



Evaluación de dosis de fertilizante NPK+microelementos en etapas iniciales y su influencia en la producción y rendimiento de plátano (*Musa paradisiaca*).

Autores: Puratambi Tarambis, Joffre Rodrigo y Salao Guerrero, Alisson Fabiana

Departamento de Ciencias de la vida

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera en Agropecuaria

Director: Dr. Ulloa Cortázar, Santiago Miguel

Santo Domingo de los Tsáchilas, 24 de Febrero del 2025

REPORTE DE VERIFICACIÓN DE CONTENIDO


INFORME DE ANÁLISIS
magister

Tesis-Puratambi-Salao-Platano

9%
Textos sospechosos

3% Similitudes
0 % similitudes entre comillas
< 1 % entre las fuentes mencionadas
0% Idiomas no reconocidos
6% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: Tesis-Puratambi-Salao-Platano.docx
ID del documento: d0d35a3ac89d8d7e081eed8aed3fed400b032ed3
Tamaño del documento original: 4,86 MB

Depositante: SANTIAGO MIGUEL ULLOA CORTAZAR
Fecha de depósito: 18/2/2026
Tipo de carga: interface
Fecha de fin de análisis: 18/2/2026

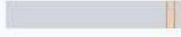
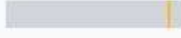
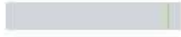
Número de palabras: 13.679
Número de caracteres: 93.416

Ubicación de las similitudes en el documento:

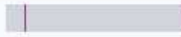
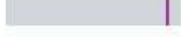
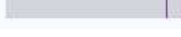


Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 dspace.utb.edu.ec https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/17107/E-UTB-FACIAG-AGROP-000140.pdf... 1 fuente similar	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (54 palabras)
2	 doi.org Accumulation of dry matter and nitrogen contents in banana 'Williams' (...) https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v32n3.41797	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (48 palabras)
3	 Documento de otro usuario #801u5 Viene de otro grupo 2 fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (42 palabras)
4	 hdl.handle.net Análisis de la situación actual de residuos marinos en Costa Rica https://hdl.handle.net/2238/14757 2 fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (44 palabras)
5	 dominodolasciencias.com Hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de pl... https://dominodolasciencias.com/ojs/index.php/es/article/download/790/909 2 fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (37 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 bdigital.zamorano.edu https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/0d0af33b-5635-40da-9762-6b54e5...	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)
2	 repositorio.uleam.edu.ec https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/6368/1/ULEAM-AGRO-0346.pdf	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (28 palabras)
3	 doi.org Physiological functions of micronutrients in enhancing banana (Musa pa... https://doi.org/10.33545/26174693.2024.v8.i10e.2484	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)
4	 Documento de otro usuario #7833a8 Viene de otro grupo	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)

Dr. Ulloa Cortázar, Santiago Miguel

Director

C. C. 1710450584



Departamento de Ciencias de la vida

Carrera de Agropecuaria

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Evaluación de dosis de fertilizante NPK+microelementos en etapas iniciales y su influencia en la producción y rendimiento de plátano (*Musa paradisiaca*).”** fue realizado por los señores **Puratambi Tarambis, Joffre Rodrigo y Salao Guerrero, Alisson** Fabiana el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 24 de febrero del 2026

Dr. Ulloa Cortázar, Santiago Miguel

Director

C. C. 1710450584



Departamento de Ciencias de la vida
Carrera de Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Puratambi Tarambis Joffre Rodrigo**, con cédula de ciudadanía n° 1751346154 y **Salao Guerrero Alisson Fabiana**, con cédulas de ciudadanía n° 2300919467, declaro/declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Evaluación de dosis de fertilizante NPK+microelementos en etapas iniciales y su influencia en la producción y rendimiento de plátano (*Musa paradisiaca*)**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 24 de Febrero del 2026

Puratambi Tarambis, Joffre Rodrigo

C.C.: 1751346154

Salao Guerrero, Alisson Fabiana

C.C.: 2300919467



Departamento de Ciencias de la vida

Carrera de agropecuaria

Autorización de Publicación

Nosotros **Puratambi Tarambis Joffre Rodrigo**, con cédula de ciudadanía n° 1751346154 y **Salao Guerrero Alisson Fabiana**, con cédulas de ciudadanía n° 2300919467, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Evaluación de dosis de fertilizante NPK+microelementos en etapas iniciales y su influencia en la producción y rendimiento de plátano (*Musa paradisiaca*)**. en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 24 de febrero del 2026

Puratambi Tarambis, Joffre Rodrigo

C.C.: 1751346154

Salao Guerrero, Alisson Fabiana

C.C.: 2300919467

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo a todas las personas que, a lo largo de mi camino universitario, me ofrecieron consejos y palabras de ánimo para seguir adelante.

A mi querida madre, Patricia Tarambis, por su amor y apoyo incondicional; a pesar de la distancia, siempre ha estado conmigo en cada momento.

A mi padre, Rodrigo Puratambi, por forjar en mí confianza y carácter, y por enseñarme, con sus consejos, a trabajar y luchar por cada meta que me proponga.

A mis hermanas, Lesli, Lizeth y Camila, quienes me han visto crecer y construir mi camino, brindándome siempre la confianza para seguir adelante sin importar los obstáculos.

A mi sobrina Isabella Amagua, por llegar a mi vida y llenarla de alegría, dándome nuevas razones para esforzarme cada día más.

A mi primo Sergio Andrade, por acompañar mis ocurrencias y ser, para mí, un hermano más.

A toda mi familia, por ser parte fundamental de este proceso; sin importar la distancia o las diferencias, siempre aportaron su granito de arena para que pudiera seguir adelante.

Y finalmente, a mí, por nunca dejar de soñar, por mantener mi meta clara y por no rendirme ante las adversidades, sabiendo siempre lo que quiero y anhelo en esta vida.

Joffre Puratambi T.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por concederme la salud y la fuerza, tanto a mí como a mis padres, para cumplir una meta más en mi vida.

Quiero agradecer a mis padres, quienes a pesar de sus dificultades nunca dejaron de brindarme su apoyo incondicional y estuvieron pendientes de mí aun en la distancia.

A mis hermanas, por su gran amor hacia mí; fueron mi motivo para seguir luchando en este camino de dificultades y alegrías. Cada una es parte fundamental de mi vida.

A mi sobrina, por su gran cariño y las sonrisas que me regala cada vez que compartimos juntos.

Agradezco a toda mi familia por el cariño demostrado en tantos momentos complicados.

Quiero agradecer profundamente a mi mejor amigo, Mike Ávila, símbolo de una amistad verdadera, leal y sincera. Ha sido un pilar fundamental en este proceso, impulsándome cuando aparecían las dudas y creyendo siempre en mí.

A mi compañero y amigo de ciudad, Alexander Topón, con quien inicié este camino; pese a las dificultades de la travesía, me brindó su apoyo y escuchó mis sueños día tras día.

Sin olvidar a los docentes que confiaron en mí, quienes con su guía, conocimientos y exigencia académica forjaron mi formación profesional y trazaron el rumbo de mi futuro.

Joffre Puratambi T.

Dedicatoria

Primeramente, quiero dedicar este trabajo a Dios por haberme dado la fortaleza, valentía y disciplina, herramientas que fueron necesarias e importantes en el transcurso de este camino

Dedico profundamente a mis padres por el esfuerzo brindado, apoyo emocional y económico que tuve en todo el transcurso académico, sin su guía esto no hubiese sido posible, gracias por alentarme a diario y enseñarme que rendirme no era una opción.

A mis hermanos quienes estuvieron apoyándome moralmente en mi proceso y en todo momento Samy S., Stalin G. y David A.

A mis docentes por compartir sus conocimientos con vocación, exigencia y compromiso y por motivarme a ser mejor en mi formación académica.

Por último, a mí porque nunca me rendí y fui lo suficientemente resiliente en cada proceso de mi vida especialmente en este camino bonito lleno de grandes experiencias y aprendizaje.

Alisson Fabiana S.

Agradecimiento

A mi madre Gladys Guerrero quien ha sido un pilar fundamental en mi vida, su apoyo incondicional y esfuerzo diario sin duda fue sinónimo de motivación para mí. Gracias por cada sacrificio realizado por tus palabras de aliento y por enseñarme con tu ejemplo el valor de la perseverancia y responsabilidad.

A mi papá Freddy Monta quien me enseñó que el lazo más fuerte no siempre es el de sangre, sino el cariño y amor, demostrando que el compromiso y apoyo va más allá de cualquier vínculo biológico. Gracias papá Fredy por motivarme a siempre ser una mujer con carácter firme en este camino.

A mi prima Andrea Guerrero por brindarme oportunidades cuando más lo necesité, por confiar en mí y ser un ejemplo a seguir. Por ser mi confidente en todo momento, sus valiosos consejos y experiencias me motivaron a mantenerme firme.

A mi estimado docente Vinicio Uday por su valiosa orientación y ser un complemento fundamental en este trabajo. Gracias por brindarme sus conocimientos y experiencias en mi formación académica.

A mis queridos perros Tyron y Ashley por acompañarme en todas mis noches y madrugadas de estudios, quienes sin decir una palabra me enseñaron la importancia de la lealtad y amor sincero.

Sin duda alguna a mis grandes amigos Allan J, Alexander T, Bryan A y Anthony L. con quienes compartí momentos gratos y experiencias inolvidables durante toda esta etapa universitaria, gracias por su sincera amistad y sostener mi mano en todo momento.

Alisson Fabiana S.

Índice de contenidos

Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Resumen	15
I Introducción.....	17
II Estado del arte	18
III Objetivos	20
3.1 Objetivo General	20
3.2 Objetivos Específicos.....	20
IV Marco teórico	21
4.1. Caracterización botánica y agronómica de Musa paradisiaca.....	21
4.1.1 Zonas edafoclimáticas para el cultivo de plátano en la región Costa	22
4.1.2 Requerimientos nutricionales generales del cultivo	22
4.1.5 Rol de los microelementos en el desarrollo de Musa paradisiaca	25
4.1.6 Características del fertilizante NPK 16-16-16.....	25
4.1.7 Fertilización integrada en cultivos de Musa spp.	26
4.1.8 Respuesta del cultivo a la fertilización NPK en etapas tempranas	26
4.1.9. Interacción entre NPK y microelementos en la productividad.....	27
4.1.10 Respuesta del cultivo a la fertilización NPK en etapas tempranas	27
4.1.11. Interacción de microelementos y NPK en la productividad	28

	11
4.2 Fertilización NPK + Microelementos en <i>Musa paradisiaca</i>	28
4.2.1 Evidencias experimentales recientes sobre NPK + micronutrientes	29
4.2.2 Importancia de micronutrientes específicos	29
4.2.3 Fertilización integrada: combinación de fuente orgánica + NPK + micronutrientes	30
4.2.4 Mecanismos fisiológicos de acción de la fertilización combinada.....	30
V. Metodología.....	31
5.1. Ubicación del área de investigación	31
5.1.1 Ubicación geográfica.....	31
5.1.2 Ubicación ecológica	31
5.1.3 Materiales de campo	32
5.2 Diseño experimental	33
5.2.1 Tratamientos a evaluar	33
5.3 Características de la Unidad experimental.....	34
5.3.1 Croquis	36
5.3 Tipo de estudio.....	36
5.4 Características de la Unidad experimental.....	36
5.5 Análisis estadístico.....	37
5.5.1 Esquema de análisis de la variable	37
5.6 Métodos de manejo del experimento	39
5.7 Cronograma de actividades	40
VI. Resultados y discusión.....	40

6.1 Resultados del efecto de las dosis de fertilizante NPK sobre los componentes de	40
rendimiento del plátano	40
6.1.1 Número de manos (gajos) por racimo	41
6.1.2 Número de dedos por racimo.....	44
6.1.3 Peso de manos por racimo	47
6.1.4 Peso de dedos.....	50
6.1.5 Peso total del racimo	53
6.4 Análisis costo/beneficio.....	57
Conclusiones	60
Recomendaciones.....	61
Referencias bibliográficas	63

Índice de tablas

Tabla 1. Tratamientos aplicados en el área experimental	34
Tabla 2. Características de la Unidad experimental	35
Tabla 3. Modelo de análisis De Varianza	37
Tabla 4. Cronograma de actividades del ensayo	40
Tabla 5. Análisis de varianza para el número de manos en función de las dosis de fertilizante 16-16-16 en etapas iniciales del cultivo.	4141
Tabla 6. Análisis de varianza del número de dedos en función de dosis de fertilizante 16-16-16.	44
Tabla 7. Análisis de varianza del peso de manos (kg) en función de dosis de fertilizante 16-16-16.	47
Tabla 8. Análisis de varianza del peso de dedos (kg) en función de dosis de fertilizante 16-16-16	50
Tabla 9. Análisis de varianza del peso de racimo (kg) en función de dosis de fertilizante 16-16-16.	53
Tabla 10. Análisis económico de costos de establecimiento del cultivo de plátano por Ha.	57
Tabla 11. Análisis económico del rendimiento según dosis de NPK 16-16-16	588

Índice de figuras

Figura 1.Localización Geográfica De La Investigación.	32
Figura 2.Croquis de la unidad experimental.	366
Figura 3.Comparación de medias del número de manos en respuesta a dosis de fertilizante 16-16-16 mediante la prueba de Tukey.	42
Figura 4.Modelo de regresión lineal del número de manos bajo diferentes dosis de fertilizante 16-16-16.	43
Figura 5.Comparación de medias del número de dedos en respuesta a dosis de fertilizante 16-16-16 mediante la prueba de Tukey.	45
Figura 6.Modelo de regresión lineal del número de dedos bajo diferentes dosis de fertilizante 16-16-16.	46
Figura 7.Comparación de medias del número de peso de manos (kg) en respuesta a dosis de fertilizante 16-16-16 mediante la prueba de Tukey.	48
Figura 8.Modelo de regresión lineal del peso de manos (kg) bajo diferentes dosis de fertilizante 16-16-16.	49
Figura 9.Comparación de medias del número de peso de dedos (kg) en respuesta a dosis de fertilizante 16-16-16 mediante la prueba de Tukey.	51
Figura 10.Modelo de regresión lineal del peso de dedos (kg) bajo diferentes dosis de fertilizante 16-16-16.	52
Figura 11.Comparación de medias del número de peso de racimo (kg) en respuesta a dosis de fertilizante 16-16-16 mediante la prueba de Tukey.	54
Figura 12.Modelo de regresión lineal del peso de racimo (kg) bajo diferentes dosis de fertilizante 16-16-16.	55

Resumen

El presente trabajo de investigación se desarrolló en una plantación de plátano (*Musa paradisiaca*) ubicada en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, con el objetivo Determinar el efecto de diferentes dosis de fertilizante NPK aplicadas en la etapa inicial sobre el rendimiento del cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*). El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cinco tratamientos (0, 75, 150, 225 y 300 g/planta) y cuatro repeticiones, considerando variables como número de manos por racimo, número de dedos, peso promedio de manos, peso promedio de dedos y peso total del racimo. En los resultados existieron diferencias estadísticas entre tratamientos muy significativas, siendo la dosis de 225 g/planta (T3), que alcanzó el mayor número de manos y dedos, también el máximo peso total del racimo, con valores superiores al testigo y a las dosis intermedias. Se evidenció que T3 fue superior a T0, T1 y T2, pero sin diferencias con T4, el cual mostró una ligera disminución en el rendimiento. La mejor opción para mejorar la productividad del plátano fue la fertilización con NPK, la dosis de 225 g/planta constituyó la referencia más eficiente para maximizar la rentabilidad y productividad. Estas evidencias ratifican que la implementación de planes de manejo nutricional sostenibles, fortalecen la competitividad agrícola y en sistemas intensivos de producción preservan la fertilidad del suelo.

