de nutrir los cafetales, ya que este producto es amigable con el suelo y en general con el medio ambiente. Es relevante como futuros ingenieros realizar este conjunto de investigaciones ya que nos ayudan a verificar la efectividad de estos, la relevancia de los microorganismos en la agricultura, particularmente en el cultivo de café, y del mismo modo aportamos alternativas tecnologías que promueven un excelente incremento de la microbiología del suelo, mejorando sus características físicas y bioquímicas, al mismo tiempo son considerablemente más accesibles que los fertilizantes que son adquiridos en quintales con un costo no amigable al bolsillo del consumidor.

De la misma forma en Nicaragua, hay pocas validaciones de este tipo de productos, que dictan la dependencia a productos sintéticos, que pueden generar un deterioro en la salud de los suelos y que, con productos Biológicos, fabricados correctamente y aplicados de manera eficaz, cuando la planta lo necesite se logra cumplir con la demanda de nutrición.

En consideración se determina que la nutrición es de las partes más importantes en la producción de café, sino la mas, sabiendo que una planta nutrida es una planta resistente a plagas, enfermedades y cambios climáticos, con las aplicaciones de estos productos asistimos a la problemática presente en esta finca la cual es la baja cantidad de hojas de sus plantaciones de café, lo cual genera una baja tasa fotosintética.

5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:

5.1. OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar, la eficacia de alternativas agroecológicas (bioinsumos a base de microorganismos de montaña y leguminosas) en comparación con fertilizantes sintéticos, sobre el desarrollo y productividad de las plantaciones de café en la finca “*El Santuario*”, durante el periodo 2025.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Analizar los cambios morfológicos y fisiológicos (número de hojas) en las plantas de café sometidas a tratamientos con bioinsumos y fertilizantes sintéticos en la finca “*El Santuario*” durante el año 2025.
- Comparar el efecto de bioinsumos elaborados con microorganismos de montaña y leguminosas frente a fertilizantes sintéticos en indicadores de crecimiento (Altura de la planta y grosor del tallo) y producción de café (Peso y numero de granos), en el periodo 2025.
- Evaluar el impacto del uso de bioinsumos en parámetros de sostenibilidad agrícola (vigor de plantas, sanidad y productividad) en las plantaciones de café de la finca “*El Santuario*”.

6. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN / HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

6.1. HIPÓTESIS:

- **H0 (nula):** No existen diferencias significativas en las características morfológicas y fisiológicas de las plantas de café entre los tratamientos con bioinsumos y los fertilizantes sintéticos durante el año 2025.
- **HN (alternativa):** Existen diferencias significativas en las características morfológicas y fisiológicas de las plantas de café entre los tratamientos con bioinsumos y los fertilizantes sintéticos durante el año 2025.
- **HN (nula):** No existen diferencias significativas en los indicadores de crecimiento y producción de café entre las plantas tratadas con bioinsumos y las tratadas con fertilizantes sintéticos en el periodo 2025.
- **HA (alternativa):** Existen diferencias significativas en los indicadores de crecimiento y producción de café entre las plantas tratadas con bioinsumos y las tratadas con fertilizantes sintéticos en el periodo 2025.
- **HN (nula):** El uso de bioinsumos no genera diferencias significativas en los parámetros de sostenibilidad agrícola (vigor de plantas, sanidad y productividad) respecto al uso de fertilizantes sintéticos en las plantaciones de café de la finca “*El Santuario*”.
- **HA (alternativa):** El uso de bioinsumos genera diferencias significativas en los parámetros de sostenibilidad agrícola (vigor de plantas, sanidad y productividad) respecto al uso de fertilizantes sintéticos en las plantaciones de café de la finca “*El Santuario*”

6.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Qué cambios morfológicos y fisiológicos se presentan en las plantas de café tratadas con bioinsumos en comparación con aquellas manejadas con fertilizantes sintéticos durante el año 2025 en la finca El Santuario?
- ¿En qué medida los bioinsumos elaborados con microorganismos de montaña y leguminosas influyen en los indicadores de crecimiento (altura, número de hojas, diámetro del tallo) del café respecto al uso de fertilizantes sintéticos en el periodo 2025?
- ¿Existen diferencias significativas en la producción de frutos y el rendimiento por planta entre los tratamientos con bioinsumos y los fertilizantes sintéticos?

7. LIMITACIONES

El principal contratiempo identificado durante el desarrollo del experimento fue la limitación de tiempo, lo cual impidió observar resultados más concluyentes respecto a los tratamientos aplicados en los diferentes bloques experimentales. Es importante considerar que el estudio se llevó a cabo en un período relativamente corto, correspondiente a dos semestres académicos, lo que restringió la posibilidad de evaluar los efectos a mediano y largo plazo de las aplicaciones realizadas. Esta limitación temporal representa un factor crítico, especialmente en cultivos como el café, donde las respuestas fisiológicas y productivas a los tratamientos pueden requerir ciclos más prolongados para manifestarse de manera significativa.

Al momento de realizar la toma de datos se complicaba por el alto porcentaje de pendiente, para realizar mediciones, contar tanto granos como hojas y de la misma manera para realizar las debidas aplicaciones con el pulverizador de mochila.

Algunas zonas de las plantaciones de café no eran homogéneas, se resolvió esta limitante seleccionando área donde había más homogeneidad (Pendiente, distancia entre plantas, pantas parecidas visualmente) para realizar el experimento.

Al mismo tiempo la afectación por malezas, que en cada visita que se realizaba se tenía que desmalezar manualmente o con machete, debido a que el productor en esos momentos no aplicaba herbicidas.

El porcentaje de sombra en la finca era excesivamente alto, alcanzando aproximadamente un 70 %, lo cual afectaba negativamente el desarrollo óptimo del cultivo. Por esta razón, se implementaron prácticas de manejo de sombra antes de implementar el diseño DBCA, reduciendo la cobertura al 40 %, porcentaje recomendado para las condiciones específicas de altitud (800 msnm) y la variedad de café cultivada (Caturra Estrella). Esta intervención se fundamentó en las recomendaciones técnicas impartidas durante las capacitaciones y clases de quien enfatizó la importancia de un manejo adecuado de la sombra para optimizar la fotosíntesis, la aireación del cultivo y, en consecuencia, la productividad y sanidad de las plantas.

8. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN:

La investigación se llevó a cabo en la finca “El Santuario”, propiedad del productor Jairo Emilio Rojas, ubicada en la comunidad Las Escaleras #1, municipio de Matagalpa. Esta unidad productiva cuenta con una extensión de 3 manzanas de terreno, de las cuales 2.5 manzanas están establecidas con plantas de café y 0.5 manzanas se destinan a árboles forestales, cítricos, fuentes hídricas, bambú, infraestructura y otros usos. Por ello, el rubro de mayor importancia económica en la finca es el café, cultivo sobre el cual se centra la presente investigación. El cafetal corresponde a la variedad Caturra Estrella, con una edad promedio de cuatro años. Sin embargo, presenta como principal problemática una baja densidad foliar, atribuida principalmente a deficiencias nutricionales.

Ante esta situación, se plantea como alternativa la aplicación de insumos químicos y orgánicos, con el objetivo de mitigar la problemática mencionada y mejorar la productividad del cultivo. Esta práctica, implementada por estudiantes de agronomía, busca contribuir tanto a la sostenibilidad de la producción como a la economía del productor, quien invierte tiempo y recursos en el manejo de su finca.

La investigación se desarrolló durante el año 2025. No obstante, existen antecedentes relevantes de medición y planificación de la finca, realizados por estudiantes de agronomía en el periodo 2023-2024. Dichos aportes, junto con la orientación de los docentes, constituyen una base importante para la continuidad y fortalecimiento del presente estudio

8.1. DATOS EDAFOCLIMÁTICOS DE LA FINCA EL SANTUARIO

TABLA 1: CLIMATOLOGIA DE LA FINCA

Climatología	
Coordenadas	16P 624200 1435766
Altura (msnm)	846
Precipitación (mm anuales)	1500
Temperatura	26 -28
Meses de Invierno	Mayo – Septiembre
Tipo de suelo	Franco

Fuente. INETER (2024)

9. MARCO TEÓRICO:

CAFÉ EN NICARAGUA

El rubro del café representa para nuestra economía el 19.54 % de las exportaciones totales, equivalente a 1,65 millones de quintales de café, lo que generó 228 millones de dólares durante los diez primeros meses de la cosecha 2007-2008. En la cosecha 2017-2018 se exportó 2.99 millones de quintales, lo que dejó al país 432.78 millones de dólares, según cifras de centro de trámites de exportaciones (CETREX, 2008). El cultivo de café es de gran importancia para Nicaragua, tanto desde el punto de vista económico como social y ambiental, llegando a representar aproximadamente el 25% de las exportaciones. (Salazar & Jiménez, 2022)

9.1. CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático es, sin duda, uno de los problemas ambientales más graves de nuestro tiempo y en las últimas dos décadas la humanidad ha intensificado su interés y su conciencia sobre el efecto invernadero provocado por las emisiones de CO₂ (Moraga, 2011).