Palabras clave. Evaluar, fertilizante, NPK-microelementos, rendimiento, *Musa paradisiaca*

Abstract

This research was conducted on a plantain plantation (*Musa paradisiaca*) located in the province of Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, with the objective of determining the effect of different doses of NPK fertilizer applied in the initial stage on the yield of plantain crops (*Musa paradisiaca*). The experiment was set up using a completely randomized block design (CRBD) with five treatments (0, 75, 150, 225, and 300 g/plant) and four replicates, considering variables such as number of hands per bunch, number of fingers, average weight of hands, average weight of fingers, and total weight of the bunch. T3 was shown to be superior to T0, T1, and T2, but with no differences compared to T4, which showed a slight decrease in yield. The best option for improving banana productivity was fertilization with NPK, with the 225 g/plant dose being the most efficient reference for maximizing profitability and productivity. This evidence confirms that the implementation of sustainable nutritional management plans strengthens agricultural competitiveness and preserves soil fertility in intensive production systems.

Keywords: Evaluate, fertilizer, NPK-microelements, yield, *Musa paradisiaca*

I Introducción

El cultivo del plátano (*Musa paradisiaca*) es uno de los cultivos de mayor relevancia social y económica en Ecuador y en varias partes del mundo de los trópicos, gracias a su gran demanda y su cultivo en los sistemas productivos rurales (Rahate et al, 2020; Vargas, 2023). En los últimos años, este cultivo se ha fortalecido como parte fundamental del equilibrio del sector agropecuario, contribuyendo sustancialmente a la agricultura de subsistencia y a las economías comerciales distritales. Su cultivo es de orden intensivo y depende de una buena nutrición de la planta, y más en su primera etapa de crecimiento, ya que la oferta de nitrógeno, fósforo y potasio y de los micronutrientes deberá ser equilibrada, ya que será determinante para el desarrollo vegetativo, la formación de los racimos, y el rendimiento del cultivo (Vargas, 2023).

Numerosos estudios coinciden en que tanto la deficiencia como el exceso de fertilizantes pueden tener efectos adversos, como reducción del tamaño de los frutos, menor número de dedos por mano, retrasos en la cosecha y pérdidas en calidad comercial (García & Hernández, 2019; Pérez et al, 2022). En Ecuador, aunque hay una fuerte presencia de tierras cultivadas, la falta de investigación contextual sobre dosis óptimas en las primeras etapas del crecimiento del banano sigue siendo un desafío, junto con el uso mixto de fertilizantes, la aplicación deficiente de micronutrientes y el uso de fertilizantes basados en la experiencia empírica (Vargas, 2023).

En consecuencia, es importante analizar la variación en el desarrollo vegetativo y el rendimiento del cultivo, para establecer cuál es su comportamiento a la aplicación de diferentes dosis de los fertilizantes NPK y microelementos, cuando el plátano inicia su etapa de crecimiento, en condiciones de cultivo. Este estudio, aportará al fortalecimiento académico y a la generación de nuevas investigaciones, para que se puedan implementar de prácticas agrícolas sostenibles, que ayuden a mejorar la producción de este tipo de cultivo que resulta importante para la

seguridad alimentaria del país, además de tener un impacto positivo en los productores de la región,

II Estado del arte

La producción de banano y plátano debido a su alta demanda y al papel que desempeña en la seguridad alimentaria de regiones tropicales ha sido objeto de innumerables revisiones, como en Ecuador donde la heterogeneidad en las unidades de producción y las prácticas agronómicas influyen directamente sobre la productividad del cultivo, resaltando la importancia de adaptar elementos nutricionales y de manejo a las condiciones de cultivo locales (Quiloango-Chimarro, 2024).

Los posibles problemas con la fertilización son algunas de las razones citadas dentro de los estudios de área que ilustran la baja productividad en muchas fincas familiares y empresas medianas.

Los micronutrientes, en particular Zn, B, Mn y Fe, que están involucrados en procesos fisiológicos clave como la fotosíntesis, las reacciones enzimáticas y el transporte de carbohidratos, y que influyen en el tamaño y la uniformidad de los racimos, ha sido estudiado cada vez más en cultivos de frutas y *Musa* spp.

Un estudio experimental como el de Rahate (2020) que la aplicación mixta de micronutrientes foliares ha mejorado el crecimiento vegetativo y el rendimiento en una variedad de cultivos de frutas y especialmente de banano minimizando la pérdida de frutos e incrementando su calidad. De forma que la incorporación adecuada de micronutrientes en las primeras etapas de desarrollo puede resultar en retornos productivos significativos.

La gestión convencional, caracterizada por un uso sistemático de fertilizantes químicos y minerales, ha demostrado tener múltiples limitaciones analizadas en el suelo y, en el caso de los cultivos, el incremento de los costos, el riesgo de problemas ambientales y, en algunos casos, la disminución en la eficiencia por el uso no adecuado de análisis de suelo o por desajustes en las fases fenológicas de la planta. Por esta razón, en la literatura más reciente se ha propuesto el uso de enfoques integrados que combinan la práctica de la fertilización balanceada, incluyendo alternativas que se consideran más sostenibles (bioinsumos, manejo de suelo y tecnologías de precisión) para mejorar la eficiencia y disminuir impactos negativos en los sistemas productivos (Bullor et al. 2024).

En este aspecto, los bioinsumos y biofertilizantes, que comprenden, entre otros, los microorganismos promotores del crecimiento, las formulaciones microbianas y las enmiendas orgánicas, han mostrado potencial como complementos o alternativas a la fertilización química, dado que pueden contribuir a la lentitud y eficiencia de la liberación de nutrientes, a la recuperación de la microbiota del suelo y a brindar respuestas fisiológicas positivas a las plantas. En revisiones y estudios recientes sobre biotecnología y biocontrol en Musa, se ha descrito la eficacia de algunas cepas microbianas (como *Bacillus* spp. y otros microorganismos benéficos), que, en el caso de su uso, deben adaptarse a las condiciones locales y a protocolos validados, para mejorar la nutrición, resiliencia y manejo fitosanitario del cultivo (Justine, 2022). En la práctica, a nivel regional, las iniciativas de producción y uso de bioinsumos en el cultivo a nivel de finca y en los programas de extensión han mostrado un crecimiento significativo, aunque la adopción aún requiere evidencia local robusta sobre dosis, momentos de aplicación y sobre la compatibilidad con los sistemas de manejo tradicionales.

Estudios aplicados y trabajo de campo en el área revela una brecha de conocimiento, con evidencias generales (ensayos y revisiones) como (Chandrakar, 2025) sobre la importancia de

NPK y micronutrientes, y el potencial de bioinsumos, pero no hay estudios experimentales controlados que establezcan parámetros y estrategias óptimas para la aplicación en las etapas iniciales del banano (*Musa paradisiaca*) adaptadas a las comunidades de Purumballi, por ejemplo. Esta falta de información localizada obstaculiza la transferencia de tecnología y los procesos de toma de decisiones de los productores, justificando así la necesidad de investigaciones que evalúen, de manera comparativa y bajo condiciones reales de finca, la interacción de NPK, micronutrientes y bioinsumos en el crecimiento y rendimiento del cultivo.

III Objetivos

3.1 Objetivo General

Determinar el efecto de diferentes dosis de fertilizante NPK aplicadas en la etapa inicial sobre el rendimiento del cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*)

3.2 Objetivos Específicos

Medir el número de racimos, gajos, dedos, peso y tiempo de cosecha del plátano en respuesta a diferentes dosis de fertilizante NPK aplicadas en la etapa inicial del cultivo.

Analizar las diferencias en los componentes de rendimiento entre las dosis aplicadas

Comparar la eficiencia de las dosis intermedias frente a las bajas y altas para identificar la dosis que genera mayor productividad sin efectos negativos.

IV Marco teórico

4.1. Caracterización botánica y agronómica de *Musa paradisiaca*

El plátano (*Musa paradisiaca*), perteneciente a la familia Musaceae, es un cultivo perenne de gran importancia en las regiones tropicales, ampliamente cultivado por su valor alimenticio, versatilidad culinaria y relevancia económica. Se caracteriza por un pseudotallo formado por vainas foliares superpuestas y un rizoma subterráneo del cual se origina la estructura vegetativa. El ciclo fenológico de la planta incluye crecimiento vegetativo, emisión floral y fase de llenado de frutos, etapas que dependen estrechamente de la disponibilidad de nutrientes y condiciones edafoclimáticas (Martínez-Solórzano, 2021).

Los autores Martínez et al. (2022) mencionan para el caso específico de Ecuador que el crecimiento del pseudotallo, la emisión de hojas y el desarrollo de raíces están relacionados con la textura del suelo, el contenido de materia orgánica, la humedad disponible y el manejo nutricional. En el repositorio de la UTB están disponibles trabajos de estudiantes de posgrado de universidades ecuatorianas que indican que el cultivo de estas plantaciones requiere suelos con profundidad, buen drenaje y niveles de potasio elevados, así como sombra, deshierbe, control fitosanitario y manejo de la humedad, especialmente en microclimas húmedos donde se desarrollan foliares y de racimo.

El cultivo de la planta demanda una gran cantidad de nutrientes, dado que la planta mantiene un rápido crecimiento vegetativo y un proceso continuo de desarrollo foliar. Investigaciones recientes destacan que el plátano es altamente sensible a desequilibrios nutricionales, los cuales repercuten directamente en la formación del racimo, su peso, número de manos y calidad del fruto (Cedeño et al. 2021).

4.1.1 Zonas edafoclimáticas para el cultivo de plátano en la región Costa

Para un correcto desarrollo en la producción de plátano está ligado estrechamente de las características edafoclimáticas de la zona de cultivo, es decir, de la interacción del clima y las propiedades del suelo. En Ecuador, una gran proporción del área cultivada de *Musa paradisiaca* se concentra en la costa debido a las temperaturas cálidas, suficiente radiación solar y disponibilidad de agua, condiciones que favorecen el crecimiento continuo del cultivo durante todo el año. Desde el punto de vista climático, las lluvias frecuentes e intensas afectan directamente la dinámica de los nutrientes del suelo, ya que favorecen procesos de lixiviación, especialmente de nitrógeno y potasio.

La variabilidad en la estructura, la profundidad y la capacidad de intercambio catiónico de los suelos costeros da como resultado suelos con una fertilidad natural limitada y una retención deficiente de nutrientes, lo que aumenta la necesidad de gestionarlos. La combinación de alta temperatura y humedad promueve la rápida mineralización de la materia orgánica, pero también puede acelerar el agotamiento de los nutrientes si no se lleva a cabo la reposición. Estas condiciones edafoclimáticas dictan que el cultivo de banano en la costa de Ecuador dependa en gran medida de fertilizantes minerales, especialmente macronutrientes primarios como nitrógeno, fósforo y potasio, que son necesarios para mantener el crecimiento vegetativo, la formación de racimos y el rendimiento.

4.1.2 Requerimientos nutricionales generales del cultivo

La nutrición mineral en *Musa paradisiaca* es uno de los pilares para garantizar un crecimiento equilibrado y un óptimo rendimiento. La planta requiere cantidades elevadas de macronutrientes primarios nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) junto con macronutrientes secundarios (Ca, Mg, S) y un conjunto de micronutrientes esenciales, como zinc (Zn), manganeso (Mn), boro (B), hierro (Fe), cobre (Cu), molibdeno (Mo) y cloro (Cl), los cuales participan en procesos metabólicos y fisiológicos básicos (Guerrero, 2024).

La síntesis de clorofila y proteínas, indispensables para el crecimiento del pseudotallo y el desarrollo foliar se realizan gracias al nitrógeno.

El fósforo (P) participa en la formación y actividad del sistema radicular, especialmente en las primeras etapas del cultivo, además interviene en la transferencia de energía (ATP), lo que impacta en la floración y capacidad productiva.

El potasio (K) Musa spp. Regula la apertura estomática, el transporte de azúcares y la firmeza de los frutos. El potasio es indispensable para la formación de racimos de alto peso y buena calidad comercial.

Los suelos tropicales suelen presentar deficiencias de estos elementos debido a procesos de lixiviación, acidez y baja capacidad de intercambio catiónico, lo cual refuerza la importancia de un programa de fertilización ajustado a la etapa fenológica (Guerrero, 2024).

4.1.4 Importancia de la fertilización mineral en Musa paradisiaca

Los fertilizantes minerales constituyen una herramienta clave para sostener la productividad agrícola en sistemas intensivos como el cultivo de plátano. Su uso permite cubrir las altas demandas nutricionales de la planta, favorecer el crecimiento vegetativo, mejorar la formación de racimos y aumentar el rendimiento. No obstante, cuando se emplean de forma inadecuada, pueden afectar la fertilidad del suelo y generar impactos ambientales negativos.