9.2. SISTEMA AGROFORESTAL (S.A.F.)

En los sistemas agroforestales con café (café bajo sombra) se utilizan árboles para proporcionar diferentes niveles de sombrero dependiendo de la especie y el arreglo espacial. Se emplean principalmente en zonas con limitaciones para un adecuado desarrollo del cultivo, por condiciones climáticas o de suelos ya sea por la presencia de períodos secos prolongados o de suelos con limitaciones físicas y de fertilidad o erosionados. En estos sistemas la densidad de siembra óptima (2000-3000 plantas por hectárea) y la productividad (500 -1000 kg café pergamino seco por hectárea) son menores que en cafetales a libre exposición. Cerca del 70% de la caficultora colombiana se encuentra bajo algún tipo de sombrero.

El café en Nicaragua cuenta con condiciones agroecológicas óptimas para obtener un producto competitivo, ya que se encuentran en tierras fértiles con alturas adecuadas, cultivos en sombra, abundante mano de obra para las labores agrícolas y suficientes precipitaciones para el crecimiento del cultivo. La baja productividad del café en Nicaragua radica,

básicamente, en el uso de tecnología que no es avanzada, además de la falta de asistencia técnica en cuanto a los análisis de los suelos, dificultades de financiación, falta de semillas mejoradas (Giménez, 2022)

9.3. REQUERIMIENTOS EDÁFICOS DEL CAFÉ

En relación con los requerimientos de suelo, el café es un cultivo que se comporta bien en suelos moderadamente ácidos. No obstante, es frecuente ver que se cultive en suelos de pH muy ácido a extremadamente ácido, producto de las características climáticas (alta precipitación y muy concentrada), de la extracción de nutrientes sin reposición, y del alto uso de fertilizantes nitrogenados amoniacales. Es importante tener un suelo con buen drenaje, estructura física y con un rango de pH entre 5.5 y 6.5. Cuando el valor del pH sea menor a 5.5, se hace necesario evaluar los contenidos de manganeso (Mn) y de aluminio (Al), pues en estos niveles se encuentran en concentraciones altas y provocan desórdenes fisiológicos. Se recomienda aplicación de enmiendas como cal agrícola, o idealmente cal dolomítica. (SQM, 2018)

9.4. NUTRICIÓN FOLIAR

Las fertilizaciones foliares en café pueden tener mucha importancia cuando haya limitaciones para que las raíces absorban los elementos aplicados al suelo. Recomiendan hacer esta fertilización con fórmulas que tengan igual proporción N-P-K, que incluyan elementos secundarios y menores; en caso de deficiencia de N en el cafeto también se debe aplicar urea. Las aplicaciones de fertilizantes foliares a cafetales adultos deben hacerse inmediatamente después de la cosecha y durante el período inicial de crecimiento del ciclo vegetativo (Posada & Osorio, 2003)

9.5. NUTRICIÓN BIOLÓGICA Y ORGÁNICA

El café orgánico viene a ser la respuesta ante los problemas cada vez mayores de contaminación de fuentes de agua para el uso de abonos nitrogenados, a la disminución de la biodiversidad del cafetal y a las necesidades económicas de los pequeños y medianos productores quienes habían sido mayormente afectados por la crisis mundial de precios del café. (Monge, 1999)

Según Monge (1999) realizó supervisiones en fincas donde se aplicaron 700 sacos de 46 kilos de Gallinaza proveniente de camas de galpones de gallinas ponedoras de 6 a 36 semanas. Esta práctica se realiza comúnmente cada 2 años. Se debe aplicar en época seca para no provocar una plaga de mosca común en la plantación. La aplicación de Gallinaza en Costa Rica está muy regulada por el Ministerio de Salud. Es conveniente tener a mano controladores biológicos de la mosca por una eventual emergencia.

Se utiliza el bocashi producido por la Planta Elaboradora de Abonos Orgánicos de Coopeldos R.L. Dicho abono se elabora a base de más de 10 materias primas, entre las cuales están la Gallinaza, Estiércol de Vaca, Broza de Café, Cascarilla de Arroz, Roca Fosfórica, Semolina, Melaza, Cascarilla de Café (pergamino), Tierra Vegetal, Agua y otros. Se aplican alrededor de 30 sacos de 46 kilos por hectárea. Su uso tiene como objetivo mejorar la estructura del suelo, proveer minerales y materia orgánica, promover la mayor disponibilidad de los demás nutrientes y aumentar la actividad microbiana. Se aplica a principios de la época lluviosa para que el porcentaje de humedad del suelo sea favorable para la acción del abono. (Monge, 1999).

9.6. VARIEDAD SELECCIONADA

La contribución en la producción de café de la variedad Caturra estrella en mejores condiciones a través del establecimiento de cafetales con árboles de sombrío permiten ejercer un control sobre la economía del agua, lo que mitiga los efectos que los periodos de déficit hídricos, imponen sobre la producción; los árboles contribuyen a mantener la fertilidad del suelo y ayudan a reducir la erosión, reciclan nutrimentos y aportan gran cantidad de materia orgánica. (Portillo, 2019)

9.7. PARAMETRO DE SOSTENIBILIDAD AGRICOLA

El uso de la tecnología de microorganismos para la agricultura fue iniciado en los años ochenta por el ingeniero agrícola japonés Dr. Teruo Higa. Tal tecnología fue ganando popularidad a través de los productos comerciales elaborados en laboratorios y los microorganismos pasaron a ser conocidos mundialmente como microorganismos eficientes. Por otro lado, se desarrolló una tecnología casera fácil de implementar y de bajo costo para reproducir los microorganismos que viven naturalmente en los bosques, que son llamados

comúnmente microorganismos de montaña. Muchos de estos cumplen roles benéficos en los procesos biológicos de los suelos y agroecosistemas, y pueden ser encontrados en la capa superficial y orgánica de todo suelo de un ecosistema natural donde no haya habido mucha intervención humana (Lizcano, 2024)

9.8. MICROORGANISMOS DE MONTAÑA

Los microorganismos de montaña son aquellos hongos y bacterias que habitan en el manto del bosque o la montaña. Lugares húmedos y sombríos donde conviven con árboles y plantas aportando grandes beneficios ecológicos. Extraen nutrientes de capas profundas del suelo y subsuelo poniéndolos a disposición de plantas y árboles. A su vez las plantas ceden carbohidratos a microorganismos, en una simbiosis mágica y constante que se retroalimenta de forma eterna con el único estímulo de la energía solar. Siendo importante, el capturar y reproducir estos microorganismos, ofrece al agricultor un gran beneficio pues aporta en sus suelos de cultivo una biodiversidad de microorganismos muy superior, que alimenta a los cultivos y, sobre todo, fertiliza el suelo (Laruta, 2021)

9.9. EL CAFÉ

Un cultivo perenne como el café exige las mejores prácticas y la aplicación de las más avanzadas tecnologías desde el inicio de su ciclo de vida, comenzando en el germinador y el almácigo. Es particularmente recomendable que estos procesos iniciales se realicen en la propia finca. Al llevar a cabo estas etapas en el mismo lugar donde se cultivará el café, se asegura un mayor control sobre las buenas prácticas agrícolas. Esto incluye un manejo adecuado del suelo, el riego, la protección contra plagas y enfermedades, y la selección de las semillas más vigorosas. (Lizcano, 2024)

9.10. LEGUMINOSAS

Las leguminosas son una familia de plantas, con raíces provistas de nódulos que en simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, pueden autoabastecerse de nitrógeno, estas asimilan el nitrógeno atmosférico mediante un proceso que se denomina Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN), en lugar de extraerlo del suelo. Dentro de las leguminosas de importancia agro/económica en nuestro país, se destaca la soja; también pertenecen a esta familia la alfalfa, el trébol, melilotis, mam, poroto, arveja, lotus, algunos árboles, etc. Inoculantes para

leguminosas La FBN se convirtió por razones económicas y ecológicas en un fenómeno de estudio en sí mismo. En un marco conceptual de agricultura sustentable a largo plazo, la idea de leguminosa tipo, es aquella que obtiene la máxima cantidad de nitrógeno de la atmosfera en lugar de extraerlo del suelo, preservando el nitrógeno edáfico. (Corvalan, 2007)

9.11. MORFOLOGÍA Y FISIOLOGÍA DE LOS CAFETOS

Según Monroing (2018), aunque los cafetos de la especie *Coffea arabica* generalmente se clasifican como arbustos, en otras especies pueden denominarse árboles. Tanto los arbustos como los árboles de café son plantas perennes, leñosas y con un tallo resistente cubierto de corcho.

A. Tallo

El arbusto de café está compuesto generalmente por un solo tallo o eje central.

Este presenta dos tipos de crecimiento:

1. Crecimiento vertical u ortotrópico, originado por la plúmula ubicada en el ápice de la planta, responsable del alargamiento del tallo central, la formación de nudos y entrenudos.
2. Crecimiento horizontal o plagiotrópico, correspondiente a las ramas laterales.

Durante los primeros 9 a 11 nudos de una planta joven solo se desarrollan hojas. A partir de ese punto comienzan a formarse las ramas laterales, las cuales se originan de yemas ubicadas en las axilas superiores de las hojas. En cada axila se forman varias yemas superpuestas; las superiores generan ramas plagiotrópicas y la yema inferior, llamada accesoria, puede originar nuevos brotes ortotrópicos.

La muerte de la yema apical por enfermedades, insectos o deficiencias nutricionales puede activar estas yemas accesorias para formar brotes que sustituyen al tallo original. Los nuevos brotes inician su crecimiento de forma horizontal y posteriormente se orientan verticalmente, formando un tallo ortotrópico que producirá hojas y ramas laterales.

En la parte inferior del tronco, donde ya no existen hojas, pueden desarrollarse yemas que al podarse el tallo permitirán la emisión de chupones que funcionarán como sustitutos. En conjunto, el cafeto presenta un dimorfismo único en su crecimiento vegetativo.

B. Ramas

Las ramas laterales primarias se originan en las axilas de las hojas ubicadas sobre el tallo central y se alargan conforme el eje principal madura. La disposición opuesta y decusada de estas ramas contribuye a la formación de una copa de forma cónica.

Las ramas plagiotrópicas primarias originan ramas secundarias y terciarias. En estas se desarrollan hojas, flores y frutos. En el tallo de *Coffea arabica* normalmente solo se producen yemas vegetativas; no se generan flores ni frutos directamente sobre el tronco.

La poda del ápice de una rama lateral no induce nuevas ramas en la misma axila, por lo cual no posee capacidad de renovación. En propagación vegetativa, si se enraíza o injerta una rama ortotrópica se obtiene una planta normal; si se utiliza una rama plagiotrópica, se originará una planta baja y compacta.

C. Raíces

El sistema radical presenta un eje principal o raíz pivotante, que puede alcanzar hasta un metro de profundidad si el suelo lo permite. De esta raíz emergen dos tipos de raíces laterales:

- Raíces gruesas, responsables del anclaje.
- Raíces secundarias y raicillas absorbentes.

Aproximadamente el 94 % del sistema radical del café se encuentra en el primer pie de profundidad, lo cual caracteriza al cafeto como una especie de raíces superficiales. Las raíces laterales pueden extenderse hasta un metro a partir del tronco, generalmente en proporción al tamaño de la copa.

D. Hojas

Las hojas se ubican en las ramas laterales en un mismo plano y en posición opuesta. Poseen un pecíolo corto y una lámina de textura fina, fuerte y ondulada, cuya forma varía entre ovalada y lanceolada.

El haz es verde brillante y el envés es verde claro. Las venas se observan hundidas en la parte superior y prominentes en la parte inferior. Su tamaño varía entre 3 y 6 pulgadas.

La duración de las hojas es de 7 a 8 meses en *C. arabica* y de 7 a 10 meses en *C. canephora*.

E. Inflorescencia

Las flores del cafeto son pequeñas, blancas y fragantes. Su corola está formada por cinco pétalos unidos en forma de tubo. Las yemas florales aparecen generalmente entre los dos y tres años de edad, dependiendo de la variedad, y se desarrollan en las axilas de las hojas de las ramas laterales.

La inflorescencia es una cima de eje corto, con entre 2 y 9 flores en *C. arabica* y de 3 a 5 en especies robustoides. La floración completa se alcanza entre los cuatro y cinco años.

La polinización varía según la especie:

- *C. arabica*: 94 % autopolinización.
- *C. canephora* y *C. liberica*: polinización cruzada, favorecida por el viento e insectos.

F. Fruto

El fruto del cafeto es una drupa, normalmente con dos semillas plano-convexas. Puede presentar una o varias semillas por aborto de óvulos o por poliembrionía. El color del fruto varía de verde a rojo en madurez, aunque algunas variedades son amarillas.

Tiempo de maduración del fruto:

- *C. arabica*: 6 a 8 meses.

- C. canephora: 9 a 11 meses.
- C. liberica: 11 a 14 meses.

Partes del fruto:

- Epicarpio: cáscara o pulpa.
- Mesocarpio: mucílago.
- Endocarpio: pergamino.
- Espermoderma: película plateada.
- Endospermo: semilla.
- Embrión: ubicado en el extremo puntiagudo del grano.

9.12. PRODUCTO QUÍMICO UTILIZADO POR EL PRODUCTOR

El Fosfato Diamónico (DAP) es un fertilizante granulado que contiene fósforo-nitrógeno, de color marrón claro. El fósforo es soluble en agua en su totalidad, y todo el nitrógeno está en forma amoniacal. El DAP puede utilizarse para todo tipo de cultivos y todas las clases de suelo. Se recomienda aplicarse durante la fertilización nitrogenada, en la primavera o el otoño (distribuido sobre la superficie del suelo o localizado), lo que permite aportar al cultivo el fósforo disponible en conjunto con el nitrógeno. (Eurochem, s.f.)

Ventajas del producto

- Excelente calidad física, contiene fosfato 100% completamente soluble en agua.
- Buena capacidad de transporte y almacenamiento: no higroscópico, ausencia de polvo y no tiende a apelmazarse.
- Buena capacidad de distribución en campo gracias a una granulometría homogénea y regular.
- También adecuado para mezclas de fertilizante gracias a sus excelentes propiedades granulométricas. (Eurochem, s.f.)

10. DISEÑO METODOLÓGICO

10.1. TIPO DE DISEÑO DBCA

Un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), también conocido como diseño de doble vía, es un tipo de diseño experimental que se utiliza para controlar la variabilidad entre unidades experimentales homogéneas al agruparlas en bloques. Luego, los tratamientos se asignan aleatoriamente dentro de cada bloque. Esto permite reducir al error experimental y obtener resultados más precisos.

TABLA 2: DISEÑO EXPERIMENTAL

Bloques			
Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
T1	T3	T2	T1
T2	T1	T3	T2
T3	T2	T1	T3

Elaboración propia

TRATAMIENTOS:

T1. Utilización de Bioinsumo a base de microorganismos más leguminosas, activado con melaza.

T2. Utilización del producto sintético utilizado comúnmente por el productor. (18-46-0)

T3. El tratamiento al cual no se le aplica absolutamente nada, es decir el TESTIGO ABSOLUTO.

10.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

ESTUDIOS EXPERIMENTALES:

Los estudios experimentales son diseños de investigación en los que el investigador manipula una o más variables y las observa en un entorno controlado para establecer una relación de causa y efecto, generalmente mediante la comparación de un grupo de intervención con un grupo de control.

Alcance del Estudio:

El propósito de este trabajo es determinar cuál de los tratamientos evaluados presenta el mejor rendimiento sobre las variables de interés. Para ello, se implementará un diseño metodológico basado en datos cuantitativos, permitiendo medir con precisión las variaciones en cada tratamiento. Dado que las mediciones se realizarán en distintos momentos a lo largo del tiempo, el experimento se estructura bajo un enfoque longitudinal, lo que facilitará analizar la evolución temporal de las variables.

Asimismo, se emplearán herramientas especializadas de análisis estadístico, como InfoStat, que permitirán estimar el valor, la significancia y la efectividad de cada tratamiento, garantizando la rigurosidad en la interpretación de los resultados.

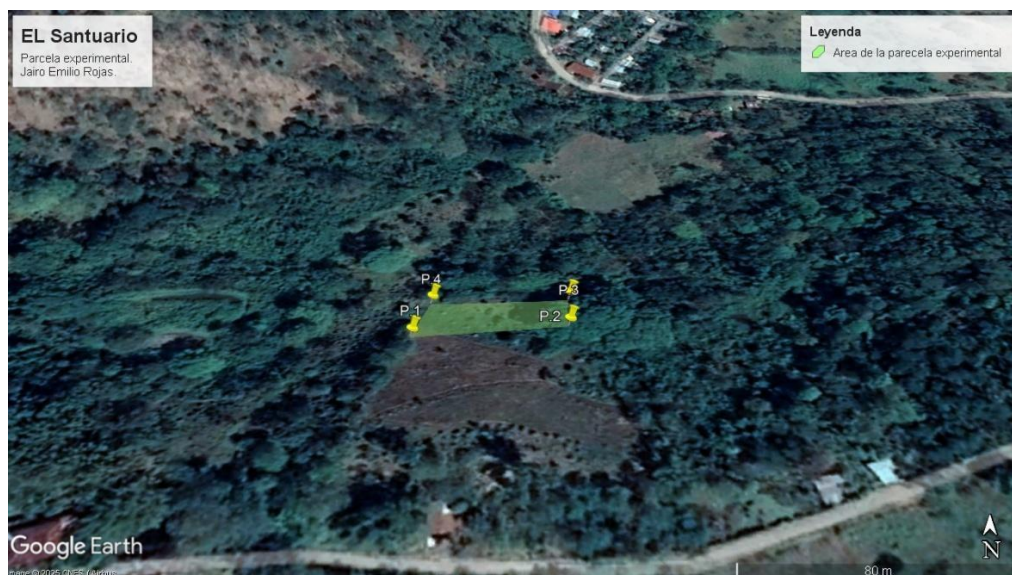
10.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La finca *El Santuario* cuenta con una extensión total de 2.5 manzanas (mz), de las cuales se seleccionó un área específica de 0.11 ha para el desarrollo del experimento. En esta parcela experimental se trabajó con un total de 60 plantas de café, cuidadosamente seleccionadas para garantizar condiciones de homogeneidad en la medición de variables y la aplicación de tratamientos.