Se consideran fertilizantes minerales aquellos productos de origen inorgánico que aportan uno o varios nutrientes esenciales en formas que las plantas pueden absorber con facilidad. Entre ellos se encuentran macronutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, así como micronutrientes como boro, zinc e hierro. Estos fertilizantes se obtienen a partir del procesamiento de minerales naturales o mediante síntesis industrial, como ocurre con la producción de amoníaco a través del proceso Haber-Bosch. Su finalidad principal es reponer al suelo los elementos que los cultivos extraen de manera continua y mantener la fertilidad bajo condiciones de explotación intensiva (Lodygin et al. 2023).

Para cultivos como el plátano de rápido crecimiento y de casi permanente producción, la fertilización mineral es necesaria ya que, además de evitar el agotamiento de los suelos, sostiene la productividad, donde el nitrógeno es esencial para el crecimiento y desarrollo de la planta, el fósforo aporta para la formación de raíces y la floración, y el potasio en la regulación de la fotosíntesis, la tolerancia y el estrés hídrico (González, 2020).

La fertilización mineral permite que los nutrientes estén disponibles en las cantidades y momentos adecuados, lo que repercute en la calidad y cantidad de la producción del plátano cuando lo que se desea es mejorar el rendimiento comercial.

La nutrición equilibrada mejora el rendimiento, dado que aumenta el número de racimos por hectárea y el peso de los frutos. El nitrógeno y el magnesio promueven la formación de hojas grandes y funcionales, por lo que se hace de una fotosíntesis eficiente. El fósforo y el potasio a nivel racimo, influyen en la diferenciación y en el llenado de los frutos, lo que se traduce en mejor tamaño y uniformidad (García, 2010).

En relación con la fertilidad del suelo, los fertilizantes minerales pueden tener efectos positivos cuando su aplicación se basa en criterios técnicos. Su uso racional ayuda a mantener la disponibilidad de nutrientes y puede favorecer la actividad biológica del suelo, lo que contribuye a la sostenibilidad del sistema productivo (Lodygin et al. 2023). Sin embargo, aplicaciones excesivas o desbalanceadas pueden provocar problemas como acidificación, salinización, lixiviación de nitratos y contaminación de aguas subterráneas, además de afectar negativamente las propiedades físicas y químicas del suelo. Por ello, se recomienda que la fertilización mineral se planifique a partir de análisis de suelo y se complemente con prácticas de manejo sostenible, con el fin de reducir riesgos y conservar la productividad a largo plazo (González, 2020).

4.1.5 Rol de los microelementos en el desarrollo de *Musa paradisiaca*

Aunque requeridos en pequeñas cantidades, los microelementos son fundamentales para el desempeño metabólico de la planta. En *Musa* spp., su deficiencia suele ser subdiagnosticada y, por tanto, constituye una de las principales causas de baja productividad en sistemas de cultivo tradicionales.

El zinc (Zn) interviene en la síntesis de auxinas y en la expansión celular; su deficiencia genera hojas pequeñas, entrenudos cortos y disminución del vigor (Urgiles, 2021).

El boro (B) participa en la división celular, la formación de tejidos meristemáticos y llenado de frutos; si existieren concentraciones insuficientes de este mineral disminuyen el número y tamaño de los dedos (Delgado & Ruiz, 2022).

El manganeso (Mn) muy activo en la fotosíntesis y la activación enzimática; su deficiencia limita la formación de clorofila y el desarrollo foliar (Santos et al. 2023).

Estudios realizados en Latinoamérica como el de Hypercia y otros (2024)

evidencian que la incorporación de microelementos, ya sea vía edáfica o foliar, mejora significativamente el crecimiento vegetativo y la productividad de *Musa paradisiaca*, especialmente en suelos desgastados o con historial prolongado de cultivo.

4.1.6 Características del fertilizante NPK 16-16-16

El abono NPK 16-16-16 está adaptado para la nutrición de los cultivos en las fases iniciales de su crecimiento. NPK 16-16-16 proporciona de forma equilibrada 16% Nitrógeno (N), 16% de Fósforo (como P_2O_5) y 16% de potasio (como K_2O) lo que, en esta área, deficiencia de potasio en el suelo y pérdida de nutrientes por lixiviación, aseguran un desarrollo vegetativo uniforme. El nombre de 16-16-16 se refiere a la cantidad de los tres macronutrientes. En este caso, dicho abono proporciona en igual proporción nitrógeno, fósforo y potasio, para permitir que la planta se desarrolle equilibradamente en sus etapas iniciales. Nitrógeno (N) suele encontrarse

como nitrato y amonio, por lo que su disponibilidad en los suelos es nivelación y de forma moderada.

4.1.7 Fertilización integrada en cultivos de *Musa spp.*

Los cultivos de *Musa spp.*, con fertilización integrada están basados en una práctica integral que aporta los minerales de NPK, los microelementos esenciales, la incorporación de elementos orgánicos o bioinsumos y el manejo agronómico sostenible, para mejorar la eficiencia del uso de nutrientes, fortalecer la salud del suelo y optimizar el crecimiento y rendimiento del cultivo. Para al integrar fuentes químicas y biológicas promover el equilibrio fisiológico en la planta, asegurar la disponibilidad gradual de nutrientes, reducir pérdidas por lixiviación, fortalecer el sistema radicular y aumentar la resiliencia frente a estrés biótico y abiótico, permitiendo así una producción más rentable y ambientalmente sostenible (Miranda et al. 2021).

Gómez (2021) afirma que la nutrición equilibrada en las fases iniciales del cultivo es crucial, dado que determina la estructura vegetativa que sostendrá el racimo futuro, puesto que la fertilización en los primeros 90 días después de la siembra tiene una correlación directa con la precocidad del cultivo, longitud del racimo y peso total de la producción.

Sin embargo, aunque la fertilización integrada con bioinsumos y materia orgánica representa una alternativa sostenible, el presente estudio se enfoca exclusivamente en la evaluación de fertilización mineral NPK, por lo que estos enfoques no fueron considerados como variables experimentales.

4.1.8 Respuesta del cultivo a la fertilización NPK en etapas tempranas

En la investigación realizada por Vivas-Cedeño (2018) se reporta la respuesta positiva del cultivo de plátanos con la aplicación de fertilizantes NPK en etapas iniciales de

desarrollo, evidenciando que el nitrógeno propicia el incremento en la altura, diámetro del pseudotallo y en el número de hojas funcionales de la planta, mientras que el fósforo estimula la longitud y la densidad del sistema radicular, lo que facilita la absorción de otros nutrientes; además, se determinó que el potasio impacta de manera importante el tamaño del racimo, el peso de las manos y la calidad de los frutos.

4.1.9. Interacción entre NPK y microelementos en la productividad

A nivel fisiológico, los micronutrientes potencian la eficiencia de los macronutrientes. Investigaciones recientes muestran interacciones clave entre los nutrientes aplicados al cultivo de *Musa* spp., destacándose que el zinc (Zn) mejora la absorción y asimilación del nitrógeno (N), el boro (B) favorece la En función de las características agroclimáticas de la región Costa traslocación de azúcares potenciando el papel del potasio (K) en la formación y llenado del fruto, mientras que el manganeso (Mn) y el hierro (Fe) optimizan los procesos fotosintéticos, lo que permite un aprovechamiento más eficiente del NPK y una mayor actividad metabólica de la planta (Vargas, 2023).

4.1.10 Respuesta del cultivo a la fertilización NPK en etapas tempranas

Diversas investigaciones reportan resultados consistentes sobre la respuesta positiva del plátano a la aplicación de fertilizantes NPK durante fases iniciales:

El nitrógeno aumenta la altura de planta, diámetro del pseudotallo y número de hojas funcionales.

El fósforo mejora la longitud y densidad radicular, facilitando la absorción de otros nutrientes.

El potasio incrementa el tamaño del racimo, peso de manos y calidad de los frutos (Velez-Duque, 2022).

Un estudio en sistemas tropicales determinó que la aplicación temprana de NPK incrementa entre un 15 y 25 % el rendimiento total respecto a aplicaciones tardías o empíricas (Mendoza, 2021). Otro trabajo demostró que dosis balanceadas de NPK aceleran la emisión floral y acortan el ciclo productivo, lo cual es altamente ventajoso para productores comerciales (Tuz et al. 2018).

4.1.11. Interacción de microelementos y NPK en la productividad

Los micronutrientes hacen más eficiente a los macronutrientes desde un punto de vista fisiológico. Los últimos estudios muestran interacciones cruciales:

El zinc incrementa la absorción y asimilación de nitrógeno, el boro facilita el traslado de azúcares, lo que fortalece la función del K en la creación del fruto

El Mn y el Fe favorecen la fotosíntesis, lo que permite un uso más eficiente de NPK (Rojas et al., 2023).

Los ensayos experimentales indican que, cuando se añaden microelementos al NPK en las dosis apropiadas, sobre todo en los suelos, la productividad puede aumentar entre un 20 y un 35 % en la productividad especialmente en suelos tropicales con antecedentes de cultivo (Aguirra et al. 2023).

4.2 Fertilización NPK + Microelementos en *Musa paradisiaca*

El cultivo de *Musa* tiene una alta demanda nutricional debido a su rápido crecimiento vegetativo y su ciclo productivo relativamente corto, de forma que la fertilización con macronutrientes (N, P, K) asegura el adecuado desarrollo de pseudotallo, hojas y raíces, los cuales sostendrán la formación de racimos y frutos. Estudios como el de Baridón et al. (2021) consideran que una deficiente reposición de nutrientes del suelo genera baja productividad y retrasos en las cosechas con baja calidad de fruto.

4.2.1 Evidencias experimentales recientes sobre NPK + micronutrientes

Mejora de crecimiento, rendimiento y calidad

Un experimento reciente con plátano (cv. Karpooravalli, ABB) aplicó dosis recomendadas de fertilización NPK (110:35:330 g planta⁻¹) junto con estiércol (25 t ha⁻¹) y tres aplicaciones foliares de micronutrientes (Zn, B y Fe) en diferentes concentraciones. Los resultados mostraron incrementos significativos en altura del pseudotallo, grosor, número de hojas, área foliar, producción de materia seca y contenido de clorofila, comparado con el tratamiento control. En cuanto al rendimiento, se obtuvo un mayor número de manos por racimo, dedos por mano, peso de fruto, peso del racimo completo y mejoras en calidad (relación pulpa-cáscara, peso por fruto) bajo la combinación de NPK + micronutrientes + materia orgánica (Sha, 2025).

Un experimento reciente realizado con plátano (*Musa* spp. cv. Karpooravalli ABB) aplicando dosis recomendadas de fertilización NPK (110:35:330 g planta⁻¹), junto con estiércol de granja (25 t ha⁻¹) y tres aplicaciones foliares de micronutrientes (ZnSO₄, Borax y FeSO₄), mostró incrementos significativos en parámetros de crecimiento como altura del pseudotallo, diámetro del pseudotallo, número de hojas, área foliar, producción de materia seca y contenido de clorofila en comparación con tratamientos control. Asimismo, este tratamiento combinado produjo un mayor número de manos por racimo, dedos por mano, peso de fruto, peso total del racimo y mejoras en calidad (relación pulpa-cáscara y peso por fruto) (Sha, 2025).

4.2.2 Importancia de micronutrientes específicos

En un estudio llevado a cabo en India con *Musa paradisiaca* 'Grand Naine', la fertirrigación con micronutrientes (Zn, Fe y B) combinada con dosis estándar de NPK incrementó variables morfo-fisiológicas, como contenidos de clorofila, producción de materia seca, y parámetros fenológicos. Concretamente, Zn a 2.0 ppm mostró efectos positivos en crecimiento vegetativo; Fe aumentó el contenido de clorofila, y B mejoró atributos bioquímicos del fruto, como contenido

de azúcares y vitamina C, lo que repercute en calidad y valor nutricional (Chandrakar M. T., 2024).

4.2.3 Fertilización integrada: combinación de fuente orgánica + NPK + micronutrientes

Minimizar los efectos negativos de la contaminación de los suelos, la mezcla de fertilizantes químicos, materia orgánica (estiércol) y micronutrientes, ha demostrado ser positiva, pues incorpora salud ética en la fertilización. Un caso en India reportó que sustituir parcialmente la N química (75% N química + 25% N vía estiércol) produjo mayores rendimientos que 100% N química, lo que atribuyó a un mejor estado fisiológico de la planta y a la insuficiencia de micro y macroelementos por vía orgánica (Rai, 2017).

Aunque estas estrategias han mostrado resultados positivos, no forman parte del diseño experimental de esta investigación, la cual se centra únicamente en el uso de fertilizante NPK granulado (Pravina et al. 2025).

4.2.4 Mecanismos fisiológicos de acción de la fertilización combinada

Los macronutrientes abastecen las demandas estructurales y energéticas: N para síntesis de proteínas y clorofila; P para transferencia de energía y desarrollo radicular; K para regulación hídrica, transporte de azúcares y calidad del fruto.

Los micronutrientes actúan como cofactores enzimáticos, regulan la síntesis de hormonas (auxinas), facilitan la asimilación de macronutrientes, aumentan la eficiencia fotosintética, mejoran la producción de clorofila, estimulan el desarrollo radicular y favorecen el transporte de nutrientes y carbohidratos hacia los órganos reproductivos (Chandrakar M., 2025).

Este enfoque integrado permite mejorar la eficiencia de uso de fertilizantes (menor pérdida por lixiviación, menor volatilización de N, mejor uso del K) e incrementar la productividad del cultivo, incluso bajo condiciones de suelo menos fértiles.

La alta demanda nutricional de los cultivos de plátanos hace que la estrategia de utilizar NPK 16-16-16 en las etapas iniciales de los cultivos mejore el crecimiento y rendimiento de los cultivos. Por tal motivo, en la presente se estudian diferentes dosis de dicho fertilizante, sin considerar la incorporación de bioinsumos o de materia orgánica en el diseño experimental.

V. Metodología

5.1. Ubicación del área de investigación

5.1.1 Ubicación geográfica

La provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, fue el lugar donde se desarrolló la investigación en la Hacienda Zoila Luz, cuyo propietario es la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. El área experimental se localiza geográficamente en las coordenadas 00°24'20" de latitud Sur y 79°18'01" de longitud Oeste.

La zona de Santo Domingo está caracterizada por una buena accesibilidad, con extensas áreas agrícolas destinadas a la investigación, lo que hizo posible ejecutar el experimento bajo condiciones controladas.