POBLACIÓN: Finca *El Santuario* (2.5 mz).

MUESTRA: Subconjunto de plantas seleccionadas dentro del área experimental, 0.11 ha caracterizadas por su uniformidad en términos de desarrollo fenológico, condiciones edáficas y exposición a sombra, con el fin de asegurar la validez y confiabilidad en la comparación de los tratamientos aplicados.

La muestra se seleccionó por conveniencia, debido a que no todas las plantas de la finca presentaban condiciones homogéneas para el estudio. Por esta razón, se eligió el sector que reunía las mejores características agronómicas y ambientales para garantizar la adecuada implementación del experimento y la obtención de datos confiables.



Elaboración propia (2025)

10.4 VARIABLES Y CATEGORÍAS (OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES)

TABLA 3: VARIABLES Y CATEGORIAS

Variable	Tipo	Unidad de medida	Nivel de observación	Descripción
Fertilización	Independiente	Catagórica	Planta / parcela	Dos niveles: bioinsumos (microorganismos + leguminosas) y fertilizantes sintéticos
Altura de la planta	Dependiente	Cm	Planta	Medida desde la base hasta la punta del tallo principal
Diámetro del tallo	Dependiente	Cm	Planta	Medido a la altura de la base de la planta
Número de hojas	Dependiente	Unidades	Planta	Conteo total de hojas por planta
Área foliar	Dependiente	cm ²	Planta	Área total de las hojas por planta
Vigor de la planta	Dependiente	Escala visual 1-5	Planta	Evaluación del crecimiento y desarrollo general
Número de frutos	Dependiente	Unidades	Planta	Conteo de frutos por planta
Peso promedio de frutos	Dependiente	G	Planta	Promedio de peso de los frutos cosechados
Rendimiento por planta	Dependiente	Kg	Planta	Peso total de café producido por planta
Contenido de materia orgánica en suelo	Dependiente (opcional)	%	Parcela	Evaluación del efecto de bioinsumos sobre el suelo
Densidad de plantación	Control	plantas/ha	Parcela	Igual para todas las parcelas

Fuente. Elaboración propia (2025)

10.5. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se utilizó la tabla general de campo con la que se obtuvieron los datos a medir de cada variable, sustituyendo y realizando tomas por cada una de estas.

TABLA 4: TABLA GENERAL DE MUESTREO

Variable a medir				
Plantas	B1 T1	B2 T3	B3 T2	B4 T1
1				
2				
3				
4				
5				
Plantas	B1 T2	B2 T1	B3 T3	B4 T2
1				
2				
3				
4				
5				
Plantas	B1 T3	B2 T2	B3 T1	B4 T3
1				
2				
3				
4				
5				

Elaboración propia

RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA VARIABLE: ALTURA DE LA PLANTA.

La recolección de datos se realizó por bloques de la siguiente manera: Midiendo desde el comienzo del tallo hasta la copa de las plantas de café, utilizando cinta métrica. Se tomaron los datos en metros (m) en este procedimiento se tomaron datos del bloque 1, luego 2, 3 y finalmente, 4.

RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA VARIABLE: DIÁMETRO DEL TALLO

Se realizó la toma de datos por cada una de las plantas dentro del bloque estadístico. Con un centímetro se midió el grosor o diámetro del tallo a una distancia de 30 cm desde la zona radicular hacia la parte media de la planta. Brindando resultados en centímetros (cm).

RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA VARIABLE: VIGOR DE LA PLANTA

Mediante el método visual se estimó el vigor de las plantas del experimento, donde las mejores plantas eran evaluadas por el número (5), caso contrario de las menos vigorosas (1). Estas evaluaciones fueron determinadas por la cantidad de hojas, altura, bandolas productivas y grosor del tallo.

Rango 1: Plantas Totalmente defoliadas con baja cantidad de bandolas productivas y sin frutos

Rango 2: Plantas defoliadas, con algunas bandolas productivas y pocos granos.

Rango 3: Plantas con cantidades considerables de hojas, con bandolas productivas y cantidades de frutos.

Rango 4: Plantas con muchas hojas, bandolas y granos.

Rango 5: Plantas con excelentes cantidades de hojas, bandolas y granos.

RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA VARIABLE: NUMERO DE FRUTOS.

El número de frutos se calculó por promedios, de la misma forma que se realiza un estimado de cosecha. En el cual se seleccionan 3 bandolas productivas de la planta, del porte; alto, medio y bajo. Procediendo a contar sus granos por cada bandola, sumar el número de granos de la bandola de estrato bajo, medio y alto, para el resultado ser dividido entre 3, obteniendo un promedio. Por siguiente la multiplicación por el número de bandolas productivas, resultando la cantidad de granos por planta y así mismo con cada planta de los bloques.

RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA VARIABLE: PESO PROMEDIO DE GRANOS.

se pesaron diez granos de café en una balanza para obtener su peso en gramos (g). El valor resultante se dividió entre diez con el fin de calcular el peso promedio por gramos.

RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA VARIABLE: HOJAS POR PLANTA.

Se realizó un promedio de la misma forma que la cantidad de granos, pero esta vez sumando las cantidades de hojas por una bandola de los 3 estratos. Realizando el promedio y multiplicarlo por las bandolas o ramas con hojas. Resultando la cantidad de hojas por planta.

10.6. CONFIABILIDAD Y VALIDEZ DE LOS INSTRUMENTOS

Para garantizar la confiabilidad y validez de los instrumentos se implementaron diferentes estrategias durante todo el experimento.

CONFIABILIDAD:

Se utilizaron pruebas y métodos para analizar y procesar cada uno de los datos de cada variable correspondiente, mediante ANDEVA o ANOVA que es una herramienta estadística que se utiliza para comparar las medias de tres o más grupos de datos y determinar si las diferencias entre ellas son estadísticamente significativas. Este método descompone la variabilidad total de los datos en diferentes componentes para evaluar si la variación entre las medias de los grupos es mayor que la variación dentro de cada grupo.

VALIDEZ:

Se utilizaron procedimientos para evaluar la validez externa e interna del experimento, como la utilización y aplicación de cada uno de los bloques estadísticos que determinan el orden de cada uno de los tratamientos, sus diferentes dosis, el muestreo sistematizado de cada una de las variables y el procesamiento de datos.

Tales como:

- Diseño de bloques completamente al azar.
- Asignación aleatoria de tratamientos (Excel)
- Muestreo a cada una de las plantas
- Control de factores externos (Sombra, Malezas)
- Procedimientos estadísticos (ANOVA, Tukey)
- Repeticiones Suficientes

10.7 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTO PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Para el análisis estadístico se utilizaron los datos previamente recolectados, los cuales fueron organizados bajo un diseño por bloques completos al azar con el fin de controlar la variabilidad experimental asociada a factores no medibles del ambiente. Posteriormente, esta base de datos fue incorporada al software Infostat, herramienta ampliamente utilizada en investigaciones agronómicas debido a su robustez para el procesamiento de datos experimentales y la aplicación de técnicas estadísticas avanzadas. Se empleó el análisis de varianza (ANOVA) como método principal, permitiendo comparar las medias entre tratamientos y evaluar la magnitud de las fuentes de variación presentes en cada variable evaluada.

Esta metodología es fundamental en estudios agronómicos, ya que permite determinar con objetividad si las diferencias observadas entre tratamientos corresponden a efectos reales o al azar. En este caso, el ANOVA facilitó la identificación de la variabilidad explicada por los bioinsumos evaluados, así como el efecto del vigor y otros factores medidos, proporcionando una base estadística sólida para interpretar la efectividad de cada tratamiento. De esta manera, fue posible obtener conclusiones confiables sobre la respuesta del cultivo a los bioinsumos aplicados y validar su potencial uso en sistemas de producción agrícola sostenible.

10.8 CRITERIOS DE CALIDAD

En el primer criterio se utilizó un diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) apropiado para controlar la variabilidad ambiental y correcta conformación de los bloques permitiendo reducir errores experimentales y mejor la precisión y en la comparación de los tratamientos.

El segundo criterio es el muestreo el cual fue seleccionado por conveniencia priorizando plantas con características fisiológicas homogéneas, estado fenológico, exposición a sombra, vigor y condiciones edáficas. Esto garantizo uniformidad entre unidades experimentales y redujo la variación no explicada por los tratamientos.