5.1.2 Ubicación ecológica

Desde el punto de vista ecológico, el área de estudio se encuentra dentro de una zona de clima tropical húmedo, con precipitaciones anuales superiores a los 2 500 mm y temperaturas promedio que oscilan entre 23 y 25 °C. Estas condiciones climáticas son favorables para el desarrollo del cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*), ya que garantizan una adecuada disponibilidad hídrica y temperaturas óptimas para el crecimiento vegetativo y la formación de racimos.

Las características edafoclimáticas de la zona permiten evaluar de manera confiable la respuesta del cultivo a diferentes dosis de fertilización en sus etapas iniciales.

Los suelos costeros reciben mucha lluvia, lo que favorece que los nutrientes, sobre todo nitrógeno y potasio, se filtren. Hay que manejar la fertilización mineral para que la disponibilidad de nutrientes se mantenga en las etapas iniciales del cultivo. La combinación de un clima tropical húmedo y suelos de fertilidad cambiante hace de la zona un lugar representativo para evaluar la respuesta del plátano a diferentes aportes del NPK 16-16-16.

Figura 1

Localización Geográfica De La Investigación



Fuente: Gráfico realizado por los autores

5.1.3 Materiales de campo

Para la ejecución del experimento se utilizaron los siguientes materiales:

- Colinos de plátano (*Musa paradisiaca*) sanos y homogéneos
- Fertilizante químico NPK 16-16-16
- Fungicida a base de mancozeb
- Estacas y cinta plástica para delimitación de parcelas

- Balanza digital
- Gramera
- Machete
- Fundas plásticas
- Cuaderno de campo
- Esferos
- Herramientas digitales para la tabulación y análisis de datos (Infostat)

El fertilizante utilizado fue un producto granulado de fórmula balanceada NPK 16-16-16, de uso agrícola convencional. Las dosis fueron pesadas individualmente con gramera digital para asegurar precisión en cada aplicación.

5.2 Diseño experimental

5.2.1 Tratamientos a evaluar

La investigación se condujo bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con el fin de reducir la variabilidad experimental asociada a las condiciones del terreno. Se evaluaron cinco tratamientos, correspondientes a diferentes dosis de fertilizante NPK, con 4 repeticiones por tratamiento, obteniéndose un total de 20 unidades experimentales.

Cada unidad experimental estuvo conformada por cuatro plantas útiles, establecidas mediante el sistema de siembra en tresbolillo, con un distanciamiento de 3 m × 3 m, lo que permitió una distribución equidistante de las plantas y un aprovechamiento máximo del área experimental.

Al establecer los bloques se consideró la pendiente natural y la variabilidad del terreno, proporcionado por la sombra de algunos árboles para reducir el efecto de factores edáficos no

controlados, por consiguiente, la asignación de tratamientos dentro de cada bloque se realizó completamente al azar.

Los tratamientos evaluados corresponden a diferentes dosis de fertilizante NPK 16-16-16 aplicadas por planta, tal como se detalla a continuación:

Tabla 1

Tratamientos aplicados en el área experimental

Tratamiento	Dosis de fertilizante (g/planta)
T ₀	0
T ₁	75
T ₂	150
T ₃	225
T ₄	300

El fertilizante se puso a unos 20 cm del pseudotallo en corona evitando contacto con la base de la planta para no dañar las raíces. También se lo incorporó al suelo para que se disuelva y se absorba, aprovechando la humedad que hay en el terreno.

Las aplicaciones del fertilizante se realizaron en dos momentos: la primera al momento de la siembra el 27 de Noviembre del 2024 y la segunda el 20 de Enero de 2025, utilizando grameras para garantizar la precisión en la dosificación

5.3 Características de la Unidad experimental

Las unidades experimentales estuvieron constituidas por plantas de plátano (*Musa paradisiaca*) establecidas bajo condiciones homogéneas de campo, con el propósito de

garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos. Cada unidad experimental se conformó por cuatro plantas útiles, seleccionadas por su uniformidad y buen estado fitosanitario.

A continuación, se describen las principales características de cada unidad experimental y del ensayo en general:

Tabla 2

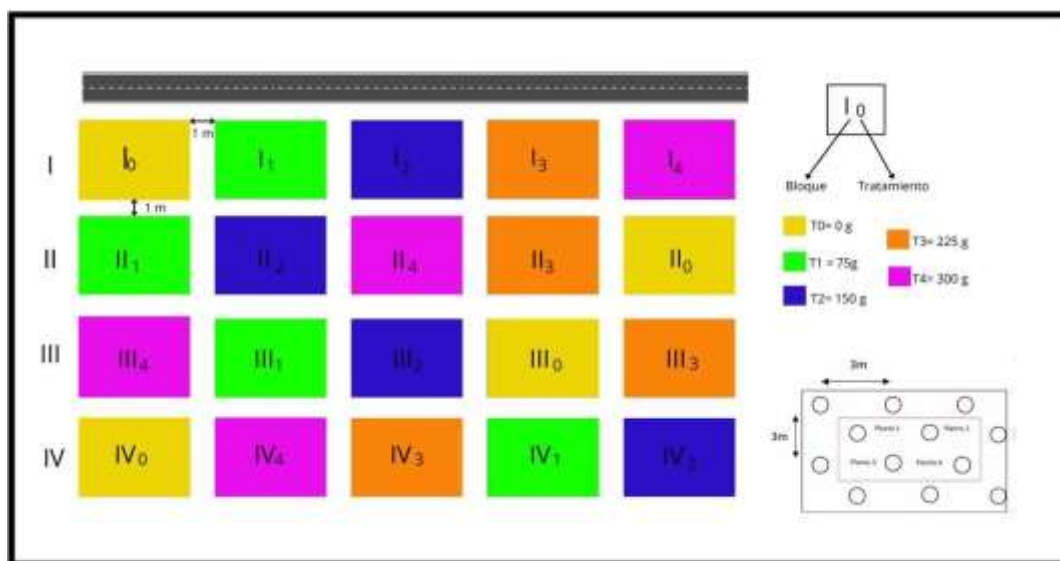
Características de la Unidad experimental

Característica evaluada	Medida
Distanciamiento del cultivo	3 m × 3 m
Número de unidades experimentales	20
Número de plantas por unidad experimental	4
Área de la unidad experimental	36 m ²
Área neta de la unidad experimental	36 m ²
Largo	6 m
Ancho	6 m
Forma de la unidad experimental	Cuadrada
Características del ensayo	
Área total del ensayo	720 m ²
Forma del ensayo	Cuadrada
Población total del ensayo	80 plantas

5.3.1 Croquis

Figura 2

Croquis de la unidad experimental



5.3 Tipo de estudio

El estudio corresponde a una investigación de tipo experimental, con enfoque cuantitativo, de campo y de carácter longitudinal, ya que se evaluó la respuesta del cultivo a lo largo del tiempo desde la aplicación de los tratamientos hasta la cosecha.

5.4 Características de la Unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por un grupo de cuatro plantas útiles de plátano barraganete, seleccionadas por su uniformidad y buen estado fitosanitario. Los colinos utilizados fueron previamente desinfectados mediante inmersión en una solución de agua con fungicida a base de mancozeb, con el objetivo de prevenir la incidencia de patógenos en las etapas iniciales del cultivo.

5.5 Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se empleó el Análisis de Varianza (ANOVA), con el fin de determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Cuando se detectaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$), se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey al 5 % de significancia.

Adicionalmente, se evaluaron contrastes ortogonales (lineal, cuadrático, cúbico y cuártico) con el propósito de identificar tendencias en la respuesta del cultivo frente al incremento de las dosis de fertilización.

5.5.1 Esquema de análisis de la variable

El modelo estadístico utilizado para el análisis de las variables evaluadas fue el siguiente:

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

Donde:

Y_{ij} : valor observado

μ : media general

τ_i : efecto del i-ésimo tratamiento

β_j : efecto del j-ésimo bloque

ϵ_{ij} : error experimental

Tabla 3

Modelo de análisis De Varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	$t - 1$
Bloques	$b - 1$
Error	$(t - 1)(b - 1)$
Total	$tb - 1$

Coeficiente de variación

El coeficiente de variación (CV) se utilizó para evaluar la precisión experimental y se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$CV = \left(\frac{\sqrt{CMe}}{\bar{X}} \right) \times 100$$

Donde:

CMe: cuadrado medio del error

$\bar{X}$: media del tratamiento

Variables evaluadas

Las variables evaluadas corresponden a componentes de rendimiento del cultivo de plátano y se registraron durante el período de producción comprendido desde la aplicación de los tratamientos hasta la cosecha, la cual se realizó entre noviembre de 2024 y octubre de 2025.

La toma de datos se efectuó cada 15 días, considerando plantas previamente seleccionadas dentro de cada unidad experimental.

Las variables evaluadas fueron:

- Número de dedos por racimo
- Número de manos (gajos) por racimo
- Peso de manos
- Peso de dedos
- Peso total del racimo
- Relación beneficio/costo, considerando el costo por cajas producidas

La toma de datos se realizó utilizando una balanza digital para el peso de manos, dedos y racimos completos. El número de manos y dedos se determinó mediante conteo directo en

campo al momento de la cosecha. Para el análisis económico se registró la producción comercializable y se estimó la relación beneficio/costo considerando los costos de fertilización y el rendimiento obtenido por tratamiento.

5.6 Métodos de manejo del experimento

Preparación del material vegetal

Los colinos de plátano fueron seleccionados por su uniformidad y buen estado fitosanitario. Previamente a la siembra, se desinfectaron mediante inmersión en una solución fungicida, con el fin de reducir el riesgo de enfermedades en la etapa inicial.

Establecimiento del cultivo

La siembra se realizó manualmente, respetando un distanciamiento de 3×3 m bajo el sistema de tresbolillos. Cada planta fue identificada según el tratamiento correspondiente.

Aplicación de fertilizantes

Las dosis de NPK 16-16-16 se aplicaron en dos momentos: al momento de la siembra y a los 60 días después de la plantación. El fertilizante se distribuyó alrededor de la planta en forma de anillo y se incorporó ligeramente al suelo.

Control de malezas

El control de malezas se realizó de forma manual y periódica para evitar competencia por nutrientes, agua y luz.

Manejo fitosanitario

Se realizaron monitoreos periódicos para detectar presencia de plagas o enfermedades, aplicando controles cuando fue necesario de manera uniforme en todas las parcelas.

Seguimiento del cultivo

Se efectuaron evaluaciones quincenales para registrar las variables productivas, manteniendo condiciones homogéneas de manejo en todas las unidades experimentales, además de control manual de malezas cada mes. No se aplicaron bioinsumos ni materia orgánica

durante el ensayo, con el fin de que la única variable en estudio fuera la dosis de fertilizante mineral NPK 16-16-16.

5.7 Cronograma de actividades

Tabla 4

Cronograma de actividades del ensayo

Mes	Actividad
Noviembre 2024	Control de malezas y monitoreo
Noviembre 2024	Siembra, marcaje y primera fertilización
Diciembre 2024	Evaluación de crecimiento
Enero 2025	Segunda fertilización
Octubre 2025	Cosecha y registro de variables productivas cada 2 semanas
Diciembre 2025	Ultima cosecha, Tabulación y organización de datos, procesamiento estadístico de datos
Enero 2026	Interpretación de resultados
Febrero 2026	Redacción y presentación final de tesis

VI. Resultados y discusión

6.1 Resultados del efecto de las dosis de fertilizante NPK sobre los componentes de rendimiento del plátano

6.1.1 Número de manos (gajos) por racimo

Tabla 5

Análisis de varianza para el número de manos en función de las dosis de fertilizante 16-16-16 en etapas iniciales del cultivo

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	p-valor
Bloque	7,58	3	2,53 *	0,0001
Dosis 16-16-16	8,54	4	2,14 *	0,0001
Lineal	7,88	1	7,88 *	<0,0001
Cuadrática	0,05	1	0,05 ns	0,5316
Cúbica	0,08	1	0,08 ns	0,4606
Cuártica	0,54	1	0,54 ns	0,0667
Error	1,58	12	0,13	
Total	17,7	19		
Coeficiente de variación	6,1			

Los hallazgos del análisis estadístico ANOVA indican que las cantidades de fertilizante 16-16-16 tienen un impacto significativo en la cantidad de manos por racimo que desarrollan las plantas durante las fases iniciales del cultivo. Esto se justifica porque el valor de p es inferior a 0,05, lo que indica que las diferencias observadas no son consecuencia del azar. Además, se halló que los bloques presentan diferencias, lo cual es habitual en ensayos de campo a causa de las variaciones ambientales o del suelo y corrobora que se aplicó correctamente el diseño experimental.

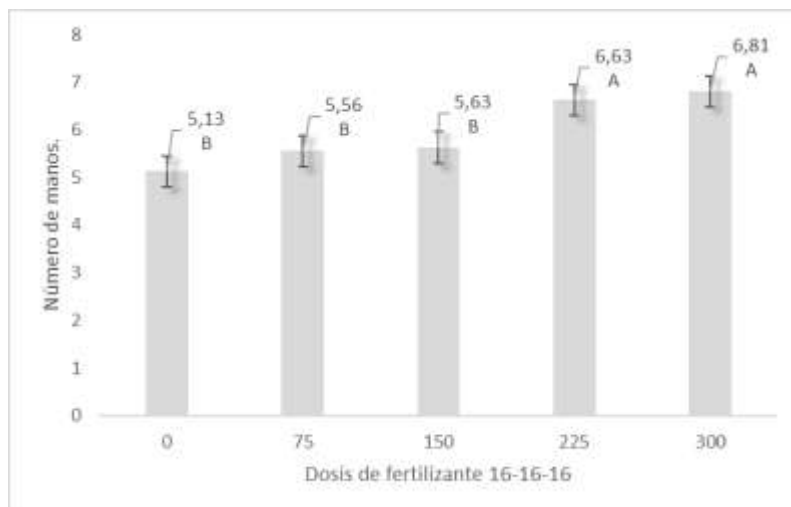
El análisis de regresión muestra que la respuesta del número de manos por racimo especialmente es lineal, lo que significa que el número de manos se incrementa conforme se eleva la cantidad de fertilizante. No se notó una conducta irregular o curvilínea, lo que implica que no se llegó a un punto en las dosis analizadas en el cual el fertilizante deje de ser eficaz; sin embargo, la reacción tiende a estabilizarse con las dosis más elevadas.