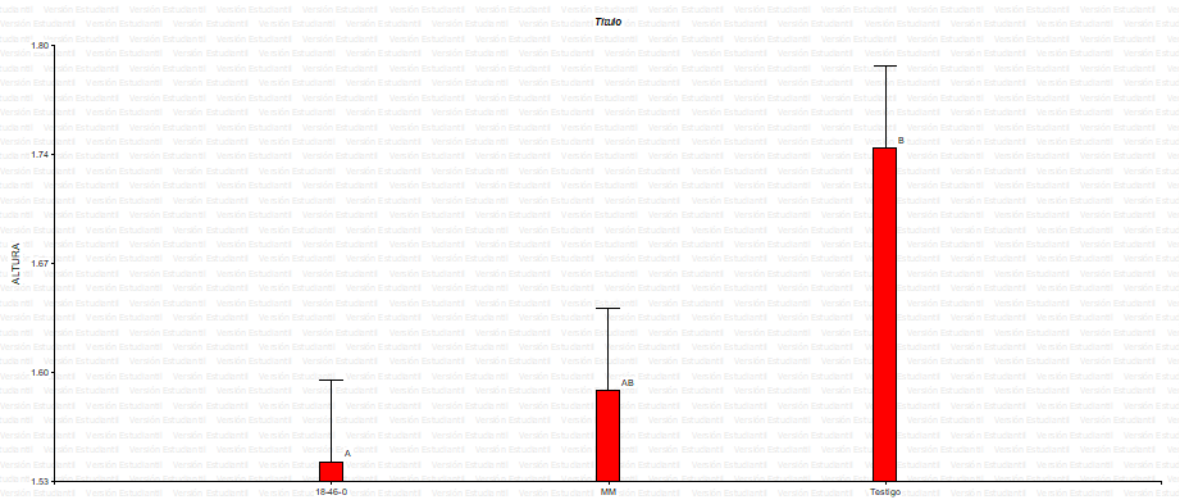
El tercer criterio fue la calidad y recolección de datos la cual se aplicaron protocolos estandarizado para cada variable evaluada (altura, diámetro del tallo, números de hojas, vigor y peso del fruto) las mediciones fueron repetidas por bloques bajo las mismas condiciones ambientales utilizando instrumentos; cinta métrica, centímetro de presión y pesa gramera.

El cuarto criterio es el proceso estadístico la cual los datos fueron analizado ANOVA, utilizando el software infostat reconocido internacional mente por su confiabilidad por estudios agronómicos, las pruebas de Tukey ($\alpha=0.05$), se empleó para determinar diferencia entre tratamiento con un criterio estadístico.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

11.1. VARIABLE: ALTURA DE LA PLANTA:

TABLA 5: GRAFICO DE LA VARIABLE ALTURA DE LA PLANTA



Elaboración propia, InfoStat (2025)

TABLA 6: ANALISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIABLE ALTURA DE LA PLANTA

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
ALTURA	60	0.2	0.13	14.38	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.74	5	0.15	2.72	0.0292
Bloques	0.3	3	0.1	1.86	0.1466
Trat	0.43	2	0.22	4	0.0241
Error	2.94	54	0.05		
Total	3.68	59			

Elaboración propia

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.22579

Error: 0.0544 gl: 54

TABLA 7: TEST TUKEY VARIABLE ALTURA

Bloques	Medias	n	E.E.	
3	1.5	15	0.06	A
2	1.64	15	0.06	A
4	1.66	15	0.06	A
1	1.69	15	0.06	A

Elaboración propia

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.17777

Error: 0.0544 gl: 54

TABLA 8: TEST TUKEY VARIABLE ALTURA

Trat	Medias	n	E.E.		
18-46-0	1.54	20	0.05	A	
MM	1.59	20	0.05	A	B
Testigo	1.74	20	0.05		B

Elaboración propia

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis

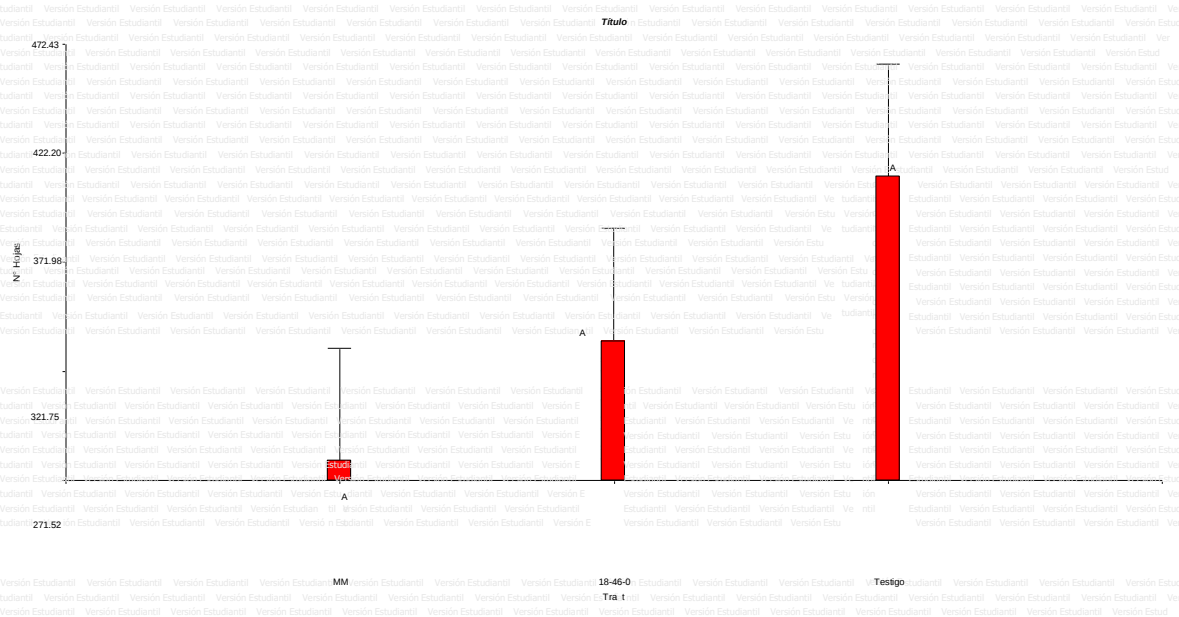
El coeficiente de variación (CV) fue de 14.38%, valor considerado bajo dentro de los estudios agronómicos, lo cual indica buena homogeneidad en los datos y confiabilidad experimental en las mediciones de altura.

Luego de determinar mediante el ANDEVA que existieron diferencias significativas entre tratamientos para la variable altura de planta, se aplicó la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) con el propósito de identificar cuáles tratamientos presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí.

En la comparación de tratamientos, se observaron diferencias significativas entre algunos de ellos. El tratamiento Testigo (1.74 cm) presentó una media significativamente mayor que el tratamiento 18-46-0 (1.54 cm), ubicándose en grupos distintos según la prueba de Tukey (letras A y B). El tratamiento MM (1.59 cm) se ubicó en un grupo intermedio, compartiendo ambas letras (“A” y “B”), lo que indica que su comportamiento fue estadísticamente similar tanto al 18-46-0 como al testigo.

11.2. VARIABLE: NUMERO DE HOJAS

TABLA 9: GRAFICO DE LA VARIABLE NUMERO DE HOJAS



Elaboración propia, InfoStat (2025)

TABLA 10: ANALISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIABLE NUMERO DE HOJAS

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
N° Hojas	60	0.23	0.16	67.76	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	887117.95	5	177423.59	3.29	0.0114
Bloques	714713.25	3	238237.75	4.42	0.0075
Trat	172404.7	2	86202.35	1.6	0.2113
Error	2909194.9	54	53873.98		
Total	3796312.9	59			

Elaboración propia

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=224.67162

TABLA 11: TEST TUKEY VARIABLE NUMERO DE HOJAS

Bloques	Medias	n	E.E.		
3	221.73	15	59.93	A	
4	251.53	15	59.93	A	
1	414.33	15	59.93	A	B
2	482.6	15	59.93		B

Elaboración propia

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=176.89016

Error: 53873.9796 gl: 54

TABLA 12: TEST TUKEY VARIABLE NUMERO DE HOJAS

Trat	Medias	n	E.E.	
MM	280.65	20	51.9	A
18-46-0	335.6	20	51.9	A
Testigo	411.4	20	51.9	A

Elaboración propia

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis

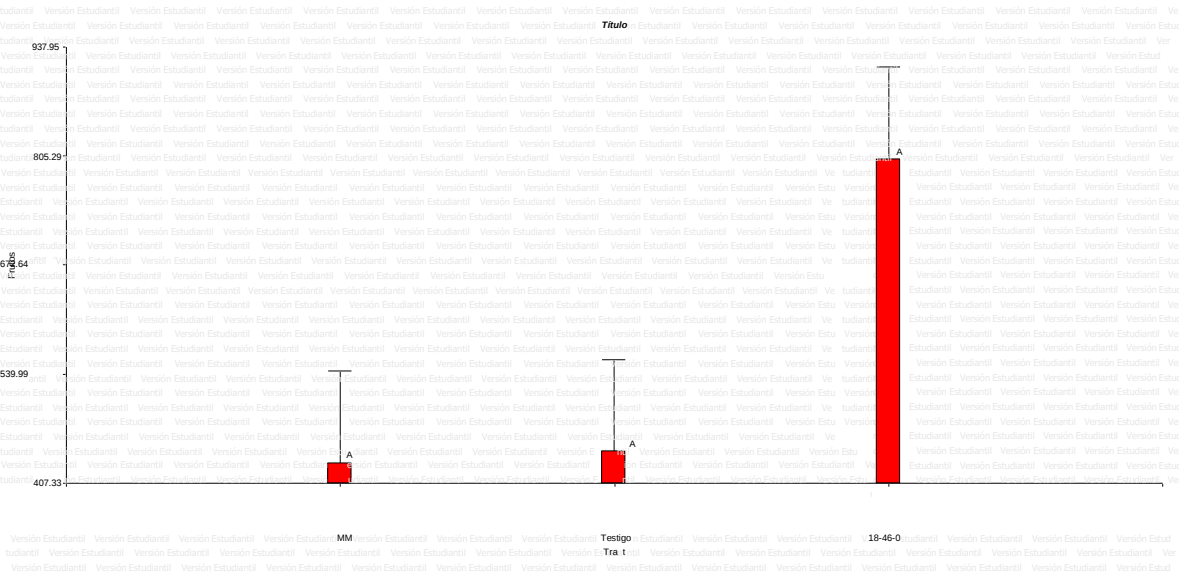
En el cuadro de ANOVA tipo III, el modelo general resultó significativo ($p = 0.0114$), lo que indica que, en conjunto, los factores analizados explican una parte importante de la variación observada en el número de hojas.

Después de identificar mediante el análisis de varianza (ANDEVA) que existían diferencias significativas entre los bloques y una tendencia en los tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey al nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$), con el objetivo de determinar si existían diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos y los bloques en la variable número de hojas.

En cuanto a los tratamientos, los resultados de la prueba de Tukey mostraron que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los promedios de número de hojas. Todos los tratamientos —MM (280.65), 18-46-0 (335.60) y Testigo (411.40)— comparten la misma letra (“A”), lo que indica que las diferencias observadas son estadísticamente no significativas.

11.3. VARIABLE: FRUTOS

TABLA 13: GRAFICO DE LA VARIABLE FRUTOS



Elaboración propia, InfoStat (2025)

TABLA 14: ANALISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIABLE NUMERO DE FRUTOS

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Frutos	60	0.38	0.33	89.48	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8423654.57	5	1684730.9	6.72	0.0001
Bloques	6662040.93	3	2220680.3	8.85	0.0001
Trat	1761613.63	2	880806.82	3.51	0.0368
Error	13542650.8	54	250789.83		
Total	21966305.3	59			

Elaboración propia

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=484.74534

Error: 250789.8290 gl: 54

TABLA 15: TEST TUKEY VARIABLE NUMERO DE FRUTOS

Bloques	Medias	n	E.E.		
4	178.87	15	129.3	A	
3	292.33	15	129.3	A	
1	789.87	15	129.3		B
2	977.6	15	129.3		B

Elaboración propia

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=381.65337

Error: 250789.8290 gl: 54

TABLA 16: TEST TUKEY VARIABLE NUMERO DE FRUTOS

Trat	Medias	n	E.E.	
MM	431.45	20	111.98	A
Testigo	445.7	20	111.98	A
18-46-0	801.85	20	111.98	A

Elaboración propia

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis

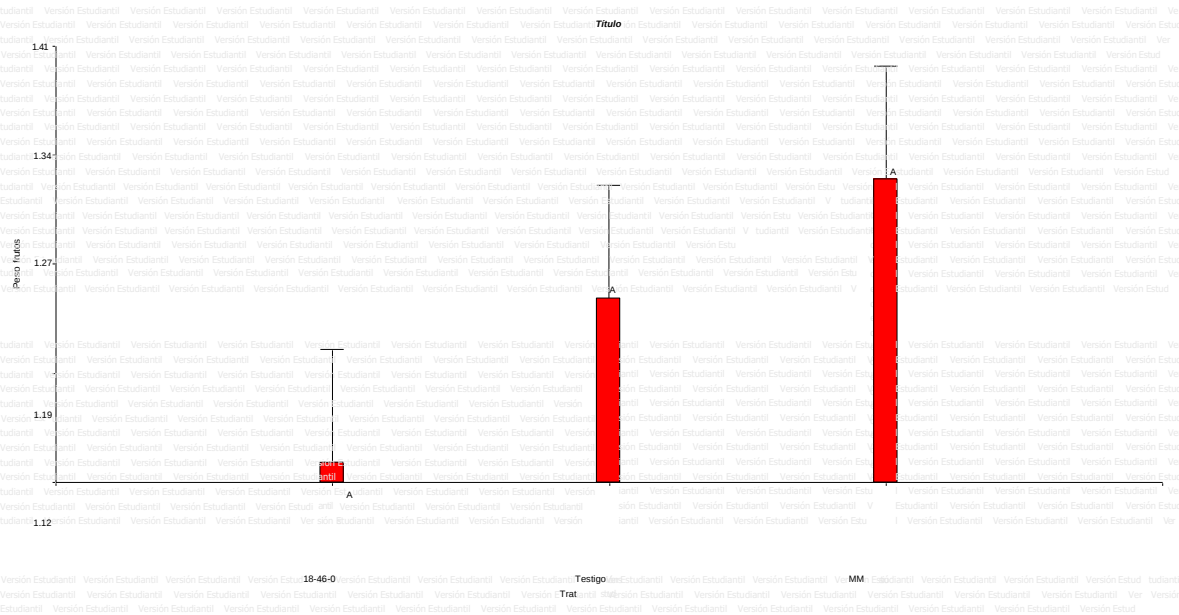
En el cuadro de ANDEVA (SC tipo III) se observa que el modelo general presentó diferencias altamente significativas ($p = 0.0001$), lo que indica que al menos una de las fuentes de variación evaluadas (bloques o tratamientos) tuvo un efecto importante sobre el número de frutos.

La fuente de variación tratamientos presentó un efecto significativo ($F = 3.51$; $p = 0.0368$), lo cual indica que los diferentes tipos de fertilización evaluados (biofertilizante MM, fertilizante químico 18-46-0 y testigo) sí influyeron en la formación y cantidad de frutos por planta. Se aplicó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad para identificar qué tratamientos difirieron estadísticamente en el número promedio de frutos por planta.

Según la prueba de Tukey, todos los tratamientos comparten la misma letra (A), lo que significa que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) en el número promedio de frutos entre ellos. A pesar de que el tratamiento químico 18-46-0 presentó una media numéricamente superior, dicha diferencia no fue estadísticamente significativa, lo cual sugiere que el biofertilizante MM y el tratamiento testigo lograron resultados comparables al fertilizante químico tradicional.

11.4. VARIABLE: PESO DE FRUTOS

TABLA 17: GRAFICO DE LA VARIABLE PESO DE FRUTOS



Elaboración propia, InfoStat (2025)

TABLA 18: ANALISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIABLE PESO DE FRUTOS

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Peso frutos	60	0.29	0.22	27.5	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.49	5	0.5	4.31	0.0023
Bloques	2.12	3	0.71	6.14	0.0011
Trat	0.36	2	0.18	1.58	0.2158
Error	6.23	54	0.12		
Total	8.72	59			

Elaboración propia

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.32876

Error: 0.1154 gl: 54

TABLA 19: TEST TUKEY VARIABLE PESO DE FRUTOS

Bloques	Medias	n	E.E.		
4	0.95	15	0.09	A	
3	1.19	15	0.09	A	B
1	1.37	15	0.09		B
2	1.43	15	0.09		B

Elaboración propia

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.25884

Error: 0.1154 gl: 54

TABLA 20: TEST TUKEY VARIABLE PESO DE FRUTOS

Trat	Medias	n	E.E.	
18-46-0	1.14	20	0.08	A
Testigo	1.25	20	0.08	A
MM	1.33	20	0.08	A

Elaboración propia

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis

El R^2 ajustado (0.22) señala un nivel moderado de ajuste, lo cual es común en ensayos de campo donde intervienen factores ambientales no controlados. El coeficiente de variación (CV) de 27.50% refleja una variabilidad intermedia, aceptable dentro de estudios agronómicos con materiales biológicos y tratamientos de fertilización.

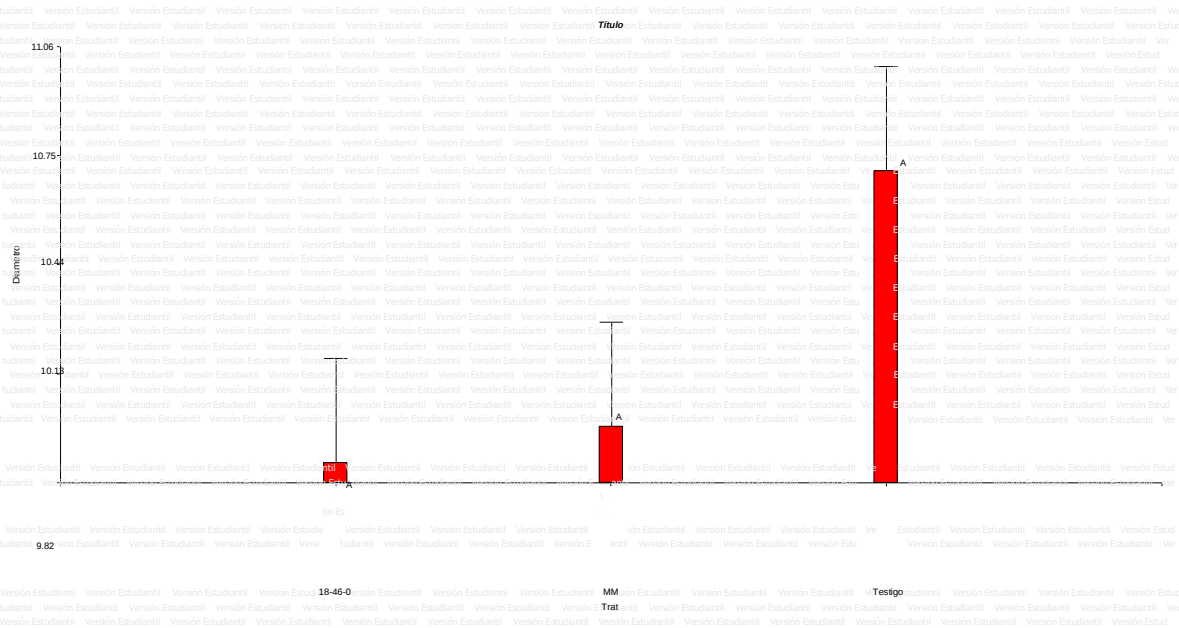
El factor “tratamiento” no presentó diferencias significativas ($p = 0.2158$), lo cual sugiere que los distintos tipos de fertilización (bioinsumos, fertilizante químico y testigo) no generaron variaciones estadísticamente comprobables en el peso individual de los frutos.