El coeficiente de variación obtenido fue de 6,1, lo que señala una precisión alta en el experimento y una baja variabilidad en los datos. Este valor se tiene por apropiado para variables

relacionadas con la producción, como el número de manos por racimo. Esto indica que las diferencias entre tratamientos se deben sobre todo a los efectos de las dosis del fertilizante 16-16-16 y no a errores aleatorios o a una homogeneidad insuficiente en el ensayo.

Figura 3

Comparación de medias del número de manos en respuesta a dosis de fertilizante 16-16-16 mediante la prueba de Tukey



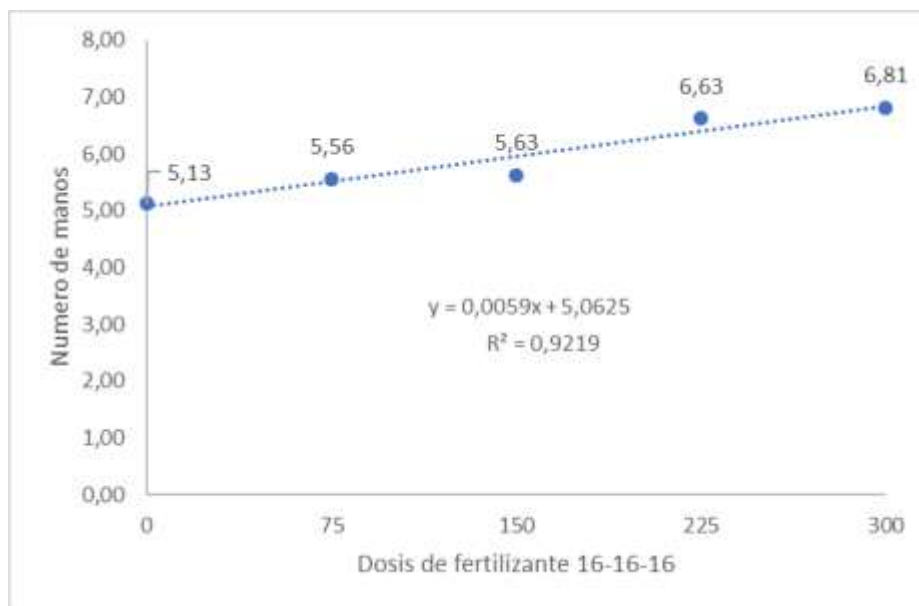
La figura 3 comparación de medias del número de manos en respuesta a dosis de fertilizante 16-16-16 mediante la prueba de Tukey muestra el efecto de diferentes dosis de fertilizante NPK 16-16-16 sobre el número de manos por racimo, donde se evidenció un incremento progresivo de esta variable conforme aumentó la dosis aplicada. La prueba de comparación de Tukey ($p \leq 0,05$) permitió identificar dos grupos estadísticos: las dosis de 0, 75 y 150 (grupo B) presentaron valores promedios entre 5,13; 5,56 y 5,63 manos no presentaron diferencias significativas entre sí ya que pertenecen al mismo grupo estadístico.

Por otra parte, las dosis de 225 y 300 (grupo A) las cuales registraron los valores más altos (6,63 y 6,81) y estadísticamente similares entre sí. Demostrando que las dosis elevadas de fertilizante favorecen significativamente la formación de manos por racimo en etapas iniciales del cultivo. Sin embargo, al no existir diferencias entre ambas dosis la aplicación de 225

gramos/planta se destaca como la alternativa más eficiente y económica ya que logra mayor número de manos por racimo con menor cantidad de fertilizante.

Figura 4

Modelo de regresión lineal del número de manos bajo diferentes dosis de fertilizante 16-16-16



Los resultados para la presente variable resaltan que la aplicación de diferentes dosis de fertilizante NPK 16-16-16 en etapas iniciales del cultivo influyó significativamente en el número de manos por racimo en plátano (*Musa paradisiaca*). El incremento de esta variable conforme aumentó la dosis de fertilización indica que la nutrición mineral temprana desempeña un papel determinante en la formación y diferenciación de las manos del racimo. Estos resultados concuerdan con los hallazgos de (Davila Mateo, 2022) quien evaluó diferentes dosis de fertilizante NPK en plátano Hartón observando que los tratamientos con mayor fertilización presentaron un incremento significativo en el número de manos por racimo en comparación con tratamientos con baja o nula fertilización. De forma similar (Furcal-Beriguete & Barquero-Badilla, 2014) en un estudio de fertilización a base de nitrógeno y potasio en plátano realizado en Costa

Rica señalaron que la disponibilidad adecuada de nitrógeno y potasio durante las etapas iniciales del cultivo favorece la diferenciación del racimo y aumenta el número de manos formadas

6.1.2 Número de dedos por racimo

Tabla 6

Análisis de varianza del número de dedos en función de dosis de fertilizante 16-16-16

Fuentes de variación	Suma de cuadrado	Grados de libertad	Cuadrados medios	Significancia	p-valor
Bloque	127,58	3	42,53	*	0,004
Dosis 16-16-16	965,92	4	241,48	*	<0,0001
Lineal	814,51	1	814,51	*	<0,0001
Cuadrática	4,57	1	4,57	NS	0,3819
Cúbica	113,06	1	113,06	*	0,0007
Cuártica	33,78	1	33,78	*	0,0296
Error	66,58	12	5,55		
Total	1160,08	19			
Coeficiente variación	7,32				

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el número de dedos en función de las dosis del fertilizante 16-16-16 mostraron diferencias estadísticas notables entre los tratamientos analizados. La dosis de fertilizante tuvo un efecto muy significativo ($p < 0,0001$), lo que sugiere que las diferencias en el número de dedos no son aleatorias, sino que dependen de la cantidad de fertilizante aplicada.

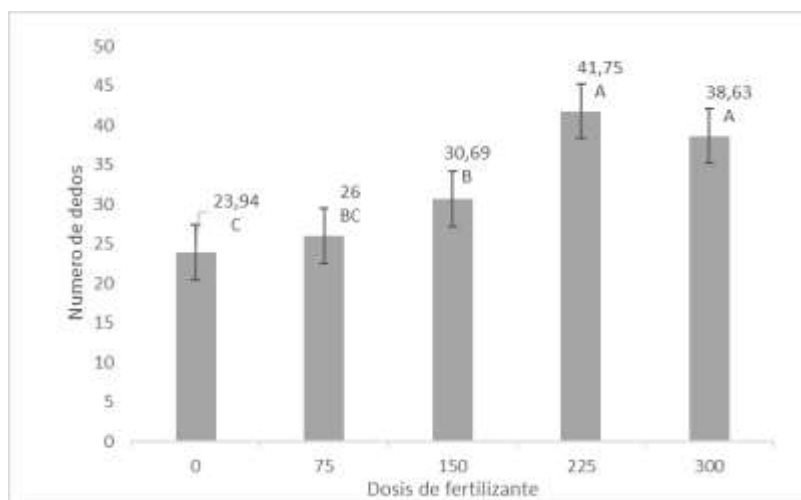
Además, el efecto bloque fue significativo ($p = 0,004$), lo cual es habitual en experimentos de campo e indica que hay diversidad ambiental entre las unidades experimentales. Esto justifica la utilización del diseño en bloques para minimizar el error experimental.

El análisis de regresión evidenció que el incremento de las dosis de fertilizante fue lineal altamente significativo ($p < 0,0001$), indicando que el número de dedos aumenta de manera general con el incremento de la dosis de fertilizante.

El coeficiente de variación resultó 7,32 % se considera bajo, mismo que refleja una adecuada precisión experimental en campo y confiabilidad de los resultados obtenidos.

Figura 5

Comparación de medias del número de dedos en respuesta a dosis de fertilizante 16-16-16 mediante la prueba de Tukey



La figura 5 muestra la comparación de medias del número de dedos en respuesta a las dosis de fertilizante 16-16-16 mediante la prueba de Tukey, reflejó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, permitiendo identificar 3 grupos estadísticos de las dosis 0 (grupo C), 75 (grupo BC), 150 (grupo B), 225 y 300 (grupo A), lo que sugiere que no existen diferencias significativas entre estas dos dosis altas.

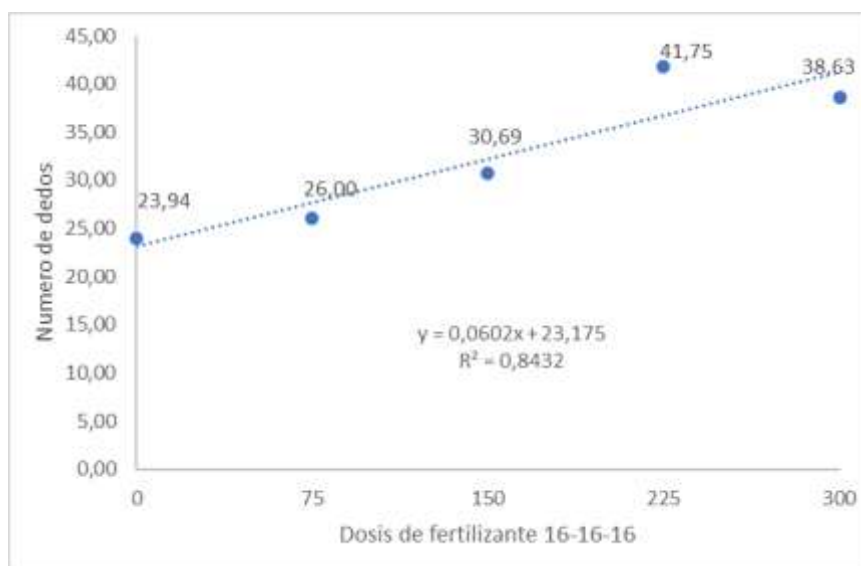
El grupo A mantiene promedios similares de 41,75: 38,63, siendo la dosis intermedia de 225 gramos/planta la más eficiente desde el punto de vista productivo, ya que maximiza el número de dedos del rendimiento sin generar incrementos estadísticamente significativos con dosis superiores.

El grupo B obtuvo un promedio de 30,69 dedos por racimo siendo estadísticamente inferior a las dosis de 225 y 300 gramos/planta, pero superior al testigo, de forma similar la dosis 75 gramos/planta registró un promedio de 26 dedos por racimo, ubicándose en el grupo BC, indicando una respuesta equilibrada y sin diferencias significativas respecto a la dosis de 150 gramos/planta (grupo B).

El grupo C conformado por el testigo registró el menor promedio de número de dedos 23,94, confirmando que la ausencia de fertilización limita significativamente el desarrollo productivo del cultivo de plátano barraganete.

Figura 6

Modelo de regresión lineal del número de dedos bajo diferentes dosis de fertilizante 16-16-16



El modelo de regresión entre la dosis de fertilizante y el número de dedos presentó la siguiente ecuación: $y = 0,0602x + 23,175$, con un coeficiente de determinación (R^2) 0,8432; resultando que el 84,32 % de las variaciones en el número de dedos pueden ser explicadas por la dosis de fertilizante utilizada. Este hallazgo demuestra una correlación lineal positiva y constante entre las dos variables, lo que respalda la idea de que si se eleva la cantidad de fertilizante 16-16-16, también aumentará el número de dedos en el intervalo de dosis analizado.

Esta significancia de la tendencia lineal respalda los resultados obtenidos del análisis de varianza y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey, donde las dosis más altas en especial la dosis intermedia de 225 gramos/planta presentó mayores valores promedio del número de dedos en comparación con el testigo y las dosis bajas.

Los resultados obtenidos para el número de dedos por racimo corroboran que las dosis de fertilizante 16-16-16 aplicadas en etapas iniciales tuvieron un efecto positivo y estadísticamente significativo en esta variable de estudio debido a que el incremento progresivo del número de dedos por racimo en respuesta al aumento de las dosis de fertilización evidencia que la disponibilidad adecuada de nutrientes desde las primeras etapas fenológicas favorece la expresión del potencial productivo del cultivo, siendo las dosis altas (225 y 300 gramos/planta) las más eficaces especialmente la dosis 225 gramos/planta la cual en términos productivos y económicos es la más adecuada, esto concuerda con lo reportados por (Huertas Villarruel, 2016) en un estudio realizado en Quinindé, Ecuador, en el cultivo de banano (*Musa acuminata* AAA) donde evaluó diferentes programas de fertilización química y orgánica en etapas iniciales determinando que los tratamientos con fertilización química alcanzaron rendimientos superiores a 103 dedos por racimo, confirmando que la mayor disponibilidad de nutrientes influye directamente en este componente del rendimiento.

6.1.3 Peso de manos por racimo

Tabla 7

Análisis de varianza del peso de manos (kg) en función de dosis de fertilizante 16-16-16

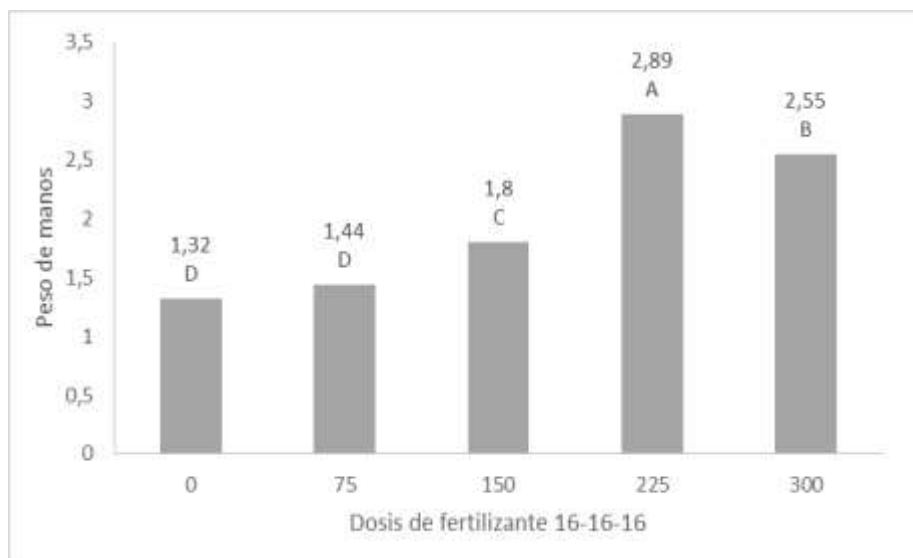
Fuentes de variación	Suma de cuadrado	Grados de libertad	Cuadrados medios	Significancia	p-valor
Bloque	0,42	3	0,14	*	0,006
Dosis 16-16-16	7,63	4	1,91	*	<0,0001
Lineal	6,1	1	6,1	*	<0,0001
Cuadrática	0,01	1	0,01	NS	0,4818

Fuentes de variación	Suma de cuadrado	Grados de libertad	Cuadrados medios	Significancia	p-valor
Cúbica	1,12	1	1,12	*	<0,0001
Cuártica	0,4	1	0,4	*	0,0008
Error	0,25	12	0,02		
Total	8,3	19			
Coefficiente de variación	7,19				

Al realizar el ANOVA en relación al peso de manos en kilogramos, muestran diferencias significativas, tanto en los bloques como en los tratamientos, el efecto bloque presentó un p-valor de 0,006 y las dosis de 16-16-16 un p-valor < 0,0001 siendo ambas significativas para el trabajo experimental. El análisis polinomial evidencia una fuerte tendencia lineal, al igual que tendencias cúbicas y cuárticas siendo estas significativas en el experimento, a diferencia del componente cuadrático el cual no presentó diferencias significativas, por lo que se refleja que no existen resultados tanto máximo como mínimo claros, se puede indicar que los pesos de la mano en relación a las diferentes dosis aplicadas da una respuesta lineal, pero arroja algunos resultados no lineales que va a lo largo de las dosis implementadas.