Luego de realizar el análisis de varianza, se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% para identificar posibles diferencias estadísticas entre los tratamientos y los bloques en cuanto al peso promedio de los frutos.

Todos los tratamientos compartieron la misma letra (A), lo cual indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre ellos ($p > 0.05$). Sin embargo, se aprecia una tendencia numérica favorable del biofertilizante MM, que alcanzó el mayor promedio de peso de frutos.

11.5 VARIABLE: DIÁMETRO DEL TALLO

TABLA 21: GRAFICO DE LA VARIABLE DIAMETRO DEL TALLO



Elaboración propia, InfoStat (2025)

TABLA 22: ANALISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIABLE DIAMETRO DEL TALLO

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Diámetro	60	0.42	0.36	13.1	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	69.1	5	13.82	7.76	<0.0001
Bloques	60.85	3	20.28	11.39	<0.0001
Trat	8.25	2	4.12	2.32	0.1085
Error	96.18	54	1.78		
Total	165.28	59			

Elaboración propia

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.29185

Error: 1.7812 gl: 54

TABLA 23: TEST TUKEY VARIABLE DIAMETRO DEL TALLO

Bloques	Medias	n	E.E.		
3	8.49	15	0.34	A	
4	10.49	15	0.34		B
1	10.63	15	0.34		B
2	11.14	15	0.34		B

Elaboración propia

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.01711

Error: 1.7812 gl: 54

TABLA 24: TEST TUKEY VARIABLE DIAMETRO DEL TALLO

Trat	Medias	n	E.E.	
18-46-0	9.87	20	0.3	A
MM	9.98	20	0.3	A
Testigo	10.71	20	0.3	A

Elaboración propia

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis

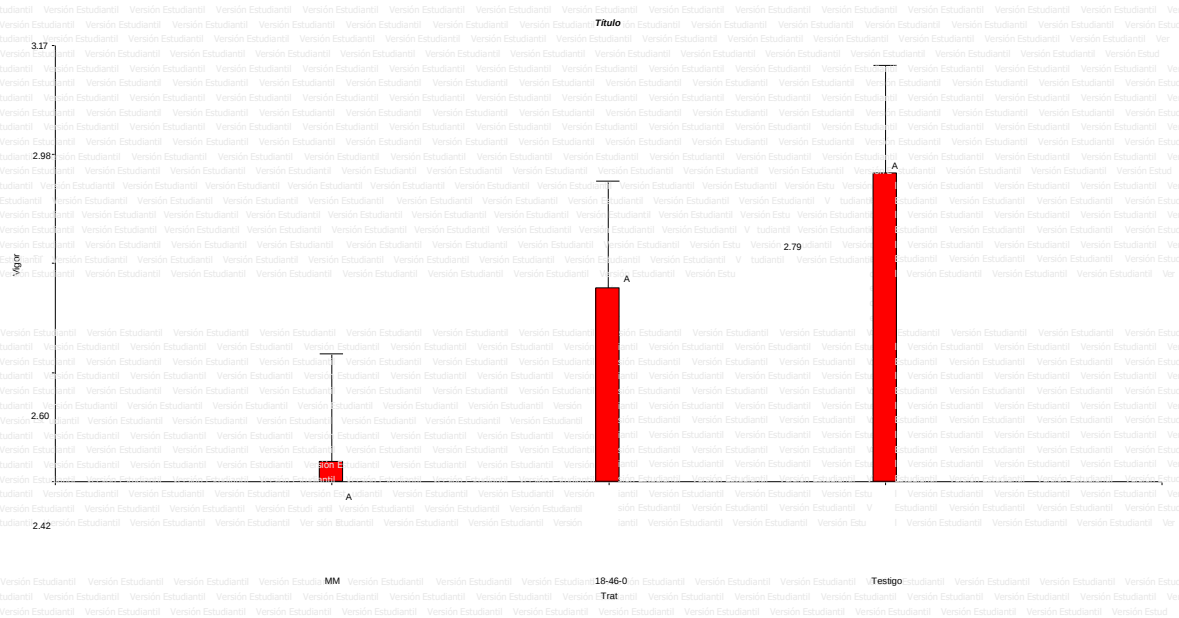
El coeficiente de determinación ($R^2 = 0.42$) indica que el 42 % de la variación total en el diámetro del tallo fue explicada por el modelo, mientras que el coeficiente de variación ($CV = 13.10\%$) sugiere una buena precisión experimental, dado que los valores menores al 20 % son aceptables en ensayos de campo.

De acuerdo con la prueba de Tukey, los tratamientos 18-46-0 (9.87 cm), MM (9.28 cm) y testigo (10.71 cm) presentaron medias estadísticamente similares ($p > 0.05$).

Esto confirma que los bioinsumos (MM) lograron un crecimiento en diámetro de tallo comparable al del fertilizante químico, lo que indica un comportamiento agronómicamente favorable pese a la ausencia de diferencias estadísticas.

11.6. VARIABLE: VIGOR DE LA PLANTA.

TABLA 25: GRAFICO DE LA VARIABLE VIGOR DE LA PLANTA



Elaboración propia, InfoStat (2025)

TABLA 26: ANALISIS DE LA VARIANZA DE LA VARIABLE VIGOR DE LA PLANTA

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Vigor	60	0.41	0.36	30.72	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	26.58	5	5.32	7.64	<0.0001
Bloques	24.05	3	8.02	11.51	<0.0001
Trat	2.53	2	1.27	1.82	0.172
Error	37.6	54	0.7		
Total	64.18	59			

Elaboración propia

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.80771

Error: 0.6963 gl: 54

TABLA 27: TEST TUKEY VARIABLE VIGOR DE LA PLANTA

Bloques	Medias	n	E.E.			
4	1.8	15	0.22	A		
3	2.47	15	0.22	A	B	
1	3.2	15	0.22		B	C
2	3.4	15	0.22			C

Elaboración propia

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.63593

Error: 0.6963 gl: 54

TABLA 28: TEST TUKEY VARIABLE VIGOR DE LA PLANTA

Trat	Medias	n	E.E.	
MM	2.45	20	0.19	A
18-46-0	2.75	20	0.19	A
Testigo	2.95	20	0.19	A

Elaboración propia

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis

Aunque los tratamientos no difirieron estadísticamente, se observó una ligera tendencia en las medias de vigor, con los tratamientos MM (bioinsumo) y 18-46-0 (fertilizante químico) presentando valores mayores en comparación con el testigo.

Estos resultados indican que la aplicación de bioinsumos mantuvo un vigor comparable al del tratamiento químico, reflejando una respuesta agronómicamente El test de Tukey corroboró que no existieron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos.

Las medias de vigor fueron

- MM (bioinsumo): 2.45
- 18-46-0 (fertilizante químico): 2.75
- Testigo: 2.95.

A pesar de la falta de significancia estadística, se observa una tendencia donde los tratamientos con bioinsumos mantienen valores de vigor similares al fertilizante químico y al testigo, lo que sugiere que el uso de microorganismos benéficos permite conservar el desarrollo vegetativo sin detrimento del crecimiento favorable sin necesidad de fertilizantes sintéticos.

12. CONCLUSIONES

- No se observaron diferencias estadísticas significativas en las características morfológicas y fisiológicas de las plantas de café entre los tratamientos con bioinsumos y aquellos con fertilizantes sintéticos durante el ciclo agrícola del año 2025, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula.
- Se evidenciaron diferencias significativas en los indicadores de crecimiento (Altura de la planta) entre las plantas tratadas con bioinsumos y las manejadas con fertilizantes sintéticos durante el periodo 2025, lo que sugiere una respuesta agronómica similar en ambos sistemas de fertilización.
- El uso de bioinsumos agrícolas no generó diferencias estadísticas significativas en los parámetros de sostenibilidad del cultivo como el vigor de las plantas, su sanidad y productividad en comparación con el uso de fertilizantes sintéticos en las plantaciones de café de la finca El Santuario.