Figura 7

Comparación de medias del número de peso de manos (kg) en respuesta a dosis de fertilizante 16-16-16 mediante la prueba de Tukey



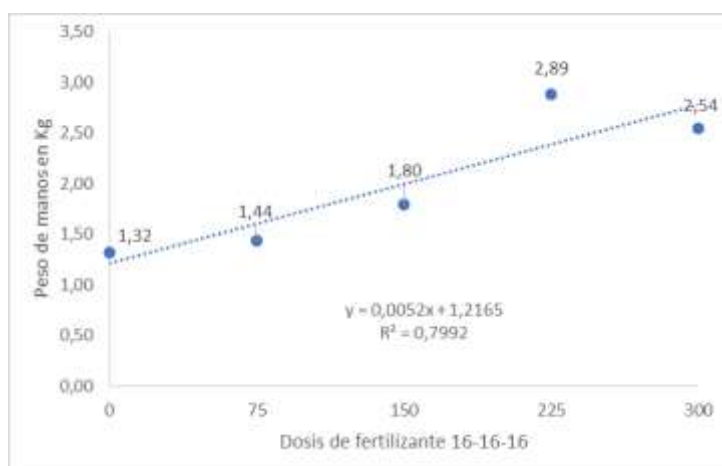
El peso de manos por racimo varió de forma clara entre los tratamientos analizados. Los tratamientos con fertilizante NPK registraron, en general, un mayor peso que el testigo T0 (0 g/planta), cuyo promedio fue de 1,32 kg. Aun así, el tratamiento T1 (75 g/planta) no mostró diferencias estadísticas respecto al testigo, ya que ambos compartieron la misma letra en la comparación con el resto de los tratamientos.

En los tratamientos con dosis intermedia, el tratamiento T2 fue el que presentó los mayores pesos en comparación con T0 y T1. Este aumento se dio de forma progresiva, lo que sugiere una mejor asimilación de nutrientes. El tratamiento T3 (225 g/planta) registró el mayor peso promedio (2,89 kg), lo que sugiere que, bajo las condiciones evaluadas, el cultivo respondió mejor con esta dosis. En contraste, el tratamiento T4 (300 g/planta) presentó una ligera disminución y registró 2,55 kilogramos, lo que sugiere que aumentar la dosis de fertilizante no necesariamente incrementa el peso del racimo.

Estos resultados indican que mantener un buen equilibrio de nutrientes al inicio del cultivo se relaciona de forma directa con el desarrollo del racimo. También sugieren que hay una dosis adecuada que permite aumentar este componente del rendimiento sin causar efectos negativos.

Figura 8

Modelo de regresión lineal del peso de manos (kg) bajo diferentes dosis de fertilizante 16-16-16



La tendencia lineal positiva identificada ($y = 0,0052x + 1,2165$; $R^2 = 0,7992$) hasta T3 confirma que aportes moderados de fertilizante balanceado favorecen el llenado y calidad de los frutos; no obstante, la disminución observada en T4 (300 g/planta, 2,55 kg) sugiere el inicio de un efecto de saturación o posible antagonismo iónico, particularmente entre K y Mg, como describen Xie et al. (2021), quienes destacan que concentraciones elevadas de K inhiben la absorción y translocación de Mg, afectando procesos sinérgicos esenciales como la fotosíntesis, el transporte de fotoasimilados y la regulación osmótica, lo cual podría limitar el rendimiento en dosis excesivas a pesar de la proporción equilibrada del fertilizante. Por lo que se resalta la necesidad de ajustar las dosis según la fertilidad del suelo y la demanda específica del cultivar, priorizando un aporte relativo mayor de K pero evitando excesos que induzcan deficiencias secundarias de Mg y comprometan la productividad óptima del plátano.

6.1.4 Peso de dedos

Tabla 8

Análisis de varianza del peso de dedos (kg) en función de dosis de fertilizante 16-16-16

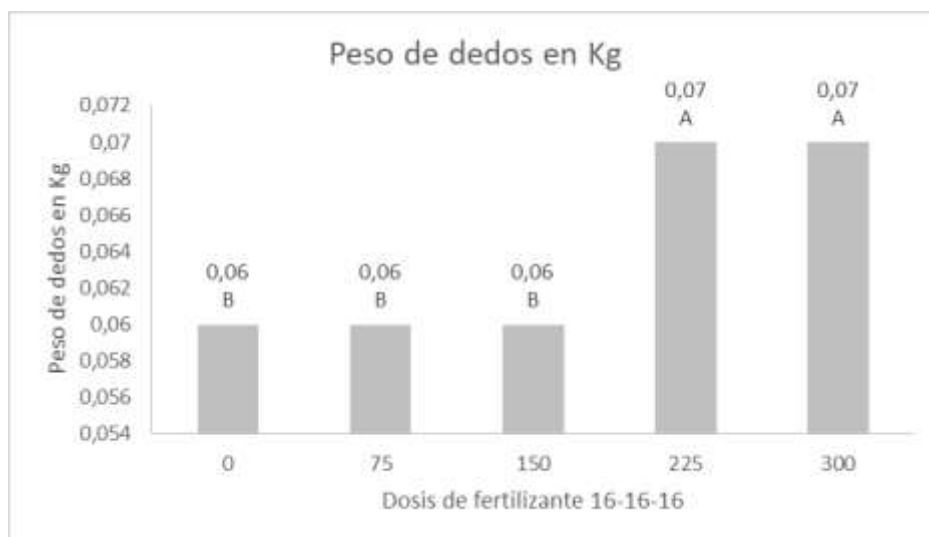
Fuentes de variación	Suma de cuadrado	Grados de libertad	Cuadrados medios	Significancia	p-valor
Bloque	8,00	3	2,70	NS	0,4262
Dosis 16-16-16	8,00	4	2,00	*	0,0029
Lineal	4,90	1	4,90	*	0,0011
Cuadrática	7,10	1	7,10	NS	0,6142
Cúbica	1,60	1	1,60	*	0,0306
Cuártica	1,40	1	1,40	*	0,0392
Error	3,20	12	2,70		
Total	1,20	19			
Coeficiente de variación	8,61				

Las diferentes dosis de fertilizante 16-16-16 mostraron un efecto estadísticamente significativo ($p = 0.0029$), por consiguiente, indican que los tratamientos aplicados produjeron cambios en el peso de los dedos. El análisis de tendencia polinómica indicó una tendencia lineal estadísticamente significativa. También se observaron contribuciones cúbicas y cuadráticas

significativas, mientras que la componente cuadrática no fue significativa. En conjunto, estos resultados no respaldan la existencia de un máximo o mínimo bien definido en el rango evaluado. En conjunto, los resultados indican que el peso de los dedos tiende a aumentar a medida que se incrementa la dosis, aunque el patrón no es estrictamente proporcional y se observan cambios no lineales dentro del rango analizado.

Figura 9

Comparación de medias del número de peso de dedos (kg) en respuesta a dosis de fertilizante 16-16-16 mediante la prueba de Tukey

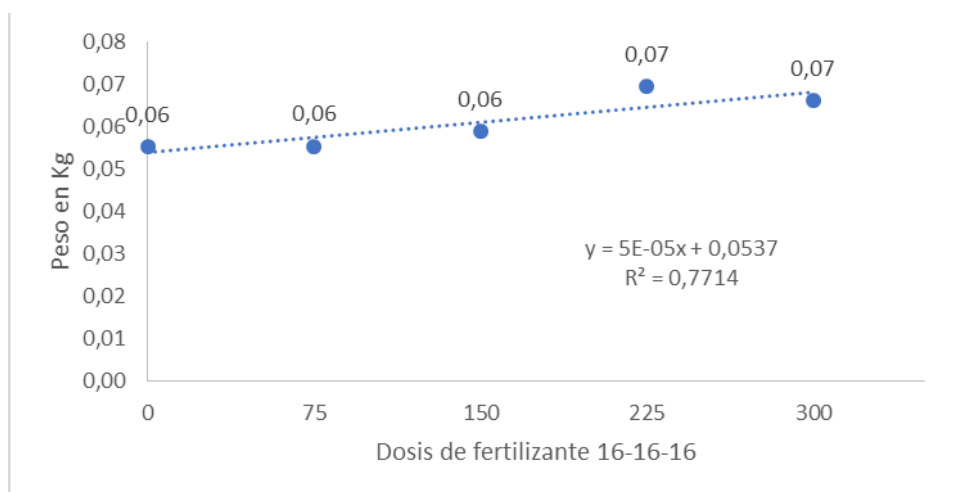


El peso de los dedos, expresado en kilogramos, varió según la dosis de fertilizante 16-16-16 aplicada, lo que indica una respuesta distinta del cultivo entre los tratamientos evaluados. En los tratamientos T0 (0 g/planta), T1 (75 g/planta) y T2 (150 g/planta) se obtuvieron valores muy parecidos, con promedios cercanos a 0,06 kg. No se observaron diferencias estadísticas entre ellos, lo que sugiere que las dosis baja e intermedia no alcanzaron para aumentar esta variable. En cambio, los tratamientos T3 (225 g/planta) y T4 (300 g/planta) registraron los promedios más altos, cercanos a 0,07 kg, y mostraron diferencias estadísticas frente a las dosis menores. Esto sugiere que el cultivo responde mejor cuando se aplican niveles más altos de fertilización. Estos resultados indican que el peso de los dedos aumenta cuando la disponibilidad

de nutrientes supera un umbral crítico, lo que permite una mayor acumulación de biomasa. En cambio, los incrementos que quedan por debajo de ese nivel no generan variaciones apreciables. Del mismo modo, la similitud observada entre T3 y T4 sugiere que, desde 225 g por planta, la respuesta al fertilizante se estabiliza y no se registran aumentos relevantes al incrementar la dosis.

Figura 10

Modelo de regresión lineal del peso de dedos (kg) bajo diferentes dosis de fertilizante 16-16-16



Los resultados del peso individual de los dedos muestran un patrón de respuesta típico a la fertilización balanceada con NPK 16-16-16, en el cual se observa un umbral nutricional por debajo del cual no se produce un aumento significativo en la distribución de la biomasa del fruto. Las dosis de 0, 75 y 150 g por planta (T0-T2) mostraron valores estadísticamente similares de alrededor de 0,06 kg por dedo, mientras que dosis superiores a 225 g por planta (T3 y T4) produjeron alrededor de 0,07 kg por dedo, con una estabilización entre estas dos dosis superiores. Esto sugiere rendimientos marginales decrecientes y una posible saturación en la capacidad de absorción y translocación de nutrientes. Este comportamiento coincide plenamente con hallazgos de la literatura revisada, pues Furcal-Beriguete & Barquero-Badilla (2014), reportaron en plátano Curraré respuestas significativas solo a partir de 100-200 kg N/ha, con una

absorción real de apenas 102,6 kg N/ha y 227,8 kg K/ha en cosecha, lo que sugiere que los excedentes no se traducen en mayor llenado de frutos; de igual forma, Torres B. et al. (2014), observaron en banano Williams que dosis de N superiores a 321,8 kg/ha (hasta 483 kg/ha) maximizaron la acumulación de nitrógeno, aunque con una meseta en las respuestas más altas. Además, la relación lineal positiva encontrada ($y = 5E-05x + 0,0537$; $R^2 = 0,7714$) explica el 77 % de la variabilidad, confirmando una asociación dosis-dependiente consistente, si bien la tendencia a la estabilización en T3 y T4 refuerza el principio de retornos decrecientes documentado en Musáceas (Aristizabal Loaiza, 2010).

Por consiguiente, la dosis óptima se situaría en torno a 225 g/planta de 16-16-16, logrando así el máximo beneficio agronómico en peso de dedos sin incrementar costos ni riesgos ambientales por exceso de fertilizante.