13. RECOMENDACIONES

- Aunque no se detectaron diferencias estadísticas significativas en la morfología y fisiología de las plantas, se observaron cambios visuales evidentes, como una mayor cantidad de hojas en plantas previamente defoliadas, lo que sugiere que, con un mayor tiempo de evaluación, los tratamientos podrían manifestar efectos más notorios sobre las variables morfológicas y fisiológicas.
- Se recomienda seguir evaluando ambos sistemas, ya que, aunque se obtuvieran resultados positivos en la variable altura de la planta, estas mejoras con un mayor tiempo de evaluación se podrían ver presentes en las otras variables medidas.
- Se sugiere continuar el manejo con bioinsumos como alternativa sostenible, complementando su aplicación con buenas prácticas agronómicas (cobertura vegetal, manejo de sombra y conservación del suelo), para potenciar su efecto a mediano y largo plazo en el vigor y productividad del cultivo.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amador, M. (Diciembre de 2023). *Universidad Tecnica Nacional*. Obtenido de Revista Arje: <https://revistas.utn.ac.cr/index.php/arje/article/view/652/1067>
- Andrea, Rosa, Sandro, & Fabio. (2014). *Scielo*. Obtenido de VALUACIÓN DE MICRORGANISMOS DE MONTAÑA (MM) EN LA PRODUCCIÓN DE ACELGA EN LA MESETA DE POPAYÁN: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612014000100010&script=sci_arttext
- Arauz, N. (Febrero de 2019). *Repositorio una.edu.ni*. Obtenido de Asistencia técnica a productores sobre la transferencia de prácticas agroecológicas en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y café en seis comunidades del municipio de Mozonte, Ocotla, Nueva Segovia, 2018: <https://repositorio.una.edu.ni/3884/1/tne14a663.pdf>
- CENICAFE. (Abril de 2017). *Síntomas visuales de deficiencias nutricionales en café*. Obtenido de <https://ct.tierrasdemontana.com/wp-content/uploads/2023/03/Deficiencias-en-cultivos-de-cafe-avt0478.pdf>
- Corvalan, D. (5 de Febrero de 2007). *Inoculante para leguminosas*. Obtenido de <http://ri.agro.uba.ar/files/download/revista/facultadagronomia/2007corvaland.pdf>
- Eurochem. (s.f.). *Eurochem*. Obtenido de <https://www.eurochemiberia.com/nuestros-productos/essential-plant-nutrition-abonos-np/dap-18-46-fosfato-diamonico>
- Gimenez, E. S. (5 de septiembre de 2022). *revista del caribe nicaraguense*. Obtenido de Bluefields Indian & Caribbean University (BICU): [file:///C:/Users/50584/Downloads/Art%C3%ADculo+Edgardo+Jimenez%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/50584/Downloads/Art%C3%ADculo+Edgardo+Jimenez%20(2).pdf)
- Gissela, & Adonis. (Agosto de 2023). *Repositorio UTC*. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d024937e-a11a-4dcb-aa97-8593fab21794/content>
- Laruta, A. (2021). *Evaluación de la eficiencia de microorganismos eficientes (em•I®) y microorganismos de montaña a diferentes concentraciones en plantines de café coffea arabica l.* Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/26147/T-2904.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Lizcano, A. (2024). *Repository Unad*. Obtenido de Evaluación del desarrollo morfológico de plántulas de Café Castillo® Zona Sur fertilizadas con Microorganismos de Montaña en el Municipio de La Plata Huila.: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/62528/azlizcanor.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lopez, F. (2022). *Colegio de Postgraduados*. Obtenido de http://193.122.196.39:8080/bitstream/handle/10521/5185/Lopez_Diaz_F_MC_Agroecosistemas_Tropicales_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Monge, L. (1999). *Congreso Nacional de suelos*. Obtenido de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a50-6907-III-p175.pdf>
- Monroing, M. (2018). *HORT*. Obtenido de https://www.uprm.edu/ecosdelcafe/wp-content/uploads/sites/133/2018/11/Morfologia_cafeto2.pdf
- Moraga, P. (Diciembre de 2011). *La calera*. Obtenido de La agroforesteria : <file:///C:/Users/50584/Downloads/ajrbyers,+776-2604-1-CE.pdf>
- Portillo, M. C. (22 de 10 de 2019). *produccion de cafe organico en sombrio*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/26805/%20%09mcpazosp.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Posada, C., & Osorio, N. (2003). *RESPUESTA DE PLÁNTULAS DE CAFÉ A LA FERTILIZACIÓN FOLIAR Y LA APLICACIÓN DE PULPA DE CAFÉ COMPOSTADA*. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24541/25146>
- Rojas, J. (septiembre de 2025). entrevista. (E. S. Eliezer Ruiz, Entrevistador)
- Salazar, R., & Jimenez, E. (5 de Septiembre de 2022). *Wani*. Obtenido de Caracterización fitosanitaria de sistemas de producción de café (*Coffea arábica* L.) en Boaco, Nicaragua: <file:///C:/Users/50584/Downloads/Art%C3%ADculo+Edgardo+Jimenez.pdf>
- SQM. (25 de Abril de 2018). *Soluciones para el desarrollo humano*. Obtenido de Café: n relación a los requerimientos de suelo, el café es un cultivo que se comporta bien en

suelos moderadamente ácidos. No obstante, es frecuente ver que se cultive en suelos de pH muy ácido a extremadamente ácido, producto de las características climáticas

Villamar, J. (2022). *Respositorio Digital UNESUM*. Obtenido de Incidencia de tres fertilizantes completos aplicados a plántulas en etapa de: <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/4177/1/Villamar%20Villamar%20Julio%20Alberto.pdf>

15. ANEXOS (FIGURAS, TABLAS, ESQUEMAS, INSTRUMENTOS)

Diametro del tallo (cm)				
	B1	B2	B3	B4
1	10	11	8	9.7
2	11	11.6	7.6	9.2
3	10.8	12.6	7.6	9.3
4	11.8	12	10	8.9
5	11	13.4	4	9
1	10.5	10.9	8.2	11
2	11	12.9	10.2	11.5
3	11	13	8.1	11
4	10.2	9	10.2	10
5	8.4	9	7.8	11
1	12.5	10.5	7.6	9.9
2	10.3	10.8	9.8	13.1
3	11	12.4	11.3	11.4
4	9.7	13.2	9.2	10.3
5	10.1	9.5	7.8	12

ILUSTRACIÓN 1

Altura de la Planta (m)				
	B1	B2	B3	B4
1	1.85	1.69	1.48	1.62
2	1.7	2.18	1.49	1.64
3	1.7	1.87	1.18	1.14
4	1.74	1.93	1.24	1.27
5	1.69	2.02	1.38	1.56
1	1.74	1.86	1.18	1.45
2	1.88	1.62	1.44	1.61
3	1.36	1.29	1.41	1.74
4	1.5	1.24	1.52	1.56
5	1.21	1.21	1.51	2.06
1	1.81	1.82	1.22	1.64
2	1.62	1.72	1.54	2.11

ILUSTRACIÓN 3

ILUSTRACIÓN 4

Numero de frutos				
	B1	B2	B3	B4
1	100	540	184	12
2	175	85	25	25
3	259	425	0	27
4	1495	517	6	5
5	720	590	21	108
1	1380	151	292	200
2	1581	875	878	1309
3	575	1020	450	598
4	1390	535	682	9
5	208	1375	100	0
1	338	1242	234	0
2	50	1800	392	195
3	592	2147	693	22
4	893	1044	54	3
5	2092	2318	374	170

ILUSTRACIÓN 5

ILUSTRACIÓN 6

2	2	2	2	1
3	3	3	2	1
4	5	5	2	1
5	4	4	3	2
1	3	2	3	2
2	3	3	3	3
3	3	3	3	3
4	2	2	3	1
5	2	4	2	1
1	3	3	2	1
2	3	4	2	2
3	3	5	3	2
4	4	3	2	2
5	5	5	2	3

ILUSTRACIÓN 7

Peso promedio de frutos (g/10 granos)				
	B1 T1	B2 T3	B3 T2	B4 T1
1	1.4	1.3	1.4	1.3
2	1.4	1.7	1.2	0.9
3	1.2	1.9	0	1
4	1.3	1	1	1.2
5	1.2	1.2	1.4	1.1
	B1 T2	B2 T1	B3 T3	B4 T2
1	1.3	1.2	1.3	1
2	1.6	1.4	1.4	1
3	1.3	1.8	1.2	1.2
4	1.1	1.6	0.8	1.4
5	1.1	1.7	1.4	0
	B1 T3	B2 T2	B3 T1	B4 T3
1	1.5	1.2	1.2	0
2	1.6	1.4	1.5	1.3
3	1.9	1.4	1.5	1.2
4	1.2	1.4	1	0.4
5	1.4	1.3	1.6	1.2

ILUSTRACIÓN 8

ILUSTRACIÓN 9

2	259	520	242	486
3	300	617	135	624
4	425	412	112	92
5	391	486	345	40
1	532	315	558	296
2	429	490	328	157
3	350	364	315	90
4	345	256	317	33
5	142	445	604	2561
1	674	288	448	140
2	482	240	561	210
3	364	540	414	408
4	784	748	442	156
5	812	391	575	500

ILUSTRACIÓN 10



ILUSTRACIÓN 12

Insumo sintético utilizado por el productor (18-46-0)



ILUSTRACIÓN 13

Insumo orgánico utilizado más melaza.



ILUSTRACIÓN 14

Aplicaciones realizadas con bombas pulverizadoras.