6.1.5 Peso total del racimo

Tabla 9

Análisis de varianza del peso de racimo (kg) en función de dosis de fertilizante 16-16-16

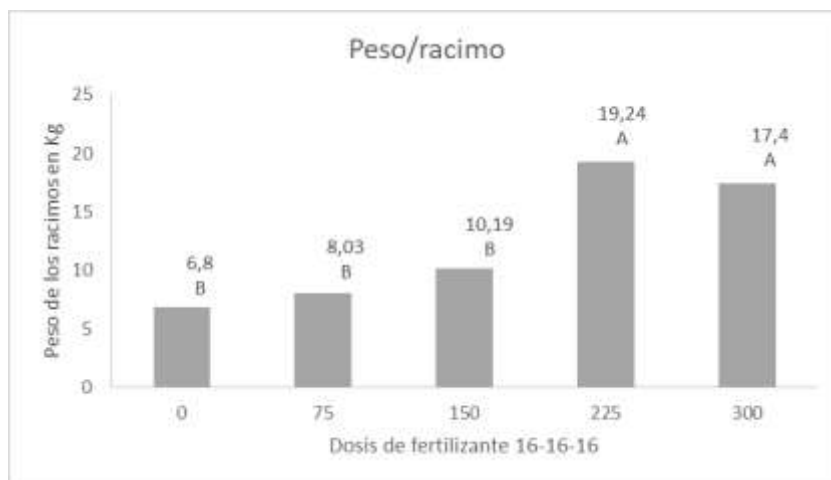
Fuentes de variación	Suma de cuadrado	Grados de libertad	Cuadrados medios	Significancia	p-valor
Bloque	81,16	3	27,05	*	0,0007
Dosis 16-16-16	508,19	4	127,05	*	<0,0001
Lineal	419,77	1	419,77	*	<0,0001
Cuadrática	0,16	1	0,16	NS	0,7947
Cúbica	55,96	1	55,96	*	0,0003
Cuártica	32,29	1	32,29	*	0,0028
Error	27,62	12	2,3		
Total	616,96	19			
Coeficiente de variación	12,3				

El análisis de varianza muestra que el efecto de bloque fue significativo ($p = 0,0007$), lo cual revela una variabilidad real entre bloques y, por lo tanto, justifica plenamente su inclusión en el modelo experimental. Asimismo, las dosis del fertilizante 16-16-16 tuvieron un efecto altamente

significativo ($p < 0,0001$), confirmando que los tratamientos influyeron directamente en la variable evaluada. Por otra parte, en el análisis de contrastes polinomiales se detectó una tendencia lineal altamente significativa, lo que indica que a mayor dosis de fertilizante se produce una respuesta progresiva en la variable estudiada. Además, las componentes cúbicas y cuártica también resultaron significativas, sugiriendo que, más allá del comportamiento lineal, hay fluctuaciones y cambios más complejos a lo largo del rango de dosis evaluado. En cambio, el componente cuadrático no alcanzó significancia, por lo que se descarta la existencia de un máximo o mínimo claramente definido. Finalmente, un coeficiente de variación del 12,3 % refleja una precisión experimental aceptable, lo que refuerza la confiabilidad de los resultados y confirma que el modelo utilizado explica adecuadamente la respuesta del sistema.

Figura 11

Comparación de medias del número de peso de racimo (kg) en respuesta a dosis de fertilizante 16-16-16 mediante la prueba de Tukey

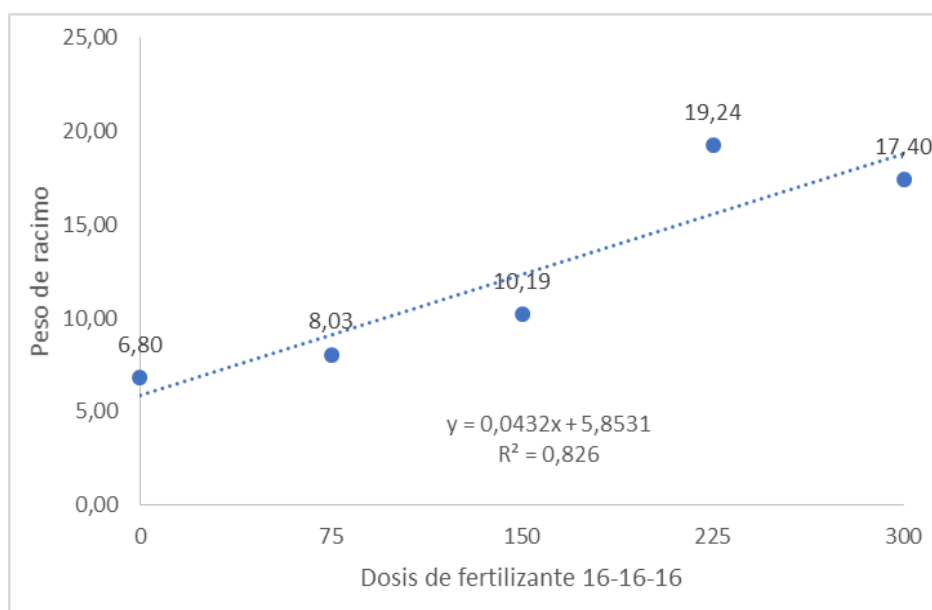


En la figura 11 se observa que el peso del racimo aumenta de forma gradual a medida que se incrementan las dosis del fertilizante 16-16-16, aunque la magnitud de la respuesta varía según el nivel de aplicación. En el tratamiento testigo (0 g/planta) se observó el menor peso promedio (6,8 kg). Este valor no difirió de forma estadística respecto a las dosis de 75 y 150 g/planta (8,03 y 10,19 kg). En conjunto, estos resultados indican que los primeros aumentos de

fertilización no se reflejaron en cambios claros de esta variable productiva. En cambio, las dosis de 225 y 300 g/planta registraron rendimientos más altos (19,24 y 17,4 kg), ubicándose en el grupo estadístico con mayor producción y señalando un cambio claro en la respuesta del cultivo. Este patrón sugiere que, cuando aumenta la disponibilidad de nutrientes, el peso del racimo tiende a mejorar de forma clara una vez que se supera un umbral cercano a 225 g por planta. Aun así, la ligera reducción registrada con la dosis de 300 g/planta sugiere una respuesta no lineal, coherente con la cercanía a un nivel de fertilización próximo al óptimo de rendimiento.

Figura 12

Modelo de regresión lineal del peso de racimo (kg) bajo diferentes dosis de fertilizante 16-16-16



La figura 12 muestra una tendencia creciente entre la dosis de fertilizante 16-16-16 y el peso del racimo, descrita adecuadamente por un modelo lineal ($y = 0,0432x + 5,8531$). La pendiente indica un incremento promedio cercano a 0,043 kg por cada unidad adicional aplicada, lo que sugiere una respuesta productiva sensible al aporte nutricional dentro del rango evaluado. El valor de $R^2 = 0,826$ refleja que la mayor parte de la variación observada se asocia con la dosis, aunque no excluye la influencia de otros factores agronómicos no incorporados en el modelo.

Al observar los datos individuales, el punto correspondiente a 300 g/planta se sitúa ligeramente por debajo de la recta estimada. Este comportamiento podría indicar que, hacia las dosis más elevadas, la respuesta deja de ser estrictamente proporcional, posiblemente por efectos de saturación fisiológica o cambios en la eficiencia de uso de nutrientes. Desde una perspectiva práctica, los resultados apuntan a que el incremento de la fertilización favorece el peso del racimo hasta valores cercanos a 225 g/planta, a partir de los cuales la ganancia adicional parece menos consistente.

El análisis de varianza complementa la tendencia lineal observada al revelar que las dosis bajas e intermedias de fertilizante 16-16-16 (0, 75 y 150 g/planta), con pesos promedio de racimo de 6,8; 8,03 y 10,19 kg respectivamente, no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre sí y, por lo tanto, conformaron un grupo inferior que refleja una respuesta limitada del cultivo ante aportes bajos o moderados de N, P y K. Por otro lado, las dosis altas de 225 y 300 g/planta alcanzaron los mayores pesos (19,24 y 17,4 kg), se diferenciaron significativamente y se ubicaron en el grupo estadístico superior, lo cual confirma un umbral crítico a partir de los 225 g/planta para lograr incrementos notables en el rendimiento.

Esta respuesta coincide con los hallazgos de Furcal-Beriguete & Barquero-Badilla (2014), en plátano Curraré, donde dosis de 100-200 kg N/ha y 250-375 kg K₂O/ha generaron diferencias significativas en peso del racimo, número de frutos y calibre, especialmente en el segundo ciclo, lo que destaca la alta demanda de N y K durante el llenado del fruto. Además, la ligera disminución observada a 300 g/planta (17,4 kg frente a 19,24 kg a 225 g/planta) sugiere un posible efecto de saturación o antagonismo iónico, algo similar a lo reportado por Cedeño et al. (2021), con dosis altas de MgO (>25 kg/ha), que afectaron negativamente variables morfo-fisiológicas sin mejorar el rendimiento reproductivo, probablemente por competencia K-Mg en suelos con niveles basales medios de magnesio.

En resumen, estos resultados refuerzan que, en condiciones tropicales húmedas de Ecuador y con el cultivar 'Barraganete', la fertilización N-P-K equilibrada óptima se sitúa cerca de

225 g/planta (aproximadamente 150-180 kg/ha de cada nutriente, según densidad), maximizando así la eficiencia agronómica y evitando excesos que no generan beneficios proporcionales.

6.4 Análisis costo/beneficio

Tabla 10

Análisis económico de costos de establecimiento del cultivo de plátano por Ha

Labor	Actividad	Cantidad	Unidad	V/unit	Total
PREPARACIÓN DEL TERRENO	Desbroce inicial (limpieza ligera)	2	Jornales	\$ 25	\$50
	Subsolado	3	Horas	\$50	\$150
	Trazado y Estaqueo	1282	Puntos	\$0,05	\$64,1
MATERIAL VEGETAL	Colinos	1282	Unidad	\$0,4	\$512,8
	Colinos para reposición (10%)	128	Unidad	\$0,4	\$51,2
SIEMBRA	Apertura de Hoyos	1282	Hoyo	\$0,07	\$89,74
	Siembra de colinos	1282	Colino	\$0,05	\$64,1
CONTROL DE MALEZAS	Deshierbe manual general	2	Chapia	\$30	\$60
	Elaboración de Coronas	1282	Plantas	\$0,06	\$76,92
	Herbicida Post-emergente (Glufosinato)	2	Litro	\$12,5	\$25
	Aplicación de Herbicida	2	Jornales	\$20	\$40

Labor	Actividad	Cantidad	Unidad	V/unit	Total
CONTROL FITOSANITARIO	Mancozeb	1,5	Kilogramo	\$12,5	\$12,5
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	Herramientas básicas	1	Global	\$70	\$70
COSTOS INDIRECTOS		1	Global	\$10	\$10
Total, General De Costos De Establecimiento					\$1276,36

Tabla 11

Análisis económico del rendimiento según dosis de NPK 16-16-16

Tratamiento	Costo Establecimiento (USD/ha)	Costo Fertilizante (USD/ha)	Costo Fertilización (USD/ha)	Peso promedio del racimo (kg)	Producción estimada (kg/ha)	Ingreso bruto (USD/ha)	Beneficio neto (USD/ha)	Relación Costo/Beneficio
T0	1276,36	0	0	6,8	8717,6	2304,21	1027,85	0,805
T1	1276,36	80	90	8,3	10640,6	2812,49	1366,13	0,945
T2	1276,36	160	90	10,19	13063,58	3452,92	1926,56	1,262
T3	1276,36	240	90	19,24	24665,68	6519,56	4913,2	3,059
T4	1276,36	320	90	17,4	22306,8	5896,07	4209,71	2,496

Nota: Producción calculada multiplicando el peso promedio del racimo por 1282 plantas por hectárea, ingreso bruto calculado con un precio de caja de referencia 6 USD/caja, peso de la caja 22,7 kg, costo de fertilizante 40 USD/saco.

Con la aplicación de NPK, en comparación con los tratamientos de control (T0), los márgenes de beneficios son significativamente más altos. De los demás tratamientos, T3 (225 g/planta) mostró la mayor rentabilidad de USD 4913,2/ha, lo que confirmó su eficiencia agronómica, así como económica, Así mismo se observó una mayor relación costo/beneficio en

el cual se determinó que por cada dólar invertido se obtuvo un retorno de \$3,054 USD, el cual manifiesta una mejor propuesta.

En contraposición, el tratamiento T4 (300 g/planta) generó una reducción en el beneficio neto en comparación con T3 a causa de mayores gastos de fertilización y una leve reducción en el peso total del racimo. Esto indicó que un exceso de dosis se vuelve no rentable, ya que se incrementan los gastos sin que se produzca un aumento en la producción.

Así, 225 g/planta de fertilización puede considerarse el nivel óptimo ya que maximiza el rendimiento, así como la rentabilidad del cultivo de plátano.

Mayores retornos y rendimientos económicos, se obtuvo con la aplicación de los tratamientos intermedios con NPK granulados que generaron un mejor equilibrio costo de fertilización y producción adicional en cajas. En contraste, los tratamientos con dosis altas, aunque transformaron la producción y aumentaron los costos, no obtuvieron beneficios proporcionales a la producción, por lo que disminuyeron la eficiencia económica del sistema productivo.

Los resultados permiten abordar los objetivos de la investigación, los cuales fueron analizados en la parte introductoria, sobre la determinación de los efectos de distintas dosis de fertilizante NPK en etapas puntuales y sobre los rendimientos del cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*). Se comprobó que la fertilización mejora significativamente el número de manos y dedos, el peso de los componentes y el peso total del racimo, en comparación al testigo sin fertilización. El análisis estadístico comprobó diferencias altamente significativas entre los tratamientos, marcando la dosis de 225 g/planta como la más productiva y económica. La prueba de Tukey comprobó que este tratamiento fue significativamente (y en términos estadísticos) superior a las dosis menores y al testigo. La dosis de 300 g/planta no mostró ventajas y penalizó

la rentabilidad. La fertilización balanceada con NPK mejora la productividad del plátano, pero esto debe ser considerado junto a la eficiencia, para optimizar los resultados y la sostenibilidad del sistema productivo.

Así, el objetivo general de la investigación se cumple plenamente, proporcionando evidencia técnica y económica para la toma de decisiones respecto al manejo del cultivo.

El análisis costo/beneficio evidenció que las dosis intermedias tuvieron mayor rendimiento económico al lograr incrementos productivos sin elevar de manera desproporcionada los costos de fertilización, lo cual coincide con lo descrito por Vargas (2022), quien afirma que la rentabilidad agrícola se potencializa cuando el aumento del rendimiento supera el costo total de los fertilizantes utilizados.

Al encontrar una dosis óptima, se confirma la importancia de un manejo técnico de los fertilizantes lo cual incrementa no solo el rendimiento, sino también a la sostenibilidad productiva., lo encontrado es coincidente con Paredes (2020) destaca que la agricultura moderna debe priorizar prácticas eficientes que equilibren productividad, costos y conservación del suelo.

Conclusiones

La aplicación de NPK incrementó de forma muy significativa el número de manos y dedos cuando se compara con el testigo, los tratamientos con fertilizantes, especialmente el T3, que fue el más eficiente aportó con una mejor respuesta a los fertilizantes utilizados, confirmando que la nutrición adecuada propicia el desarrollo de estructuras reproductivas, y con ello, el incremento del potencial productivo del cultivo.

Desde el inicio de la experiencia se observó que el peso de manos y dedos de los racimos aumentó de manera progresiva hasta T3. Esto también se presentó en el peso total del racimo, que mostró la misma tendencia hasta 225 g/planta, donde se observó el punto de mayor eficiencia. La ligera disminución de T4 indicó que en el caso de la dosis excesiva no se obtienen beneficios y se puede perder la eficiencia fisiológica.

Existieron grandes diferencias en el peso total del racimo, por lo que al realizar la prueba Tukey mostró que T3 fue superior a los tratamientos T0, T1 y T2, pero no mostros diferencias con el T4, se puede comprender que la respuesta de las plantas a las diferentes dosis de fertilizante no es lineal, y que hasta el T3 se observa un mejor rendimiento, después de este punto el rendimiento empieza a disminuir.

El T3 (225 g/planta) fue el tratamiento con mayor rentabilidad, lo que se puede afirmar su eficiencia tanto agronómica como financiera. Si bien T4 también fue de alto rendimiento, el costo adicional lo hizo menos rentable. La fertilización óptima se consideró en 225 g/planta, alcanzando el máximo rendimiento y beneficio económico.

Recomendaciones

Se sugiere ajustar las dosis de NPK dependiendo de las necesidades respectivas del cultivo, teniendo en cuenta la etapa de desarrollo fenológico del cultivo, las características del suelo y las condiciones ambientales de la zona de producción. La fertilización equilibrada debe ser una prioridad, ya que ayuda en el suministro adecuado de elementos nutritivos primarios al cultivo y también promueve una mejor formación del número de manos y dedos por racimo. Esta práctica, a su vez, mejora la productividad y ayuda en el equilibrio fisiológico del cultivo al prevenir la acumulación de síndrome de malnutrición, que puede hacer que el cultivo muestre un rendimiento inferior al óptimo.

Se recomienda continuar con el estudio adicionando un análisis químico del suelo en el mismo terreno tomando en cuenta los requerimientos nutricionales y con el fin de comparar resultados para sustentar una dosis óptima.

Las dosis 225 g/planta se considera como un nivel técnico de referencia para maximizar el peso de manos, dedos y racimos, y deben ayudar a evitar la tendencia a la sobre-fertilización, que a menudo no es benéfica y lleva a costos adicionales. Este nivel de fertilización es considerado el mejor nivel de eficiencia agronómica y económica, ya que asegura altos rendimientos junto con una buena rentabilidad. Se recomienda que este nivel de fertilización sea considerado dentro de los planes de manejo del cultivo, como una parte de la estrategia nutricional, junto con prácticas de conservación de suelo y manejo de agua, para que el sistema productivo sea sostenible en el tiempo.

En estudios futuros, se sugiere la consideración de más ciclos de producción y diversas condiciones edafoclimáticas, para poder legitimar la regularidad de los resultados y ampliar la aplicabilidad de las sugerencias. La integración de diferentes espacios de producción, además de los que se dispongan, otorgará la posibilidad de comprobar la respuesta constante de los cultivos frente a diferentes niveles de fertilización y de elaborar directrices más completas para las diferentes zonas de producción de plátano.

A los productores se sugiere adoptar la dosis óptima de 225 g/planta, les asegura más altos rendimientos y mayor rentabilidad. Además, se sugiere la incorporación de prácticas de manejo sostenible que, además de conservar la fertilidad del suelo, la reducirán.

Referencias bibliográficas

- Aguirra, A., Monsalve, D., Giraldo, A., & Montoya, S. (2023). Evaluación del efecto de la nutrición NPK y su incidencia en la productividad en el cultivo de maíz (*Zea mays*). *Universidad Católica de Oriente*, 34(52), 1-23. doi:<https://revistas.uco.edu.co/index.php/uco/article/download/607/630/1059>
- Arijit Ghosh, B. M. (2025). Integrated soil fertility management. *International Journal of Research in Agronomy*, 8(7), 1-10. doi:<https://www.doi.org/10.33545/2618060X.2025.v8.i7b.3183>
- Aristizabal Loaiza, M. (2010). Efecto de la frecuencia de fertilización con nitrógeno y potasio sobre el crecimiento, producción y severidad de las Sigatocas del plátano (*Musa AAB*) Dominico Hartón. *Agronomía*, 19-28.
- Baridón, E., Vallatti, R., Rachoski, A., & Villarreal, J. (2021). Fertilización de banano (*Musa paradisiaca* L.) en Formosa,. Obtenido de <https://fertilizar.org.ar/wp-content/uploads/2021/09/13.pdf>
- Bullor, L., Braude, H., Monzón, J., Cotes Prado, A., Casavola, V., Carbajal Morón, N., & Risopoulos, J. (2024). *Bioinputs: Investment opportunities in Latin America*. FAO. doi:<https://doi.org/10.4060/cc9060en>
- Cedeño, J., García, J., Cruz, M., & Ulloa, S. (2021). FERTILIZACIÓN CON MAGNESIO EN PLÁTANO 'BARRAGANETE' (MUSA AAB) ECUADOR. *La Granja*, 25(1), 8-19. doi:<https://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.01>
- Chandrakar, M. (2025). Physiological functions of micronutrients in enhancing banana (*Musa paradisiaca* L.) yield. *International Journal of Research in Agronomy*, 8(3), 1-7. doi:<https://www.doi.org/10.33545/2618060X.2025.v8.i3i.2708>
- Chandrakar, M. T. (2024). Physiological functions of micronutrients in enhancing banana (*Musa paradisiaca* L.) yield. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*, 8(10), 336–345. doi:<https://doi.org/10.33545/26174693.2024.v8.i10e.2484>

- Davila Mateo, M. M. (2022). *Efecto de Diferentes Dosis de NPK para Incrementar la Productividad del Plátano Hárton (Musa sp.), a Alta Densidad de Siembra en el Caserío Centro Yurac—Agwaytía*. <https://hdl.handle.net/20.500.14621/6724>
- Furcal-Beriguete, F.-B., & Barquero-Badilla, A. (2014). Fertilización del plátano con nitrógeno y potasio durante el primer ciclo productivo. *Agronomía Mesoamericana*, 267-278.
- Furcal-Beriguete, P., & Barquero-Badilla, A. (2014). Fertilización del plátano con nitrógeno y potasio durante el primer ciclo productivo. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 267-278.
- Furcal-Beriguete, P., & Barquero-Badilla, A. (2023). Respuesta del plátano a la fertilización con P, K y S durante el primer ciclo productivo. *Agronomía Mesoamericana*, 317.
- García, P. (2010). Como abonar de manera racional para mejorar las cosechas. *Agricultura, revista agropecuaria*, 1-3.
doi:https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Agri%2FAgri_2010_933_736_738.pdf
- Gómez, R. (2021). *ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA DETERMINAR LA FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DE BANANO (Musa acuminata AAA) EN LA HACIENDA LA CHEPA*. Repositorio Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GOMEZ%20MOROCHO%20RONNY%20ANDRES.pdf>
- González, O. (2020). *Fertilizantes mineral orgánico*. Obtenido de <https://www.abonamos.com/blog/2020/11/9/fertilizantes-mineral-organicos-una-estrategia-sostenible-para-mejorar-las-pasturas-en-el-trpico>
- Guerrero, J. (2024). *Importancia de la nutrición mineral y su relación con los mecanismos de defensa del cultivo de banano (Musa x paradisiaca L) en el Ecuador*. Repositorio Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de <https://dspace.utb.edu.ec/items/76113ab0-3682-49b2-be23-0101e6319457>

- Huertas Villarruel, E. D. (2016). *Efecto de fuentes de fertilización química y orgánica en el cultivo de banano (Musa acuminata AAA) con y sin remoción del suelo. Quininde, Esmeraldas.*
<https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/www.dspace.uce.edu.ec>
- Hypercia, K., Regnier, T., Meiring, B., & Anyasi, T. (2024). Musa species variation, production, and the application of its processed flour: A review. *Ciencia y horticultura*, 125(1), 1-9.
 doi:<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112688>
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias. (2021). *Guía para la producción y manejo integrado de plátano.* Obtenido de
<file:///C:/Users/IMPORTSOLUTION/Downloads/Gu%C3%ADa%20para%20la%20producci%C3%B3n%20y%20manejo%20integrado%20del%20cultivo%20de%20pl%C3%A1tano.pdf>
- Justine, A. K. (2022). Biotechnological interventions in banana: current knowledge and future prospects. *Heliyon*, 8(11), e11636. doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11636>
- Lodygin, E., Shamrikova, E., & Kuvic, O. (2023). The Role of Organic and Mineral Fertilization in Maintaining Fertility and Productivity of Cryolithozone Soils. *Agronomy*, 13(5).
 doi:<https://doi.org/10.3390/agronomy13051384>
- Macias, J. (2023). *Eficiencia de la nutrición foliar en el cultivo de Banano (Musa paradisiaca) en el Ecuador.* Repositorio Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de
<https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/296e9301-8ff4-4245-a778-8cab6875bf2e/content>
- Manuel, A. L. (2010). *Efecto de la frecuencia de fertilización con nitrógeno y potasio sobre el crecimiento, producción y severidad de las Sigatokas del plátano (Musa AAB) Dominico Hartón.*
- Martínez, T., Vega, A., Cedeño, L., & Muñoz, J. (2022). Pseudotallo colocado en los hijos de banano como aporte nutricional para acelerar su desarrollo. *Revista de Desarrollo Agropecuario*, 3(1), 1-6. doi:<https://doi.org/10.17163/ret.n27.2024.01>

- Martínez-Solórzano, G. E. (2021). Bananos (Musa AAA): importancia, producción y comercio en tiempos de COVID-19. . *Redalyc: Revista Agronomía Mesoamericana*, 42(3). doi: <https://www.redalyc.org/journal/437/43768194023/html/>
- Miranda, K., Quevedo, J., & García, R. (2021). Efectos de la fertilización inyectada en plantas de banano (Musa × paradisiaca L) cultivar Williams en diferentes estados fenológicos. *Agrosistemas*, 9(3), 1-11. doi:<https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/501/478>
- Montoya, L. (2025). *EFFECTO DE LA NUTRICIÓN EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LOS HIJOS DE BANANO (Musa spp.) EN LA FASE DE VIVERO*. Repositorio UNiversidad Agraria. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MONTOYA%20FAJARDO%20JULISSA%20NATAS%20HA.pdf>
- Palma Macías, A. D. P. (2023). *EFFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS SOBRE LA PRODUCCIÓN EN EL CULTIVO DE BANANO (Musa x paradisiaca L.) VARIEDAD GRAN WILLIAMS EN LA ZONA DE QUEVEDO*. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/8232>
- Pravina , J., Quinnasani, C., & Maheshwari, H. (2025). Multi-potent rhizobacteria enhance banana growth and reduce chemical fertilizer input. *Front. Microbiol*, 16, 1-12. doi:<https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1659278>
- Quiloango-Chimarro, C. A. (2024). Typology of production units for improving banana agronomic management in Ecuador. ,. *AgriEngineering*, 6(3). doi:<https://doi.org/10.3390/agriengineering6030163>
- Rahate, V. S. (2020). Effect of nutrient management on growth and yield performance of banana (Musa spp.) varieties under coastal ecosystem of Maharashtra. *Journal on Pharmacognosy*, 9(6), 1-10. doi:<https://www.phytojournal.com/archives/2020/vol9issue6/PartE/9-5-597-431.pdf>

- Rai, A. K. (2017). Effect of integrated plant nutrient management on yield and economics of banana (*Musa paradisiaca*). . *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 87(7), 862–865. . doi:<https://doi.org/10.56093/ijas.v87i7.71785>
- Roman, P., Rasche, J., & Fatecha, D. (2023). Fertilización nitrógenada y potásica en el cultivo del banano (*Musa paradisiaca* L.) en el Distrito de Guajayvi, Departamento de San Pedro. *Universidad Nacional de Asunción*, 10(2), 3-13. doi:<https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2023.010.02.003>
- Sha, K. &. (2025). Effect of foliar fertilization of micronutrients on growth and yield of Banana (*Musa spp.*) cv. Karpooravalli (ABB). . *International Journal of Horticulture and Food Science*, 7(6), 92–95. . doi:<https://doi.org/10.33545/26631067.20>
- Torres B., J., Sánchez, J. D., Cayón, G., Magnitskiy, S., & Darghan, A. E. (2014). Accumulation of dry matter and nitrogen contents in banana 'Williams' (*Musa AAA*) plants in Uraba, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 349-357.
- Tuz, I., Quevedo, J., García, R., & Herrera, S. (2018). Manejo integrado del cultivo de banano (musa x paradisiaca l.) clon Williams, usando biocarbón y microorganismos eficientes. *ResearGate*.
doi:https://www.researchgate.net/publication/349642463_Manejo_integrado_del_cultivo_de_banano_musa_x_paradisiaca_l_clon_Williams_usando_biocarbon_y_microorganismos_eficientes
- Urgiles, B. (2021). *EFFECTO DE QUELATOS EN MACRO Y MICRO NUTRIENTES DE FORMA FOLIAR EN EL CULTIVO DE BANANO (Musa spp.)*. Repositorio Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/URGILES%20LLIVICHUZCA%20BYRON%20SAUL.pdf>
- Vargas, S. (2023). *Evaluación de fertilización aplicada al pseudotallo del plátano dominico-hartón (aab) (musa paradisiaca L) y su respuesta productiva*. Repositorio Universidad Nacional

Abierta y a Distancia - UNAD. Obtenido de
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/56702/smvargasmr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Velez-Duque, P. (2022). Optimization of banana crop fertilization using GIS tools. Optimización de la fertilización del cultivo de banano mediante el uso de herramientas SIG». 22. . *Centro Sur Agraria*, 1-15, 2-16. doi:doi: 10.37959/revista.v1i15.220
- Vivas-Cedeño, J. S. (2018). Fertilización del plátano con nitrógeno, fósforo y potasio en cultivo establecido. . *Dominguez Ciencia*, 4(1), 633–647. doi:http://dx.doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.4.1.enero.633-647
- Xie, K., Cakmak, I., Wang, F., Guo, S., & Zhang, F. (2021). Synergistic and antagonistic interactions between potassium and magnesium in higher plants. *The Crop Journal*, 249-256.